

На правах рукописи

СУХИНЕЦ Жанна Артуровна

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
НА БАЗЕ ЦЕПНЫХ МОДЕЛЕЙ**

**Специальность 05.13.05 – Элементы и устройства
вычислительной техники и систем управления**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Уфа 2006

Работа выполнена на кафедре “Телекоммуникационные системы”
Уфимского государственного авиационного технического университета

Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор
СУЛТАНОВ Альберт Ханович

Официальные оппоненты: д-р техн. наук, профессор
Миловзоров Георгий Владимирович

канд. техн. наук, доцент
Хакимьянов Марат Ильгизович

Ведущая предприятие – ОАО БЭТО (г.Уфа)

Защита диссертации состоится “ 26 ” января 2007 г. в 14 часов
на заседании диссертационного совета Д- 212.288.02
при Уфимском государственном авиационном техническом университете
по адресу: 450000, г. Уфа, ул. К. Маркса, 12, актовый зал 1 корп..

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Уфимского авиационного
технического государственного университета.

Автореферат разослан “ 14 ” декабря 2006 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета
д-р. техн. наук, профессор

Г.Н. Утляков

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Создание современных систем управления требует совершенствования как первичных и вторичных преобразователей информации, так и всего тракта преобразования, представляющего собой в большинстве случаев цепную однородную, неоднородную и распределенную структуру либо комбинацию их соединений. Основательное исследование «Западноевропейские структурированные кабельные системы», проведенное ассоциацией BSRIA, показало, что совершенствование аналитических методов анализа линий и каналов преобразования информации, создания более точных их моделей позволит изменить стандартизованную методику определения максимальной длины канала преобразования и передачи информации, что немаловажно при создании систем управления (СУ).

Все это вызывает к необходимости разработки научных основ исследования общих свойств функционирования устройств вычислительной техники (ВТ), СУ и их соединений. Это преобразователи с частотным и фазовым выходом, дифференцирующие звенья и линии задержек, цифро-аналоговые преобразователи и делители напряжения, схемы замещения многих элементов и устройств СУ, ВТ и линий связи. Однако, традиционные методы анализа подобных структур и их соединений не позволяют с достаточной точностью учитывать влияние параметров элементов устройств СУ и ВТ, участвующих в преобразовании информации, на выходные характеристики. Существующие методики моделирования устройств СУ с цепной структурой (ЦС) и построения моделей преобразователей с распределенными параметрами не удовлетворяют современным требованиям точности, что сдерживает разработку и проектирование как элементов и устройств, так и СУ в целом.

В связи с этим исследования, направленные на разработку эффективных методов и алгоритмов анализа и синтеза как отдельных элементов, так и всего тракта преобразования, представляющего цепную структуру (ЦС), состоящую из различных устройств СУ, интерфейсов и физической линии связи, является актуальной научно-технической задачей.

Целью работы является создание универсальной методики, алгоритмов и программ исследования многообразия элементов и устройств ВТ и СУ с цепной структурой, создания их моделей, позволяющих анализировать весь тракт преобразования информации с позиций функции преобразования.

Задачи исследования.

1. Разработка методики анализа элементов и устройств ВТ и СУ, имеющих однородные, неоднородные и распределенные структуры.
2. Разработка алгоритмов исследования и инженерной методики расчета характеристик функциональных устройств с цепной структурой.

3. Разработка методики синтеза устройств цепной структуры (преобразователей с частотным и фазовым выходом, линий задержек, ЦАП и т.д.) с сосредоточенными и распределенными параметрами.

4. Исследование влияния параметров нагрузки на выходные характеристики преобразователей с частотным выходом. Диагностика и прогнозирование повреждений устройств с однородной и распределенной структурами.

5. Исследование методической погрешности моделирования устройств с распределенными параметрами и разработка методики проектирования устройств с нормированной погрешностью выходных характеристик.

Методы исследования. При решении поставленных задач использовались теории ТОЭ и электроники, методы континуант, функций преобразования и принцип дуальности преобразования, теории рядов и дифференциального исчисления. Применялись методы численного и компьютерного моделирования. Проведены испытания устройства сопряжения ПЭВМ с иммуноферментным анализатором крови при создании автоматизированного измерительно-диагностического комплекса иммуноскрининга с автоматизацией передачи результатов анализа в центр телемедицины Минздрава РБ.

Научная новизна работы заключается в следующем.

1. Разработана методика исследования функциональных устройств ВТ и СУ, имеющих однородную и неоднородную цепную структуру (ЦС), и устройств с распределенными параметрами, позволяющая эффективно исследовать тракт преобразования информации любой сложности.

2. Разработана методика проектирования функциональных устройств ЦС с заданной погрешностью выходных характеристик, удовлетворяющих условию их взаимозаменяемости при производстве и эксплуатации.

3. Разработаны методики определения выходных частот квазирезонанса преобразователей с RC - и LC - фазирующими четырехполюсниками любой сложности и моделирования устройств СУ с RC - и LC - распределенными параметрами без методической погрешности.

4. Разработана методика синтеза функциональных устройств с цепной структурой, одновременно удовлетворяющая значениям функции преобразования и входного или выходного сопротивления, что позволяет обеспечивать оптимальное согласование устройств, участвующих в последовательной цепочке преобразования измерительной информации.

Практическая значимость и внедрение результатов работы.

1. Получены компактные алгоритмы анализа элементов и устройств СУ и ВТ с цепной структурой, отличающиеся малым числом команд при реализации программы на ПЭВМ.

2. Разработаны инженерные методики расчетов частот RC - и LC - преобразователей, а также активных величин, чувствительности, входных сопротивлений и коэффициентов преобразования устройств с ЦС. Методики внедрены в учебный процесс при выполнении дипломных и курсовых проек-

тов, при чтении лекций по дисциплинам «Устройства приема и обработки сигналов» и «Линии связи» в Уфимском государственном авиационном техническом университете.

3. Получены оценки погрешностей влияния нагрузки на частоту генерации преобразователей ЦС с частотным выходом и моделирования устройств с распределенными параметрами традиционными методами.

4. Разработаны алгоритмы системы управления автоматизированным измерительно-диагностическим комплексом для иммуноскрининга и устройство сопряжения иммуноферментного анализатора крови с ПЭВМ, внедренные в учреждения Минздрава РБ.

Основные положения, выносимые на защиту.

1. Методика исследования элементов и функциональных устройств вычислительной техники и систем управления, имеющих однородные, неоднородные и распределенные структуры, а также всего тракта преобразования информации из различных комбинаций подобных структур.

2. Методика моделирования и синтеза преобразователей с частотным и фазовым выходом, линий задержек, ЦАП и других устройств с распределенными и сосредоточенными параметрами с учетом нормирования погрешности выходных характеристик.

3. Алгоритмы исследования функциональных устройств систем управления и их моделей, имеющих цепную структуру, в том числе для определения частот квазирезонанса RC - и LC -преобразователей любой сложности.

4. Результаты исследования методической погрешности моделирования преобразователей с распределенными параметрами и метод ее устранения.

5. Результаты исследования влияния параметров нагрузки на рабочие характеристики преобразователей с частотным выходом.

Основание для выполнения работы. Работа выполнена на кафедре телекоммуникационных систем УГАТУ в соответствии с Приказом МЗ РФ №344 от 27.08.2001, «Концепция развития телемедицинских технологий в Российской Федерации и план ее реализации» и планом РАМН в вопросах использования и развития телемедицинских технологий, а также по хозяйственному НИР на темы: «Автоматизированный информационно-измерительный и диагностический комплекс для иммуноскрининга» с Минприроды и ЧС РБ в 1995 г.; «Окружающая среда и здоровье населения РБ» с академией наук РБ № 112/АНБ и АП-КС-13-05-ХГ «Разработка мультиплексора потоков Е1» с ОАО БЭТО.

Апробация результатов работы. Основные положения и результаты работы докладывались и обсуждались на научных конференциях различного уровня. Среди них:

Международная молодежная научно-техническая конференция «Интеллектуальные системы управления и обработки информации» г. Уфа, 2001;

Международная молодежная научно-техническая конференция

«XXVIII и XXIX Гагаринские чтения» г. Москва, 2002 - 2003;

Всероссийская научная конференция «Проблемы прогнозирования, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» г.Уфа, 2002;

Третья, Четвертая и Пятая международные научно-технические конференции «Проблемы техники и технологии телекоммуникаций» г.Уфа - г. Самара, 2002 - 2004;

XXIX международная конференция «Информационные технологии в науке, образовании, телекоммуникации Information Technologies in Science, Education, Telecommunication and Business IT + SE` 2002» Ялта-Гурзуф, 2002;

Девятая международной конференции «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика», г. Москва, 2003;

VIII международная научно-методическая конференция вузов и факультетов телекоммуникаций. г. Москва, 2004.

Публикации. Основные результаты диссертационной работы отражены в 24 публикациях, в том числе в 6 статьях, в 2-х свидетельствах об официальной регистрации интеллектуального продукта и одном - об официальной регистрации программного продукта, 15 трудах конференций. Некоторые результаты отражены в отчетах хоздоговорных НИР, в которых автор был исполнителем.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из 161 стр. машинописного текста, включающего в себя введение, четыре главы основного материала, выводы и заключение; 44 рисунка, 7 таблиц, библиографического списка из 79 наименований и четырех приложений на 33 стр.

Автор выражает благодарность научному консультанту к.т.н., доценту кафедры «Телекоммуникационные системы» Гулину А.И. за оказанную помощь в написании второй и третьей глав.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и основные задачи исследования работы, показана научная новизна и практическая ценность, приведены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе на основе обзора существующих систем медицинской диагностики и перспектив развития направления телемедицины, в свете рекомендаций ВОЗ –SG 2.6-1998; JS–3,7-2004, разработаны основные требования к построению автоматизированного измерительно-диагностического комплекса для иммуноскрининга (АИДКИ) и предложена ее логическая структура. Разработка устройств сопряжения в приборы, подключаемые к АИДКИ и управляемые ПЭВМ, позволит гораздо шире использовать потенциал медицины и вести мониторинг здоровья населения, выявляя зоны неблагополучной экологической обстановки и локализовать очаги инфекций.

ЦС, представляющие модели многих устройств ВТ и СУ, в том числе входящих в АИДКИ (преобразователей с распределенными параметрами, ат-

тенюаторов, ЦАП, частотных и фазовых корректоров, линий задержек, фазовращателей, схемы замещения усилителей, устройства считывания и позиционирования планшетов тест-систем и т.д.), достаточно широко рассматриваются в ТОЭ, электронике и других разделах теории цепей. Их анализ основывается на использовании традиционных методов, которые пригодны либо для однородных ЦС, т.к. в качестве исходного элемента используют звено, либо отличаются излишней громоздкостью и трудоемкостью уже при числе плеч структуры более пяти. В связи с этим, разработка алгоритмов и методов исследования устройств и элементов СУ и ВТ с ЦС и всего тракта преобразования из комбинаций их соединений является актуальной задачей.

Во второй главе разработана методика анализа ЦС (Рис.1) с использованием функции преобразования (ФП), которая представляет собой отношение активной входной величины к выходной. Для исследования ЦС и вычисления ФП в общем виде, получен алгоритм записи ФП схем любой сложности.

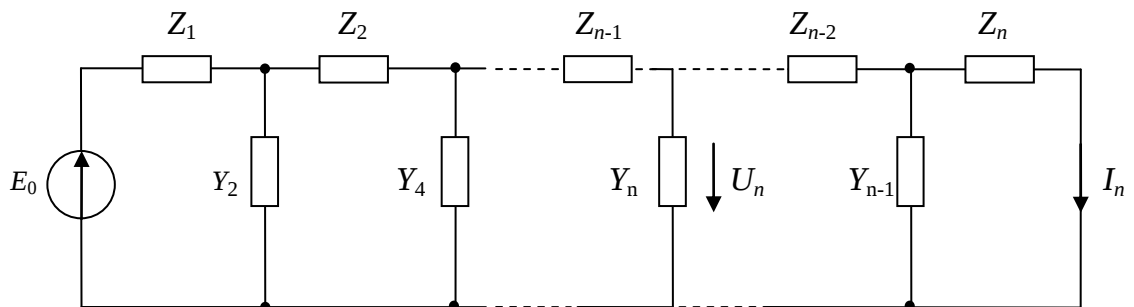


Рис. 1. Цепная структура

Алгоритм записи K_n – ФП для ЦС с четным числом плеч n имеет вид

$$K_n = 1 + \sum_{i=1}^n \sum_{k=i+1}^{n-1} Z_i Y_k + \sum_{i=1}^{n-2} \sum_{k=i+1}^{n-3} \sum_{p=k+1}^n Z_i Y_k Z_p Y_q + \dots, \quad (1)$$

где $i = 1, 2, \dots, 0,5n$, а для ЦС с нечетным числом плеч n

$$K_n = \sum_{i=1}^n Z_i + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{k=i+1}^{n-2} \sum_{p=k+1}^n Z_i Y_k Z_p + \dots, \quad (2)$$

где $i = 1, 2, \dots, 0,5(n+1)$.

Выражения (1) и (2) позволили получить рекуррентное соотношение (3) для вычисления ФП, чувствительности, активных величин, сопротивле-

$$K_n = T_n K_{n-1} + K_{n-2} \quad (3)$$

ний и т.д. и разработать инженерную методику и программу исследования ЦС на ПЭВМ, которые официально зарегистрированы в Роспатенте.

Преобразователи с равномерно распределенными параметрами можно представить как однородные ЦС (ОЦС) с большим числом звеньев. Для определения их ФП при четном числе плеч n можно воспользоваться выражением (1), которое для ОЦС примет вид

$$K_n = \sum_{i=0}^{0,5n} C_{0,5n+i}^{2i} Z^i Y^i \quad (4)$$

где $C_{0,5n+i}^{2i}$ – число сочетаний из $0,5n+i$ элементов по $2i$ элемента;

$$Z = \frac{Z_0 l}{0,5n}; \quad Y = \frac{Y_0 l}{0,5n},$$

где Z_0 и Y_0 – первичные параметры ЛС, отнесенные к единице длины l .

Формула (4) представляет собой выражение

$$K_n = \sum_{i=0}^{0,5n} \frac{0,5n+i !}{0,5n-i !} \cdot \frac{T_0^{2i}}{2i!}, \text{ где } T_0^{2i} = Z^i Y^i,$$

аналогичное формуле Маклорена для разложения гиперболического косинуса в степенной ряд Тейлора при неограниченном возрастании числа звеньев $0,5n$. Так для искусственной RC-линии $K_n = ch\gamma l$, а при сдвиге фаз на π радиан - $K_n = -11,6$, где $T_0 = \gamma l / 0,5n$, а $\gamma = \sqrt{Z_0 Y_0}$ – коэффициент распространения. Аналогично получены выражения ФП моделей из T-или П-образных звеньев.

При экспериментальных исследованиях устройств с распределенными параметрами и линий связи используют однородные многозвенные модели. Для этого линию длиной l разбивают на n участков и, используя полученные в главе выражения, определяют значения элементов модели, что исключает

$$Z = Z_c \frac{ch\gamma l / n - 1}{sh\gamma l / n}, \quad \text{и} \quad Y = \frac{sh\gamma l / n}{Z_c},$$

погрешность при использовании формул $Z = Z_0 l / r$ и $Y = Y_0 l / n$, предложенных во многих источниках. ФП модели линии связи в общем виде будет равна

$$K_i = Y_H Z_c sh\gamma \frac{l}{n} i + ch\gamma \frac{l}{n} i,$$

где отсчет $i = 0 \div n$ производится от нагрузки линии связи.

В устройствах и системах обработки сигналов для получения сетки опорных напряжений с дискретными значениями частоты или фазы и при разработке ЦАП необходимо осуществлять питание через определенные плечи (Рис.2), выбор которых, а также числа и видов источников питания возможен в результате анализа подобных структур. Для каждого случая можно написать характеристические функции входного $T_{вх.k}$ и выходного $T_{вых.k-1}$ иммитансов (сопротивления или проводимости), а через них определить ФП

$$K_{k/k-1} = 1 + T_{вх.k} T_{вых.k-1},$$

где $K_{k/k-1}$ – ФП источника питания - активной величины A_k , действующей в k -том плече, в активную величину B_{k-1} , действующую в $k-1$ плече.

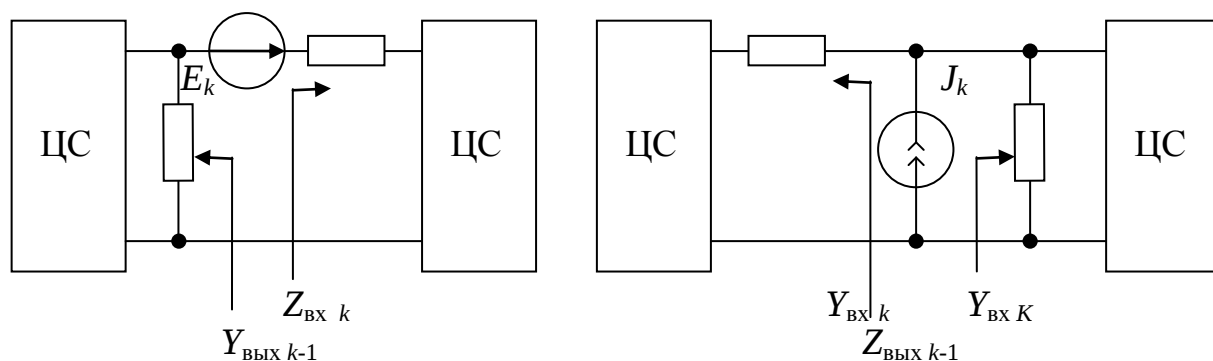


Рис. 2. Произвольное включение источников в ЦС

Использование ФП легко приводит к общим алгоритмам расчета этих характеристических функций независимо от степени сложности рассматриваемой цепи. Выходное напряжение $U_{\text{ВЫХ}}$ ЦАП равно

$$U_{\text{ВЫХ}} = \sum_{i=2,4,\dots}^n \frac{E_i Y_i}{T_{\text{ВХ},i} T_{\text{ВЫХ},i-1} + 1} T_{\text{ВЫХ},i-1} \frac{1}{K_{2/n}}. \quad (5)$$

Полученное выражение представляет собой линейную комбинацию напряжений E_i с постоянными коэффициентами K_i ,

где

$$K_i = \frac{Y_i T_{\text{ВЫХ},i-1}}{K_{i/n} K_{i/i-1}}.$$

Следовательно, выражение (5) можно записать как $U_{\text{ВЫХ}} = \sum_{i=2,4,\dots}^n E_i K_i$.

В главе также разработаны модели согласующих трансформаторов с использованием ФП, что необходимо при анализе тракта преобразования, содержащего ряд преобразователей и согласующие устройства.

В третьей главе излагаются принципы создания устройств, работающих с частотными и фазовыми сигналами. В широкополосных СУ весьма актуальна задача поддержания фазовых соотношений при приеме-передаче сигналов. Не менее важно это и при проектировании устройств автоматического преобразования информации от частотных датчиков. Наибольшее распространение для создания фазовращателей в этих целях получили искусственные линии в виду возможности их интегрального исполнения и бесконтактных способов регулирования параметров. Искусственная линия, работающая как фазовращатель на π радиан, моделируется конечным числом $n/2$ RC -звеньев, каждое из которых считается двуплечим. Изменение угла сдвига фаз в подобном фазовращателе достигается с помощью переключателя или электронным управлением параметрами плеч. При изготовлении дискретного фазовращателя с конечным числом звеньев представляет интерес определе-

ния значений элементов R и C в плечах соответственно. Исследования в этом направлении показали следующую их взаимосвязь с полными параметрами

$$RC = k_n \frac{R_{\text{л}} C_{\text{л}}}{2\pi^2}.$$

Коэффициент k_n зависит от числа плеч n и определяется из уравнения

$$\sum_{i=0,1,\dots}^p (-1)^i k_n^{2i+1} m_{N_{\Gamma}-2i-1} = 0,$$

где $p = 0,5N_{\Gamma} - 1$ при нечетном и $p = 0,5(N_{\Gamma}-3)$ при четном числе звеньев;
 N_{Γ} - число групп, объединяющих члены с одинаковым количеством сомножителей–иммитансов; m – количество членов в группе.

По результатам исследований получены аналитические выражения для создания фазовращателей в интегральном и дискретном исполнениях с возможностью одновременного получения сетки выходных напряжений с различными фазовыми сдвигами, что необходимо для построения различных автоматических устройств СУ и фазорасщепителей.

Частотно-зависимые ЦС широко используются в СУ в качестве первичных и вторичных преобразователей, частотных корректоров, активных фильтров, фазирующих четырехполюсников и т.д. Однако в настоящее время получены аналитические выражения для частоты и затухания, подобных ЦС лишь с числом плеч не более восьми. С использованием ФП удалось устранить этот пробел. ЦС может иметь один из четырех видов: ЦС U/I ; ЦС U/U (Рис. 3); ЦС I/U или ЦС I/I . Активным преобразователем (АП) является усилитель различного схемного исполнения.

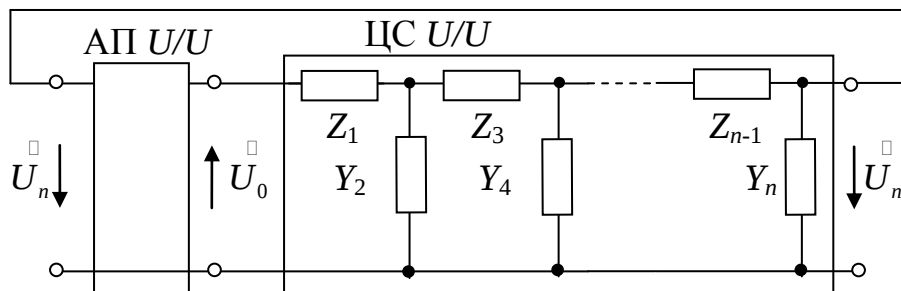


Рис.3. Блок-схема генератора с фазирующей ЦС U/U

Частота квазирезонанса n -плечей ЦС, составленной из RC -элементов и осуществляющей поворот фазы на 180° , определяется из мнимой части ФП фазирующего четырехполюсника при обращении её в ноль, т.е. $\text{Im} \cdot K_{\text{ЦС}} = 0$, и для ЦС U/U определяется выражением

$$\omega_0 = \frac{k_n}{RC}, \quad (6)$$

где коэффициент k_n находится из уравнений вида

$$\sum_{i=0,1,\dots}^p (-1)^i k_n^{2i+1} C_{0,5n+1+2i}^{2+4i} = 0,$$

где $p = 0,25n-1$ - для четных $0,5n$; и $p = 0,25(n+2)-1$ - для нечетных $0,5n$.

ФП фазирующих ЦС U/U и ЦС I/I на частоте квазирезонанса стремятся с увеличением числа плеч n до бесконечности от $K_6 = -29$ до $K_n = -11,56$. Из всех k_n выбирают значения не превышающие $\sqrt{6}$.

Для расчетов схем любой сложности и конфигурации автором разработана официально зарегистрированная программа и инженерная методика.

При использовании интегральных RC -структур для построения частотно-зависимых устройств СУ достигается ряд преимуществ. Во-первых, используется лишь один компонент с распределенной структурой, параметры которого перестраиваются электронно, во-вторых, требуемое усиление активного преобразователя уменьшается до 11,6. Частота же избирательности определяется выражением

$$f = \frac{\pi(U + \varphi_K)^b}{AR_n}. \quad (7)$$

Емкость C p - n -перехода при изменении величины обратного смещения выражается

$$C = \frac{A}{(U + \varphi_K)^b},$$

Из выражения (7) видно, что, управляя напряжением U от первичных преобразователей, можно получить необходимый частотный выход.

Искусственная линия имеющая n плеч ($n/2$ звеньев) обладает дискретностью сдвига фаз, равной $\varphi = 2\pi/n$. При переключении на соответствующее i -тое плечо RC -линии, используемой в качестве фазирующей ЦС, например в схеме на Рис.4, получим соотношение для дискретных значений частот f_i , которые будут генерироваться

$$f_i = \frac{4f_0}{i^2}, \quad (7)$$

где f_0 - частота квазирезонанса всей RC -линии. Подставляя в формулу (7) выражение для частоты f_0 из (6), получим соотношение для дискретных значений частот генератора

$$f_i = \frac{2k_n}{i^2 \pi RC}.$$

При использовании искусственной LC - линии в качестве фазирующей ЦС, получим выражение для частот генерации $f_i = 2f_0/I$, где f_0 - частота квазирезонанса всей LC -линии, при снятии обратной связи с i -того плеча.

Отсюда получим значение
$$f_i = \frac{h_n}{i\pi\sqrt{LC}},$$

где h_n определяется из уравнения - $\sum_{i=0,1,\dots}^{0,5n-1} (-1)^i h_n^{n-2-2i} C_{n-i-1}^{n-2i-1} = 0$, для n -плечей LC – искусственной линии в качестве фазирующей ЦС.

В работе приведены значения коэффициентов k_n , h_n , $1/k_n$, $1/h_n$ для ЦС с числом плеч n от 6 до 40, которые могут быть использованы при построении дискретных генераторов и фазовращателей, линий задержек и т.д.

Для синтеза устройств ЦС наиболее часто используются схемы Кауэра, представляющие собой результат разложения функции входного иммитанса в непрерывную дробь. Представляет интерес способ нахождения по виду заданной ОЦС и ее ФП числа плеч устройства и величин их иммитансов. С помощью пассивных RC -цепей можно спроектировать устройство с практически любыми, в ограниченном диапазоне частот (времени), амплитудно-частотными и импульсными (переходными) характеристиками.

При синтезе четырехполюсников по заданному коэффициенту передачи задача реализации часто решается с помощью функции входного иммитанса или с помощью полных и первичных параметров линии.

Рассмотрим условия, налагаемые на ФП при синтезе ОЦС, состоящих из цепочки двухполюсников вида T_1 и T_2 . Известно, что ЦС U/U и ЦС I/I не изменяют размерность преобразуемой активной величины, содержат четное число плеч n и являются взаимно-дуальными структурами. Входной иммитанс n -плечей ЦС, определяемый выражением

$$T_{ax} = \frac{K_n}{T_2 f_1'} \quad (8)$$

Знаменатель выражения (8), представляющий собой ФП ЦС без первого плеча, содержит постоянный множитель в виде иммитанса T_2 , а f_1' определяется

$$\text{из формулы} \quad f_1' = \sum_{i=0,1,\dots}^{0,5n-1} (T_1 T_2)^i C_{3+i}^{1+2i} \quad (9)$$

где C_{3+i}^{1+2i} - число сочетаний из $3+i$ элементов по $1+2i$ элемента.

ФП структуры подобных устройств можно представить в виде

$$K_n = \sum_{i=0,1,\dots}^{0,5n} (T_1 T_2)^i C_{3+i}^{2i} \quad (10)$$

где C_{3+i}^{2i} - число сочетаний из $3+i$ элементов по $2i$ элемента.

Из выражений (8) ÷ (10), при подобранном по результатам аппроксимации числу плеч n , определим значение иммитанса на какой-то определенной, в диапазоне работы данного устройства, частоте ω

$$T_2 = \frac{K_n}{T_{BX} f_1'}$$

который, в общем случае, имеет комплексный характер. Далее, подставив значение иммитанса T_2 в выражение (14) или (15), решают полученное уравнение относительно иммитанса T_1 .

По аналогичной процедуре синтезируют структуры U/I и I/U .

Несмотря на трудность сопоставления с другими методами, т.к. они разработаны для других целей и в основном для синтеза фильтров, можно заметить, что предложенная методика синтеза ЦС по ФП отличается простотой, большей формализацией и меньшей трудоемкостью вычислений.

В четвёртой главе рассмотрены вопросы практического применения результатов анализа и синтеза при разработке, эксплуатации и моделировании устройств СУ с ЦС и длинных линий.

Наиболее перспективными при определении повреждений устройств с распределенными параметрами являются методы, основанные на измерениях резонансных состояний входного сопротивления. Однако они не способны прогнозировать повреждение, предупреждать и предотвращать аварии.

Применение ФП для определения мест повреждения подобных устройств СУ, позволило получить ряд соотношений, однозначно определяющих расстояние до места повреждения и величину переходного иммитанса в месте повреждения. Длинные линии (линии связи) с иммитансом T_n в месте повреждения представлена схемой замещения (Рис.5), где x — расстояние до места повреждения, а Y_4 — иммитанс повреждения. Части линий связи до и после

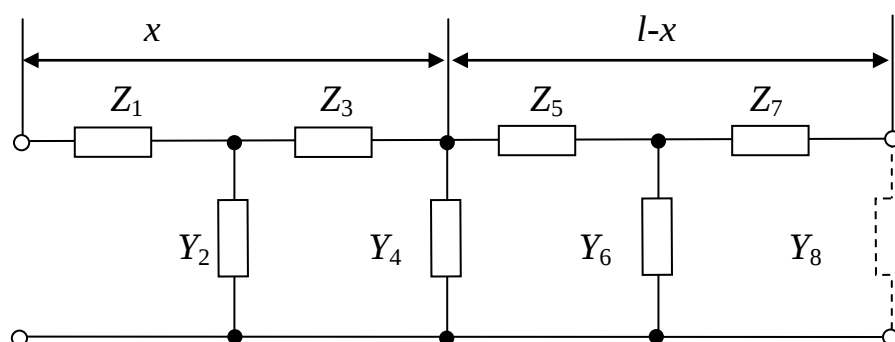


Рис. 4. Структура модели длинной линии с повреждением изоляции

места повреждения рассматриваем как трехплечие ЦС. Используя формулы, полученные выше, получим выражения для иммитансов плеч структуры

$$Z_1 = Z_3 = Z_c \frac{ch\gamma x - 1}{sh\gamma x}; \quad Y_2 = \frac{sh\gamma x}{Z_c};$$

$$Z_5 = Z_7 = Z_c \frac{ch\gamma(l-x) - 1}{sh\gamma(l-x)}; \quad Y_6 = \frac{sh\gamma(l-x)}{Z_c}.$$

Входной иммитанс линии связи на частоте ω_i является функцией иммитанса повреждения и расстояния до места повреждения, т.е.

$$Z_{ex}(\omega_i) = f(x, Y_4).$$

Измерив входной иммитанс на двух определенных частотах, получим

два уравнения с двумя неизвестными x и Y_4 , решение которых и даст иско-
мый результат. Подставив в выражение для ФП значения иммитансов плеч и
проделав аналитические преобразования, получим

$$\dot{K}_6 = Z_c \cdot Y_4 \cdot sh\gamma x \cdot ch\gamma(l-x) + ch\gamma l.$$

Входной иммитанс линии с повреждением имеет вид

$$Z_{ex} = \frac{Z_c \cdot Y_4 \cdot sh\gamma x \cdot ch\gamma(l-x) + ch\gamma l}{Y_4 \cdot ch\gamma(l-x) \cdot ch\gamma x + \frac{1}{Z_c} \cdot sh\gamma l},$$

из которого найдем расстояние x до места повреждения $x = \frac{arc sh b}{\gamma}$, где

$sh\gamma x = b$, и значение иммитанса в месте повреждения Y_4

$$Y_4 = \frac{1 - \frac{Z_{ex}}{Z_c} \cdot th\gamma l}{b^2 (Z_{ex} + Z_c th\gamma l) - b \sqrt{1 + b^2} \cdot (Z_{ex} th\gamma l + Z_c) + Z_{ex}}.$$

Таким образом, полученные соотношения позволяют не только опреде-
лять расстояние до места повреждения линии, но и прогнозировать место и
характер повреждения (изоляция или жилы).

Одним из основных вопросов, возникающих при проектировании и
эксплуатации СУ, является исследование влияния амплитудных, частотных и
фазовых характеристик линий связи на параметры преобразователей, которое
в общем виде до сих пор не проводилось. Важность решения этого вопроса
возрастает с необходимостью учета влияния линии связи на искажения ин-
формации в виде временных задержек, изменения амплитуд и т.п.

Наиболее полно и всесторонне исследование свойств однородных цеп-
ных схем рассмотрено в работах Каганова З.Г., где показано, что для цепей с
потерями существует несколько несовпадающих резонансов (частотный, фа-
зовый и амплитудный).

ФП позволили исследовать частотный критерий резонансов, заклю-
чающийся в определении частот квазирезонанса ЦС из выражения мнимой
части ФП при обращении её в нуль; фазовый - определяемый при равенстве
нулю мнимой части входного иммитанса линии связи; и амплитудный - ха-
рактеризующийся экстремумами АЧХ входного иммитанса ЦС или линии
связи. Полученные соотношения свидетельствуют о необходимости учета
влияний линий связи на работу преобразователей СУ гораздо шире, чем про-
сто в виде затухания, задержек и т. п. как это рассматривается традиционно.

Широкое распространение ЦС в виде LC - и RC - линий обосновано
необходимостью построения устройств с частотным выходом, линий задер-
жек, фазовых корректоров и моделей длинных линий. Однако, до сих пор не
оценена погрешность моделирования значений частоты и фазы при исполь-
зовании многоплечих ЦС. Известно лишь то, что с увеличением числа плеч

модели эта погрешность уменьшается. Анализ показал некорректность такого подхода. Так у RC –линии, несмотря на увеличение числа плеч модели с 6 до 40 и значительного уменьшения абсолютной погрешности, относительная погрешность уменьшается лишь с 10,5% до 3,6%. Причем, в этом диапазоне наименьшую погрешность имеет восьмиплечая модель, равную 3,1%.

Проведенные исследования позволили выработать методику моделирования и синтеза ЦС с одновременным исключением методических погрешностей в значениях частоты и входного (выходного) сопротивления модели.

Результаты исследований влияния нагрузки на характеристики частотно зависимых устройств с ЦС, показали, что чем больше число плеч в схеме, тем больше влияние на генерируемую частоту оказывает нагрузка. Так, например, относительная погрешность частоты квазирезонанса у шестиплечей схемы равна 0,02%, а у восьмиплечей – 0,04%.

При определении границ погрешности отдельных элементов у линии задержек, ЦАП и т.п. исходят из условия, что погрешность выходных параметров не должна превышать заданную допустимую величину. Проведенные исследования с использованием ФП позволили оценить допуски на разброс параметров элементов по допустимой погрешности рабочих характеристик, используя полученное выражение для ФП $K_{n\gamma}$ с погрешностями элементов

$$\dot{K}_{n\gamma} = \sum_{i=0}^{0.5n} C_{0.5n+i}^{2i} \cdot x^i Z^i Y^i,$$

где x - граница допуска иммитансов плеч структуры устройств.

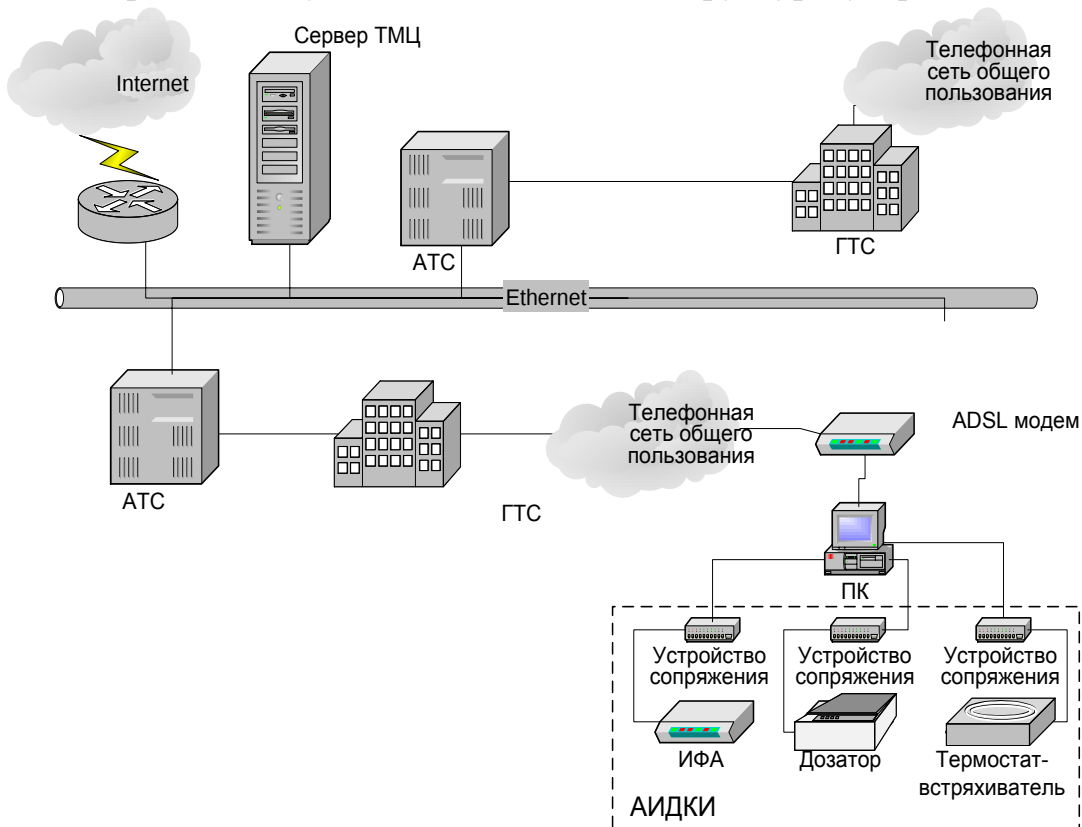


Рис. 5. Структура управления комплексом из БРЦ телемедицины

Также в этой главе представлена структура АИДКИ, реализованная в ряде учреждений Минздрава РБ, и устройство сопряжения, алгоритмы и программы, позволяющие функционировать медицинские приборы как в составе комплекса, так и автономно. Основой АИДКИ являются управляемые ПЭВМ биохимические (ИФА) и другие диагностические комплексы (ДК), способствующих проведению массовых обследований и составлению базы данных как в лечебно-профилактических учреждениях, так и в Башкирском Республиканском центре (БРЦ) телемедицины (Рис.5). При построении ДК, состоящих из отдельных модулей, реализован принцип агрегатирования. Для этого были решены две основные задачи - совместимости и сопряжения модулей как между собой, так и с внешними устройствами БРЦ через мультитекст потоков Е1, в разработке которого участвовала диссертант.

В приложении представлены тексты разработанных программ расчетов параметров устройств с цепной структурой, частоты квазирезонанса многозвенных RC-структур, а также документы, подтверждающие внедрение результатов работы в БРЦ Телемедицины Минздрава Республики Башкортостан, и в учебном процессе Уфимского государственного авиационного технического университета в виде методик расчета параметров линий задержек, ЦАП и выходных частот вторичных преобразователей.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Разработана методика анализа элементов и устройств ВТ и СУ, имеющих однородные, неоднородные и распределенные структуры. (Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2002610748/ 22.05.2002. Роспатент. Москва. 2002).

2. Разработаны алгоритмы исследования, отличающиеся малым числом команд и инженерные методики расчета характеристик функциональных устройств с цепной структурой (Информационный бюллетень ВНТИЦ, Рег. № 50200200246.: Алгоритмы и программы, № 2, 2003. – РТО 11 с. ISSN 0320-0884).

3. Разработана методика синтеза устройств цепной структуры (преобразователей с частотным и фазовым выходом, линий задержек, ЦАП и т.д.) с сосредоточенными и распределенными параметрами. Разработаны методики определения выходных частот квазирезонанса преобразователей с RC- и LC-фазирующими четырехполюсниками любой сложности (Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2003611147/ 16.05.2003. Роспатент. Москва. 2003).

4. Исследовано влияния параметров нагрузки на выходные характеристики преобразователей с частотным выходом, показавшее увеличение от-

клонения частоты с увеличением числа плеч структуры устройства и получены соотношения количественной оценки этой погрешности.

5. Исследованы методические погрешности моделирования устройств с распределенными параметрами и разработана методика устранения ее для функциональных устройств с LC - и RC -структурами, что особенно важно при интегральном исполнении последних.

6. Разработана методика проектирования устройств с нормированной погрешностью выходных характеристик с установкой допуска на разброс параметров элементов плеч функциональных устройств с ЦС.

7. Получены аналитические соотношения, позволяющие диагностировать и прогнозировать повреждения устройств с однородной и распределенной структурами путем измерения входного сопротивления на двух частотах.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Интерактивные сети КТВ. Стандарты, технологии, оборудование / Филимонов А.И., Сухинец Ж.А., Гулин А.И. // Технология и средства связи. 2004.- №2. - С. 164-172.

2. Обоснование технических требований к медицинской ТКС / Сухинец Ж.А. // Интеллектуальные системы управления и обработки информации: Материалы междунар. НТК.- Уфа, 2001. – С. 252.

3. Телекоммуникационная система мониторинга здоровья населения / Султанов А.Х., Сухинец Ж.А., Гулин А.И. // Проблемы прогнозирования, предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций: Материалы 3 Всерос. НПК. Уфа–2002, с.74-76.

4. ГИС в здравоохранении на базе городских коммуникаций / Гулин А.И., Сухинец Ж.А. // Информационные технологии в науке, образовании, телекоммуникации и бизнесе. Труды 29 междунар. конференции IT+SE'2002.- Ялта-Гурзуф, 2002.- С. 370-372.

5. Расчет параметров преобразователей цепной структуры / Гулин А.И., Мударисов Д.Ф., Сухинец Ж.А. // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2002610748/22.05.2002. Роспатент. Москва. 2002.

6. Анализ канала телекоммуникационной системы с использованием функций преобразования / Сухинец Ж.А. // Проблемы техники и технологии телекоммуникаций: Материалы 3 междунар. НТК. Уфа- 2002, С. 121-122.

7. Исследование и проектирование ЦАП с использованием функций преобразования / Сухинец Ж.А., Мударисов Д.Ф., Гулин А.И. // Проблемы техники и технологии телекоммуникаций: Материалы 3 междунар. НТК.- Уфа, 2002.- С. 122-123.

8. Стратегия построения телекоммуникационной системы для медицины на базе сотовой связи / Гулин А.И., Мустафин Х.М., Сухинец Ж.А. //

Проблемы техники и технологии телекоммуникаций: Материалы 4 междунар. НТК.- Уфа, 2002.- С. 190-191.

9. Проектирование и расчет интегральных РС-структур / Сухинец Ж.А., Мударисов Д.Ф., Хаников И.Р. // XXIX Гагаринские чтения: Материалы междунар. молодежной НТК. – Москва, 2002. – Т.6., С. 17-18.

10. Аппаратура цифрового уплотнения для АЦС (Блок СЛ-10, концентратор, мультиплексор, низкоскоростной регенератор) / Рахимов Р.Р., Гулин А.И., Сухинец Ж.А. и др. // Проблемы техники и технологии телекоммуникаций: Материалы 4 междунар. НТК.- Уфа, 2003.- С. 157-164.

11. Расчет частоты квазирезонанса и коэффициента передачи многозвенных РС-структур / Гулин А.И., Сухинец Ж.А., Мударисов Д.Ф., Хаников И.Р. // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2003611147/ 16.05.2003. Роспатент. Москва. 2003.

12. Программа расчета преобразователей цепной структуры / Гулин А.И., Мударисов Д.Ф., Сухинец Ж.А.// Информационный бюллетень ВНИИЦ, Рег. № 50200200246.: Алгоритмы и программы, № 2, 2003. – РТО 11 с. ISSN 0320-0884

13. Математическое моделирование длинных линий с использованием функций преобразования / Сухинец Ж.А. // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: Девятой междунар. Науч.-техн. конф. студентов и аспирантов. Т. 1.- М.: Издательство МЭИ, 2003.– С. 274.

14. Обеспечение мобильности и качества образования в области телекоммуникаций / Гулин А.И., Султанов Р.Р., Сухинец Ж.А. // VIII Междунар. науч.-метод. конф. вузов и факультетов телекоммуникаций: Труды конференции. – М.: МТУСИ, 2004 – С. 35-38.

15. Практический опыт применения телемедицинских технологий в Республике Башкортостан / Мустафин Х.М., Мударисов Д.Ф., Сухинец Ж.А. // Проблемы техники и технологии телекоммуникаций: Материалы V междунар. НТК.- Самара: Аэропринт. 2004.- С. 112 - 113.

16. Анализ проводных линий связи с использованием функций преобразования / Сухинец Ж.А., Филимонов А.И., Мударисов Д.Ф. // Проблемы техники и технологии телекоммуникаций: Материалы V междунар. НТК.- Самара: Аэропринт. 2004.- С. 52 - 54.

17. Рекомендации использования разнообразных видов линий связи в различных областях телемедицины / Мустафин Х.М., Сухинец Ж.А. и др. Материалы V междунар. НТК.- Самара: Аэропринт. 2004.- С. 113 - 116.

СУХИНЕЦ Жанна Артуровна

ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НА БАЗЕ
ЦЕПНЫХ МОДЕЛЕЙ В СИСТЕМАХ МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

Специальность 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной
техники и систем управления

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Подписано к печати 08.12.06. Формат 60х84 1/16

Бумага офсетная. Печать плоская. Гарнитура Times New Roman.

Усл. печ. л. 1,0. Усл. кр.-отг. 1,0. Уч.-изд. л. 0,9.

Тираж 100 экз. Заказ № 700.

Уфимский государственный авиационный технический университет

Центр оперативной полиграфии

450000, Уфа-центр, ул. К. Маркса, 12