



УДК: 519.876.5

© 2014 г. **В.М. Дмитриев**, д-р техн. наук,
Т.В. Ганджа, канд. техн. наук,
С.А. Панов

(Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники)

ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ДОКУМЕНТИРОВАНИЯ МЕТОДОМ КОМПОНЕНТНЫХ ЦЕПЕЙ*

В статье рассмотрен формализм метода компонентных цепей для моделирования технических документов. Описан компонентный базис, схема формирования документа и пример работы системы автоматизированного документирования.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, протоколирование, документирование, автоматизация документирования, отчетная форма, документ, отчет, протокол, технический отчет, интерактивный отчет.

Введение

Одной из важнейших задач, решаемых в современных информационных системах, оперирующих большими объемами информации, является задача автоматизированного формирования, обновления, сохранения и обмена документами. К классу таких документов можно отнести научно-технический отчет, содержащий результаты математических вычислений, компьютерного моделирования и функционального проектирования технических устройств и систем.

Задача автоматизации документирования особо актуальна для нефтегазодобывающих предприятий. Это обусловлено тем, что на данных предприятиях необходимо формировать огромное множество различных документов, – например, таких как технологическая карта, техническое задание, пояснительная записка к проекту, смета затрат, ведомость документов технического проекта, перечень входных сигналов и данных, ведомость оборудования и материалов, схема принципиальная, технологическая инструкция и т.д.

Исследования в данной области проводятся коллективами ученых под руководством В.В. Ланина, А.К. Тугенгольда, С.В. Веретехиной. В работах В.В. Ланина, Л.Н. Лядовой исследуются возможности интеллектуального управления

* Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ 13-07-00378 «Многоуровневые компьютерные модели для интеллектуального управления эколого-экономическими системами предприятий нефтегазового комплекса».

электронными документами и метод разработки моделей документов на основе гиперграфов [1 – 4]; в работе А.К. Тугенгольда, А.С. Тишина, А.Ф. Лысенко, З.А. Цишкевича исследуются новые методы и средства документирования технологических объектов [5]; в работе С.В. Веретехиной исследуется разработка интерактивной электронной эксплуатационной документации [6]. Основным недостатком данных работ является отсутствие единого формализма описания технических документов.

Научным коллективом под руководством профессора ТУСУР В.М. Дмитриева был проведен анализ структуры документов, используемых в различных сферах, и выделены их структурные элементы. На их основании разработан универсальный формальный язык (ФЯ) описания документов [7], основанный на нотации Бэкуса-Наура. Данный язык был использован при разработке автономной и универсальной систем автоматизированного документирования (САД) [18, 19].

Существующие в настоящий момент зарубежные и отечественные САД (AutomatiCS, DIAdem, АСОПД, ЛОЦМАН:ПГС, AuthorIT, FrameMaker, Serna, ДЕЛО, БОСС-Референт, Megapolis.Документооборот, OPTIMA-WorkFlow, FossDoc и др.) отличаются целым рядом существенных недостатков: отсутствует генерация стандартных разделов документов; отсутствует возможность подключения программы для математической обработки результатов расчетов, выполняемых в системах моделирования и проектирования; не имеется возможности подключения аппаратных средств, выступающих в качестве источников данных; отсутствует поддержка произвольных стадий проектирования/моделирования; нет средств визуального моделирования документов и интерактивного документирования.

Разрабатываемая на основе ФЯ система отличается от аналогов реализацией нового подхода к документированию, заключающегося в формировании схемы документа из специальных компонентов, представляющих собой компьютерные модели структурных элементов документа. Такой процесс носит название «конструирование документов».

Применение формального языка для описания структуры технических документов

Рассмотрим пример применения ФЯ для описания структуры технического отчета, содержащего таблицу, рисунок, формулу (математическое выражение) и числовое выражение. Пусть он формируется по окончании лабораторного эксперимента в среде моделирования [8], целью которого является анализ RLC-цепи.

Используя ФЯ, можно описывать структуру практически любого технического документа. Структура отчета в приведенном выше примере (рис. 1) может быть описана совокупностью следующих нетерминальных символов ФЯ (если нетерминальные символы пишутся русскими буквами, то они заключаются в угловые скобки):

нетерминальным символом *<Документ1>* обозначается весь документ полностью. Он входит в состав (в качестве фрагмента) более сложного документа, обозначаемого на рисунке символом *<Документ 2>*;

символом *<Текст>* обозначается блок текста, который может включать в себя набор всех символов из таблицы ASCII (или Unicode);

символом *<Таблица>* выражена таблица экспериментальных данных, отражающих значения параметров и переменных электрических цепей (силу тока, напряжение, сопротивление и т.д.);

символом *<Рисунок>* представлено изображение схемы анализируемой RLC-цепи;

символом *<МатВыражение>* [9] обозначены формулы расчета итоговых значений силы тока, напряжения и сопротивления;

символом *<Число>* – итоговое значение сопротивления в цепи;

троеточием (...) обозначены другие символы ФЯ: *<Текст>*, *<ИстЛит>*, *<Слово>*, *<Цифра>*, *<ЗнакПрепинания>*, *<ЗнакОкончания>*, *<Буква>*, *<Ариф-мOp>* [7].

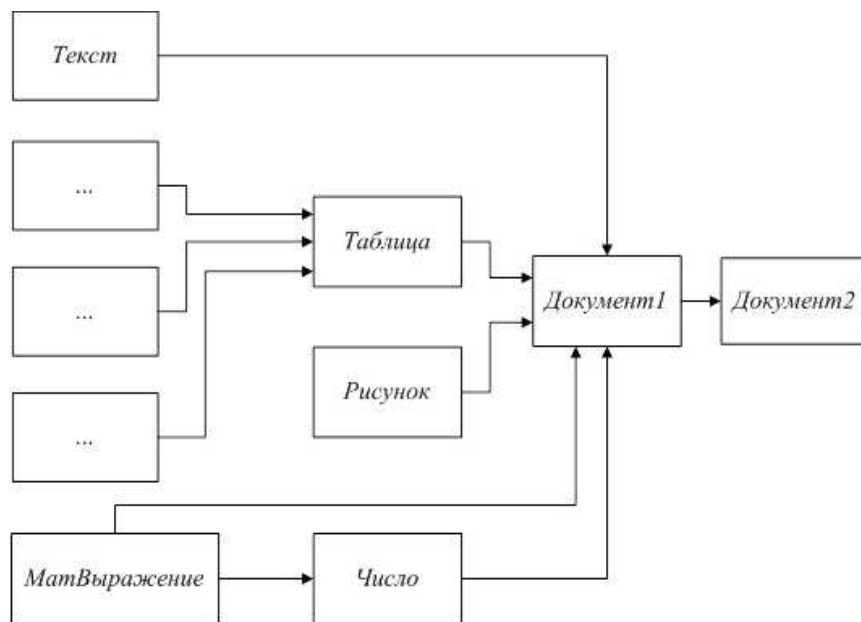


Рис. 1. Пример применения ФЯ для описания структуры простого технического отчета.

При составлении структуры документа система автоматизированного документирования должна оперировать нетерминальными символами ФЯ, которые будут иметь графическое представление в редакторе САД. Для разработки компьютерных моделей нетерминальных символов ФЯ целесообразно использовать метод компонентных цепей (МКЦ) [10], предложенный и разработанный В.М. Дмитриевым и Е.А. Арайсом. Преимущество МКЦ заключается в возможности моделирования систем различной физической природы путем создания многоаспектных и многоуровневых моделей [11].

Основные понятия метода компонентных цепей

Основными понятиями МКЦ являются понятия компонента и компонентной цепи (КЦ).

КЦ определяется как совокупность объектов:

$$C = (K, B, N),$$

где K – множество компонентов КЦ; B – множество ветвей КЦ; N – множество

узлов КЦ.

Множество компонентов K в общем случае имеет три подмножества:

$$K = \{K_W, K_P, K_Z\},$$

где K_W – компоненты-источники энергии или сигналов; K_P – компоненты-преобразователи энергии или сигналов; K_Z – компоненты-измерители энергии или сигналов.

Компонент в формализме МКЦ описывается своей математической или имитационной моделью. Механические, электрические, электромеханические, математические и другие компоненты с сосредоточенными параметрами описываются математическими моделями следующих типов: линейными и нелинейными моделями, моделями инерционных компонентов и источников. Компоненты информационных систем (к данному типу относятся электронные документы и их структурные элементы) описываются имитационными – алгоритмическими и информационными моделями.

Каждый компонент может иметь произвольное число связей (рис. 2), каждая из которых может быть одного из трех типов: элементарной, информационной или векторной. Каждой элементарной связи соответствует пара топологических координат – узел и ветвь – с соответствующими переменными – потенциальной и потоковой. Каждой информационной связи ставится одна топологическая координата – узел – с потенциальной переменной. Любая векторная связь представляет собой произвольную совокупность элементарных и информационных связей.

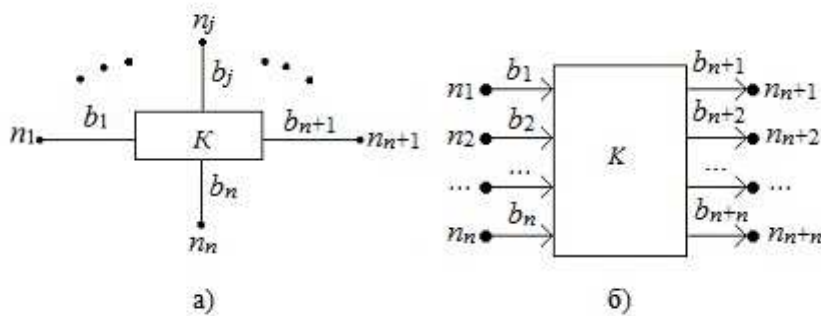


Рис. 2. Формальное представление компонента в МКЦ:
а) обобщенное; б) информационно-ориентированное.

МКЦ изначально применялся при создании математических моделей мультифизических систем, поэтому для моделирования структурных элементов документов необходимо расширить его формализм.

Формализм метода компонентных цепей для моделирования технических документов

Технический документ можно отобразить в КЦ в виде тройки объектов:

$$C_D = (K_D, B_D, N_D),$$

где K_D – множество компонентов, отображающих структурные элементы документов; B_D – множество связей между структурными элементами документов; N_D – множество узлов, располагающихся в местах соединения структурных элементов документов.

В свою очередь множество компонентов K_D имеет три подмножества:

$$K_D = \{K_{DI}, K_{DP}, K_{DZ}\},$$

где K_{DI} – множество компонентов-источников информации; K_{DP} – множество компонентов-преобразователей информации; K_{DZ} – конечный компонент («Документ»).

Каждый компонент из множества K_D имеет, как минимум, одну связь S_1 , которой соответствует пара топологических координат: $S_1 = (n_1, b_1)$, где n_1 – информационный контакт (называемый далее «инфоcontact»); b_1 – информационный канал (называемый далее «инфоканал»). Инфоcontact служит для соединения компонентов между собой, а инфоканал – для передачи информации из компонента в другие компоненты (направление передачи информации указывается стрелками). Информация может передаваться из компонента-источника K_{DI} или компонента-преобразователя K_{DP} и приниматься компонентом-преобразователем K_{DP} или конечным компонентом K_{DZ} .

По связи S_1 могут передаваться данные различных типов: буква; цифра; логическое значение; строка; число; массив; бинарные данные и файлы.

Компоненты-источники информации множества K_{DI} (рис. 3) используются для установки исходной информации и передачи ее в другие компоненты или на-

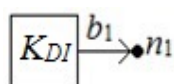


Рис. 3. Графическое представление компонента-источника информации.

прямую в документ. Алгоритмическая модель и процесс функционирования компонента-источника информации описывается следующей последовательностью:

- 1) задаются значения параметров компонента и исходная информация, которая должна быть вставлена в документ;
- 2) компонент сохраняет заданные значения параметров и исходную информацию в специальных переменных;
- 3) выполняется соединение компонента с другими компонентами (с помощью инфоcontactа N_1);
- 4) запускается процесс генерации документа;
- 5) компонент передает сохраненную ранее в переменной информацию по инфоканалу B_1 в инфоcontact N_1 ;
- 6) компоненты, которые соединены с компонентом через инфоcontact n_1 , получают информацию, а затем либо обрабатывают ее и передают в документ, либо сразу передают ее в документ.

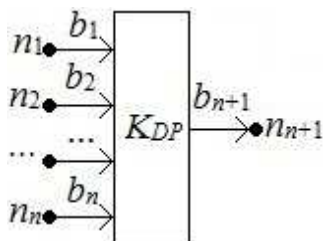


Рис. 4. Графическое представление компонента-преобразователя информации.

Компоненты-преобразователи информации множества K_{DP} (рис. 4) используются для получения исходной информации, преобразования ее и передачи в другие компоненты или напрямую в документ. Компоненты данного типа могут иметь один или несколько входных и только один выходной инфоcontact.

Конечный компонент «Документ» множества K_{DZ} (рис. 5) используется для сбора всей поступающей на него информации и формирования документа.

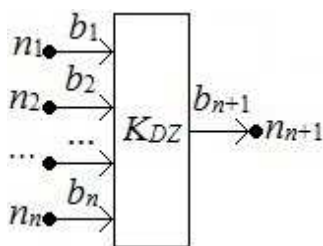


Рис. 5. Графическое представление компонента «Документ».

Он также может служить для передачи сформированного фрагмента в другой документ. Благодаря использованию данного компонента становится возможным формирование сложных документов, состоящих из ряда документов (или их фрагментов). Компонент «Документ» может иметь один или несколько входных инфоконтактов ($n_1 \dots n_n$) и один – выходной (n_{n+1}).

Интерпретация нетерминальных символов формального языка в компьютерные модели, разрабатываемые в формализме МКЦ

Для формирования удобного и понятного графического пользовательского интерфейса САД целесообразным будет группировка компонентов в специальной библиотеке моделей компонентов (БМК).

Интерпретация позволяет выделить перечень компонентов, подлежащих разработке (компонентный базис САД): «Источник текста»; «Рисунок»; «Источник формул»; «Формирователь таблицы»; «Числовой интерпретатор»; «Документ».

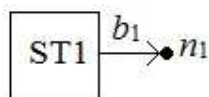


Рис. 6. Графическое представление компонента «Источник текста».

Компонент «*Источник текста*» (рис. 6) служит для вставки в документы отформатированного текста произвольной длины. На его выходной инфоконтакт n_1 поступает отформатированный текст произвольной длины. В свойствах

компонента задаются: наименование; параметры шрифта; текст, который необходимо передать в документ.

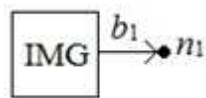


Рис. 7. Графическое представление компонента «Рисунок».

компонента задаются: наименование; название рисунка; выравнивание; вид обтекания; путь к рисунку. На его выходной инфоконтакт n_1 поступает рисунок в одном из выбранных форматов (например, BMP).

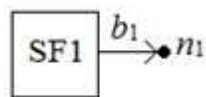


Рис. 8. Графическое представление компонента «Источник формул».

Компонент «*Источник формул*» (рис. 8) служит для вставки в документы формул, которые набираются пользователем вручную в специальном редакторе.

Компонент имеет одно свойство – наименование. На выходной инфоконтакт n_1 поступает объект «Формула».

Использование компонента «*Формирователь таблицы*» (рис. 9) позволяет автоматизировать процесс построения таблиц различной сложности и их заполнения экспериментальными данными (например, получаемыми в ходе компьютерного моделирования различных технических объектов) [12].

Формирование таблицы в данном компоненте выполняется по специальному шаблону, в котором указываются места для вставки динамического содержимого (данные места помечаются тегами). В параметрах компонента задаются за-

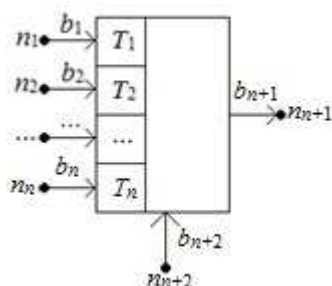


Рис. 9. Графическое представление компонента «Формирователь таблицы».

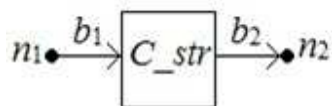


Рис. 10. Графическое представление компонента «Числовой интерпретатор».

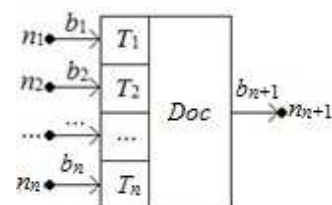


Рис. 11. Графическое представление компонента «Документ».

головки столбцов, выравнивание и название таблицы.

По входным инфоканалам ($b_1 \dots b_n$) поступают данные (числа, текст, формулы, рисунки и т.д.), которые вставляются в виде новых строк таблицы. Вставка осуществляется при нажатии на кнопку, подсоединенную к узлу n_{n+2} . По выходному инфоканалу b_{n+1} осуществляется передача готовой таблицы в другие компоненты (или сразу в документ).

Компонент «Числовой интерпретатор» (рис. 10) используется при преобразовании числовых констант в строковые значения. На входной инфоканал n_1 поступает число, на выходной инфоканал n_2 – строка. В свойствах компонента задаются: наименование; количество знаков (до или после запятой); формат числа (выпадающий список, принимающий значения: целое, с плавающей точкой, экспоненциальное).

Компонент «Документ» (рис. 11) служит для сбора всей поступающей на него информации, выбора формата документа, установки пути к шаблону документа, установки имен тегов, генерации документа.

БМК, содержащая перечисленные выше компоненты, имеет открытый характер и может быть дополнена другими компонентами, – например, с целью интеграции САД с системами различных типов: системой управления проектами и научно-исследовательскими работами студентов [13]; автоматизированной системой управления проектированием [14]; автоматизированной системой управления технологическими процессами газопромысловых месторождений [15]; эколого-экономической системой нефтегазодобывающего предприятия [16]; автоматизированными лабораторными комплексами по техническим дисциплинам (теоретическим основам электроники и электротехники, теории автоматического управления, компьютерному моделированию и др.) [17].

Разработанный компонентный базис САД формирует структурную схему документа. Она представляет собой цепь из компонентов, соединенных между собой связями (с помощью инфоканалов). Каждый компонент содержит список параметров, которые в случае необходимости задаются пользователем.

Структурно-функциональная схема системы автоматизированного документирования

САД представляет собой комплекс программ, работающий под управлением операционной системы семейства «Microsoft Windows». Рассмотрим структурно-функциональную схему САД (рис. 12).

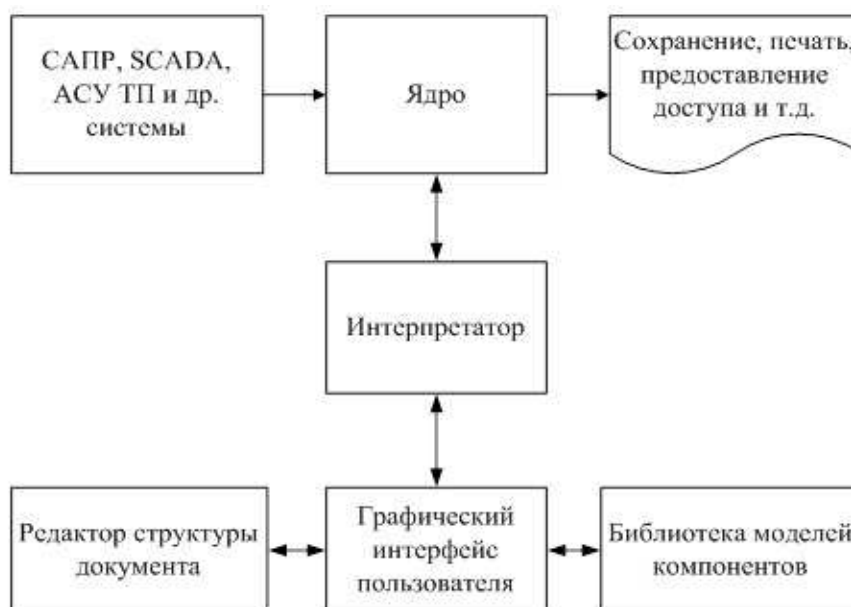


Рис. 12. Структурно-функциональная схема системы автоматизированного документирования.

Архитектура САД содержит:

1) *ядро*, предназначенное для получения и обработки всей поступающей в САД информации, формирования интерактивных документов и дальнейшей передачи готовых электронных документов в другие системы, вывода на печать или сохранения на локальном жестком диске (в виде файла);

2) *интерпретатор*, использующийся для преобразования нетерминальных символов ФЯ в компьютерные модели структурных элементов документов;

3) *графический интерфейс пользователя*, предназначенный для взаимодействия с пользователем (оператором) САД, содержащий различные интерактивные элементы управления, позволяющие формировать интерактивные документы. Он состоит из *редактора структуры документа*, предназначенного для создания и редактирования структурной схемы документа из компонентов САД, а также *библиотеки моделей компонентов*, содержащей упорядоченный набор необходимых для использования компонентов САД.

Пример работы системы автоматизированного документирования

Работа в САД описывается следующей последовательностью действий:

1) формирование структурной схемы документа путем добавления компонентов из БМК на поле редактора и соединения их между собой;

2) установка значений в параметрах компонентов (параметризация компонентной цепи). Установка шаблона документа осуществляется одним из двух способов. В первом случае в свойстве «Путь к шаблону» компонента «Документ» задается полный путь к файлу, содержащему шаблон документа, а во втором, шаблон задается вручную в текстовом редакторе Microsoft Office Word, который запускается при двойном клике мышью по компоненту «Документ». Шаблон представляет собой особый вид текстового документа, в котором содержатся статический текст и набор специальных тегов. Теги – это уникальные метки для ус-

тановки места вставки динамического содержимого. Структура тега: *открывающая угловая скобка (<) уникальное имя тега закрывающая угловая скобка (>)*. Имена тегов должны быть уникальными и отражать логическое содержимое вставляемых данных. Пример тега: *<ФИО_автора>*;

3) запуск процесса генерации документа по заранее заданному шаблону;

4) открытие полученного документа для редактирования, сохранения или вывода его на печать.

Рассмотрим пример формирования структуры отчета по лабораторной работе в САД.

Компоненты – такие как «Регулятор 1», «Регулятор 2» и «Измеритель» (рис. 13) – передают данные в компонент «Таблица» (данные передаются с регуляторов напрямую, а с измерителя – предварительно преобразуются с помощью компонента «Числовой интерпретатор»).

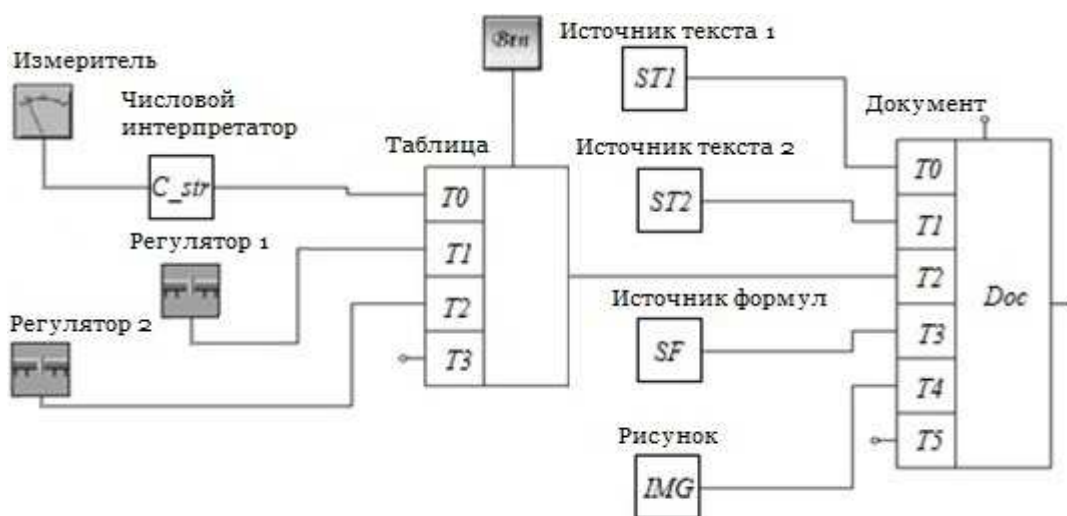


Рис. 13. Структурная схема отчета по лабораторной работе.

Он формирует из всех поступающих данных электронную таблицу, которая затем передается в компонент «Документ». К компоненту «Документ» подсоединяются и такие компоненты как «Источник текста», «Источник формул» и «Рисунок», используемые для вставки в итоговый документ текста, формул и рисунков. При поступлении новых данных документ автоматически обновляется, поэтому существенно сокращается время на документирование. Использование шаблонов позволяет генерировать типовые документы. В рассмотренном выше примере результатом генерации документа в САД (по заранее заданному шаблону) является полностью сформированный отчет по лабораторной работе (рис. 14).

Заключение

Предложенный формальный язык может быть применен для описания структуры сложных технических документов, используемых в промышленности, образовании, науке и других областях. Разработанные модели структурных элементов документов и алгоритм автоматизированного документирования расширяют возможности метода компонентных цепей в применении к работе с такими сложными информационными системами как системы документирования.

1. Начальные данные
2. Схема, составление законов Кирхгофа, расчеты всех токов
3. Баланс мощностей
4. Таблица рассчитанных величин

1. Начальные данные

<T1>

2. Схема, составление законов Кирхгофа, расчеты всех токов

<T2>

Первый закон Кирхгофа - алгебраическая сумма мгновенных токов в любом момент времени равна нулю:

$$\sum I_j = 0;$$

0 узел: <T3>;

1 узел: <T4>;

2 узел: <T5>;

Второй закон Кирхгофа - алгебраическая сумма мгновенных напряжений в замкнутом контуре электрической цепи равна алгебраической сумме напряжений, действующих в этом контуре:

$$\sum E_k = \sum R_k I_k;$$

1 контур: <T6>;

2 контур: <T7>;

3 контур: <T8>;

3. Расчеты

<T9>

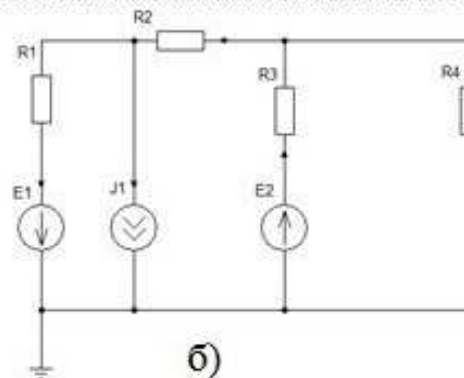
а)

1. Начальные данные
2. Схема, составление законов Кирхгофа, расчеты всех токов I
3. Баланс мощностей
4. Таблица рассчитанных величин

1. Начальные данные

E1, В	E2, В	J, mA	R1=R2, кОм	R3=R4, кОм
20	90	200	1	2

2. Схема, составление законов Кирхгофа, расчеты всех токов I



б)

Рис. 14. Фрагменты: а) шаблона; б) итогового документа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ланин В.В., Лядова Л.Н. Управление документами в динамически адаптируемых системах, основанных на метамоделировании // Труды Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям «AIS-IT'10». Научное издание в 4-х т.– М.: Физматлит, 2010. – Т. 1. – С. 510-518.
2. Ланин В.В. Интеллектуальное управление документами как основа технологии создания адаптируемых информационных систем // Труды Международной научно-технической конференции «Интеллектуальные системы» (AIS'07) и «Интеллектуальный САПР» (CAD-2007). – М.: Физматлит, 2007. – Т.2. – С.334-339.
3. Ланин В.В., Лядова Л.Н. Управление документами в динамически адаптируемых системах, основанных на метамоделировании. Труды Международной конференции "Интеллектуальные системы – 2010". – М.: Физматлит, 2010. – Т.1. – С. 510-517.
4. Ланин В.В. Модель документов, основанная на гиперграфах, в системах интеллектуального управления документами // Сб. статей. "Современные проблемы математики и ее прикладные аспекты". – Пермь: Пермский гос. ун-т. – 2010. – С. 81-86.
5. Тугенгольд А.К.и др. Интеллектуальное электронное документирование технологических объектов в системе PLM // Вестник ДГТУ. – 2011. – Т. 11, № 3. – С. 860-867.
6. Веретехина С. В. Методика разработки интерактивной электронной эксплуатационной документации для наукоемких изделий отрасли связи и информатизации. – М.: ВНИИ ПВТ, 2008.
7. Панов С.А. Формальный язык описания структуры документов и его интерпретация в формат метода компонентных цепей // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2014. – №1(31). – С. 197-200.
8. Дмитриев В.М., Шутенков А.В., Зайченко Т.Н., Ганджа Т.В. МАРС – среда моделирования технических устройств и систем. –Томск: В-Спектр, 2011.
9. Дмитриев В.М., Ганджа Т.В. Алгоритм формирования и вычисления математических вы-

- ражений методом компонентных цепей // Математические машины и системы. – 2010. – №3 – С. 9-21.
10. *Дмитриев В.М., Арайс Л.А., Шутенков А.В.* Автоматизация моделирования промышленных роботов. – М.: Машиностроение, 1995.
 11. *Дмитриев В.М., Ганджа Т.В.* Принцип формирования многоуровневых компьютерных моделей SCADA-систем для управления сложными технологическими объектами // Информатика и системы управления. – 2013. – № 2 (36). – С. 24-35.
 12. *Ганджа Т.В. Панов С.А.* Генератор табличных форм как компонент системы автоматизированного документирования // Наука. Технологии. Инновации: Материалы Всероссийской научной конференции молодых ученых, Новосибирск, 29 ноября–2 декабря 2012 г.: В 7 ч. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2012. – Ч. 3. – С. 88-91.
 13. *Панов С.А.* Необходимость создания системы управления проектами // Научная сессия ТУ-СУР-2011: Материалы доклада Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 4-6 мая 2011 г. – Томск: В-Спектр, 2011. – Ч. 6. – С. 209-211.
 14. *Дмитриев В.М., Ганджа Т.В., Ганджа В.В., Панов С.А.* Структура и функции автоматизированной системы управления проектами для центров научно-технического творчества студентов // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – №2(26), Ч. 2. – 2012. – С. 200-203.
 15. *Дмитриев В.М., Бусыгин А.А., Клепак И.Я.* Применение моделей с корректируемыми параметрами в SCADA-системах АСУ ТП газопромысловых объектов // Приборы + автоматизация. – 2007. – № 9. – С. 34-39.
 16. *Затик О.С.* Многоуровневое компьютерное моделирование эколого-экономических систем // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. – 2009. – № 4. – С. 136-138.
 17. *Коротина Т.Ю.* Компьютерное моделирование механических систем в рамках виртуальных лабораторий // Вестник ТГУ. – 2007. – № 301. – С. 97-100.
 18. *Ганджа Т.В., Панов С.А.* Задачи и архитектура подсистемы документирования исследований в среде многоуровневого моделирования MAPC // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – №2(24), Ч. 2. – 2011. – С. 334-338.
 19. *Ганджа Т.В., Панов С.А.* Место подсистемы документирования в интеллектуальной SCADA-системе // Современная техника и технологии: Сборник трудов XIX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 15-19 апреля 2013 г. – Томск: Издательство Томского политех. ун-та, 2013: В 3 т. – Т. 2. – С. 317-318.

Статья представлена к публикации членом редколлегии А.А. Шелупановым.

E-mail:

Дмитриев Вячеслав Михайлович – dmitriewvm@gmail.com;

Ганджа Тарас Викторович – gandgatv@gmail.com;

Панов Сергей Аркадьевич – spytech3000@gmail.com.