

УДК 681.335

DOI: 10.20310/1810-0198-2016-21-1-334-342

ЗАКОНОМЕРНОСТИ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И АНАЛИТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

© Е.И. Глинкин, Е.В. Власова

Показано становление статистического анализа в аналитический контроль за счет последовательности развития информативных параметров в предельных и статистических моделях в аналитические, методов анализа в синтезе и градуировке в калибровку для создания высокоэффективных метрологических средств компьютерных анализаторов состава и свойств веществ.

Ключевые слова: статистический анализ; аналитический контроль; переменные измерения; информативные параметры; математические модели и алгоритмы; методы анализа и синтеза; градуировка и калибровка; метрологические средства; компьютерные анализаторы.

Статистический анализ и аналитический контроль – инверсные методы определения состава и свойств веществ по градуировочным или калибровочным характеристикам, по статистическим полиномам без знания физики эксперимента или адекватным физике явления аналитическим моделям, по множеству ненормированных переменных измерения и искомым величинам или по нормированным границам адаптивного диапазона образцовых мер [1–7].

1. ИНФОРМАТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ХАРАКТЕРИСТИК

Проанализированы информативные параметры множества случайных переменных статистической градуировки для их интеграции в предельные параметры калибровочной характеристики за счет их оптимизации к действительному эквиваленту образцовыми мерами границ адаптивного диапазона. Архитектуру микропроцессорных систем технологий энергосбережения и энергоснабжения, аналитического контроля и биомедицинского мониторинга регламентируют метрологические средства. Метрологические средства – неделимая совокупность образцов (нормированных мер и оценок, эталонов и эквивалентов) характеристик и параметров, моделей и методов их проектирования, способов и алгоритмов аналитического контроля [1–4]. Эффективность метрологических средств определяют структурная оптимизация при выборе модели (физической, математической и замещения) и метода их проектирования (принципы, счисление и исчисление), а также параметрическая оптимизация, диктуемая способами измерения (градуировка, коррекция и калибровка) и алгоритмами идентификации (ненормированных переменных и приближенных коэффициентов статистического анализа, нормированных образцов и параметров оптимизации аналитического синтеза). Для согласования компонент необходимо выявить закономерности методов статистического анализа градуировочных характеристик и аналитического синтеза алгоритмов оптимизации калибровочных характеристик, достовер-

ность и воспроизводимость, надежность и оперативность, точность и диапазон которых регламентируют информативные параметры экспериментальных измерений.

Информативные параметры развиваются от множества ненормированных переменных и удельных величин градуировочных характеристик через диффузионные к нормированным предельным параметрам калибровочных характеристик [2, с. 31–35]. Множество ненормированных переменных принимают за информативные параметры при статистическом анализе прямых и косвенных измерений узкоспециализированных тестеров с жесткой структурой, копирующей по аналогии неуправляемую градуировочную характеристику с множеством приближенных коэффициентов. Количество коэффициентов тождественно числу ненормированных переменных, которые взаимосвязаны между собой нелинейно, что приводит к неопределенности коэффициентов и дисперсии градуировочных характеристик.

Удельные параметры (удельное сопротивление и проводимость) учитывают конструктивные характеристики топологии (межэлектродное расстояние, площадь и объем ячейки), но не исключают нелинейности электрических величин (напряжения и тока). Не зависят от конструктивных и электрических характеристик диффузионные параметры (диффузионные ток и напряжение, проводимость и сопротивление), но на них влияют внешние возмущения (температура и давление, время и место). Нечувствительны к возмущениям, электрическим и конструктивным характеристикам предельные параметры (предельные температура и давление, влажность и плотность), которые зависят от состава (концентрации и компонентов) и свойств (вязкости и кислотности), что важно для совместных и совокупных измерений.

Информативными параметрами называют [1, с. 78] амплитудные, импульсные и цифровые эквиваленты сигнала информационного процесса, функционально связанные с действительными значениями состава (количества, соотношения и концентрации) и свойств (ки-

слотности, вязкости и влажности) веществ (твердых, жидкостей и газов) и материалов (теплоизоляционных, полупроводниковых и оптоволоконных). Информативные параметры связывают с действительными значениями градуировочные и калибровочные характеристики, организованные градуировкой по переменным и калибровкой по параметрам, методами итерационного анализа последовательного приближения множества статистических измерений и аналитического синтеза алгоритмов оптимизации предельных параметров по образцовым мерам границ адаптивного диапазона. Выявить закономерности информативных параметров поможет сопоставительный анализ калибровки и градуировки.

Градуировка по переменным – ошибочная трактовка стандартов измерения по информативным параметрам, например импульсных динамических (ИДХ) или амплитудно-временных (АВХ) характеристик [4, с. 184-203]:

$$U = E(1 - e^{-t/T}) \quad (1.1)$$

АВХ (1.1) интегрирует множество $i = 1, n$ результатов напряжения $U_i \in U$ со случайными переменными времени $t_i \in t$, взаимосвязанными между собой по неизвестным законам. При статистическом анализе из-за незнания модели (1.1) экспериментальную y ИДХ аппроксимируют, как правило, степенным полиномом [1, с. 50-54]

$$y = \sum_{i=0}^{n-1} a_i x^i \quad (1.1a)$$

с множеством $i = 0, n - 1$ неизвестных коэффициентов аппроксимации. Их решение получают из системы n уравнений

$$y_j = \sum_{i=0}^{n-1} a_i x_j^i, j = 1, n \quad (1.1б)$$

методами последовательного приближения с регламентируемой *a priori* дисперсией $\sigma(x, y)$. Результатом решения системы (1.1б) служит фиксированная статистическая градуировочная характеристика (1.1a) с расширяющейся дисперсией из-за приближенных коэффициентов a_i , не отражающих физику явления ИДХ (1.1) и их тождественность множеству нелинейных переменных.

Закономерности параметров. Анализ ИДХ выявляет закономерности [2–3] предельных параметров E и T , отражающих физику явления по математической модели (1.1). Предельным параметром E служит установившееся напряжение амплитудой $U(t = \infty)$ за бесконечный интервал времени $t = \infty$ [4, с. 184-195]

$$\lim_{t \rightarrow \infty} U = \lim_{t \rightarrow \infty} E(1 - e^{-t/T}) = E,$$

что соответствует оптимальной закономерности:

$$\text{opt } U = U_{\infty} = E. \quad (1.2)$$

Предельный параметр T является постоянной времени ИДХ в фиксированный момент $t = T$ [3, с. 133-142], когда степень экспоненты равна единице

$$\lim_{t \rightarrow T} U = \lim_{t \rightarrow T} E(1 - e^{-t/T}) = 0,63E,$$

или относительно времени находим закономерность

$$\text{opt } t = t_T = T. \quad (1.2a)$$

Закономерности (1.2–1.2a) отражают и физический смысл предельных параметров, и их тождественность математической модели (1.1) ИДХ, как ее оптимальных параметров, однозначно определяющих вид функциональной зависимости (1.1) из множества характеристик математической модели, адекватной физике конкретного объективного динамического процесса коррекции, калибровки и идентификации. Предельные, диффузионные и удельные параметры являются объективными мерами оценки точности аппроксимации измеренной характеристики к действительному значению эксперимента, поэтому их целесообразно применять как оптимальные информативные параметры тождественности эквиваленту калибровочной характеристики.

Следовательно, результатом аппроксимации экспериментальной характеристики служит фиксированная статистическая градуировочная характеристика с расширяющейся дисперсией из-за приближенных коэффициентов, не отражающих физику явления, а тождественных множеству нелинейных переменных. В процессе развития информативные параметры множества случайных переменных статистической градуировки интегрируются в предельные параметры калибровочной характеристики. Согласно закономерностям информативными параметрами служат, в отличие от множества случайных переменных статистической градуировки, удельные, диффузионные и предельные параметры калибровочной характеристики за счет их оптимизации к действительному эквиваленту образцовыми мерами границ адаптивного диапазона коррекции и калибровки. Выбор предельных параметров однозначно диктует математические модели или статистического анализа множества ненормированных измерений, или аналитического контроля физических процессов в нормированных границах адаптивного диапазона.

2. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

Доказано, что аналитические модели, в отличие от статистических по множеству ненормированных измерений, адекватны физическим процессам в нормированных границах адаптивного диапазона за счет оптимизации предельных параметров калибровочных характеристик. Статистические и аналитические модели – результат статистического анализа множества ненормированных измерений случайных переменных градуировки и аналитического контроля детерминированных измерений по нормированным мерам границ адаптивного диапазона посредством оптимизации двух предельных параметров калибровочной характеристики.

Статистический анализ [1–7] множества переменных диктует статистическую модель аппроксимации ненормированных информативных параметров x изме-

рений для нахождения искомых величин y , нелинейно связанных по неизвестным физическим явлениям и математическим операторам F , неопределенными структурами $F(x,y)$ и параметрами A, B градуировочной характеристики $F(x,y,A,B)$. Статистическую модель из-за незнания физических закономерностей выбирают, как правило, в виде структуры степенного полинома [1–3]

$$y_j = \sum_{i=0}^{n-1} a_i x^i, \quad (2.1)$$

из i -го множества информативных параметров x измерения и коэффициентов $a_i \in A$ для их связи с j -м количеством искомых величин y_j .

Достоинствами структуры полинома модели (2.1) являются гибкость и универсальность из-за выбора произвольного i -го множества и желаемой степени, j -го количества искомых величин и их тождественности ij -м координатам. Однако субъективные $i \times j$ -тая размерность и структура полинома, неопределенность переменных x, y и неадекватность физике явления, приближенные коэффициенты и ненормируемые меры, фиксируемый итерационный алгоритм последовательного приближения и жесткая градуировочная характеристика среднестатистического фантома сводят преимущества на нет, т. к. реализуют узкоспециализированные тестеры с жесткой структурой комбинаторной логики. Использование регламентируемой стандартами градуировочной характеристики для гибкой архитектуры с программно управляемым адресным пространством и коммуникабельным математическим обеспечением приводит компьютерные анализаторы к примитивному уровню узкоспециализированных тестеров с жесткой комбинаторной структурой из-за фиксируемого алгоритма градуировки и отсутствия адаптивных к диапазону нормируемых мер [2–7].

Структуры полиномов градуировочных характеристик совершенствуются от кодов счисления до универсальных операторов исчисления. По сложности позиционные коды делят [3; 5] на базисы И-НЕ $F(\bar{0})$ и ИЛИ-НЕ $F(\bar{1})$, а также нормальные формы дизъюнкции НДФ $F(1)$ и конъюнкции НКФ $F(0)$. Базисы формируют из произведения произведений инверсий $F(\bar{0})$ и из суммы сумм инверсий $F(\bar{1})$, а формы реализуют из произведения сумм $F(0)$ и суммы произведений $F(1)$. Базисные коды целесообразны для конструирования интегральных схем в комбинаторной логике, но сложны для релейной, матричной логики средних интегральных схем и трудоемки для счисления субъектом. Нормальные формы НДФ и НКФ предназначены для проектирования релейных и матричных архитектур больших (БИС) и сверхбольших (СБИС) интегральных схем персональных компьютеров и микропроцессорных измерительных средств (МИС), а также из-за простоты и удобства счисления НДФ рациональны для устного и письменного счета.

Следовательно, структуры полиномов счисления совершенствуются по технологичности от сложных базисных кодов И-НЕ и ИЛИ-НЕ комбинаторной логики интегральных схем узкоспециализированных тестеров к простым формам НКФ и НДФ релейной и матричной архитектур БИС и СБИС программно управ-

ляемых персональных компьютеров и компьютерных анализаторов состава и свойств веществ.

Коды счисления комбинаторных структур тестеров развиваются до универсальных операторов исчисления матричной архитектуры МИС. Полиномы счисления заменяют алгебраическими операторами исчисления [2–6], например, экспоненцирование и логарифмирование:

$$y = A \exp Bx, \quad x = C \ln Dy. \quad (2.2)$$

Операторы исчисления (2.2) выгодно отличаются от полиномов счисления (2.1), т. к. интегрируют коды логических операторов (дизъюнкции и конъюнкции, тождественности и инверсии) на более высокий уровень алгебры (степени и корни, экспоненты и логарифмы). Это доказывает разложение экспоненциальной функции в ряд Тейлора [3; 7]

$$\exp(Bx) = \sum_{i=0}^{n-1} b_i x^i, \quad (2.3)$$

где коэффициенты $b_i \in B$ являются компонентами интегрального коэффициента.

Преимуществом алгебраических операторов исчисления (2.2), в отличие от модели счисления (2.1), служит преобразование n -го множества компонент b_i в единственный интегральный коэффициент B , что сокращает $n \times n$ -мерную систему уравнений полинома (2.1) до размерности 2×2 алгебраических исчислений (2.2), повышает технологичность и оперативность расчета коэффициентов. Несмотря на достоинства, операторы исчисления, как и коды счисления, также содержат ненормируемые переменные x, y и неопределенные коэффициенты $A - D$, неадекватные физике явления и соответствующие им статистические модели (2.2). В результате решения системы уравнений из модели (2.2) последовательным перебором итерационного анализа синтезируется градуировочная характеристика с фиксированным алгоритмом и тождественной им жесткой комбинаторной структурой узкоспециализированного тестера, исключающих проектирование ассоциативной матричной архитектуры с гибкой программно управляемой адресацией интеллектуальных микропроцессорных средств.

Следовательно, структуры полиномов счисления с множеством переменных и коэффициентов развиваются в алгебраические операторы исчисления с множеством переменных, но не более четырех коэффициентов, интегрирующих компоненты коэффициентов полиномов. Решением статистического анализа алгебраических моделей, как и логических, служат приближенные коэффициенты и фиксированные градуировочные характеристики, нетождественные физике эксперимента, диктующие жесткую комбинаторную структуру узкоспециализированного тестера.

Аналитический контроль с гибкой калибровочной характеристикой, тождественной эквиваленту натурного эксперимента за счет структурной и параметрической оптимизации по нормируемым мерам границ адаптивного диапазона, предлагает физические модели. Это математические модели калибровочных характеристик, в отличие от статистических моделей градуировки, адекватны физике явления информационных

процессов за счет нормируемых мер границ адаптивного диапазона известных образцов. Анализ электрофизических и физико-химических преобразований, теплофизических и диффузионных процессов показывает [2–7] их аналогию физике явлений и тождественность математических представлений.

Адекватные физическим процессам (явлениям) математические модели тождественны на различных уровнях операторов исчисления. Это очевидно на примере представления импульсной динамической характеристики электрического заряда (или разряда) интегральной цепочки из последовательного соединения резистора сопротивлением R и конденсатора емкостью C [3; 7]. Амплитуда напряжения u в заданные моменты времени t связаны алгебраическим оператором (математической моделью, адекватной физике заряда интегратора) экспоненцирования

$$u = E(1 - e^{-t/T}), \quad (2.4)$$

с предельными параметрами: E – напряжение насыщения и T – постоянная времени.

Алгебраическому представлению математической модели (2.4) тождественен оператор высшей математики в виде дифференциального уравнения первого порядка (математической модели в дифференциальной форме):

$$T \frac{du}{dt} + u = E, \quad (2.4a)$$

или математическая модель в интегральной форме, представленная интегральным уравнением

$$u = \frac{1}{T} \int_0^t (E - u) dt. \quad (2.4б)$$

Инверсными операторами экспоненцирования (2.4), дифференцирования (2.4a) и интегрирования (2.4б) служат алгебраическая модель логарифмического исчисления

$$t = -T \ln(1 - u/E), \quad (2.4в)$$

а также модели в операторной $p = j\omega$ и комплексной форме для отображения амплитудно-частотной характеристики

$$u = E/(1 + j\omega T), \quad (2.4г)$$

где ω – циклическая частота, $j = \sqrt{-1}$ – комплексная единица.

Следовательно, адекватной физике заряда импульсной динамической характеристики тождественны математические модели в экспоненциальной и логарифмической форме, в операторах дифференциального и интегрального исчисления, в операторном и комплексном представлении. Аналогичные примеры характерны для математических моделей, адекватных физике статических и кинетических процессов.

Тождественные математические модели (2.4–2.4г), адекватные физике динамических (соответственно, статических и кинетических) процессов, в отличие от статистических моделей, не отражающих физику явления из-за множества ненормированных переменных, представлены только двумя предельными параметрами, интегрирующими множество переменных и однозначно определяющими форму структуры действительной характеристики натурального эксперимента. Физические модели принимают за калибровочные характеристики, которые отождествляют желаемому эквиваленту эксперимента за счет оптимизации двух предельных параметров нормированными мерами границ адаптивного диапазона известных образцов посредством программно управляемых алгоритмов высокоэффективных метрологических средств, регламентирующих реализацию в полном объеме и согласованность матричной архитектуры в ассоциативном адресном пространстве и универсального математического обеспечения для автоматизации интеллектуальных компьютерных анализаторов состава и свойств веществ.

Проведем анализ методов поиска инноваций для оценки эффективности последовательного, параллельного и смешанного перебора относительно метода тождественности эквивалентам по закономерным условиям оптимизации параметров прототипа к эквивалентам идеального конечного результата.

3. МЕТОД ТОЖДЕСТВЕННОСТИ ЭКВИВАЛЕНТАМ

Проанализирован метод тождественности эквивалентам калибровки градуировочных характеристик для измерения действительных значений в адаптивном диапазоне с заданной точностью образцовых мер границ контроля.

Повышение метрологических характеристик ограничено стандартными правилами оценки ненормированных измерений по фиксированным градуировочным характеристикам среднестатистического анализа неопределенного множества случайных взаимосвязанных информативных параметров, связанных по неизвестной функции с измеряемыми величинами [1–4]. Сложность и трудоемкость градуировки регламентируют низкую точность с априорной дисперсией, увеличивающейся пропорционально ширине адаптивного диапазона аналитического контроля. Недостатки градуировки декларируют множество случайных характеристик информативных параметров с неизвестной моделью структуры определения измеряемых величин; статистическая аппроксимация экспериментальных измерений жесткими градуировочными характеристиками в виде полиномов с необозримым количеством ненормированных коэффициентов; оценка измеряемых величин по градуировочной характеристике среднестатистического фантома, несоответствующим действительным значениям конкретного пациента. Итерационный анализ из-за незнания закономерностей подменяет метод проектирования последовательным, параллельным или смешанным перебором вариантов.

Последовательный перебор организует сравнение i -го решения, $i = 1, n$ с $(n - i)$ -ми вариантами без знания системы координат и мер оценки, правил и алгоритмов поиска, образцов и границ диапазона. Из-за отсутствия образов эквивалентов и четких регламентов последовательный перебор превращается в «поиск иголки в стогу»

сена», включающий произведение множества итерационных циклов, соответствующих необозримому факториалу переборов вариантов [3, с. 103-119]. Трудоемкость и длительность последовательного перебора не гарантируют выявление инновации ИКР, а, как правило, приводят к тривиальному нахождению посредственной псевдоновации из-за неопределенности последовательного приближения к ирреальному фантому.

Следовательно, простота и технологичность последовательного перебора – кажущиеся миражи из-за отсутствия эквивалентов ИКР, а трудоемкость и длительность последовательного приближения декларируют псевдоновации, тождественные фантому. Многие считают, что снижает трудоемкость и повышает оперативность параллельный метод анализа.

Параллельный перебор предполагает поиск рационального решения по интуиции благодаря эвристическому синтезу [3, с. 103-107]. Эвристика интуиции обусловлена передачей полномочий решения задачи из сознания человека, через подкормку и полевые ауры в виртуальный банк космического разума (бог или инопланетяне, информационное поле или мнемоническая память). По аналогии с вычислительной машиной с произвольной ассоциативной адресацией из банка данных всемирного разума извлекаются тождественные или подобные решения, которые «озаряют» разум субъекта, пройдя обратный путь из виртуального банка и полевые ауры через подкормку в сознание индивида. В доказательство приводят «эврику Архимеда» и «яблоко Ньютона», «бензольное кольцо из мартышек» и «таблицу Менделеева из сна». Психологические концепции предполагают невозможным созидание человеком, который только ремесленник, т. к. творец только Бог (!?). На практике параллельный перебор отличается от последовательного произвольным выбором ассоциативных признаков с поиском числа решений из систематического каталога. К недостаткам параллельного перебора, как и для последовательного, относят отсутствие нормированных эквивалентов и, как следствие, тривиальные решения из посредственных псевдоноваций.

Следовательно, параллельный, как и последовательный перебор иррационален и нетехнологичен из-за отсутствия нормированных признаков-эквивалентов и декларирует по произвольной ассоциативной адресации из систематического каталога псевдоновацию из ирреальных фантомов.

Смешанный перебор включает эвристический синтез решения и его систематизированный анализ известными методами теоретической электротехники в аналоговой и импульсной, цифровой и микропроцессорной форме преобразования, систематизированных в итерационное проектирование. Из-за эвристического синтеза теоретический анализ сводится к подгонке под предполагаемый ответ, а итерационное проектирование опускается до уровня параллельного или последовательного перебора за счет отсутствия закономерностей-эквивалентов и оптимальных условий целенаправленного поиска инноваций, с проектированием из ирреальных фантомов – посредственной псевдоновации [1-4].

Следовательно, итерационное проектирование отличается от других методов мощный теоретический электротехнический анализ, сводящийся к произвольному или последовательному перебору из-за эвристического синтеза технического решения без учета нормированных эквивалентов с инициацией поиска примитивных псевдоноваций.

Метрологическую эффективность процесса градуировки ограничивает поиск фиксированных коэффициентов итерационным анализом последовательного приближения по среднеквадратической оценке без знания закономерностей целенаправленного синтеза инноваций методом тождественности эквивалентам идеально конечного результата (ИКР) – основы информационной технологии творчества [3, с. 115-116].

Проектирование инновации из прототипа заключается в тождественности эквивалентам ИКР измеренной характеристики с нелинейностью для выявления закономерностей технического творчества и алгоритмов оптимизации параметров калибровочных характеристик до желаемых параметров действительной характеристики с заданной точностью нормируемых мер известных образцов нижней и верхней границ адаптивного диапазона аналитического контроля. Эквивалентами ИКР модернизируемого прототипа служат информативные параметры нормируемых характеристик известных образцов и математические модели, адекватные физическим явлениям. Это методы проектирования по тождественности эквивалентам ИКР гибких калибровочных характеристик и по алгоритмам оптимизации предельных параметров за счет нормируемых мер (калибров) границ адаптивного диапазона [3-4].

Метод тождественности эквивалентам систематизирует предельные закономерности функций $F_i(x_{0i}, y_{0i})$ с измеренными параметрами x_{0i} , y_{0i} и нелинейностью η из-за погрешности ε , оптимальными эквивалентами ИКР которых служат действительная функция $F(x_0, y_0)$ с нормируемыми параметрами x_0 , y_0 эксперимента с оптимальной нелинейностью η^* и погрешностью ε^* , соответственно единичного и нулевого уровня:

$$\begin{cases} \text{opt} F_i(x_{0i}, y_{0i}) = F(x_0, y_0), \\ \text{opt} \eta = \eta^* = 1, \\ \text{opt} \varepsilon = \varepsilon^* = 0. \end{cases} \quad (3.1)$$

Закономерности (3.1) систематизируют оптимальные условия достижения прототипом ИКР по эквивалентам «в лоб», исключая трудоемкий и длительный итерационный анализ.

Алгоритм метода эквивалентов [3; 7] для анализа линейных интегральных схем (ЛИС) регламентирует следующую последовательность действий.

1. Рассчитывают статическую характеристику $U_i = f(U_{\text{вх}})$ схемы методом графов по I и II законам Кирхгофа.
2. Анализируемой характеристике U_i сопоставляют линейную зависимость $U_{0i} = KU_{\text{вх}}$ активного делителя напряжения.
3. Решают систему уравнений

$$\begin{cases} U_i = f(U_{\text{вх}}), \\ U_{0i} = KU_{\text{вх}} \end{cases}$$

и выявляют метрологическую симметрию в виде условия равновесия моста.

4. Идентифицируют анализируемой схеме линейное решение активного делителя и условие равновесия

моста, соответствующие преобразованию по линейной статической характеристике в координатах метрологической симметрии.

В координатах метрологической симметрии алгоритм преобразования представляется линейной функцией в явном виде. Это соответствует известному из физики принципу относительности Г. Галилея, с позиций схемотехники утверждающему инвариантность форм представления ИС для любых систем координат. Другими словами, различным схемам соответствует нормированная система координат, в которой формы представления существуют в явном виде и линейным образом. Метод тождественности эквивалентам рационально определяет нормированные координаты схемотехники, в которых формы представления определяют оптимальным образом.

Сущность метода эквивалентов [2; 6–7] заключается в сопоставлении исследуемому решению желаемого результата, принимаемого за эквивалент, и выявлении условий эквивалентности при их тождественности. Проиллюстрируем сущность на примере усилителя постоянного тока (УПТ).

Сопоставим нелинейной характеристике k желаемый линейный k_0 эквивалент в виде системы уравнений:

$$\begin{cases} k = -\frac{R_2}{R_1 + \frac{R_2}{\beta}}; \\ k_0 = -\frac{R_2}{R_1}. \end{cases}$$

Выразим нелинейную характеристику k через линейный k_0 эквивалент

$$k = \frac{k_0}{1 + \frac{k_0}{\beta}} = \frac{k_0}{1 + \varepsilon} = k_0 \eta, \quad (3.3)$$

где $\varepsilon = (1 + k_0)/\beta$ – погрешность, а $\eta = 1/(1 + \varepsilon)$ – нелинейность преобразования характеристики, требующие калибровку по нормированным эквивалентам.

С учетом закономерности линейного преобразования коэффициента k

$$opt_{\eta \rightarrow 1} k = k_0, \quad (3.3a)$$

находим из (3.3) условия эквивалентности при единичном значении нелинейности η , нулевой погрешности ε и избыточности коэффициента усиления β

$$opt_{\varepsilon \rightarrow 0} \eta = 1, \quad opt_{\beta \rightarrow \infty} \varepsilon = 0, \quad opt_{e \rightarrow 0} \beta = \infty, \quad (3.3b)$$

при наличии виртуальной земли $e = 0$, которые регламентируют гальваническую развязку и линейное усиление сигнала УПТ в процессе калибровки.

Закономерности (3.3a, б) метода эквивалентов приводят к тождеству

$$\frac{U_2}{U_1} = k = k_0 = -\frac{R_2}{R_1},$$

из которого следуют ИКР: линейная калибровочная характеристика УПТ

$$U_2 = -U_1 \frac{R_2}{R_1}, \quad (3.3в)$$

а также прямая зависимость линейного преобразования

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{R_2}{R_1}.$$

Следовательно, метод эквивалентов, в отличие от итерационного анализа, позволяет технологично находить в явном виде линейное решение и условия оптимизации для калибровки по физическим закономерностям.

Таким образом, в отличие от традиционных методов перебора с трудоемким и длительным поиском из ирреальных фантомов посредственных псевдоноваций из-за незнания закономерностей творчества, метод тождественности эквивалентам целенаправленно выявляет инновацию по закономерным условиям оптимизации предельных параметров калибровочных функций к действительным ИКР-эквивалентам, нормированным по известным образцам границ адаптивного диапазона аналитического контроля биомедицинских компьютерных анализаторов состава и свойств веществ.

Оценим эффективность калибровочных характеристик относительно фиксированных градуировочных характеристик с позиций структурной и параметрической аппроксимации.

4. ГРАДУИРОВОЧНЫЕ И КАЛИБРОВОЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Показано преимущество калибровочных характеристик, в отличие от фиксированных градуировочных характеристик с множеством приближенных коэффициентов и ненормированных переменных измерения среднестатистического фантома, за счет их гибкости в адаптивном диапазоне из-за оптимизации предельных параметров по алгоритмам в явном виде, учитывающих границы двух нормированных измерений известных образцов.

Градуировочная характеристика связывает множество ненормированных переменных измерения с множеством искоемых физических величин в процессе параметрической [1–7] и структурной аппроксимации [2; 6]. Параметрами фиксированной градуировочной характеристики являются множество ненормированных приближенных коэффициентов, соответствующих безразмерному множеству переменных измерения и искоемых величин.

Параметрическая аппроксимация [1–4] градуировки находит коэффициенты из решения n -мерной системы n -мерных уравнений методами последовательного приближения фиксированной характеристики к точечной экспериментальной кривой с априори заданной дисперсией. Из-за статистического итерационного ана-

лиза $n \times n$ -мерной системы уравнений точное решение трудоемко и нетехнологично [1, с. 31-33], поэтому его заменяют расчетом приближенных полиномов Гаусса или Чебышева, которые повышают оперативность не менее чем на порядок, но снижают точность до 30 %.

Множественность безразмерных коэффициентов параметрической оптимизации градуировочной характеристики обусловлена множеством переменных измерения, принятых за информативные параметры, требующих статистического анализа итерационным приближением с реализацией фиксированной субъективной зависимости среднестатистического фантома [Пат. № 2444279 РФ]. При этом безразмерные коэффициенты градуировочной характеристики не отражают физику явления, что исключает их калибровку из-за отсутствия нормированных мер и множества неопределенных калибров.

Следовательно, параметрическая аппроксимация множества переменных измерения и искоемых величин приводит к фиксированной субъективной градуировочной характеристике с множеством приближенных коэффициентов, не отражающих физику явления и исключающих множество нормированных мер, с априори заданной дисперсией до 30 % [Пат. № 2515534 РФ].

Структурная аппроксимация [2; 4–7] градуировки сводится, как правило, к выбору позиционного кода счисления, организуемого на базе алгебраического сложения и умножения. Наиболее сложными представлениями чисел являются базисы ИЛИ-НЕ и И-НЕ, включающие инверсию (НЕ) суммы (ИЛИ) сумм и произведения (И) произведений. К простым счислениям относят нормальные формы: дизъюнктивную (НДФ) в виде суммы произведений и конъюнктивную (НКФ) из произведения сумм, частным случаем которых служат среднее арифметическое и среднее геометрическое [6, с. 160-169]. Извлечение корня n -й степени из произведения n величин сложно без вычислительной техники, а деление на n суммы переменных не сложно произвести в уме, поэтому среднее арифметическое предпочтительнее среднего геометрического. Среднее арифметическое, как наиболее простое и удобное счисление, положено в структуру градуировочной характеристики, которую организуют полиномом y_j в НДФ, как сумму произведений i -тых переменных x_{ij} и коэффициентов a_i [2, с. 53-62]

$$y_j = \sum_{i=0}^{n-1} a_i x_{ij}; \quad j = 0, n-1. \quad (4.1)$$

Рациональным счислением для практики выбирают степенной полином:

$$y_j = \sum_{i=0}^{n-1} a(i) x_j^i, \quad (4.1a)$$

на базе которого реализуют линейную ($i = 0, 1$) и квадратичную ($i = 0-2$), кубическую ($i = 0-3$) и степенную ($i = 0 - n - 1$) аппроксимации градуировочной характеристики. Структурную аппроксимацию организуют итерационным анализом параметрической аппроксимации, последовательным перебором степени $i = 0, n - 1$ полинома (4.1a) относительно точечной кривой

эксперимента с априорной дисперсией σ . За рациональное решение принимают полином i -той степени с наименьшей дисперсией, который служит градуировочной характеристикой узкоспециализированного тестера с жесткой комбинаторной структурой [Пат. № 2509531 РФ].

Следовательно, структурная аппроксимация заменяется итерационным анализом параметрической аппроксимации полиномов НДФ, с поиском такой степени, для которой полином имеет наименьшую дисперсию относительно точечной кривой эксперимента, и ее принимают за рациональную структуру градуировочной характеристики примитивного тестера. При этом жесткая структура тестера копирует по аналогии фиксированный алгоритм субъективной градуировочной характеристики среднестатистического фантома, как интеграла множества ненормированных измерений и искоемых величин. Использование жесткой градуировочной характеристики при проектировании гибкой архитектуры микропроцессорных интеллектуальных средств с коммуникабельным математическим обеспечением превращает компьютерный анализатор в узкоспециализированный тестер с фиксированным алгоритмом жесткой структуры неизвестного фантома [6, с. 204-219].

Для создания высокоэффективных метрологических средств компьютерных анализаторов, в отличие от ненормированной жесткой градуировочной характеристики с фиксированным алгоритмом аппроксимации множества приближенных коэффициентов, используют нормированную программно управляемую калибровочную характеристику с гибкими алгоритмами оптимизации предельных параметров и заданной точностью границ адаптивного диапазона, регламентированной погрешностью нормированных характеристик известных образцов.

Калибровочная характеристика [1–7] отождествляет исследуемую зависимость с эталонным эквивалентом реальной характеристики натурального эксперимента посредством структурной и параметрической оптимизации.

Параметрическая оптимизация калибровки программно управляет двумя предельными параметрами калибровочной характеристики по алгоритмам оптимизации за счет нормированных мер границ диапазона известных образцов [2, с. 37-40]. Калибровку организуют сравнением измеренных характеристик границ адаптивного диапазона с нормированными эквивалентами априори известных пациентов. Предельные параметры выявляют из физических закономерностей натурального эксперимента, а алгоритмы оптимизации предельных параметров находят в явной форме из математических моделей, адекватных физике явления. Оптимальные параметры адаптируют структуру калибровочной характеристики к действительной характеристике [2–4].

Структурная оптимизация [2, с. 37-52] калибровки основана на выборе функции, с тождественной физике явления информационного процесса структурой и параметрами, отражающими вид характеристики и нормирующими переменные измерения и искомые результаты по физическим мерам – калибрам. К калибровочным характеристикам предъявляют требования: линейность преобразования и простота оператора исчисления, минимум параметров и явный вид алгоритмов оптимизации, оперативность и технологичность калиб-

ровки, гибкость программного управления границами адаптивного диапазона для организации автоматического контроля с априори гарантированной точностью нормированных мер известных образцов – калибров.

Из физики статических, динамических и кинетических процессов известно [1–7], что им тождественны алгебраические операторы экспоненцирования и логарифмирования, а также адекватные им исчисления: дифференцирования и интегрирования, представления в операторной и комплексной форме. Наглядным примером статистики, кинетики и динамики служат вольтамперные [Пат. № 2444279 РФ] характеристики и глюкосименограммы [Пат. № 2504759 РФ], амплитудно-временные [Пат. № 2516914 РФ] и фазо-частотные [Пат. № 2509531 РФ] характеристики. Теория электротехники оперирует амплитудно-временными характеристиками напряжения $u(E, T, t) = u$

$$u = E(1 - e^{-t/T}), \quad (4.2)$$

с переменными: u – напряжение и t – время, и параметрами: E – предельный потенциал и T – постоянная времени, а также тока $i(I, T, t) = i$ [6, с. 184–203]

$$i = Ie^{-t/T}, \quad (4.2a)$$

с переменными: i – тока, t – времени и параметрами: I – начального тока, T – постоянной времени. Кинетику отражают вольтамперная характеристика $i(I, U, u) = i$ – зависимости тока i от напряжения u

$$i = I(e^{u/U} - 1), \quad (4.2b)$$

с параметрами диффузии тока I и напряжения U [3, с. 120–132], а также глюкогеннограммы $p(P, N, n) = p$ – функции концентрации глюкозы p крови от отношения n артериальных давлений [Пат. № 2444279 РФ]

$$p = Pe^{n/N}, \quad (4.2в)$$

с параметрами глюкозы P и отношения N структуры [3, с. 120–163].

Зависимости (4.2–4.2в) адекватны физике динамических, кинетических и статических процессов в экспоненциальной форме с двумя предельными параметрами, нормирующими множество переменных по физическим мерам системы координат двумерного адрес-

ного пространства. Эти функции полностью отражают требования аналитического контроля и могут служить идеальными структурами калибровочных характеристик адекватных физических процессов для автоматической оценки действительных значений относительно двух измерений границ адаптивного диапазона с априори заданной точностью, определяемой погрешностью нормированных мер известных образцов групп здоровья, риска и т. д.

Следовательно, доказано преимущество калибровочных характеристик, в отличие от фиксированных градуировочных характеристик с множеством приближенных коэффициентов и ненормированных переменных измерения среднестатистического фантома, за счет их гибкости в адаптивном диапазоне из-за адекватных физике явления аналитических моделей и оптимизации предельных параметров по алгоритмам в явном виде, учитывающих границы двух нормированных измерений известных образцов.

Таким образом, в отличие от традиционных методов градуировки с трудоемким и длительным поиском из ирреальных фантомов посредственных псевдоноваций из-за незнания закономерностей творчества, метод тождественности эквивалентам калибровки целенаправленно выявляет инновацию по закономерным условиям оптимизации предельных параметров калибровочных функций к действительным ИКР-эквивалентам, нормированным по известным образцам границ адаптивного диапазона аналитического контроля биомедицинских компьютерных анализаторов состава и свойств веществ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Метрология, стандартизация и сертификация / под ред. В.В. Алексеева. М.: Академия, 2008. 384 с.
2. Глинкин Е.И., Герасимов Б.И. Микропроцессорные аналитические приборы. М.: Машиностроение, 1989. 248 с.
3. Глинкин Е.И. Техника творчества. Тамбов: ТГТУ, 2010. 168 с.
4. Чичев С.И., Калинин В.Ф., Глинкин Е.И. Информационно-измерительная система центра управления электрических сетей. М.: Машиностроение, 2009. 176 с.
5. Чичев С.И., Калинин В.Ф., Глинкин Е.И. Система контроля и управления электротехническим оборудованием подстанций. М.: Спектр, 2011. 141 с.
6. Чичев С.И., Калинин В.Ф., Глинкин Е.И. Методология проектирования цифровой подстанции. М.: Спектр, 2014. 228 с.
7. Глинкин Е.И., Глинкин М.Е. Технология аналого-цифровых преобразователей. Тамбов: ТГТУ, 2008. 140 с.

Поступила в редакцию 11 января 2016 г.

Глинкин Евгений Иванович, Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов, Российская Федерация, доктор технических наук, профессор кафедры биомедицинской техники, заслуженный изобретатель Российской Федерации, e-mail: bmt@nnn.tstu.ru

Власова Елена Викторовна, Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов, Российская Федерация, аспирант, кафедра биомедицинской техники, e-mail: birukova-ev@rambler.ru

UDC 681.335

DOI: 10.20310/1810-0198-2016-21-1-334-342

REGULARITIES OF THE STATISTICAL ANALYSIS AND ANALYTICAL CONTROL

© E.I. Glinkin, E.V. Vlasova

Formation of the statistical analysis in analytical control due to sequence of development of informative parameters in limit and statistical models in analytical, analysis methods in synthesis and graduation in calibration for creation of highly effective metrological means of computer analyzers of structure and properties of substances is shown.

Key words: statistical analysis; analytical control; variable measurements; informative parameters; mathematical models and algorithms; methods of the analysis and synthesis; graduation and calibration; metrological means; computer analyzers.

REFERENCES

1. Alekseev V.V. eds. *Metrologiya, standartizatsiya i sertifikatsiya*. Moscow, Akademiya Publ., 2008. 384 p.
2. Glinkin E.I., Gerasimov B.I. *Mikroprotsessornye analiticheskie pribory*. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1989. 248 p.
3. Glinkin E.I. *Tekhnika tvorchestva*. Tambov, Tambov State Technical University Publ., 2010. 168 p.
4. Chichev S.I., Kalinin V.F., Glinkin E.I. *Informatsionno-izmeritelnaya sistema tsentra upravleniya elektricheskikh setey*. Moscow, Mashinostroenie Publ., 2009. 176 p.
5. Chichev S.I., Kalinin V.F., Glinkin E.I. *Sistema kontrolya i upravleniya elektrotekhnicheskimi oborudovaniem podstantsiy*. Moscow, Spektr Publ., 2011. 141 p.
6. Chichev S.I., Kalinin V.F., Glinkin E.I. *Metodologiya proektirovaniya tsifrovoy podstantsii*. Moscow, Spektr Publ., 2014. 228 p.
7. Glinkin E.I., Glinkin M.E. *Tekhnologiya analogo-tsifrovyykh preobrazovateley*. Tambov, Tambov State Technical University Publ., 2008. 140 p.

Received 11 January 2016

Glinkin Evgeniy Ivanovich, Tambov State Technical University, Tambov, Russian Federation, Doctor of Technics, Professor of Bio-medical Technics Department, Honored Inventor of Russian Federation, e-mail: bmt@nnn.tstu.ru

Vlasova Elena Viktorovna, Tambov State Technical University, Tambov, Russian Federation, Doctor of Technics, Post-graduate Student, Bio-medical Technics Department, e-mail: birukova-ev@rambler.ru