

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УДК 621.398

ПАЦЕЙ
Наталья Евгеньевна

**СИНТЕЗ И АНАЛИЗ ПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ СБОРА
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ДАННЫХ**

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление
и обработка информации

Минск, 2013

Работа выполнена в Белорусском национальном техническом университете

Научный руководитель

Придухо Владимир Трофимович,
кандидат технических наук, старший науч-
ный сотрудник, доцент кафедры «Системы
автоматизированного проектирования»
Белорусского национального технического
университета

Официальные оппоненты:

Черемисинова Людмила Дмитриевна,
доктор технических наук, главный научный
сотрудник Объединенного института
проблем информатики НАН Беларуси;

Воротницкий Юрий Иосифович,
кандидат физико-математических наук,
доцент, заведующий кафедрой телекомму-
никаций и информационных технологий
Белорусского государственного университета

Оппонирующая организация

Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

Защита состоится 14 марта 2013 г. в 14 часов на заседании совета по защите диссертаций К 02.05.01 при Белорусском национальном техническом университете по адресу: 220013, г. Минск, пр. Независимости, 65, корп. 1, ауд. 202. Телефон ученого секретаря: (017) 293-95-64, e-mail: gurski2010@gmail.com.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского националь-
ного технического университета.

Автореферат разослан «__» _____ 2013 г.

Ученый секретарь
совета по защите диссертаций,
кандидат технических наук, доцент

Н.Н. Гурский

© Пацей Н.Е., 2013

© Белорусский национальный
технический университет, 2013

ВВЕДЕНИЕ

Активное внедрение автоматизированных информационно-измерительных систем на различных объектах обусловлено тенденцией к автоматизации значительного числа операций. Изучение процесса проектирования этих систем показало, что недостаточно разработаны методы принятия решений в области выбора и обоснования проекта сети сбора данных, являющейся необходимой частью проектируемой системы, отсутствуют средства комплексного анализа решения на этапе выбора структуры сети и на этапе выбора устройств для ее создания. Это обстоятельство существенно уменьшает число анализируемых вариантов построения сети сбора данных и снижает качество проводимого анализа, что отражается на эффективности работы системы в целом.

Настоящая работа посвящена разработке моделей проводных сетей сбора информационно-измерительных данных для выполнения структурного, параметрического синтеза и имитации работы этих сетей, а также разработке алгоритмов работы с этими моделями. Использование разработанных моделей по предлагаемым алгоритмам при проектировании проводных сетей сбора информационно-измерительных данных позволит количественно оценить эффективность принимаемого решения на основании ряда конкурирующих показателей.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами, темами

Тема соответствует приоритетным направлениям научно-технической деятельности Республики Беларусь на 2006–2010 гг. «Информационные и телекоммуникационные технологии» (производство средств связи и программного продукта; автоматизация ввода графических документов и пространственных форм; комплексные системы и автоматизация проектирования конструкторско-технологической подготовки производства), утвержденным согласно Указу Президента Республики Беларусь № 315 от 6 июля 2005 г., а также на 2011–2015 гг. «Информационные и телекоммуникационные технологии» (методы математического и компьютерного моделирования, компьютерные технологии и интеллектуальные системы поддержки принятия решений), утвержденным согласно Указу Президента Республики Беларусь № 378 от 22 июля 2010 г.

Цель и задачи исследования

Цель: повышение качества сетей сбора информационно-измерительных данных за счет применения средств математического моделирования и многокритериальной оптимизации при структурном синтезе, параметрическом синтезе и анализе работы сети.

Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

1) разработать иерархию оптимизационных моделей сети сбора информационно-измерительных данных, а также алгоритмы поиска ее наилучшей структуры и определения рациональных параметров устройств, обеспечивающих требуемые значения технических и экономических характеристик;

2) разработать имитационную модель сети сбора информационно-измерительных данных и алгоритм поиска элементов сети, критических с точки зрения ее работоспособности;

3) разработать алгоритм работы и структуру программного обеспечения для структурно-параметрического синтеза и анализа сетей сбора информационно-измерительных данных.

Объектом исследования являются проводные сети сбора информационно-измерительных данных. Предметом исследования являются методы, алгоритмы и модели для синтеза и анализа проводных сетей сбора информационно-измерительных данных.

Положения, выносимые на защиту

1. Модель проводной сети сбора информационно-измерительных данных для структурного синтеза, позволяющая отыскивать рациональные структуры этих сетей при многокритериальной постановке задачи с помощью модернизированного генетического алгоритма, ускоряющего поиск решения на 2 – 8 % за счет дополнения оператора мутации оператором корректировки.

2. Модель сети сбора информационно-измерительных данных для параметрического синтеза, позволяющая определять типоразмеры устройств с помощью разработанного алгоритма, который осуществляет трехэтапное сужение области поиска и выбор наилучшего решения.

3. Алгоритм моделирования работы проводной сети сбора информационно-измерительных данных, включающий анализ стоимости и количества данных, частоты обмена данными между устройствами сети, характеристик типоразмеров устройств и структуры сети для определения элементов, критических с точки зрения ее работоспособности, и позволяющий рассматривать возможность уменьшения влияния отказа элемента на качество работы сети, изменяя режим работы объекта наблюдения или интенсивность передачи данных между элементами сети.

4. Методика проектирования проводной сети сбора информационно-измерительных данных, основанная на иерархии разработанных моделей и алгоритмах поиска решения по этим моделям, позволяющая последовательно сужать область поиска проектного решения и уточнять критерии оценки с учетом стадии проектирования.

Личный вклад соискателя

Автором диссертации самостоятельно разработана иерархия оптимизационных моделей для структурного и параметрического синтеза проводных сетей сбора информационно-измерительных данных, модернизированы известные и разработаны новые алгоритмы решения задач на этапах структурного и параметрического синтеза сети, разработан алгоритм имитации работы создаваемой сети при заданных условиях, создан программный комплекс для структурно-параметрического синтеза и анализа работы исследуемых сетей.

Апробация результатов диссертации

Основные положения диссертации докладывались на Международной научно-технической конференции «Новые энерго- и ресурсосберегающие наукоемкие технологии в производстве строительных материалов» (Пенза, 2007); Пятой Международной научно-технической конференции «Информационные технологии в промышленности (ИТ*2008)» (Минск, 2008); региональной научно-практической конференции «Современные проблемы математического моделирования и новые образовательные технологии в математике» (Брест, 2008); республиканской научно-методической конференции молодых ученых (Брест, 2008); V Международной научно-технической конференции «Проблемы проектирования и производства радиоэлектронных средств» (Новополоцк, 2008); на ежегодных научно-технических конференциях профессоров, преподавателей, научных работников и аспирантов БНТУ (Минск, 2008, 2009, 2010); XI и XIII республиканских научных конференциях студентов и аспирантов «Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях» (Гомель, 2008, 2010); I и II международных научно-практических конференциях «Современные информационные компьютерные технологии» (Гродно, 2008, 2010); Международной научно-практической конференции «Энергоэффективные технологии. Образование. Наука. Практика» (Минск, 2010); международной научно-практической конференции «Автоматический контроль и автоматизация производственных процессов» (Минск, 2012).

Опубликованность результатов

Основное содержание работы изложено в 24 научных работах, в том числе в восьми статьях в рецензируемых журналах, включенных в Перечень ВАК Республики Беларусь и ВАК Российской Федерации, общий объем которых составляет 3,6 авторского листа, в десяти сборниках материалов, в трех сборниках статей и в трех тезисах докладов научно-технических конференций. Получено два свидетельства о регистрации программ.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из перечня условных обозначений, введения, общей характеристики работы, четырех глав, заключения, списка использованных библиографических источников, приложений.

Полный объем диссертационной работы включает 137 страниц, в том числе текста 82 страницы, 36 иллюстраций на 24 страницах, 10 таблиц на 8 страницах, список использованных источников включает 152 наименования на 12 страницах с учетом публикаций соискателя, 14 приложений на 15 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Во введении рассматриваются причины увеличения числа автоматизированных информационно-измерительных систем, одной из частей которых является проводная сеть сбора информационно-измерительных данных (ССИИД). Обосновываются актуальность работы и практический интерес, который могут представлять результаты диссертационных исследований при оптимизации проектных решений ССИИД [5].

В первой главе приводится описание объекта исследования, его свойств, характеристик, используемых технологий и технических средств.

Существует значительное количество работ, посвященных проблеме проектирования информационно-измерительных систем и сетей как их части, таких авторов, как Г.В. Алешин, В.Ф. Антонец, А.Л. Гуртовцев, Е.П. Забелло, В.И. Калашникова, А.А. Москаленко, М.П. Цаперко и др. Но эти работы не затрагивают вопросы поиска компромиссного проектного решения при использовании нескольких оценок эффективности, а предлагаемые О.В. Демич, А.В. Жуковым, А.Г. Коробейниковым методы оптимизации являются решениями задач только одного из этапов проектирования. Комплексный подход к синтезу ССИИД как на этапе выбора структуры, на этапе выбора технических устройств, а также на этапе анализа работы сети позволит добиться уменьшения срока окупаемости всей системы, уменьшить риск потери или недоступности информации.

Любая ССИИД объединяет число m источников данных (счетчиков, устройств сигнализации и управления), которые являются устройствами первого уровня (УПУ). Каждое j -е УПУ является источником данных, передаваемых пакетами размером $d_j(t)$ с частотой $f_j(t)$ и имеющих экономический эквивалент $c_j(t)$, $j=1 \div m$. Данные от УПУ передаются на сервер системы через устройства концентрации информации (УКИ). Выход каждого j -го УПУ должен быть связан с входом i -го УКИ, образуя канал связи sf_{ij} , $i=1 \div n$. Максимальное число связей между УПУ и одним УКИ равно $K_{уки1}$. Выход каждого УКИ

должен быть связан с входом другого g -го УКИ, образуя канал связи ss_{ig} , или с сервером системы, образуя канал связи st_i . Максимальное число связей между выходами УКИ и входом одного УКИ равно $K_{уки2}$. Структура сети представляется множеством $S = \{sf_{11}, \dots, sf_{nm}\} \cup \{ss_{11}, \dots, ss_{nm}\} \cup \{st_1, \dots, st_n\}$, элементы которого равны 1 при наличии соответствующей связи и 0 при ее отсутствии. Элементы множества S должны удовлетворять ограничениям

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n sf_{ij} = 1, \max \sum_{j=1}^m sf_{ij} = K_{уки1}, \\ \sum_{i=1}^n (ss_{ig} + st_i) = 1, \max \sum_{i=1}^n sf_{ig} = K_{уки2}, \\ 1 \leq \sum_{i=1}^n (st_i) \leq n. \end{cases} \quad (1)$$

Все УПУ, УКИ и сервер системы образуют множество Z и описываются:

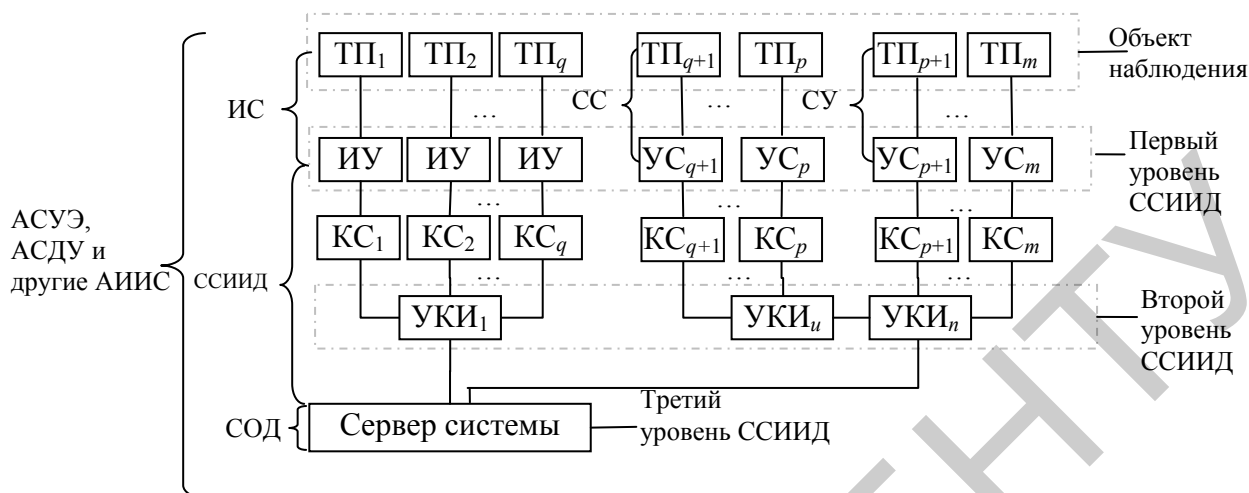
– координатами установки в пространстве $(x_i y_i z_i, i = 1 \div (n+m+1))$, на основании которых определяются протяженность и/или стоимость каналов связи между элементами сети;

– типоразмером устройства, который определяется множеством V_i , элементы которого равны значениям технических характеристик и функций, выполняемых устройством, его наименованию и стоимости $(C_i, i = 1 \div (n+m))$.

Элементы множества $V = \{V_i\}$ выбираются из множеств A и B , в которое входят все типоразмеры устройств, представленные на рынке, использование которых в ССИИД возможно в качестве УПУ, УКИ. Каждый элемент множества V , будучи реализован некоторым устройством из множества A или B , может быть охарактеризован типом интерфейса передачи данных с другими устройствами, который характеризуется максимально допустимой удаленностью устройств, между которыми может быть организована связь. Все значения максимально допустимых удаленностей образуют множество $L_{доп}$. Канал связи между i -м УПУ и j -м УКИ характеризуется протяженностью $lf_{ij} = f(x_i y_i z_i, x_j y_j z_j)$, канал связи между g -м и v -м УКИ – протяженностью $ls_{gv} = f(x_g y_g z_g, x_v y_v z_v)$, канал связи между r -м УКИ и сервером системы – протяженностью $lt_r = f(x_r y_r z_r, x_s y_s z_s)$. Перечисленные протяженности образуют множества длин каналов между УПУ и УКИ (LF), между УКИ (LS), между УКИ и сервером сети (LT).

Способность сети выполнять функцию F оценивается с помощью множества показателей $\{Y_i\}$, $i = 1 \div p$. Значение каждого показателя Y_i должно удовлетворять значению $Y_{тзи}$, определяемому проектировщиком или техниче-

ским заданием. На рисунке 1 представлена упрощенная структурная схема проводной ССИИД.



АСУЭ – автоматизированная система учета энергоресурсов; АСДУ – автоматизированная система диспетчерского управления; АИИС – автоматизированная информационно-измерительная система;

ТП – точка подключения; ИУ – измерительное устройство; УС – устройство сигнализации;

УУ – устройство управления; УКИ – устройство концентрации данных; СОД – система обработки данных; ССИИД – сеть сбора информационно-измерительных данных; ИС – измерительная система;

СС – система сигнализации; СУ – система управления; КС – канал связи.

Рисунок 1 – Упрощенная структурная схема ССИИД в составе АИИС

Общая задача проектирования проводной ССИИД может быть сформулирована следующим образом. Для заданного числа m УПУ найти: 1) типоразмеры УПУ $\{V_1, \dots, V_m\}$; 2) число n УКИ и их типоразмеры $\{V_{m+1}, \dots, V_{m+n}\}$; 3) множество каналов связи между устройствами S , при которых сеть могла бы выполнять функцию F , причем все $Y_i \leq Y_{tzi}$.

Общая задача синтеза проводной ССИИД из-за многочисленных факторов и их взаимосвязей, влияющих на характеристики сети, представляет собой сложную многовариантную задачу, допускающую множество технически возможных решений. Для уменьшения сложности общей задачи в настоящей работе предлагается разделить ее на этапы структурного и параметрического синтеза с учетом взаимосвязи этих задач.

Во второй главе рассматриваются вопросы выбора показателей эффективности проводной ССИИД, описывается оптимизационная модель для структурного синтеза сети, приводится алгоритм работы с моделью.

При оценке эффективности ССИИД в настоящей работе предлагается рассматривать как экономическую эффективность сети, которая определяется экономическими затратами на реализацию проекта, так и эксплуатационную эффективность, которая согласно назначению ССИИД определяется возможностью получения своевременного доступа к измерительной и другой информа-

ции [1, 8]. Для оценки эффективности проектного решения предлагается использовать следующие характеристики:

- экономические затраты на реализацию проекта;
- вероятность наступления отказа хотя бы одного элемента сети при реализации данного проектного решения;
- оценка ущерба, причиненного отказом элемента сети.

На этапе выбора структуры оптимальную сеть можно описать таким числом n УКИ и набором связей S между всеми устройствами сети, при котором значение целевой функции будет минимально. Для поиска оптимальной сети на этапе структурного синтеза была разработана описанная ниже модель.

Постоянные параметры модели: $m, LF, LS, LT, L_{\text{доп}}, \{\bar{d}_1, \dots, \bar{d}_m\}, \{c_1, \dots, c_m\}, K_{\text{уки}1}, K_{\text{уки}2}$.

Оптимизируемые параметры: набором связей S .

Параметрические ограничения:

$$lf_i < l_{\text{доп } i}. \quad (2)$$

Критерий оптимальности 1 – минимизация отклонения количества данных, передаваемых через УКИ, от среднего значения:

$$Y_1' = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\left(\frac{\sum_{j=1}^m \bar{d}_j \cdot k_i}{n} \right) - \left(\frac{\sum_{j=1}^m \bar{d}_j \cdot h_{ij}}{n} \right) \right)^2 \rightarrow \min, \text{ бит}^2, \quad (3)$$

где \bar{d}_j – количество данных $d_j(t)$, усредненное за время T , бит;

k_i – номер i -го УКИ, к которому подключено j -е УПУ, в общем канале связи. Нумерация УКИ начинается от сервера системы;

$h_{ij} = 1$, если j -е УПУ подключено к i -му УКИ, и $h_{ij} = 0$ – если не подключено.

Критерий оптимальности 2 – минимизация отклонения стоимости данных, передаваемых через УКИ, от среднего значения:

$$Y_2' = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\left(\frac{\sum_{j=1}^m \bar{c}_j \cdot k_i}{n} \right) - \left(\frac{\sum_{j=1}^m \bar{c}_j \cdot h_{ij}}{n} \right) \right)^2 \rightarrow \min, \text{ руб}^2, \quad (4)$$

где \bar{c}_j – стоимость данных $c_j(t)$, усредненная за время T , руб.

Критерий оптимальности 3 – минимизация максимального количества данных, недоступных или потерянных в случае отказа одного УКИ:

$$Y_3' = \max \left\{ \frac{\sum_{j=1}^m \bar{d}_j \cdot h_{ij}}{n} \right\} \rightarrow \min, \text{ бит}, i = 1 \div n. \quad (5)$$

Критерий оптимальности 4 – минимизация максимальной стоимости данных, недоступных или потерянных в случае отказа одного УКИ:

$$Y_4' = \max \left\{ \sum_{j=1}^m \overline{c_j} \cdot h_{ij} / n \right\} \rightarrow \min, \text{руб}, i = 1 \div n. \quad (6)$$

Критерий оптимальности 5 – минимизация числа УКИ:

$$Y_5' = n \rightarrow \min. \quad (7)$$

Критериальное ограничение по количеству УКИ в ССИИД имеет вид:

$$\lfloor m / K_{\text{уки1}} \rfloor \leq n \leq m. \quad (8)$$

Критерий оптимальности 6 – минимизация суммарной стоимости каналов передачи между УПУ и УКИ:

$$Y_6' = L_c^s + R_c^s \rightarrow \min, \text{руб}. \quad (9)$$

Целевая функция имеет вид:

$$Y' = f(Y_1', Y_2', Y_3', Y_4', Y_5', Y_6') \rightarrow \min. \quad (10)$$

Поиск оптимальной структуры по предложенной модели выполняется по модернизированному генетическому алгоритму, который предусматривает дополнение оператора мутации оператором корректировки. Это позволяет сократить время поиска наилучшей структуры при достаточном числе скорректированных связей.

Шаг 1. Ввод постоянных параметров модели ССИИД и расчет весовых коэффициентов значимости (α_i) критериев в виде оценок Фишберна.

Шаг 2. Генерация структур. Структура ССИИД представляется в виде пары матриц $\mathbf{S}_{n,m}$, $\mathbf{R}_{n,n}$. В случае генерации начальной популяции значения элементов матриц $\mathbf{S}_{n,m}$, $\mathbf{R}_{n,n}$ задаются случайным образом, и корректируются так, чтобы выполнялась система ограничений (1). Для выбора особей при генерации последующих поколений применяется комбинация метода ранжирования и аутбридинга. Скрещивание особей выполняется в соответствии маской, определяющей число и положение генов, которыми обмениваются особи.

Шаг 3. Корректировка сгенерированных на шаге 2 структур в соответствии с ограничениями (1), (2), (8) и мутация структур. Наличие ограничений определяет необходимость корректировки сгенерированных на шаге 2 структур. В случае изменения в одной структуре такого числа связей, что его отно-

шение к общему числу связей в этой структуре превышает заданное значение параметра мутации, дальнейшая мутация генов не выполняется. Иначе выполняется оператор мутации, после которого структура подвергается повторной корректировке.

Шаг 4. Вычисление целевых функций частных критериев (3) – (7), (9).

Шаг 5. Вычисление функции приспособленности.

$$Y = \alpha_1 \frac{Y'_1}{Y'_{(1)1}} + \alpha_2 \frac{Y'_2}{Y'_{(1)2}} + \alpha_3 \frac{Y'_3}{Y'_{(1)3}} + \alpha_4 \frac{Y'_4}{Y'_{(1)4}} + \alpha_5 \frac{Y'_5}{Y'_{(1)5}} + \alpha_6 \frac{Y'_6}{Y'_{(1)6}} \rightarrow \min, \quad (11)$$

где $Y'_i, Y'_{(1)i}$ – значения частных критериев при текущем и первом анализируемом проектном решении.

Шаг 6. Повтор шагов 2 – 5 заданное проектировщиком число раз.

Шаг 7. Выбор наилучшей структуры на основании значений функции приспособленности.

В третьей главе рассматривается задача параметрического синтеза проводных ССИИД и анализа работоспособности этих сетей.

Любая ССИИД описывается множеством типоразмеров устройств V и множеством связей S . Набор связей определяет распределение данных между УКИ, а элементы множества V , равные значениям наработки на отказ устройств сети, определяют вероятность отказа каждого устройства P_i . Отказ каждого устройства может быть вызван разными причинами и привести к потере различного количества данных и их стоимости. Для каждого устройства можно определить число k_i типов отказов, при этом каждый тип отказа характеризуется

вероятностью P_{ik} , $\sum_{k=1}^{k_i} P_{ik} = P_i$. На этапе параметрического синтеза [2, 6] при

заданных: S , \bar{d}_i , \bar{c}_i , $K_{уки1}$, $K_{уки2}$, множестве ограничений W , определяемых техническим заданием, необходимо найти множество типоразмеров $V \supseteq Z$, которое согласно принятой системе оценок эффективности обеспечит минимум:

- стоимости оборудования;
- вероятности одиночного отказа за время T ;
- потери данных и их стоимости в результате всех возможных типов отказов.

Множество W содержит:

- элемент w_{i1} , равный допустимому значению вида типоразмера i -го устройства (например, расходомер воды, счетчик электроэнергии и т.д.), $i = 1 \div (m + n)$;

- элементы w_{ig} , w_{ir} , равные максимальному и минимальному значениям характеристик i -го типоразмера, на которые накладываются ограничения, при

этом $g = 2 \div G$, $r = (G+1) \div (2G-1)$. Если $w_{ig} = 0$ и $w_{ir} = 0$, то для g -й характеристики i -го типоразмера ограничения не заданы.

Элементы множества V выбираются из множества УПУ (A) и множества УКИ (B), состоящих соответственно из конечного числа множеств типоразмеров УКИ и УПУ доступных на рынке. Каждое множество $A_u \subseteq A$ однозначно описывает u -й типоразмер УПУ и включает в себя:

- подмножество значений характеристик типоразмера $QF_u = \{qf_{uy}\}$;
- подмножество $ELF_u = \{ef_{u\sigma}, lf_{u\sigma}\}$, состоящее из названий выходных интерфейсов и значений максимально допустимых длин каналов для этих интерфейсов;
- подмножество названий протоколов передачи данных УПУ $UF_u = \{uf_{u\tau}\}$;
- стоимость ($C_{(упу)u}$) и значение времени наработки на отказ ($T_{но u}$) u -го УПУ.

Каждое множество $B_q \subseteq B$ однозначно описывает q -й типоразмер УКИ и включает в себя:

- подмножество значений характеристик типоразмера $QS_q = \{qs_{q\omega}\}$;
- подмножество $ELS_{(1)u} = \{es_{(1)u\chi}, ls_{(1)u\chi}\}$, которое состоит из названий интерфейсов для связи с УПУ и значений максимально допустимых длин каналов для этих интерфейсов;
- подмножество $ELS_{(2)u} = \{es_{(2)u\phi}, ls_{(2)u\phi}\}$, состоящее из названий интерфейсов для связи с УКИ и значений максимально допустимых длин каналов для этих интерфейсов;
- подмножество названий протоколов передачи данных УКИ $US_{(2)u} = \{us_{(2)u\psi}\}$;
- стоимость ($C_{(уки)q}$) и значение времени наработки на отказ ($T_{но q}$) q -го УКИ.

Типоразмер УПУ, описываемый множеством A_x , может быть включен в множество типоразмеров устройств V как подмножество V_i ($i = 1 \div m$), если этот типоразмер УПУ удовлетворяет параметрическим ограничениям:

$$\begin{cases} qf_{x1} = w_{i1}, \\ w_{ig} \leq qf_{xg} \leq w_{ir}, \text{ если } w_{ig} \neq 0 \text{ и } w_{ir} \neq 0, \\ qf_{xg} \leq w_{ir}, \text{ если } w_{ig} = 0 \text{ и } w_{ir} \neq 0, \\ w_{ig} \leq qf_{xg}, \text{ если } w_{ig} \neq 0 \text{ и } w_{ir} = 0, \end{cases} \quad (12)$$

при $g = (r - G)$.

Типоразмер УПУ, описываемый множеством $A_x \subseteq A$ и выбираемый в качестве $V_i \subseteq V$, должен обеспечить согласованием с уже выбранными типоразмерами УКИ и УПУ по протоколу и интерфейсу передачи данных:

$$\left\{ \begin{array}{l} ELF_x \cap ELS_{(1)j} = ELV\{ev_\lambda, lv_\lambda \mid ev_\lambda, lv_\lambda \in ELF_x \wedge ev_\lambda, lv_\lambda \in ELS_{(1)j}\} \neq \emptyset \text{ и} \\ \exists lv_\lambda \in ELV : lv_\lambda \geq l_{\text{доп}ij} \text{ при } sf_{ij} = 1, ELS_{(1)j} \subseteq V, \\ UF_x \cap US_{(1)n+j} \neq \emptyset \text{ при } sf_{ij} = 1, US_{(1)j} \subseteq V, \\ ELF_x \cap ELF_\delta \neq \emptyset \text{ при } ELF_\delta \subseteq V, sf_{ij} = 1, sf_{\delta j} = 1, \delta = 1 \div (i-1), \\ UF_x \cap UF_\delta \neq \emptyset \text{ при } UF_\delta \subseteq V, sf_{ij} = 1, sf_{\delta j} = 1, \delta = 1 \div (i-1). \end{array} \right. \quad (13)$$

Типоразмер УКИ, описываемый множеством B_x , может быть включен в множество типоразмеров устройств V как подмножество V_j ($j = (m+1) \div (m+n)$), если удовлетворяет параметрическим ограничениям:

$$\left\{ \begin{array}{l} qs_{x1} = w_{j1}, \\ w_{jg} \leq qs_{xg} \leq w_{jr}, \text{ если } w_{jg} \neq 0 \text{ и } w_{jr} \neq 0, \\ qs_{xg} \leq w_{jr}, \text{ если } w_{jg} = 0 \text{ и } w_{jr} \neq 0, \\ w_{jg} \leq qs_{xg}, \text{ если } w_{jg} \neq 0 \text{ и } w_{jr} = 0, \\ \text{при } g = (r - G). \end{array} \right. \quad (14)$$

Типоразмер УКИ, описываемый множеством $B_x \subseteq B$ и выбираемый в качестве $V_j \subseteq V$, должен обеспечить согласованием с уже выбранными типоразмерами УКИ и УПУ по протоколу и интерфейсу передачи данных:

$$\left\{ \begin{array}{l} ELS_{(1)x} \cap ELF_i = ELV\{ev_\lambda, el_\lambda \mid ev_\lambda, lv_\lambda \in ELF_i \wedge ev_\lambda, lv_\lambda \in ELS_{(1)x}\} \neq \emptyset \text{ и} \\ \exists lv_\lambda \in ELV : lv_\lambda \geq l_{\text{доп}ij-m} \text{ при } sf_{ij-m} = 1, ELF_i \subseteq V, i = 1 \div m; \\ US_{(1)x} \cap UF_i \neq \emptyset \text{ при } sf_{ij-m} = 1, UF_i \subseteq V, i = 1 \div m; \\ ELS_{(2)x} \cap ELS_{(2)\eta} = ELU\{eu_\zeta, lu_\zeta \mid eu_\zeta, lu_\zeta \in ELS_{(2)x} \wedge eu_\zeta, lu_\zeta \in ELS_{(2)\eta}\} \neq \emptyset \text{ и} \\ \exists lu_\zeta \in ELU : lu_\zeta \geq l_{\text{доп} \eta j-m} \text{ при } ss_{\eta j-m} = 1, ELS_{(2)\eta} \subseteq V, \eta = 1 \div (j-m-1); \\ US_{(2)x} \cap US_{(2)\eta} \neq \emptyset \text{ при } ss_{\eta j-m} = 1, US_{(2)\eta} \subseteq V, \eta = 1 \div (j-m-1). \end{array} \right. \quad (15)$$

Для сети с множеством типоразмеров устройств V характерно число $K_{\text{отк}}$ видов отказов (например, отказ интерфейса, отказ памяти устройства и т.д.), которые могут возникать в i -м устройстве сети с вероятностью P_{ik} , $k = 1 \div K_{\text{отк}}$. В результате отказа k -го типа в i -м устройстве величина ущерба составит $\bar{D}_{(yш)ik}$ данных или $\bar{C}_{(yш)ik}$ их стоимости.

Предлагается следующая оптимизационная модель проводной ССИИД для параметрического синтеза.

Оптимизируемые параметры: множество типоразмеров УКИ и УПУ (V).

Постоянные параметры: структура сети S , определенная на этапе структурного синтеза, а также постоянные параметры модели структурного синтеза.

Параметрические ограничения (12), (14).

Функциональные ограничения (13), (15).

Критерий оптимальности 1 – минимизация стоимости используемого оборудования:

$$Y_1'' = \sum_{i=1}^m C_{(\text{упу})i} + \sum_{j=1}^n C_{(\text{уки})j} \rightarrow \min, \text{руб}, \quad (16)$$

где $C_{(\text{упу})i} \in V_i$, $C_{(\text{уки})j} \in V_j$.

Критерий оптимальности 2 – минимизация вероятности возникновения одиночного отказа в системе за время T :

$$Y_2'' = \left(1 - e^{-T \sum_{i=1}^{m+n} \frac{1}{T_{\text{но}i}}} \right) \rightarrow \min, \quad (17)$$

где $T_{\text{но}i}$ – время работки на отказ i -го устройства, $T_{\text{но}i} \in V_i$.

Критерий оптимальности 3 – минимизация возможного относительно количества данных, которые будут недоступны или потеряны в результате отказа одного элемента сети:

$$Y_3'' = \left(\sum_{i=1}^{m+n} \sum_{k=1}^K P_{ik} \bar{D}_{(\text{ум})ik} \right) / D \rightarrow \min, \quad (18)$$

Критерий оптимальности 4 – минимизация относительной стоимости данных, потерянных или недоступных в результате отказа одного элемента сети:

$$Y_4'' = \left(\sum_{i=1}^{m+n} \sum_{k=1}^K P_{ik} \bar{C}_{(\text{ум})ik} \right) / C \rightarrow \min. \quad (19)$$

Целевая функция имеет вид:

$$Y'' = f(Y_1'', Y_2'', Y_3'', Y_4'') \rightarrow \min. \quad (20)$$

Для поиска оптимального набора типоразмеров устройств с помощью предложенной модели был разработан алгоритм на основе метода исследования пространства параметров, а также формальных и диалогового методов. Разработанный алгоритм выполняет трехэтапное сужение пространства параметров, при этом поиск наилучшего набора типоразмеров устройств осуществляется среди наборов, согласованных по протоколам и интерфейсам связи.

Шаг 1. Определение входных данных.

Шаг 2. Выбор промежуточного множества типоразмеров $V_{\text{доп}}$ из множеств A и B с учетом параметрических ограничений (12) и (14).

Шаг 3. Генерация наборов типоразмеров устройств при заданной структуре, при которых сеть работоспособна (далее – схема). Из множеств $V_{\text{доп}}$ генерируется заданное проектировщиком число вариантов схем с учетом функциональных ограничений (13) и (15), которые учитывают согласованность устройств по типу интерфейса и протоколу связи.

Шаг 4. Расчет целевых функций частных критериев (16) – (19).

Шаг 5. Сужение области поиска с учетом назначаемых проектировщиком критериальных ограничений.

Шаг 6. Поиск окончательного решения. Поиск множества V выполняется с применением формальных методов (метода бинарных сравнений, метода поиска точки с максимальной мощностью, метода поиска точки минимально удаленной от идеальной) или диалогового метода.

В третьей главе также рассматривается задача моделирования работы ССИИД, которая возникает при необходимости оценки качества функционирования сети с заданной структурой и характеристиками устройств. Моделирование передачи данных между элементами проводной ССИИД позволяет выявить те из них, отказ которых является критическим, рассмотреть возможность уменьшения влияния отказа элемента на качество работы сети, изменяя режим работы объекта наблюдения или частоту передачи данных между элементами ССИИД, а также оценить необходимость резервирования элемента сети [3, 4].

Задача моделирования решается для ССИИД, которая объединяет измерительную подсистему, подсистему управления и подсистему сигнализации и имеет трехуровневую иерархическую структуру (рисунок 1).

Шаг 1. Определение входных данных: S , V , $d_i(t)$, $c_i(t)$, $f_i(t)$, $K_{\text{уки}1}$, $K_{\text{уки}2}$, T – продолжительность моделирования работы сети.

Шаг 2. Описание характеристик отказа. В соответствии с одним из двух сценариев имитации моделируется отказ либо заданного устройства в заданный момент времени, либо случайного устройства в случайный момент времени. Допустимая доля потери данных составляет D_{min} , допустимая доля потери стоимости данных – C_{min} при времени устранения отказа $t_{\text{рем}}$. Вероятность возникновения отказа определяется как $(1 - e^{-(T/T_x)})$, где T_x – среднее время функ-

ционирования сети между отказами, определяется исходя из сценария имитации, описываемом на шаге 3 алгоритма.

Шаг 3. Имитация работы системы. Имитация работы ССИИД может выполняться по двум сценариям:

1) имитация отказа для заданного элемента, тогда значение T_x определяется проектировщиком на основании статистики отказов.

2) поиск элементов, ущерб от отказа которых превысит допустимую величину ущерба. В этом случае при задаваемом времени функционирования сети $t = 0, \dots, T$ и шаге имитации $\Delta t = 1$ мин для всех элементов сети определяется доля потерянных данных от количества переданных данных $Q_i^C = C_{\text{ущ}i}(t_{\text{отк}}, t_{\text{рем}}, t) / C(t_{\text{отк}}, t_{\text{рем}}, t)$ и доля стоимости потерянных данных от стоимости переданных данных $Q_i^D = D_{\text{ущ}i}(t_{\text{отк}}, t_{\text{рем}}, t) / D(t_{\text{отк}}, t_{\text{рем}}, t)$, где $D(t_{\text{отк}}, t_{\text{рем}}, t), C(t_{\text{отк}}, t_{\text{рем}}, t)$ – количество переданных и сохраненных данных при безотказной работе сети, и стоимость этих данных соответственно; $D_{\text{ущ}i}(t_{\text{отк}}, t_{\text{рем}}, t), C_{\text{ущ}i}(t_{\text{отк}}, t_{\text{рем}}, t)$ – количество данных, утерянных в результате отказа i -го элемента сети, и стоимость этих данных соответственно. Значение T_x равно времени наработки на отказ.

Шаг 4. Оценка результатов имитации. Определяются устройства, для которых $D_{\text{min}} \leq Q_i^D, C_{\text{min}} \leq Q_i^C$.

В четвертой главе описывается структура и алгоритм работы программного комплекса для оптимизации и анализа ССИИД [7], в котором реализована методика проектирования ССИИД, основанная на иерархии разработанных моделей и адаптированных алгоритмах поиска решения по этим моделям. На рисунке 2 представлена схема взаимодействия модулей программного комплекса.

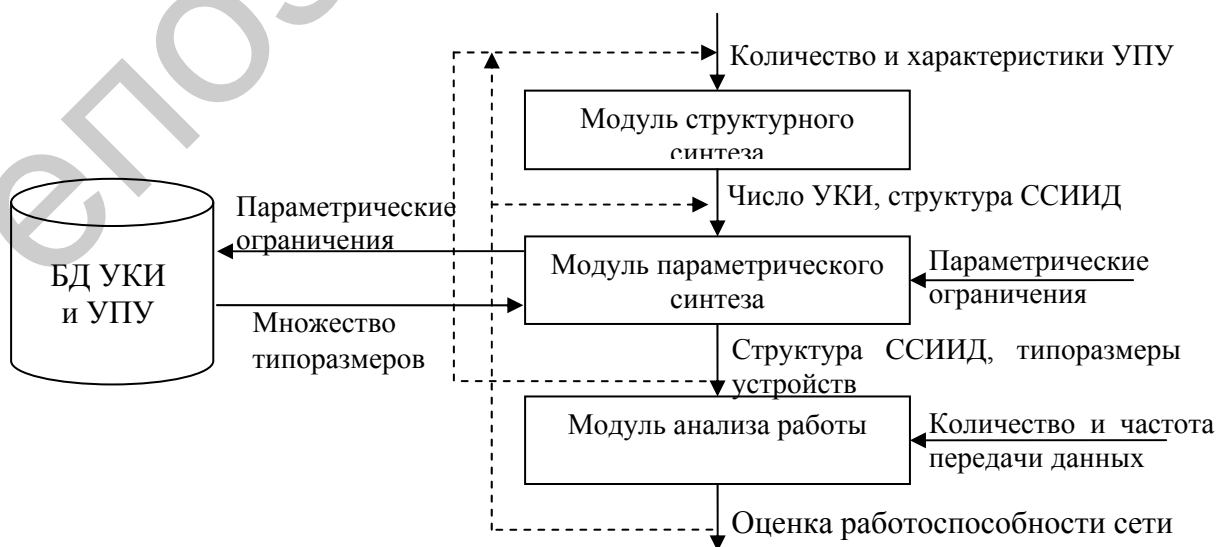


Рисунок 2 – Схема взаимодействия модулей программного комплекса для оптимизации и анализа проводных ССИИД

Одним из объектов, оптимизированных с помощью разработанного программного комплекса, является фрагмент АСКУЭ ОАО «Рыбокомплекс». Целью оптимизации ССИИД являлась минимизация возможных потерь в случае повреждения канала связи при минимальном увеличении каналообразующего оборудования и при заданных характеристиках УКИ. В результате структурного синтеза сети была найдена структура с более равномерным распределением стоимости и количества данных, передаваемых через УКИ (на 30 % и на 40 % соответственно). Это достигается благодаря введению в структуру дополнительного УКИ и увеличению общей протяженности канала связи на 4,6%. На этапе параметрического синтеза подобраны типоразмеры УПУ и УКИ, которые позволяют в сравнении с исходным набором сократить затраты на оборудование до 33 %. При этом вероятность отказа за заданный период (пять лет) хотя бы одного элемента сети увеличится на 0,18 %, среднее количество потерянных в результате отказа данных – на 0,35 %, а их стоимость – на 1,4 %. Проведенный анализ работы сети позволил установить, что количество оперативно недоступных данных не превысит 0,01 % от их месячного объема в случае обнаружения и устранения отказа элемента, через который выполняется передача максимального числа данных, в течение 8 ч.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

В результате выполнения диссертационной работы решена научно-техническая задача по разработке моделей, алгоритмов и программных средств для синтеза и анализа проводных сетей сбора информационно-измерительных данных (ССИИД).

1. Разработана оптимизационная модель проводных ССИИД для структурного синтеза, позволяющая оценивать проектное решение по шести критериям, которые определяют стоимость сети, вероятность возникновения отказа в ней и величину ущерба от этого отказа. Предложен модернизированный генетический алгоритм структурного синтеза, в котором оператор мутации дополнен оператором корректировки особи, в результате скорость поиска решения увеличилась на 2 – 8 % в зависимости от размера сети [1, 3, 6].

2. Разработана оптимизационная модель проводных ССИИД для параметрического синтеза, которая позволяет находить типоразмеры устройств, при использовании которых сеть удовлетворяет критериальным ограничениям, при этом модель учитывает структуру сети. Предложен алгоритм параметрического

синтеза проводных ССИИД, ограничивший перебор множеством технически реализуемых решений [2, 6, 8].

3. Разработан алгоритм имитации работы ССИИД, который позволяет определить элементы, отказ которых при данном режиме работы повлечет за собой потерю значительного количества данных [3, 4, 6].

4. Созданы программные модули для структурного синтеза проводных ССИИД «SynOptStructure», для параметрического синтеза «SimModElement» (свидетельство о регистрации № 310 от 13.05.2011), для анализа работы «SimModSystem» (свидетельство о регистрации № 311 от 13.05.2011), использование которых позволяет увеличить число анализируемых решений на каждой стадии создания ССИИД, а также учесть опыт и знания разработчика [1, 3, 6].

5. Создан программный комплекс для оптимизации и анализа работы проводных ССИИД [5, 7], реализующий методику их проектирования, согласно которой поиск решения выполняется поэтапно (поиск структуры и определение набора устройств, анализ работы сети) с использованием средств моделирования, многокритериальной оптимизации и автоматизации поиска решения.

Рекомендации по практическому использованию результатов

Разработанный программный комплекс в целом и его модули в отдельности могут применяться для синтеза и анализа проводных ССИИД в проектных и исследовательских организациях. Программный комплекс может быть адаптирован для синтеза проводных сетей различных автоматизированных информационно-измерительных систем, например для технического учета водо- и газоресурсов.

Модули программного комплекса применяются в учебных курсах при подготовке инженерно-технических кадров по специальности 1 40 01 02 специализации 1 40 01 02-01 «Информационные системы и технологии в проектировании и производстве». Разработанные программные модули были использованы при выполнении работ по хозяйственному договору № 7251-2008 в научно-исследовательской и инновационной лаборатории «Сетевые информационные технологии» Белорусского национального технического университета, по договору № 10-2297-2 от 30.08.2010 г. в ОАО «Институт Белгипроагропищепром», по договору № 166 от 16.07.2010 г. в ОДО «Белэлектроспецкомплект». Программный комплекс или его модули могут являться основой для дальнейших научных исследований с целью получения новых результатов в области улучшения качества работы ССИИД, а также сокращения сроков проектирования вновь создаваемых и модернизации существующих проводных ССИИД.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в научных журналах

1. Пацей, Н.Е. Синтез структур систем сбора данных, устойчивых к отказам однотипных элементов / Н.Е. Пацей // Вестник БНТУ. – 2008. – № 3. – С. 39–42.
2. Пацей, Н.Е. Параметрическая оптимизация систем сбора данных / Н.Е. Пацей // Вести института современных знаний. – 2008. – № 3(36). – С. 101–107.
3. Пацей, Н.Е. Проектирование и моделирование работы автоматизированных систем контроля и учета электроэнергии / Н.Е. Пацей, В.Б. Попов, В.Т. Придухо // Вестник ГГТУ. – 2010. – № 5. – С. 110–118.
4. Пацей, Н.Е. Имитационное моделирование системы сбора данных / Н.Е. Пацей // Вестник БрГТУ. – 2010. – № 5(65). – С. 86–89.
5. Пацей, Н.Е. Система управления качеством «Шесть сигма» / Б.В. Лесун, Н.Н. Уласюк, Н.Е. Пацей // Энергетика. – 2010. – № 6. – С. 80–83.
6. Пацей, Н.Е. Структурно-параметрический синтез автоматизированных систем контроля и учета электроэнергии / Н.Е. Пацей, В.Т. Придухо // Информатика. – 2011. – № 1. – С. 107–118.
7. Пацей, Н.Е. Программно-методический комплекс для оптимизации систем сбора данных / Н.Е. Пацей, В.Т. Придухо // Программные продукты и системы. – 2011. – № 1(93). – С. 37–40.
8. Пацей, Н.Е. Применение IT-технологий при проектировании автоматизированных систем контроля и учета электроресурсов / Н.Е. Пацей // Энергоэффективность. – 2011. – № 1. – С. 18–20.

Материалы и тезисы докладов научно-технических конференций

9. Пацей, Н.Е. Оптимизация структуры сбора данных на основе качественных показателей ее работы / Н.Е. Пацей // Новые энерго- и ресурсосберегающие наукоемкие технологии в производстве строительных материалов : сб. статей Междунар. науч.-техн. конф., Пенза, декабрь 2007. / под общ. ред. В.И. Колашникова. – Пенза : АНОО «Приволжский дом знаний», 2007. – С. 248–250.
10. Пацей, Н.Е. Синтез оптимальной сетевой структуры с использованием методов эволюционных вычислений / Н.Е. Пацей // Новые математические

методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях : материалы XI Республ. науч. конф. студентов и аспирантов, Гомель, 17-19 марта 2008. : в 2 ч. / Гродн. гос. ун-т им. Ф. Скорины : редкол. : О.М. Демиденко [и др.]. – Гомель, 2008. – Ч.2 – С. 129–130.

11. Пацей, Н.Е. Резервирование элементов системы сбора данных / Н.Е. Пацей // Современные информационные компьютерные технологии: сб. науч. ст. в 2 ч. / ГрГУ им. Я. Купалы; редкол. : А.М. Кадан [и др.]. – Гродно : ГрГУ, 2008. – Ч. 2. – С. 244–247.

12. Придухо, В.Т. Структурный синтез систем сбора и обработки информации / В.Т. Придухо, С.В. Вигутов, Н.Е. Пацей // Наука – образованию, производству, экономике : материалы VI Междунар. научн.-практ. конф. : в 4-х т. / Бел. нац. техн. ун-т : редкол Б.М. Хрусталева, Ф.А. Романюк, А.С. Калиниченко. – Минск, 2008. – Т. 1. – С. 220.

13. Пацей, Н.Е. Реализация генетических операторов при решении задачи структурной оптимизации системы сбора данных / Н.Е. Пацей // X Республ. науч.-метод. конф. молодых ученых : сб. тез. докл., Брест, 15–16 мая 2008 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Брест. гос. ун-т им А.С. Пушкина; под общ. ред. К.К. Красовского. – Брест, 2008. – С. 31.

14. Пацей, Н.Е. Использование генетического алгоритма при синтезе оптимальной структуры системы сбора данных / Н.Е. Пацей // Проблемы проектирования и производства радиоэлектронных средств : сб. материалов V Междунар. науч.-техн. конф. : в 3-х т., Т. III. Информатика / под. общ. ред. С.В. Абламейко, Л.М. Хейфеца. – Новополоцк : ПГУ, 2008. – С. 107–110.

15. Пацей, Н.Е. Моделирование и оптимизация систем сбора данных / Н.Е. Пацей // Информационные технологии в промышленности (ИТИ*2008) : тез. докл. V Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 22–24 октября 2008 г. / под ред. Е.В. Владимирова. – Минск : ОИПИ НАН Беларуси, 2008. – С. 143–145.

16. Кадач, Т.В. Многокритериальная оптимизация систем сбора данных / Т.В. Кадач, Н.Е. Пацей // Современные проблемы математического моделирования и новые образовательные технологии в математике : материалы регион. науч.-практ. конф., Брест, 23–24 апреля 2008 г. / Брест, гос. ун-т. ; под общ. ред. И.Г. Кожуха. – Брест : БрГУ имени А.С. Пушкина, 2008. – С. 12–13.

17. Зеленовский, А.А. Многокритериальная параметрическая оптимизация АСКУЭ / А. А. Зеленовский, В. В. Некрасов, Н. Е. Пацей // Наука – образованию, производству, экономике : материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. : в 3-х т. / Бел. нац. техн. ун-т : редкол Б.М. Хрусталева, Ф.А. Романюк, А.С. Калиниченко. – Минск, 2008. – Т. 1. – С. 147.

18. Пацей, Н.Е. Автоматизация проектирования автоматизированных систем контроля и учета электроресурсов / В.Т. Придухо, Н.Е. Пацей // Информационные технологии в промышленности (ИТИ*2010) : тез. докл. VI Междунар.

науч.-техн. конф., Минск, 28–29 октября 2008 г. / под ред. Е. В. Владимирова. – Минск : ОИПИ НАН Беларуси, 2008. – С. 158–159.

19. Пацей, Н.Е. Имитационная модель автоматизированной системы контроля и учета энергоресурсов / Н.Е. Пацей // Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях : материалы XIII Республ. науч. конф. студентов и аспирантов, Гомель, 17–19 марта 2008. : в 2 ч. / редкол. : О.М. Демиденко [и др.]. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2008. – Ч. 1 – С. 37–38.

20. Пацей, Н.Е. Резервирование элементов системы сбора данных / Н.Е. Пацей // Стохастическое и компьютерное моделирование систем и процессов : сб. науч. ст. / ГрГУ им. Я. Купалы ; редкол. : Л.В. Рудикова [и др.]. – Гродно : ГрГУ, 2011. – С. 285–289.

21. Пацей, Н.Е. Проектирование систем учета и контроля электроресурсов / Н.Е. Пацей // Энергоэффективные технологии. Образование. Наука. Практика : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 20–21 мая 2010 г. : в 3 т. / под ред. В.Л. Соломахо. – Минск : БНТУ, 2010. – Т. 1. – С. 117–119.

22. Лесун, Б.В. Имитационное моделирование системы энергоаудита / Б.В. Лесун, Н.Е. Пацей, Н.Н. Уласюк // Энергоэффективные технологии. Образование. Наука. Практика : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 20–21 мая 2010 г. : в 3 т. / под ред. В.Л. Соломахо. – Минск : БНТУ, 2010. – Т. 1. – С. 88–89.

23. Пацей, Н.Е. Автоматизация проектирования систем сбора и обработки информации/ Н.Е. Пацей // Наука- образованию, производству, экономике: материалы VIII Междунар. науч.-практич. конф. : в 4-х т. / Бел. нац. техн. ун-т : редкол. : Б.М. Хрусталеv, Ф.А. Романюк, А.С. Калиниченко. –Минск, 2010. – Т. 1. – С. 220.

24. Придухо, В.Т. Оптимизация систем сбора данных при учете и контроле энергоресурсов / В.Т. Придухо, Н.Е. Пацей // Автоматический контроль и автоматизация производственных процессов : материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 17–18 мая 2012 г. / под ред. И.М. Жарского. – Минск : БГТУ, 2012. – С. 49–53.

Свидетельства о регистрации программ

25. Свидетельство о регистрации программы № 309. Программа для параметрической оптимизации автоматизированной информационно-измерительной системы контроля и управления энергоресурсами «SynOptElement» / Н.Е. Пацей, В.Т. Придухо. – № С20110029; заявл. 06.05.2011; зарегистрир. 13.05.2011 // Национальный центр интеллектуальной собственности Республики Беларусь. – 2011.

26. Свидетельство о регистрации программы № 310. Программа моделирования работы автоматизированной информационно-измерительной системы контроля и управления энергоресурсами «SimModSystem» / Н.Е. Пацей, В.Т. Придухо. – № С20110030; заявл. 06.05.2011; зарегистрир. 13.05.2011 // Национальный центр интеллектуальной собственности Республики Беларусь. – 2011.

Репозиторий БНТУ

СІНТЭЗ І АНАЛІЗ ПРАВАДНЫХ СЕТАК ЗБОРУ ІНФАРМАЦЫЙНА-ВЫМЯРАЛЬНЫХ ДАНЫХ

Ключавыя словы: сеткі збору інфармацыйна-вымяральных даных, інфармацыйна-вымяральных сістэмы, шматкрытэрыяльная аптымізацыя, структурна-параметрычны сінтэз, прастора параметраў, генетычны алгарытм, імітацыя.

Мэтай працы з'яўляецца распрацоўка мадэлей і алгарытмаў для вырашэння задач сінтэзу сетак збору інфармацыйна-вымяральных даных (СЗІВД), што дасць магчымасць павысіць якасць і скараціць тэрміны праектавання гэтых сетак за кошт правядзення іх структурна-параметрычнага сінтэзу з ужываннем сродкаў матэматычнага мадэліравання і пошукавай шматкрытэрыяльнай аптымізацыі.

Навуковыя вынікі і іх навізна

Распрацаваны аптымізацыйныя мадэлі СЗІВД для пошуку найлепшай структуры сетак і вызначэння аптымальных параметраў кампанент пры зададзеных тэхнічных і эканамічных характарыстыках. Распрацаваны алгарытм імітацыі СЗІВД для аналізу рэжыму іх працы, які дазваляе вызначаць элементы сеткі, збой якіх пры дадзеным рэжыме працы пацягне за сабой страту значнай колькасці даных. Распрацаваны алгарытм працы і структура праграмага забеспячэння структурна-параметрычнай аптымізацыі сетак збору даных. Паводле створанай структуры кожнаму этапу стварэння СЗІВД адпавядае асобны модуль праграмага забеспячэння, у якім рэалізавана мадэль і метады пошуку аптымальнага рашэння для дадзенага этапу ва ўнікальнай прасторы параметраў. Гэта дазваляе выкарыстоўваць створанае праграмае забеспячэнне на любой стадыі праектавання. Магчымасць імітацыі працы створанай сеткі дазваляе папярэдне ацаніць якасць яе працы пры прапанаваным рэжыме. Распрацаваныя мадэлі і алгарытмы пошуку рацыянальных рашэнняў структуры і выбару аптымальных параметраў абсталявання рэалізаваны ў праграмым комплексе для аптымізацыі і аналізу працы СЗІВД.

РЕЗЮМЕ

Пацей Наталья Евгеньевна

СИНТЕЗ И АНАЛИЗ ПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ СБОРА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ДАННЫХ

Ключевые слова: сети сбора информационно-измерительных данных, многокритериальная оптимизация, структурно-параметрический синтез, пространство параметров, генетический алгоритм, имитация.

Целью работы является разработка моделей и алгоритмов для решения задач синтеза сетей сбора информационно-измерительных данных (ССИИД), что позволит повысить качество и сократить сроки проектирования этих сетей за счет проведения их структурно-параметрического синтеза с применением средств математического моделирования и поисковой многокритериальной оптимизации.

Научные результаты и их новизна

Разработаны оптимизационные модели ССИИД для поиска оптимальной структуры сети и определения типоразмеров компонент при заданных технических и экономических характеристиках. Разработан алгоритм имитации ССИИД для анализа работы сети, позволяющий определить элементы сети, отказ которых при данном режиме ее работы повлечет за собой потерю значительного количества данных. Разработан алгоритм работы и структура программного обеспечения структурно-параметрической оптимизации сетей сбора данных. Согласно созданной структуре каждому этапу создания ССИИД соответствует отдельный модуль программного обеспечения, в котором реализованы модель и алгоритм поиска оптимального решения для данного этапа в уникальном пространстве параметров. Это позволяет использовать созданное программное обеспечение на любой стадии проектирования. Возможность имитации работы созданной сети позволяет предварительно оценить качество ее работы при предложенном режиме. Разработанные модели и алгоритмы поиска рациональных решений структуры и выбора типоразмеров устройств реализованы в программном комплексе для оптимизации и анализа работы ССИИД.

SUMMARY

Patsey Natalya

THE SYNTHESIS AND ANALYSIS OF WIRED NETWORKS OF GATHERING OF THE MEASURED DATA

Key words: networks of gathering of the measured data, information-measuring systems, multiobjective optimization, structural and parametric synthesis, parameter space, genetic algorithm, simulation.

The purpose of the dissertation is the development of models and algorithms for the solution of synthesis tasks of wired networks of gathering of the measured data (WNGMD) that will enable to improve quality and to reduce the term of WNGMD design at the expense of their structural and parametric synthesis with the use of mathematical simulation and multiobjective optimization search.

Scientific results and their novelty

There have been developed the WNGMD optimization models for the search of the optimal structure of the network and the determination of the optimum parameters for a given component of the technical and economic characteristics. There has been developed a simulation algorithm of WNGMD for the analysis of its operation, which enables to detect the network elements which failure in the given mode of operation will result in the loss of a significant quantity of data. There has been developed an algorithm and the structure of the software structure for the structural and parametric optimization of WNGMD. According to the established structure, each stage of the creation of WNGMD corresponds to a separate software module that implements the model and the method of search of the optimal solution for a given stage in a unique parameter space. It enables to use a newly created software in any stage of design. The possible simulation of the created network enables to assess the quality of its work in the given mode of operation. The developed models and search algorithms of rational solutions of the structure and of dimension-types of devices are implemented in the software package for the optimization and analysis of WNGMD operation.

Научное издание

ПАЦЕЙ
Наталья Евгеньевна

**СИНТЕЗ И АНАЛИЗ ПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ СБОРА
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ДАННЫХ**

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление
и обработка информации

Подписано в печать 21.01.2013. Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 1,39. Уч.-изд. л. 1,09. Тираж 60. Заказ 62.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет. ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009. Пр.Независимости, 65. 220013, г.Минск.