

Майорова Екатерина Витальевна

ОПТИМИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ ИЗМЕРЕНИЯ НА ОСНОВЕ
ПЕРЕБОРА

Специальность 05.11.16 - Информационно-измерительные и управляющие системы

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург
2011

Работа выполнена в Санкт-Петербургском государственном электротехническом университете им. В.И. Ульянова (Ленина) на кафедре информационно-измерительных систем и технологий

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор
Цветков Эрик Иванович

Официальные оппоненты: 1. Доктор технических наук, профессор
Брусакова Ирина Александровна
2. Кандидат технических наук, доцент
Антонюк Петр Евгеньевич

Ведущее предприятие: Научно-исследовательский институт
электроизмерительных приборов ОАО «НИИ ЭЛЕКТРОМЕРА» (ВНИИЭП)

Защита состоится «25» октября 2011 года, в 15.00 часов, на заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 212.238.06 Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета им. В.И. Ульянова (Ленина), 197376, Санкт-Петербург, ул.Профессора Попова, д.5, диссертационный совет, в ауд.5108.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета.

Автореферат разослан «23» сентября 2011 года

Ученый секретарь
по защите докторских и кандидатских диссертаций
кандидат технических наук, доцент

Боронахин А.М.

Общая характеристика работы

Актуальность работы. Одним из основных направлений развития измерительной техники стало создание и использование сложных многофункциональных систем с перестраиваемой структурой. Такие системы предназначены для обслуживания различных измерительных ситуаций, отличающихся родом измерительной величины, видом входного воздействия – носителя информации о значении измеряемой величины, условиями, а также требованиями и ограничениями. С помощью таких систем с перестраиваемой структурой решаются многообразные задачи управления трансформируемыми процессами (научные эксперименты, производственные технологии и т.п.), обеспечение эффективного функционирования «умных» объектов и др.

Поскольку синтез таких систем традиционными методами, основанными на эвристических процедурах принятия решений, опирающихся на опыт и интуицию специалиста, не позволяет использовать современные технические и информационные возможности в полном объеме, возникает необходимость в создании инструмента проектирования, опирающегося на автоматический синтез алгоритмов измерений с применением имеющихся априорных знаний об измерительных задачах, условиях измерений, имеющегося измерительного ресурса (ИР), а также требований и ограничений.

Таким образом, актуальность данной темы определяется возрастающей потребностью в автоматическом метрологическом синтезе современных многофункциональных измерительных средств с перестраиваемой структурой на основе выпускаемых промышленностью устройств. Применяемые в настоящее время процедуры не охватывают многие аспекты автоматического метрологического синтеза современных многофункциональных измерительных средств.

Основной целью данной диссертации является разработка базового алгоритмического обеспечения автоматического метрологического синтеза алгоритмов измерений в фиксированной ситуации, выполняемых многофункциональными системами с перестраиваемой структурой (ИИС(п)). При этом предполагается наличие необходимых априорных знаний и систем вывода. Полный перебор обеспечивает установление оптимального алгоритма измерений, а частичный – квазиоптимального.

Задачи данной диссертации:

1. Установление требуемого состава априорных знаний и измерительного ресурса;
2. Формирование процедуры метрологического синтеза на основе установления множества возможных алгоритмов для простых, параллельных и параллельно-последовательных измерений;
3. Разработка алгоритма полного перебора для простых, параллельных и параллельно-последовательных измерений;
4. Исследование возможностей частичного перебора для простых, параллельных и параллельно-последовательных измерений;

5. Анализ корректности предложенных алгоритмов

В данной работе использовались следующие **методы исследования:**

1. Применение аппарата математической метрологии для формализованного описания объектов и процедур измерений, а также расчетных методов метрологического анализа и методов с использованием имитационного моделирования;
2. Решение оптимизационных задач на дискретном множестве посредством перебора возможных алгоритмов;
3. Использование имитационного моделирования (машинного эксперимента) для проверки корректности предложенных алгоритмов.

Научная новизна данной работы заключается в:

1. Разработанных процедурах формирования базы измерительных знаний (БИЗ) и ИР;
2. Предложенной процедуре установления множества возможных алгоритмов для фиксированной ситуации для простых, параллельных и параллельно-последовательных измерений;
3. Предложенной процедуре упорядочивания множества возможных алгоритмов для ускорения перебора;
4. Разработанном базовом алгоритме автоматического метрологического синтеза измерений для обслуживания заданной ситуации.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Метод установления множества возможных алгоритмов для простых, параллельных и параллельно-последовательных измерений, основанный на представлении процедур метрологического синтеза в виде отображений, который позволяет установить множество возможных алгоритмов измерений в фиксированной ситуации;
2. Базовый алгоритм оптимизации процедур измерений в фиксированной ситуации, основанный на метрологическом анализе множества возможных алгоритмов, позволяющий определить оптимальный или квазиоптимальный алгоритм измерения в фиксированной ситуации;
3. Метод упорядочивания множества возможных алгоритмов, который основан на поэтапном расположении алгоритмов измерений и обеспечивает ускорение полного перебора.

Практическая ценность данной работы заключается в том, что разработанные процедуры и алгоритмы позволяют создавать подсистемы систем автоматизированного проектирования (САПР) для текущего метрологического синтеза многофункциональных ИИС(п).

Реализация и внедрение результатов исследований. Разработка программных средств для реализации предложенных алгоритмов оптимизации, пригодных для использования при проектировании конкретных средств и используемые в учебном процессе.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на 63-й профессорско-преподавательской конференции (Санкт-Петербург, 2010 год), кафедральных семинарах (Санкт-Петербург, 2008-2011 гг), на 64-й профессорско-преподавательской

конференции (Санкт-Петербург, 2011 год).

Публикации. Основные теоретические и практические результаты диссертации опубликованы в 4 статьях и докладах, из них по теме диссертации 4, среди которых 2 публикации в ведущем рецензируемом издании, рекомендованном в действующем перечне ВАК, 2 статьи в других изданиях.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав с выводами, заключения, и приложения. Она изложена на 159 страницах машинописного текста, включает 10 рисунков, 14 таблиц, 3 приложения и содержит список литературы из 48 наименований.

Содержание диссертации

В **первой** главе рассмотрен автоматический метрологический синтез. Даны характеристики измерительным средствам с перестраиваемой структурой (ИИС(п)), системам автоматизированного проектирования (САПР). Дана общая характеристика задачи.

ИИС(п) характеризуются тем, что в его составе есть БИЗ и есть средства их использования (расширенный интерфейс (РИ)).

В настоящее время развитие ИИС(п) идет в двух основных направлениях:

- 1) ИИС(п), характеризующиеся избыточностью используемых ресурсов, что позволяет выбирать для обслуживания каждой ситуации наилучший алгоритм измерений;
- 2) ИИС(п), опирающиеся на параллельно-последовательные измерения в каждой из возможных ситуаций (с однозначным априорно установленным соответствием алгоритма измерений и ситуации), используются для обслуживания так называемых «умных» объектов.

Решение перечисленных задач обеспечивается совокупностью систем вывода, которая дополняет стандартные интерфейсы.

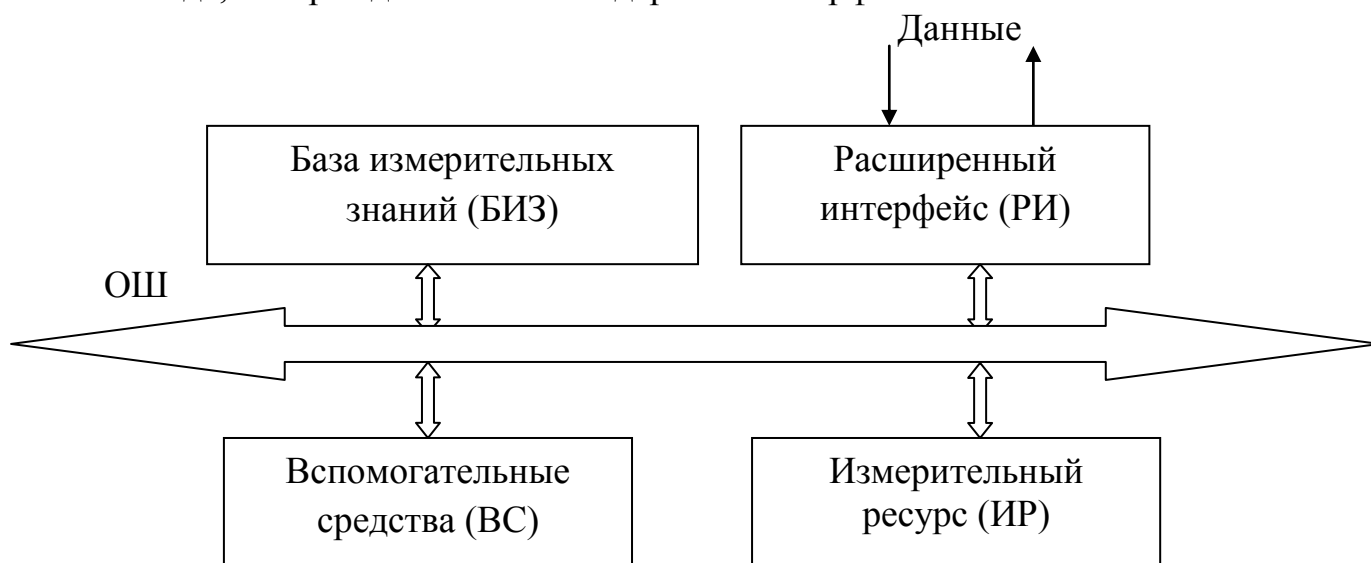


Рисунок 1. - Обобщенная структура ИИС(п)

(ОШ – общая шина)

На рисунке 1 представлена обобщенная структура ИИС(п). БИЗ – совокупность моделей, которые требуются для принятия необходимых решений. РИ, который позволяет принимать эти решения, включает в себя, помимо средств управления функционированием ИИС(п), системы вывода, необходимые для выполнения автоматического синтеза. ИР – совокупность модулей, которые могут быть включены в синтезируемое измерительное средство. ИР состоит из измерительных модулей из которых при обслуживании текущей ситуации формируются измерительные цепи, реализующие наилучшую процедуру. ВС способствуют функционированию измерительных систем.

Знания представляют в такой форме, чтобы их можно было использовать на всех этапах работы средства (кортежи, алгоритмы).

Формально задача метрологического синтеза (МС) может быть определена как установление наилучшего для данной ситуации алгоритма измерений из числа возможных при фиксированном ИР.

Представление процедур МС в виде отображений (базовый алгоритм оптимизации процедур измерений в фиксированной ситуации):

$$\begin{aligned} AZ = (\lambda = F(\gamma), MM_\gamma, MM_\gamma, \{MM_{ui}\}_{i=1}^{I_u}, \Theta, \{P_i\}_{i=1}^I) \rightarrow L_{m\text{ мин}} \gamma \rightarrow \\ \{L_s \gamma(t)\}_{s=1}^{S_L} \rightarrow \{\{L_{is} \gamma(t)\}_{i=1}^{I_s}\}_{s=1}^{S_L} \rightarrow \{L_p \gamma(t)\}_{p=1}^{P_L} \rightarrow \\ \rightarrow \{\Theta_p^*[\Delta \lambda_{j^*}]\}_{p=1}^{P_L} \rightarrow \\ \rightarrow L_{opt} \gamma_j(t) = \text{argextr} \{\Theta_s^*[\Delta \lambda_{j^*}] / L_s\}_{s=1}^{S_L} \\ L_{opt} \in I, P_L \end{aligned}$$

AZ – априорные знания;

λ – измеряемая величина;

γ – входное воздействие;

MM_γ - математическая модель входного воздействия;

Θ – характеристика погрешности результата измерения;

MM_γ – математическая модель условий измерений;

$\{MM_{ui}\}_{i=1}^{I_u}$ – множество измерительных модулей;

$\{P_i\}_{i=1}^I$ – требования и ограничения;

$L_{m\text{ мин}} \gamma$ – минимальный типовой алгоритм;

$\{L_s \gamma(t)\}_{s=1}^{S_L}$ - множество типовых алгоритмов.

МС алгоритма измерений выполняется с использованием априори сформированных моделей измерительных модулей и правил их объединения в измерительные цепи. Результат МС представляется сформированным алгоритмом измерений (моделью измерительной цепи). Физическая реализация измерительной цепи обеспечивает возможность выполнения измерений.

Процесс МС включает в себя перебор возможных алгоритмов измерений и сравнение их между собой по критерию Θ – некоторой вероятностной характеристикой погрешности.

Процедура МС начинается с установления возможности обслуживания текущей ситуации данным измерительным средством (идентификация соответствия ситуации функциональным возможностям ИИС(п)). Оно сводится к подтверждению соответствия поступивших извне сведений о $F(\gamma)$, MM_γ , MM_γ , P и Θ [$\Delta\lambda_j^*$] включенным в БИЗ сведениям о ситуациях, обслуживание которых возможно. После положительного результата идентификации текущей ситуации устанавливается множество возможных алгоритмов для ее обслуживания $\{L_{is}\gamma(t)\}_{i=1}^{I_s}\}_{s=1}^{S_L}$, которые могут быть сформированы на основе имеющегося измерительного ресурса $\{MM_{ui}\}_{i=1}^{I_u}$, составляемого совокупностью аппаратных и программных модулей. Соответственно, полученное множество возможных алгоритмов упорядочивается таким образом, чтобы сократить время, затрачиваемое на перебор, за счет уменьшения затрачиваемого на метрологический анализ времени посредством использования однотипных расчетных соотношений, а так же использования расчетных соотношений, полученных для простых алгоритмов, при выводе выражений для оценки характеристик погрешности для более сложных алгоритмов, включающих в свой состав эти простые алгоритмы. Это и есть метод упорядочивания множества возможных алгоритмов.

Далее выполняется метрологический анализ – формирование оценок вероятностных характеристик, соответствующих принятым алгоритмам.

Во **второй** главе рассмотрен состав ИС, который позволяет обеспечить ИИС(п) требуемыми возможностями. Это БИЗ, ИР, системы вывода (СВ), ВС и РИ. Без каждого из этих элементов функционирование ИИС(п) не может сопровождаться автоматическим синтезом алгоритмов измерений для обслуживания текущих ситуаций.

Одной из наиболее важных задач при функционировании подобных систем является идентификация ситуации, то есть восприятие, “понимание” измерительным автоматом текущей ситуации, для обслуживания которой к автомату обращается пользователь. Эта задача решается посредством конкретизации характеристик типовых моделей ситуации, представляющей собой соответствующий кортеж. Идентификация осуществляется на основе поступающих извне данных (род измеряемой величины, характеристики входного воздействия и другие) специальной СВ, входящей в состав РИ.

Таким образом, необходимо, во-первых, сформировать модели совокупности ситуаций, для обслуживания которых предназначено ИИС(п), и, во-вторых, предложить процедуру идентификации (определения модели) текущей ситуации.

Состав АЗ, необходимых для установления множества $\{L_S \gamma(t)\}_{S=1}^{S_L}$, представляется следующим кортежем:

$$AZ = (MM_{cum}, \{MM_{ui}\}_{i=1}^{Iu}, CB_{уст}),$$

где $MM_{cum} = (\lambda = F(\gamma), MM_\gamma, MM_\gamma, \Theta[\gamma(t)])$ – модель ситуации, в которой используется в качестве критерия точности $BX \Theta[\gamma(t)]$,

$\{MM_{ui}\}_{i=1}^{Iu}$ – модели составляющих измерительный ресурс модулей,

$CB_{уст} = (A_{min}, \{П_i\}_{i=1}^{Iп}, A_k)$ – система вывода,

A_{min} – алгоритм установления $L_{m\ min} \gamma(t)$,

A_k – комбинаторный алгоритм, который представляет процедуру трансформации множества типовых алгоритмов в $\{L_S \gamma(t)\}_{S=1}^{S_L}$. То есть, перечисление или подсчет количества различных конфигураций образуемых элементами конечных множеств, на которые могут накладываться определённые ограничения, такие как: различимость или неразличимость элементов, возможность повторения одинаковых элементов и т. п.

$\{П_i\}_{i=1}^{Iп}$ – решающие правила.

В $CB_{уст}$ может включаться необходимое число решающих правил. Так же задаются последовательность применения этих правил и правила учета совместимости вводимых преобразований с введенными ранее.

Формирование измерительного ресурса производится с использованием данных фирм-производителей в виде каталогов, спецификаций.

В состав ИР включаются модули, характеризующиеся совместимостью. Это свойство обеспечивается соответствующим отбором при формировании ИР из исходной совокупности $\{MM_{ul}\}_{l=1}^{Lmax}$.

База измерительных знаний (БИЗ) является частью ИИС(п) и содержит исчерпывающий объем информации, необходимый для реализации метрологического синтеза.

БИЗ должна взаимодействовать с РИ, который должен определять знания, содержащиеся в БИЗ для решения поставленных задач, возможность их пополнение.

Знания представляют в такой форме, чтобы их можно было использовать на всех этапах работы средства.

БИЗ должна отражать информацию об исследуемой ситуации и должна быть возможность изменения процедуры измерений в соответствии с выбранной типовой ситуацией.

БИЗ включает в себя:

1. системы вывода;
2. типовые модели ситуаций;
3. модели измерительного ресурса;
4. модели вспомогательных средств.

Формирование систем вывода необходимо начинать с априорных знаний, то есть модели ситуаций $MM_{\text{сиг}}$, содержащих модели измеряемой величины (MM_{λ}), модели входного воздействия (MM_{γ}), модели условий измерения (MM_{ν}), модели измерительного ресурса ($\{MM_{ui}\}_{i=1}^{lu}$), виды вероятностных характеристик (θ) и характеристики требований и ограничений ($\{P_s\}_{s=1}^{S_{\text{max}}}$). То есть в модель ситуаций входят все данные, которые позволят наиболее полно описать поставленную задачу – ситуацию. В СВ может включаться необходимое число решающих правил, задается последовательность их применения и правила учета совместимости вводимых преобразований с введенными ранее. Все модели содержат в себе всю необходимую и достаточную информацию для решения поставленной задачи. Так же могут в совокупности моделей входить такие модули, которые не нужны для решения поставленной задачи, но которые могут удовлетворять поставленным требованиям. Для исключения таких модулей сначала формируются типовые алгоритмы. Типовой алгоритм – последовательность измерительных преобразований без конкретизации параметрических и функциональных характеристик реализующего это преобразование модуля. Модель типового измерительного модуля представляет собой выполненное им преобразование, без указания конкретных характеристик. Множество возможных типовых алгоритмов измерений есть подмножество возможных сочетаний типовых элементарных измерительных преобразований, которые будут соответствовать характеристикам сопряжений типовых модулей. К необходимым преобразованиям при определенных условиях, так же могут относиться и преобразования, не являющимися основными, то есть вспомогательные преобразования.

То есть количество моделей ситуаций будет зависеть от количества родов измеряемых величин, множества входных воздействий, множества условий и множества требований и ограничений. Количество и разнообразие модулей ИР и виды СВ так же будут определять количество моделей ситуаций.

Формирование БИЗ является основным этапом предваряющим создание интеллектуального автомата. От качества входящих в БИЗ знаний зависит качество будущего интеллектуального автомата. И, соответственно, нужно ответственно относиться к формированию каждой составляющей БИЗ.

В **третьей** главе рассмотрено установление множества возможных алгоритмов для простых измерений, для параллельных измерений и параллельно-последовательных измерений. Даны краткие характеристики данных видов измерений. Здесь рассматривается метод установления множества возможных алгоритмов для простых, параллельных и параллельно-последовательных измерений.

Установление множества возможных алгоритмов измерений является этапом структурной оптимизации измерительной процедуры. Для оптимизации алгоритмов измерений (выбора последовательности составляющих измерительную процедуру преобразований) необходимо

установить множество алгоритмов измерений, обеспечивающие решение поставленной измерительной задачи. В общем случае оптимизация сводится к перебору возможных алгоритмов измерений, установлению значения принятого критерия точности для каждого варианта, так же сопоставлению получаемых результатов и выбору требуемого или оптимального, реализующего потенциальную точность. Исходной операцией здесь является установление множества возможных алгоритмов измерений. Причем алгоритмы должны быть реализованы с помощью имеющегося измерительного ресурса.

Таким образом, процедура установления множества возможных алгоритмов есть отображение:

$$A3 \rightarrow \{L_s \gamma(t)\}_{s=1}^{S_L}.$$

$L_s \gamma(t)$ – s -тый возможный алгоритм измерений.

Установление множества возможных алгоритмов состоит из двух этапов: установление множества возможных типовых алгоритмов, а затем установление возможных модификаций каждого из типовых алгоритмов.

Двухэтапная процедура установления множества возможных алгоритмов – последовательность двух отображений:

$$A3 \rightarrow \{L_{mp} \gamma(t)\}_{mp=1}^{P_{Lm}} \rightarrow \{\{L_{mp s} \gamma(t)\}_{s=1}^{S_{LP}}\}_{mp=1}^{P_{Lm}} = \{L_s \gamma(t)\}_{s=1}^{S_L},$$

где P_{Lm} – число возможных типовых алгоритмов измерений;

$L_{mp} \gamma(t)$ – p -тый возможный типовой алгоритм;

$\{L_{mp s} \gamma(t)\}_{s=1}^{S_{LP}}$ – совокупность модификаций p -того типового алгоритма измерений.

Упорядочивание возможных алгоритмов вытекает из совокупности типовых алгоритмов. Метод упорядочивания множества возможных алгоритмов можно представить в виде отображений:

$$\{L_{mun} \gamma_j(t)\} \rightarrow \{R_1 L_{mun} \gamma_j(t)\} \rightarrow \{R_2 R_1 L_{mun} \gamma_j(t)\} \rightarrow \dots$$

Тогда упорядоченное множество типовых алгоритмов трансформируется в упорядоченное множество модификаций типовых алгоритмов, когда каждая группа алгоритмов характеризуется одним расчетным выражением для определения вероятностных характеристик.

Параллельные измерения используются при необходимости проводить совместные измерения величин $\{\lambda_{ij}^*\}_{i=1}^I$. Эти измерения реализуются многоканальными измерительными средствами.

Процедуры параллельных измерений описываются системой уравнений вида:

$$\{\lambda_{ij}^* = L_i \gamma_{ij} = R_{mi} \dots R_{li} \gamma_{ij}\}_{i=1}^I,$$

где I – число воздействующих на вход сигналов $\{\gamma_{ij}\}_{i=1}^I$, L_i – алгоритм измерений λ_i .

Множество возможных алгоритмов $\{L_p\}_{p=1}^{P_L}$ также необходимо упорядочить, в целях ускорения метрологического анализа.

Как и параллельные, параллельно-последовательные измерения используются при необходимости проводить совместные измерения величин $\{\lambda_{ij}^*\}_{i=1}^I$. Эти измерения реализуются многоканальными измерительными средствами. Процедуры для параллельно-последовательных измерений характеризуются использованием так называемых групповых модулей, последовательно обслуживающих совокупность воздействий:

$$\{\lambda_{ij}^* = L_i \gamma_{ij} = R_{mi} \dots R_{S+1,I} R_{SI} R_{S-1,I} \dots R_{Rli} \gamma_{ij}\}_{i=1}^I,$$

R_{SI} – преобразование, реализуемое групповым модулем.

В **четвертой** главе рассмотрен выбор алгоритмов измерений. Рассмотрены и охарактеризованы полный и частичный переборы, а так же различные варианты их применения.

Полный перебор — это метод решения задачи путем перебора всех возможных вариантов. Полный перебор производится в соответствии с упорядочиванием множества возможных алгоритмов. Сложность полного перебора зависит от числа возможных алгоритмов и результатов их упорядочивания. Если пространство решений очень велико, то полный перебор может не дать результатов в требуемый срок.

Полный перебор единственный способ гарантированного установления оптимального алгоритма.

Частичный перебор возможных алгоритмов измерения применяется в том случае, когда провести полный перебор не удастся. При частичном переборе не всегда находится оптимальный алгоритм. Определение оптимального алгоритма измерений при частичном переборе происходит с некоторой вероятностью $P [\Theta [\Delta \lambda_j^*]]$.

Пусть из N возможных алгоритмов можно перебрать только N_e алгоритмов ($N > N_e$). Тогда вероятность того, что в число перебора попадет оптимальный алгоритм:

$$P [\Theta [\Delta \lambda_j^*]] = \text{extr } \Theta [\Delta \lambda_j^*] = 1 - \prod_{i=1}^{N_B} \left(1 - \frac{1}{N-i+1}\right) \approx \frac{N_B}{N}.$$

Если есть требования по обеспечению установленного уровня вероятности достижения значения критерия метрологического качества не хуже порогового, то

$$P [\Theta [\Delta \lambda_j^*] \in [C, \text{extr } \Theta, \text{extr } \Theta]] = 1 - \prod_{i=1}^{N_B} \left(1 - \frac{Np}{N-i+1}\right) \approx \frac{NpN_B}{N},$$

где N_p – число алгоритмов из общего N , которое удовлетворяет требованию. Тогда требуемый объем выборки будет зависеть от отношения общего числа алгоритмов к числу алгоритмов, которые удовлетворяют требованию.

Таким образом, можно получить оптимальные или квазиоптимальные алгоритмы измерений в фиксированной ситуации, выполняемые многофункциональными ИИС(п) на основе полного или частичного перебора.

В **пятой** главе рассмотрены иллюстративные примеры, подтверждающие корректность вышеизложенного материала. Для данной главы было написано две программы. Первая программа позволяет сформировать ИР для текущей задачи, она сравнивает между собой и ранжирует измерительные модули, а так же выдает возможные комбинации измерительных модулей. Вторая программа является автоматом, который по заданным данным (сигнал, тип сигнала, погрешность, динамический диапазон) идентифицирует ситуацию, синтезирует типовые алгоритмы, создает на основе ИР множества возможных алгоритмов и выбирает оптимальный алгоритм или алгоритмы на основе анализа дисперсий каждого алгоритма. Первая программа, выполнена в программе Excel, а вторая программа написана на C++.

$$\text{ИР} = (\{M_{\text{вн}}\}_{i=1}^1, \{M_{\text{ацп}}\}_{i=1}^4, \{M_{\text{вн}}^{-1}\}_{i=1}^4, \{M_{\text{дн}}\}_{i=1}^6, M_{\Sigma 1}, M_{\Sigma 2})$$

Таблица 1

АЦП

Наименование	Номер в ИР	Фирма изготовитель	Разрядность	Погрешность (МЗР)	Быстродействие (к выборок/сек)	Диапазон входного сигнала (В)	Диапазон выходного сигнала (В)
AD7819	1	Analog Devices	8	±1	Стандартный; 200	аналоговый от 0 до 5	0 to 5
ADS7826	5	Texas Instr	10	±1	Универсальный; 200	аналоговый от -0,3 до 6,3	-0,3 to 6,3
TLV2543	6	Texas Instr	12	±1	Универсальный; 66	Аналоговый от -0,3 до 6,5	-0.3 to 6.5
MAX1304	8	Maxim	12	±1	4000	аналоговый от 0 до 5	0 to 5

Температурные датчики общего назначения с аналоговым выходом

Микросхема	Номер в ИР	Выход	Макс. погрешность	Температурный диапазон	Напряжение питания	Потребляемый ток
AD22100	3	+22.5мВ/°С	±2.0°С	-50°С...+150°С	+4В...+6В	650μА
AD22103	9	+28мВ/°С	±2.0°С	0°С...+100°С	+2.7В...+3.6В	600μА
TMP35	10	+10мВ/°С	±2.0°С	+10°С...+125°С	+2.7В...+5.5В	50μА
TMP36	11	+10мВ/°С	±2.0°С	-40°С...+125°С	+2.7В...+5.5В	50μА
TMP37	12	+20мВ/°С	±2.0°С	+5°С...+100°С	+2.7В...+5.5В	50μА
TMP01	13	+5 мВ/°С	±1.5°С	-55°С...+125°С	+4.5В...+13.2В	500μА

Нормализатор У5-11, у которого пределы изменения выходного напряжения от -10 до +10 В. Основная погрешность ± 0,25%. Номер в ИР: 4.

Универсальный преобразователь с расширенными функциями используется при измерении температуры воды, воздуха и других сред для преобразования сигнала температуры в унифицированный сигнал тока или напряжения. Разрешение 15 бит + знак. Выход по напряжению: диапазон 0..5 / 0..10 / 1..5 / 2..10 V.

Таблица 3

Фильтры

Микросхема	Номер в ИР	Диапазон центральной частоты	Напряжение питания	Дрейф	Уровень шумов
MAX274	2	150 кГц	+5 В/±5 В	1%	-86 дБ
MAX275	7	300 кГц	+5 В/±5 В	0.9%	-89 дБ

Задача: измерение сигнала $U_j(t)$, $U_j(t) \notin [3В, 5В]$, помеха есть. Вводим данные в программу. Получаем данные о сигнале, типовые алгоритмы и оптимальные алгоритмы (рисунок 2).

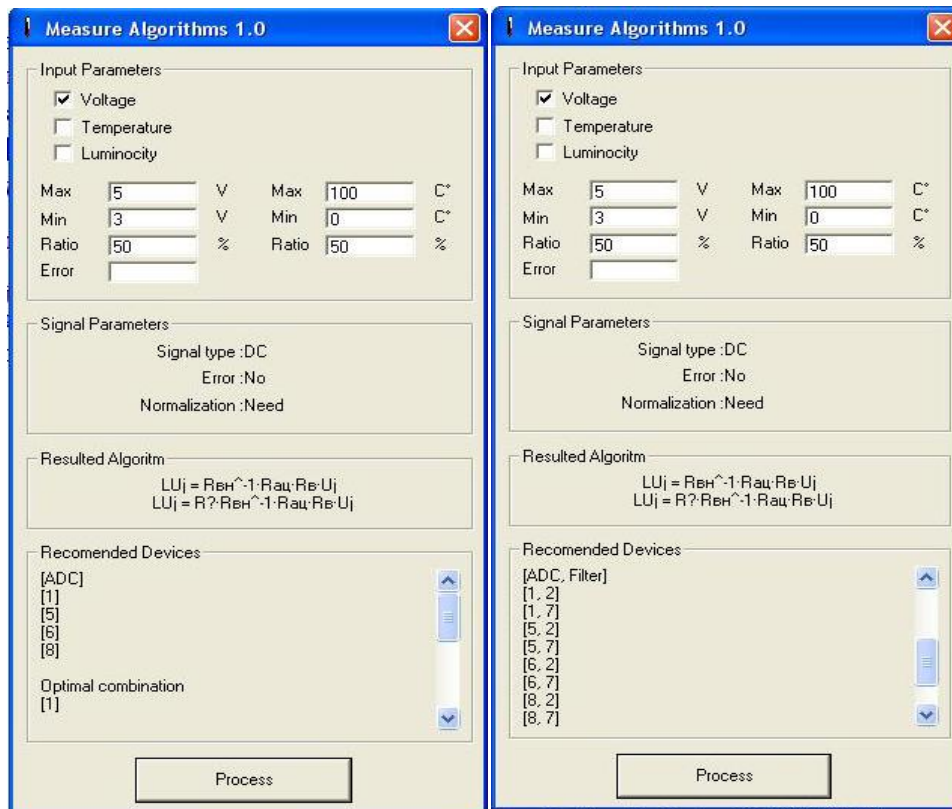


Рисунок 2. – Полученные данные.

Здесь так же два типовых алгоритма: $LU_j = R_{\Sigma} R_{ВН}^{-1} R_{ац} R_{В} U_j$ и $R_{ВН}^{-1} R_{ац} R_{В} U_j$.
И два множества типовых алгоритмов:

1. $LU_j = R_{\Sigma 7} R_{ВН 4}^{-1} R_{ац 1} R_{В 4} U_j$
2. $LU_j = R_{\Sigma 7} R_{ВН 4}^{-1} R_{ац 5} R_{В 4} U_j$
3. $LU_j = R_{\Sigma 7} R_{ВН 4}^{-1} R_{ац 6} R_{В 4} U_j$
4. $LU_j = R_{\Sigma 7} R_{ВН 4}^{-1} R_{ац 8} R_{В 4} U_j$
5. $LU_j = R_{\Sigma 2} R_{ВН 4}^{-1} R_{ац 1} R_{В 4} U_j$
6. $LU_j = R_{\Sigma 2} R_{ВН 4}^{-1} R_{ац 5} R_{В 4} U_j$
7. $LU_j = R_{\Sigma 2} R_{ВН 4}^{-1} R_{ац 6} R_{В 4} U_j$
8. $LU_j = R_{\Sigma 2} R_{ВН 4}^{-1} R_{ац 8} R_{В 4} U_j$
9. $LU_j = R_{ВН 4}^{-1} R_{ац 1} R_{В 4} U_j$
10. $LU_j = R_{ВН 4}^{-1} R_{ац 5} R_{В 4} U_j$
11. $LU_j = R_{ВН 4}^{-1} R_{ац 6} R_{В 4} U_j$
12. $LU_j = R_{ВН 4}^{-1} R_{ац 8} R_{В 4} U_j$

Первое множество состоит из 8 типовых алгоритмов и второе множество состоит из 4 типовых алгоритмов. Программа выдала сочетания фильтров и АЦП, а так же оптимальные комбинации для каждого множества. Оптимальные алгоритмы выбираются на основе сравнения сумм дисперсий для каждого типового алгоритма. Для первого множества программа сравнивает $D[\Delta_{ац} U_j^*] + D[\Delta_{Н} U_j^*] + D[\Delta_{П} U_j^*] + D[\Delta_{0} U_j^*]$ и для второго множества: $D[\Delta_{ац} U_j^*] + D[\Delta_{Н} U_j^*] + D[\Delta_{П} U_j^*]$.

Соответственно, оптимальными модулями будут АЦП AD7819 фирмы Analog Devices и фильтр MAX275. То есть алгоритмы: $LU_j = R_{\Sigma 7} R_{ВН 4}^{-1} R_{ац 8} R_{В 4} U_j$ и $LU_j = R_{ВН 4}^{-1} R_{ац 8} R_{В 4} U_j$.

Заключение (основные результаты работы) и выводы

В диссертации были рассмотрены полный перебор и частичный перебор возможных алгоритмов измерений. Проведен их анализ для простых, параллельных и параллельно-последовательных измерений.

Было рассмотрено формирование состава ИИС(п).

Целью работы была разработка подхода и базового алгоритмического обеспечения МС оптимальных и квазиоптимальных процедур измерений в фиксированной ситуации, выполняемых многофункциональными ИИС(п).

Представленные в диссертации задачи МС представляют необходимую и достаточную базу для углубленного изучения конкретных проблем, возникающих при решении задач из разных областей.

Было показано, что для большого ИР более целесообразно проводить частичный перебор, нежели полный. Хотя и полный перебор гарантированно позволяет получить наилучшее решение поставленной задачи. Как правило, полный перебор невозможно осуществить на практике из-за огромного числа алгоритмов измерений и их модификаций. Однако, полный перебор применяется в случае малого количества алгоритмов измерений или частично применяется при решении более сложных задач.

Основные результаты работы:

1. предложен аппарат описания процедуры автоматического МС, включая метрологический анализ конкретных алгоритмов измерений;
2. разработана процедура формирования БИЗ и ИР, обеспечивающая возможность автоматического синтеза алгоритмов измерений для обслуживания установленных измерительных ситуаций;
3. разработана процедура установления множества возможных алгоритмов для фиксированной ситуации;
4. предложена процедура упорядочивания множества возможных алгоритмов, обеспечивающая существенное сокращение объема вычислений при полном переборе;
5. исследованы процедуры полного и частичного переборов.

Публикации

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК России:

1. Майорова Е.В. Формирование измерительного ресурса для автоматического метрологического синтеза. // Информация и космос №4 2010 г. С.11-14
2. Майорова Е.В. Математическое моделирование и идентификация ситуаций в ИИС. // Информация и космос №2 2011 г. С.27-34

Другие статьи:

3. Майорова Е.В. Иллюстративный пример комбинаторного алгоритма установления множества возможных процедур измерений в фиксированной ситуации. // Вестник Северо-Западного отделения Метрологической Академии №21 2008 г. С.45-49
4. Майорова Е.В. Установление множества возможных алгоритмов при проектировании многоканальных и мультиплексорных средств. // Вестник Северо-Западного отделения Метрологической Академии №24 2010 г. С.44-48

Подписано в печать 20 сентября 2011г. Формат 60x84/16
Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 1,3. Тираж 100 экз. Заказ №____

Типография «Восстания – 1»
191036, Санкт-Петербург, Восстания, 1.