


НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ
ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ

На правах рукописи



КУЗНЕЦОВ АЛЕКСАНДР ВЛАДИМИРОВИЧ

АНАЛИЗ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ
СИСТЕМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Специальность 05.11.16 — Информационно-измерительные системы

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Киев — 1996



00754310 (К)

Дисертацією являється рукопис

Робота виконана в відділі автоматизації

Інститута електродинаміки НАН України, гор. Київ

- Научний керівник — доктор технічних наук, професор,
академік НАН України
Стогний Борис Сергєєвич.
- Офіційні опоненти: — доктор технічних наук, професор
Володарський Євгеній Тимофєєвич;
— кандидат технічних наук, старший
научний співробітник
Тесик Юрій Федорович.
- Ведуща організація — Український центр стандартизації і
метрології Госстандарта України, г.
Київ

Захист проводиться "2 - апреля" 1996 г. в 11⁰⁰ годин на
засіданні спеціалізованого Ученого ради Д 01.98.03 в Інституті
електродинаміки НАН України (252680, Київ-57, пр. Перемоги, 56).

С дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Інститута
електродинаміки НАН України.

Автореферат розісланий "1 - марта" 1996 г.

Учений секретар

спеціалізованого Ученого ради

Масуренко Ю.А.

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы и степень исследования тематики диссертации. Автоматизация и компьютеризация электроэнергетических объектов (ЭЭО) обуславливают применение совместно с измерительными трансформаторами тока и напряжения большого количества информационно-измерительных систем (ИИС) для определения параметров режимов этих объектов и обработки получаемой информации. Введение в измерительную систему мощных микропроцессорных вычислительных компонентов позволяет значительно расширить функциональные возможности ИИС, увеличить быстродействие и точность измерений.

Современные возможности электронной и микропроцессорной техники позволяют использовать ИИС с различными структурными схемами, способами реализации измерительных операций и обработки сигналов измерительной информации.

Вместе с тем основной тенденцией в рамках создания многоуровневых микропроцессорных информационно-управляющих систем на электроэнергетических объектах является создание многофункциональных ИИС с гибкой структурой, ориентированных на постоянное расширение перечня выполняемых функций. Такие ИИС характеризуются минимальным набором аппаратных измерительных устройств, составляющих измерительный канал (ИК), и вычислительным компонентом, реализующим различные алгоритмы обработки измеренных значений.

Отличительными особенностями многофункциональных ИИС ЭЭО являются многообразие входных сигналов и большое количество измеряемых информативных параметров, к точности измерения которых, в зависимости от вида входного сигнала и назначения ИИС, предъявляются различные требования. В настоящее время возможности увеличения точности измерений параметров сигналов на ЭЭО путем применения прецизионных измерительных устройств и структурно-алгоритмических методов повышения точности позволяют получать ИИС с точностными характеристиками, значительно превышающими

требуемые. Однако неоправданное увеличение точности измерений сопряжено со значительным повышением стоимости и усложнением контроля метрологических характеристик ИИС.

Следовательно, одной из наиболее актуальных задач является формирование рациональных требований к метрологическим характеристикам ИИС, а также анализ и экспериментальное определение этих характеристик применительно к различным моделям входных сигналов и их информативных параметров.

Целью настоящей диссертации является теоретическое и экспериментальное исследования метрологических характеристик структурных компонентов и измерительных каналов микропроцессорных ИИС электроэнергетических объектов и создание на их основе методик и аппаратно-программных средств для проектирования ИИС с заданными точностными характеристиками и их метрологического обеспечения.

Для достижения поставленной цели в работе решены следующие научно-технические задачи:

- проведен анализ особенностей и сформированы рациональные требования к точностным характеристикам ИК в соответствии с метрологической совместимостью ИК и измерительных преобразователей токов и напряжений применительно к различным моделям входных сигналов;
- предложены и проанализированы модели ИК, характеризующие его работу в различных режимах;
- проведен анализ погрешностей ИК в установившихся и переходных режимах;
- исследованы погрешности вычислительных компонентов, проведен анализ влияния трансформированной погрешности ИК на характеристики систем диагностики;
- разработан аппаратно-программный комплекс для экспериментального определения погрешностей измерительных каналов и их компонентов;
- разработаны тестовые программы для исследования алгоритмов цифровой обработки данных в вычислительных компонентах.

Объектом исследования являются измерительные каналы и вычислительные компоненты микропроцессорных информационно-измерительных систем электроэнергетических объектов.

Методы исследований. При решении поставленных задач использовались основные положения теории электрических цепей, теории точности измерительных систем, теории вероятностей, теории нечетких множеств, операторный метод расчета переходных процессов, методы спектрального анализа и цифровой обработки сигналов, численные методы и моделирование на ЭВМ.

Теоретическая ценность. Разработаны подходы и методы исследования ИК микропроцессорных ИИС ЭЭО в установившемся и переходном режимах, на основе которых получены математические модели блоков, входящих в ИК и уравнение измерения. Предложены методики исследования точностных характеристик алгоритмов обработки данных и оценка влияния погрешности измерения на характеристики достоверности в диагностических системах.

Практическая ценность. На основании теоретических исследований сформулированы требования к структуре ИК и метрологическим характеристикам компонентов в зависимости от назначения и условий применения ИИС. Разработаны методики экспериментального определения метрологических характеристик ИИС ЭЭО и аппаратно-программный комплекс для метрологических исследований ИК и его компонентов в автоматическом режиме. Разработан программный комплекс для исследования алгоритмов цифровой обработки данных в вычислительном компоненте.

Научная новизна работы состоит в создании комплексного подхода к исследованию измерительных каналов и вычислительных компонентов информационно-измерительных систем ЭЭО, позволяющий осуществлять целенаправленный структурный синтез на этапе проектирования и контроль метрологических характеристик при промышленном изготовлении. При этом:

- впервые построена динамическая модель измерительного канала, позволяющая получить уравнение измерения и модель погрешности ИК в установившихся и переходных режимах;
- получены математические модели обобщенного детерминированного и квазидетерминированного, а также случайного входных сигналов в частотной области;
- впервые предложена методика выбора параметров ИК многофункциональных ИИС, основанная на формировании нечеткого отношения предпочтения, которая позволяет сформулировать рациональные требования к характеристикам точности и быстродействия;
- предложена и реализована концепция автоматизированного аппаратно-программного комплекса для метрологических исследований рассматриваемых ИИС.

Конкретный личный вклад диссертанта в разработку научных результатов, которые выносятся на защиту:

- математические модели обобщенного входного сигнала измерительных каналов в частотной области;
- методику выбора параметров измерительного канала на основании теории нечетких множеств;
- динамическую модель ИК;
- методики расчета погрешностей измерительных каналов по мгновенным значениям входных сигналов в установившемся и переходном режимах по погрешностям компонентов;
- модель погрешности вычислительного компонента рассматриваемых ИИС;
- методики метрологических исследований измерительных каналов микропроцессорных ИИС и их компонентов.

Диссертационные исследования выполнялись в Институте электродинамики НАН Украины в рамках проектов ГКНТ 05.51.01/010-92 "Создание комплекса интеллектуальных микропроцессорных средств контроля автоматики и управления возбуждением электрических машин и аппаратов", (шифр "Стенд") и 05.51.05/185-92 "Интегрированная сис-

тема управления режимами распределительных электрических сетей" (шифр "Мережа").

Реализация результатов работы. Разработанные методики экспериментального определения точностных характеристик использованы при создании на базе ИЭД НАН Украины стенда для испытаний микропроцессорных устройств контроля, управления и автоматики электроэнергетических систем, а также при разработке метрологического обеспечения серийно выпускаемого информационно-диагностического комплекса "Регина".

Апробация работы. Содержание диссертационной работы докладывалось и обсуждалось на 7 международном симпозиуме ИМЕКО "Современные электрические и магнитные измерения", Прага, Чехия, 1995 год, международных научно-технических конференциях "Метрология-93", Созопол, Болгария, 1993 год, "Метрология и надежность-94", Созопол, Болгария, 1994 год, "Метрология и надежность-95", Созопол, Болгария, 1995 год, всесоюзной научно-технической конференции "Проблемы комплексной автоматизации ЭЭС на базе микропроцессорной техники", Киев, 1990 год, I Украинской научно-технической конференции "Метрология в электронике", Харьков, 1994 год.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 12 печатных работ.

Структура и объем диссертационной работы. Работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы (113 наименований) и приложения. Изложена на 150 стр. машинописного текста, включает 42 рисунка, 8 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цели и задачи исследования, отражены научная новизна и практическая ценность работы, изложены основные положения, выносимые на защиту, приведены сведения об апробации и публикациях основных результатов исследований, описаны структура и краткое содержание работы.

Первая глава посвящена исследованию ИИС электроэнергетических объектов в зависимости от назначения и условий применения. С целью выявления общих принципов построения измерительных каналов ИИС выполнена их классификация по виду входного сигнала и особенностям работы ИК. Из разработанной классификации, позволившей обобщить и систематизировать существующие схемные решения, и их анализа следует, что основным признаком, в значительной мере определяющим структуру ИК, является вид сигнала измерительной информации. Современные достижения микроэлектроники позволяют во всех рассмотренных случаях без ухудшения характеристик измерительного преобразования использовать ИК с измерением мгновенных величин. Кроме того, такой измерительный канал является универсальным, что позволяет использовать его в составе гибких многофункциональных ИИС, легко адаптируемых к выполнению различных задач.

Характеристики ИИС и методы обработки сигналов измерительной информации во многом зависят от входных сигналов и на этапе проектирования определяются по априорной информации об их параметрах. В работе проведен анализ частотных характеристик входных детерминированных, квазидетерминированных и случайных входных сигналов анализируемых ИИС при условии ограниченности сигналов во времени. На основании проведенного анализа получены зависимости между параметрами обобщенного входного сигнала и границами частотного диапазона ИК.

Рассматриваемые ИИС работают совместно с измерительными преобразователями тока и напряжения (ИП), что обуславливает необходимость согласования требований к нормированию характеристик погрешности ИП и ИК с учетом предусмотренных назначений и условий работы ИИС, а также трудоемкости контроля этих характеристик. В работе проведена систематизация способов нормирования характеристик погрешности ИП. Показано, что при измерении мгновенных величин или интегральных параметров информативной части сигнала суммарную погрешность можно оценить только с использованием погрешности ИП

по мгновенным значениям, на основании априорных сведений о передаточной функции и модели входного сигнала. В этом случае возникает необходимость нормирования полной динамической характеристики ИП.

На этапе проектирования многофункциональных ИИС возникает необходимость определения требуемых значений погрешности и частоты дискретизации ИК. При этом в большинстве случаев перед разработчиком стоит задача выбора оптимального из множества альтернативных ИК. Для решения этой задачи автором предложен способ формирования нечеткой оценки эффективности применения ИК к выполнению заданного набора функций, сущность которого заключается в следующем.

Для множеств альтернатив X , параметров ИК Y и выполняемых функций Z формируются нечеткие отношения с функциями принадлежности $\mu_R(x, y)$ и $\mu_S(y, z)$, характеризующие численные значения параметров анализируемых ИК и степень важности каждого параметра для выполнения заданной функции. В работе предложен эмпирический способ построения функций принадлежности этих отношений. Для сравнительной оценки эффективности применения каждого ИК строится нечеткое отношение предпочтения, являющееся композицией рассмотренных выше отношений. Функция принадлежности этого отношения

$$\mu_K(x, z) = \frac{\sum_y \mu_R(x, y) \cdot \mu_S(y, z)}{\sum_y \mu_R(x, y)}$$

Для перехода от сравнительной оценки к абсолютной производится шкалирование, основанное на формировании нечетких оценок для ИК с эталонными параметрами. Предложенный метод позволяет найти приближенное решение этой задачи, в большинстве случаев достаточное для осуществления необходимого выбора. В вычислительном аспекте эта задача сводится к операциям над матрицами и, следовательно, может быть легко алгоритмизирована.

Вторая глава посвящена анализу работы измерительных каналов, применительно к различным моделям входных сигналов. Рассматривает

мый ИК можно представить в виде каскадного соединения нормирующего измерительного преобразователя (НИП), частотного фильтра, устройства выборки-хранения (УВХ), коммутатора и аналого-цифрового преобразователя (АЦП). При построении динамической модели измерительного канала НИП и фильтр реализуются линейной моделью Вольтерра, УВХ и АЦП — в виде последовательного соединения линейного инерционного звена, описываемого такой же моделью и идеальных дискретизатора и квантователя соответственно. Нестабильность параметров компонентов учитываются с помощью введения эквивалентных аддитивного и мультипликативного шумов. Сравнительный анализ быстродействия отдельных блоков показал, что инерционными свойствами УВХ, коммутатора и АЦП можно пренебречь. Тогда уравнение измерения ИК можно записать следующим образом

$$\begin{cases} N[y(t)] = \frac{X_{НОМ}}{2^{m-1}} \cdot \int_{t_0}^{t_0+T_{УВХ}} y(t) \cdot \delta[t - (t_0 + T_*)] dt \\ y(t) = K_{\Sigma} \cdot (1 + \delta_M) \cdot \int_0^t h_{\Sigma}(t - \tau) x(\tau) d\tau + \gamma_{пр.ацп} \end{cases}$$

где

$$h_{\Sigma}(t) = \int_0^t [h_{НИП}(t - \tau) + \Delta h_{НИП}(t - \tau)] \{h_{ФФ}(\tau) + \Delta h_{ФФ}(\tau)\} d\tau$$

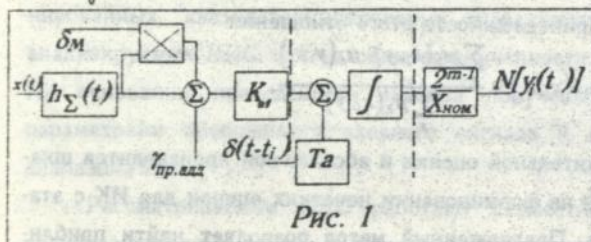


Рис. 1

K_{Σ} — номинальный коэффициент преобразования ИК, δ_M — мультипликативная и приведенная аддитивная погрешности ИК,

вызванные неидеальностью линейных безынерционных блоков; $h_{НИП}(t)$, $\Delta h_{НИП}(t)$, $h_{ФФ}(t)$, $\Delta h_{ФФ}(t)$ — идеальные импульсные характеристики НИП и фильтра и максимальные отклонения от них; m — количество разрядов АЦП; $X_{НОМ}$ — величина входного сигнала, соответствующая пределу измерения ИК; $T_{УВХ}$ — время хранения УВХ; T_a — апертурное время УВХ.

Граф преобразования сигналов в ИК представлен на рис. 1. Отметим, что все коэффициенты уравнения измерения либо задаются при проектировании, либо могут быть получены при метрологических исследованиях. Это значительно упрощает анализ проектируемых и существующих ИК.

На основании полученной модели был проведен анализ погрешностей ИК в установившемся режиме. Было установлено, что суммарная мультипликативная погрешность при частоте сигнала, равной частоте калибровочного сигнала в основном определяется неисключенной систематической погрешностью и мультипликативной погрешностью погрешностью УВХ. При различии частот входного и калибровочного сигналов доминирующей становится погрешность из-за отличия АЧХ фильтра от идеальной. Основным источником этой погрешности является неидеальность элементов фильтра. Аддитивная погрешность ИК не зависит от неинформативных параметров входного сигнала и определяется аддитивными погрешностями АЦП и УВХ. Угловая погрешность ИК будет представлять собой сумму угловой погрешности НИП, фазового сдвига фильтра, угловой погрешности фильтра, обусловленной неточностью элементов схемы и отличия частоты входного сигнала от номинальной, а также угловой погрешности, вызванной наличием апертурного времени УВХ. Угловую погрешность и фазовый сдвиг фильтра можно легко определить и уменьшить во всем частотном диапазоне путем коррекции динамических характеристик. В частности, граничное значение погрешности НЧ фильтра, вызванной случайным изменением частоты входного сигнала $\Delta\omega$ и отличия частоты среза от расчетной $\Delta\omega_c$ вследствие неидеальности элементов фильтра

$$\Delta\varphi = \frac{2 \cdot \omega}{\omega_c^2 \cdot \sqrt{1 - 4 \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)^2}} \cdot \left[\frac{2\omega \cdot \Delta\omega_c}{\omega_c} + \Delta\omega \right]$$

При любых возмущениях в энергосистеме, приводящих к изменению амплитуд или фаз входных сигналов, ИК некоторое время будет работать с погрешностью, вызванной инерционностью его звеньев. При измерении параметров установившихся режимов эту погрешность можно не рас-

смагивать. Однако, при измерении параметров аварийных режимов, требования к быстродействию ИК, выдвигаемые системами релейной защиты и диагностики обуславливают необходимость работы ИК в переходном режиме. В результате проведенных исследований были построены уравнения преобразования и модели погрешностей частотно-зависимых элементов ИК. Предложена и обоснована упрощенная методика расчета длительности переходного процесса в частотном фильтре. Исходными данными для расчета являются значения граничных частот. Если в качестве признака завершения переходного процесса считать равенство погрешности и величины единицы младшего разряда АЦП, то его длительность в фильтре можно определить, как $\ln(1/2^{m-1})/0,65 \Delta\omega$, где $\Delta\omega$ — частота среза низкочастотного фильтра или расстояние между боковыми частотами полосового фильтра, U_H — напряжение на входе фильтра, соответствующее пределу измерения ИК.

В третьей главе рассмотрены точностные характеристики вычислительных компонентов ИИС. Исследования погрешности аппроксимации, вызванной заменой математического оператора его рекуррентным аналогом, позволили выявить следующие закономерности. При вычислении интегральных параметров сигнала эта погрешность представляет собой остаточный член квадратурных формул. Известные способы оценки погрешностей этих погрешностей дают завышенные результаты. В работе предложена методика уточненной оценки погрешности аппроксимации при численном интегрировании для гармонической модели входного сигнала. При анализе погрешности аппроксимации алгоритмов цифровой фильтрации установлено, что она возникает не вследствие изменения амплитуды выходного сигнала, а из-за временного сдвига, неадекватного задержке фильтра-прототипа. Различие между ними объясняется округлением задержки прототипа до ближайшего большего числа $N \cdot T_d + T_d/2$, где N — целое число. Это позволило предложить методику коррекции погрешности аппроксимации при цифровой фильтрации гармонических сигналов. Для этого необходимо определить частоту

сигнала на выходе цифрового фильтра, затем по известным формулам в зависимости от типа фильтра и его параметров определить временную задержку прототипа ϕ и сдвинуть выходной сигнал на угол

$$\phi = \varphi - 2 \cdot \pi \cdot f \cdot \left(N \cdot T_d + \frac{T_d}{2} \right).$$

Получены зависимости составляющих трансформированной погрешности ИК от параметров ИИС. Установлено, что при измерении действующего значения доминирующей является мультипликативная погрешность ИК; влияние аддитивной составляющей проявляется только при отношении предела измерения ИК и измеряемого значения, превышающем 10. Погрешность измерения угла сдвига фаз между сигналами с действующими значениями U_d и I_d

$$\Delta\phi = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot T_d \left[\delta_{MU} + \delta_{MU} + \frac{1}{\sin(2 \cdot \pi \cdot f \cdot T_d)} \left(\frac{\gamma_{AMT I} \cdot I_{номд}}{I_d} + \frac{\gamma_{AMT U} \cdot U_{номд}}{U_d} \right) \right],$$

где δ_{MI} , δ_{MU} , $\gamma_{адд I}$, $\gamma_{адд U}$ — составляющие погрешностей ИК тока и напряжения. При реализации цифровых фильтров низких частот и заграждающих систематическая погрешность ИК не меняется, а полосовых и высокочастотных фильтров — уменьшается.

Рассмотрены вопросы влияния трансформированных погрешностей ИК на достоверность работы системы диагностики дистанционной релейной защиты. Получены выражения, позволяющие определить вероятность необнаруженного отказа системы диагностики дистанционной релейной защиты в зависимости от систематической и случайной погрешностей ИК.

$$P_{НО} = \left[0,5 + \Phi \left(\frac{X_1 - \Delta_s}{\sigma[\Delta]} \right) \right] \cdot \frac{\sigma[\Delta] \cdot \sqrt{\ln \frac{Z_1}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot P \cdot \sigma[\Delta]} + \Delta_s}}}{2 \cdot Z_1},$$

где Z_1 — сопротивление линии, $\Phi[\dots]$ — функция Лапласа,

$$P = 0,5 + \Phi \left(\frac{\Delta_s}{\sigma[\Delta]} \right).$$

Предложена расчетная методика оценки этого параметра, позволяющая проводить метрологические исследования систем диагностики по значительно сокращенной программе.

В четвертой главе рассмотрен аппаратно-программный комплекс для автоматизированных метрологических исследований ИИС ЭЭО и их компонентов, позволяющий оценивать характеристики погрешностей измерения мгновенных и интегральных величин, а также ряда информативных параметров входных сигналов. Описана структура образцовых измерительных каналов и алгоритмов обработки данных.

Специфика работы образцовых каналов позволяет использовать алгоритмы с временной избыточностью для повышения точности измерений. В частности, для определения интегральных параметров синусоидальных сигналов используются корреляционные алгоритмы, основанные на том, что автокорреляционная функция гармонического сигнала в нулевой момент времени равна квадрату действующего значения и представляет собой периодическую функцию с частотой, равной частоте сигнала. Анализ показывает, что при входном сигнале, соответствующем пределу измерения ИК, и определении автокорреляционной функции по 1000 значениям с.к.о. трансформированной погрешности уменьшается в 7 раз по сравнению со ступенью квантования.

В работе рассмотрены предложенные автором и реализованные на существующей аппаратуре методики определения точностных характеристик измерительных каналов и их компонентов в установившихся и переходных режимах. Даны практические рекомендации по выбору поверяемых точек в диапазоне измерения в зависимости от типа АЦП.

Для исследования динамических свойств алгоритмов цифровой фильтрации разработан аппаратно-программный комплекс, позволяющий анализировать возможность использования различных типов цифровых фильтров при выполнении разнообразных функциональных задач как с использованием моделей, так и при воздействии реальных входных сигналов. Реализована в виде программного пакета методика синтеза рекурсивных фильтров, основанная на использовании каталога параметров нормированных НЧ прототипов и частотных преобразований для денормирования и синтеза фильтров различных типов. Она позволяет при проектировании исключить из рассмотрения вопрос устойчивости фильтров,

что значительно облегчает процесс их синтеза. Приведены результаты проведенных с использованием этого программного пакета экспериментальных исследований различных типов фильтров.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

В настоящей работе обобщена и решена задача анализа метрологических характеристик ИИС электроэнергетических объектов. Разработаны теоретические положения и методики экспериментального определения точностных характеристик для всего процесса разработки ИИС, начиная с этапа проектирования и заканчивая промышленным изготовлением. Полученные в рамках проведенных исследований результаты дают возможность упростить и автоматизировать процедуру экспериментального определения метрологических характеристик ИИС, снизить трудоемкость и стоимость мероприятий по метрологическому обеспечению ИИС электроэнергетических объектов.

Научные и практические результаты проведенных исследований можно сформулировать следующим образом:

1. Проведен анализ особенностей проектной компоновки ИИС в зависимости от назначения и условий работы. Построены модели частотных характеристик входных сигналов, позволяющие установить рациональные требования к частотному диапазону ИК.
2. Проведена систематизация способов нормирования характеристик погрешности первичных измерительных преобразователей с учетом особенностей ИИС и предложена методика выбора точностных характеристик и характеристик быстродействия ИК в соответствии с условием метрологической совместимости ИК и первичного измерительного преобразователя.
3. Исследованы особенности работы ИИС при измерении мгновенных параметров входных сигналов в установившихся и переходных режимах. На основе полученных закономерностей построена динамическая модель ИК, отражающая его работу в различных режимах. Получено уравнение измерения ИК, характеризующееся рациональным набором коэффициентов, которые либо задаются при проектиро-

вании, либо достаточно легко могут быть определены при метрологических исследованиях ИК.

4. Построены модели погрешностей измерения мгновенных величин в различных режимах. Проведен сравнительный анализ погрешностей компонентов, в результате которого сокращено количество параметров модели. Получены соотношения, удобные для практического использования и позволяющие осуществлять целенаправленный структурный синтез ИК по точностным характеристикам.
5. Определены показатели качества информации вычислительного компонента ИИС. Выполнен анализ влияния составляющих погрешности ИК и вычислительного компонента на показатели достоверности систем диагностики релейной защиты и предложена методика определения этих показателей, позволяющая значительно сократить объем испытаний при метрологических исследованиях информационно-диагностических систем.
6. Предложены способы построения поверочной аппаратуры и методики экспериментального определения точностных характеристик компонентов ИИС ЭЭО, позволяющие автоматизировать процесс их метрологических исследований.
7. Достоверность теоретических результатов, полученных в работе, подтверждена экспериментальными исследованиями, а также разработкой и внедрением комплекса программ и методик, используемых при разработке серийно выпускаемого информационно-диагностического комплекса "Регина" и стенда для испытаний микропроцессорных устройств контроля, управления и автоматики электроэнергетических систем.

Основные положения диссертации изложены в работах

1. В. М. Слынько, А.В. Кузнецов Экспериментальное определение метрологических характеристик систем регистрации электрических параметров электроэнергетических объектов // В сб.: Проблемы комплексной автоматизации ЭЭС на базе микропроцессорной техники. Датчики и каналы информации. - Киев: ИЭД АН УССР, 1990. - т.3. - с. 127-133

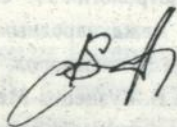
2. В. М. Слынько, А. В. Кузнецов, Н. Ф. Синилкіна Расчет погрешностей регистраторов параметров рабочих и аварийных режимов на электрических подстанциях 330-750 кВ//В сб.: Проблемы комплексной автоматизации ЭЭС на базе микропроцессорной техники. Датчики и каналы информации.- Киев:ИЭД АН УССР,1990.-т.3.-с.134-138
3. А.В. Кузнецов, М.Ф. Сопель Точностные характеристики алгоритма анализа работы устройств релейной защиты//В сб.: Регулируемые асинхронные двигатели. Киев: Ин-т электродинамики АН Украины, 1992.— с. 103-110.
4. А. В. Кузнецов Расчет влияния погрешностей измерительных каналов на показатели достоверности контроля в информационно-диагностических системах//В сб.: Автоматизация и релейная защита в энергосистемах. Киев: Ин-т электродинамики НАН Украины, 1994.— с. 112-118.
5. А.Е. Демин, А.В. Кузнецов Выбор измерительного канала с оптимальными параметрами для работы в составе многофункциональной измерительной системы//Техн. электродинамика.—1994.— №3.—с. 75-79.
6. Б. С. Стогний, В.В. Рогоза, А.В. Кузнецов Анализ метрологической совместимости компонентов измерительных каналов микропроцессорных систем электроэнергетических объектов//Метрология-94: Сб. научн. тр. 5 Национального симпозиума с международным участием (Созопол, Болгария, 19-23 сентября 1994 г.).—Созопол, 1994.—с.16-20.
7. А.В. Кузнецов, Н.А. Яремчук Оценивание характеристик погрешности из-за нелинейности цифро-аналоговых преобразователей (кодоуправляемых мер)//Метрология-94: Сб. научн. тр. 5 Национального симпозиума с международным участием (Созопол, Болгария, 19-23 сентября 1994 г.).—Созопол, 1994.—с. 91
8. Б. С. Стогний, А.Е. Демин, А.В. Кузнецов Методы и принципы метрологического обеспечения измерительных каналов тока и напряжения в энергетике//Техн. электродинамика.—1995.— №1.—с. 59-62.
9. *B. Stogniy, A. Demin, A. Kouznetsov Measurement complex for testing of microprocessor based systems of protection and registration on power*

objects//Modern electrical and magnetic measurement: Proceedings of 7th IMEKO TC-4 Symposium (Prague 13-14.09.95).—Prague, 1995.—p. 326-329

10. Б.С. Стогний, В.В. Рогоза, А.Е. Демин, А.В. Кузнецов Аппаратно-программный комплекс для определения погрешностей микропроцессорных систем релейной защиты и регистрации//Метрология и надежность-95: Сб. научн. тр. 5 Национального симпозиума с международным участием (Созопол, Болгария, 19-23 сентября 1995 г.).—Созопол, 1995.—с.44-48.
11. А.В. Кузнецов Оценка погрешностей алгоритмов обработки данных в многофункциональных измерительных системах//Метрология и надежность-95: Сб. научн. тр. 5 Национального симпозиума с международным участием (Созопол, Болгария, 19-23 сентября 1995 г.).—Созопол, 1995.—с.69-73.
12. Б.С. Стогний, А.Е. Демин, А.В. Кузнецов Метрологическое обеспечение измерительных каналов тока и напряжения в энергетике//Метрология-93: Тез. докл. 4 Национального симпозиума с международным участием (Созопол, Болгария, 19-23 сентября 1993 г.).—Созопол, 1993.—с. 26.

Личный вклад автора. Основные результаты опубликованы в 10 совместных и двух самостоятельных работах. В работах, изданных в соавторстве, личный вклад соискателя заключается в построении моделей погрешностей [1,3,6], оценке погрешности нелинейности код-импульсных ЦАП [7], разработке методик оценки доверительных границ погрешности [2,8,12], применении для решения поставленной задачи аппарата теории нечетких множеств [5], разработке алгоритмов обработки данных [9,10].

Соискатель



А.В. Кузнецов

Kuznetsov A. Analysis of metrological features of microprocessor based measuring systems in electrical power objects.

The dissertation is presented for Ph.D. degree in the speciality 05.11.16 Information's measuring systems, Institute of electrodynamics of Ukrainian National Academy of Sciences, Kiev, 1996.

Scientific work that contains theoretical and practical researches of accuracy features of microprocessor based measuring systems is presented. Complex approach that allows to define accuracy features of measuring channels and calculating components and to construct automatic metrological assurance system for analyzed systems is designed.

Кузнецов О.В. Аналіз метрологічних характеристик мікропроцесорних інформаційно-вимірювальних систем електроенергетичних об'єктів.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.11.16—"Інформаційно-вимірювальні системи", Ін-т електродинаміки НАН України, Київ, 1996.

Захищаються 12 наукових праць, які містять теоретичні та експериментальні дослідження точносних характеристик мікропроцесорних інформаційно-вимірювальних систем електроенергетичних об'єктів. Запропоновано комплексний підхід до визначення точносних характеристик вимірювальних каналів та обчислювальних компонентів, який дозволяє створити автоматизовану систему метрологічного забезпечення таких систем.

Ключові слова: метрологічне забезпечення, похибка, інформаційно-вимірювальна система, вимірювальний канал, обчислювальний компонент.

Підписано к печати 28.02.96 г. Формат 60x84/16
Бумага офсетная. Усл.-печ. лист. 1,0. Уч.-изд. лист 1,0.
Тираж 100. Заказ 81.

Полиграф. уч-к Института электродинамики НАН Украины
252057, Киев-57, проспект Победы, 56

AB 34.166