

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»

**ДИНАМИКА  
НЕЛИНЕЙНЫХ  
ДИСКРЕТНЫХ  
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ  
И ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ**

**Материалы  
XII Всероссийской научно-технической  
конференции**

---

---

**ДНДС–2017**

---

---

ЧЕБОКСАРЫ

2017

УДК 681.511.42.033(082)

ББК 3965.6Я43

Д44

**Редакционная коллегия:**

А.Ю. Александров, Г.А. Белов, Н.М. Лазарева

Печатается по решению Ученого совета  
Чувашского государственного университета имени И.Н. Ульянова

**Динамика нелинейных дискретных электротехнических  
Д44 и электронных систем: материалы 12-й Всерос. науч.-техн.  
конф. –Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2017. – 428 с.**

ISBN 978-5-7677-2480-2

Рассматриваются вопросы математических основ и математического моделирования нелинейных дискретных систем, цифровой обработки сигналов, построения и анализа устройств и систем силовой электроники, систем электроэнергетики и электропривода.

Для научных работников, инженеров, менеджеров и студентов старших курсов.

УДК 681.511.42.033(082)

ББК 3965.6Я43

ISBN 978-5-7677-2480-2

© Издательство  
Чувашского университета, 2017  
© Коллектив авторов, 2017

## ОРГКОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

### **Председатель оргкомитета:**

Александров А.Ю. – ректор ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»,

### **заместители председателя оргкомитета:**

Кадышев Е.Н. – д-р экон. наук, профессор, проректор по научной работе ЧГУ,

Белов Г.А. – д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой промышленной электроники (ЧГУ),

### **члены оргкомитета:**

**Афанасьев В.П.** – д-р техн. наук, профессор (Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»),

Дмитриков В.Ф. – д-р техн. наук, профессор (Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича),

Потапов А.А. – д-р физ.-мат. наук, профессор, главный редактор международного журнала «Нелинейный мир» (Институт радиотехники и электроники РАН),

Евдокимов Ю.К. – д-р техн. наук, профессор (Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева),

Шихин В.А. – канд. техн. наук, доцент (Национальный исследовательский университет «МЭИ»),

Андрянов А.И. – канд. техн. наук, доцент (Брянский государственный технический университет),

Герасимов В.А. – главный инженер ООО «НПП «Динамика»;

Охоткин Г.П. – д-р техн. наук, доцент, декан факультета радиотехники и автоматики (ЧГУ),

Семенов Ю.М. – д-р физ.-мат. наук, доцент (ЧГУ),

Булычев А.В. – д-р техн. наук, профессор, технический директор ООО «НПП Бреслер»,

Казенов А.А. – директор ООО «Элтехсистемс»,

Сергеев А.Г. – канд. техн. наук, старший научный сотрудник ОАО «ВНИИР»,

Лазарева Н.М. – канд. техн. наук, доцент (ЧГУ),

Малинин Г.В. – канд. техн. наук, доцент (ЧГУ),

Серебрянников А.В. – канд. техн. наук (ЧГУ).

В.И. Антонов, В.А. Наумов, Д.Е. Васильева, А.В. Солдатов  
(Чебоксары, ЧГУ, ООО НПП «ЭКРА»)

### АДАПТИВНЫЕ АЛГОРИТМЫ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

Алгоритмические модели находят широкое применение в различных системах релейной защиты и автоматики: определении места повреждения, дистанционных защитах, диагностике линий электропередачи и других [1]. Однако, построение алгоритмических моделей электрических сетей усложнено множеством факторов: наличием ответвительных и проходных подстанций, неоднородностью линии электропередачи, индуктивной связью с параллельными линиями и тросами и т.д. Отсутствие единого подхода делает алгоритмическое моделирование таких сетей довольно трудоемким, так как для каждой новой конфигурации сети необходимо заново проектировать ее модель.

Универсальный построитель алгоритмической модели – попытка решения данной проблемы. Под универсальностью понимается независимость внутренней архитектуры построителя от изменения конфигурации электрической сети.

В процессе анализа различных конфигураций электрической сети были выделены  *типовые участки*  – части электрической сети, представляемые субстантивными (самодостаточными) алгоритмическими моделями. Снижение сложности было достигнуто путем использования единого интерфейса моделей типовых участков и сокрытия их внутренней реализации. Шаблоны моделей типовых участков были объединены в  *библиотеку моделей* .

Использование библиотеки моделей позволяет осуществлять алгоритмическое моделирование неоднородной электрической сети путем соединения моделей типовых участков между собой. Алгоритм универсального построителя модели отвечает лишь за трансляцию  *графа*  электрической сети в ее модель (рис. 1). Под  *графом*  в данном докладе понимается описание конфигурации электрической сети, полученное путем разбиения электрической сети на типовые участки с указанием связей между ними.

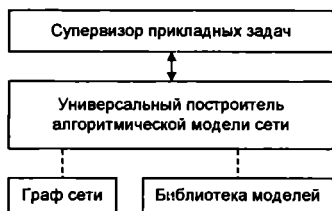


Рис. 1 Структура универсального построителя алгоритмической модели

При использовании такого подхода наиболее трудоемкой является разработка алгоритмов самих моделей типовых участков. Как уже было сказано, модели имеют единый интерфейс и поддерживают двунаправленную передачу расчетного сигнала (рис. 2, *а*). В зависимости от направления расчета используются те или иные входы и выходы модели: при расположении расчетной точки справа от типового участка расчет производится слева направо, при ее расположении слева от типового участка – справа налево, а при ее расположении на участке – с двух сторон.

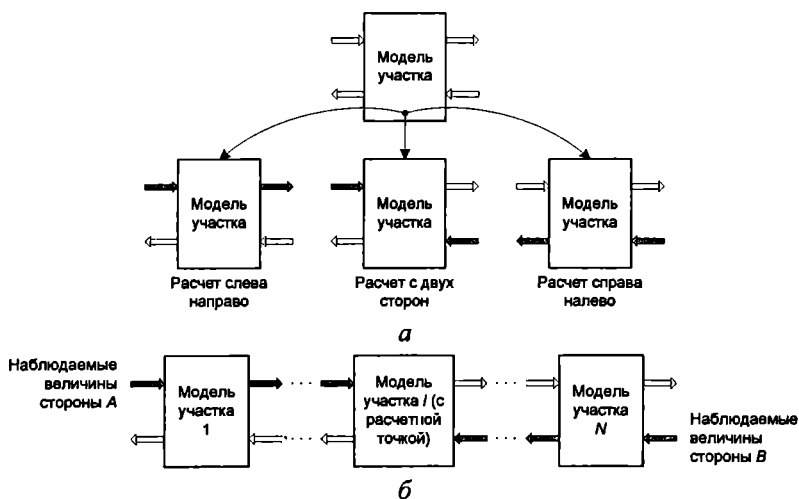


Рис. 2. Модификация модели участка в зависимости от направления расчета (*а*) и пример составления модели сети при двустороннем наблюдении (*б*). Окрашенные стрелки обозначают активные входы и выходы моделей

Составление модели электрической сети при двустороннем наблюдении иллюстрирует рис. 2, б. Расчет производится с двух сторон от точек наблюдения  $A$  и  $B$  до расчетной точки, расположенной на  $i$ -м участке электрической сети ( $i = 1 \dots N$ ). Выбор расчетной точки может быть произвольным.

Таким образом, идея разработки универсального построителя алгоритмической модели сети, в основу которой положен принцип независимости алгоритма построителя от структуры электрической сети, позволяет создавать алгоритмические модели сложных сетей, расширяя при необходимости лишь библиотеку моделей, и обеспечивает снижение сложности за счет сокрытия реализации моделей за единым интерфейсом. Пользователь может не обладать специальными знаниями, его задачей является лишь составление графа сети.

#### Литература

Лямец Ю.Я. Диагностика линий электропередачи / Ю.Я. Лямец, В.И. Антонов, В.А. Ефремов и др. // Электротехнические микропроцессорные устройства и системы: межвуз. сб. науч. тр. / Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 1992.

<i>Сергеев А.Г., Арзамасов В.Л., Малинин Г.В.</i> Моделирование системы импульсно-фазового управления с автосинхронизацией.....	171
<i>Быков К.В., Малышев Д.Г., Павлов Ю.В., Лазарева Н.М., Яров В.М.</i> Трехфазные корректоры коэффициента мощности .....	174
<i>Быков К.В., Малышев Д.Г., Павлов Ю.В., Лазарева Н.М., Яров В.М.</i> Алгоритмы управления однофазным корректором коэффициента мощности .....	181
<i>Быков К.В., Малышев Д.Г., Павлов Ю.В., Лазарева Н.М., Яров В.М.</i> Двухтактный корректор коэффициента мощности .....	186
<i>Быков К.В., Малышев Д.Г., Павлов Ю.В., Лазарева Н.М., Яров В.М.</i> Мостовой корректор коэффициента мощности .....	189
<i>Беспалов Н.Н., Горячкин Ю.В.</i> Влияние некоторых геометрических параметров управляющего электрода силовых тиристорных структур на коммутационные потери в них при включении.....	195
<i>Беспалов Н.Н., Ильин М.В., Капитонов С.С., Евшеев А.В., Зорькин А.В.</i> Исследование распределения испытательного напряжения на силовых полупроводниковых приборах при их диагностике в групповом последовательном соединении.....	199
<i>Сергеев В.В.</i> Эксплуатационные показатели классических LC-фильтров .....	203
<i>Малинин Г.В., Казенов А.А.</i> LED-драйвер на микросхемах TINSWITCH III.....	209
<b>СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ .....</b>	<b>213</b>
<i>Антонов В.И., Наумов В.А., Васильева Д.Е., Солдатов А.В.</i> Адаптивные алгоритмы построения моделей электрической сети.....	213
<i>Афанасьев Д.А., Беликов В.А., Божин Ю.М.</i> Влияние коммутации вентилей на реакцию якоря вентильного генератора постоянного тока .....	215
<i>Афанасьев Д.А., Беликов В.А., Божин Ю.М.</i> Уменьшение индуктивного сопротивления коммутации в вентильных генераторах .....	221
<i>Белянин А.А., Абрамов Д.А., Лямец Ю.Я.</i> Интервальный метод определения места однофазного замыкания на землю.....	226
<i>Атншишкин А.Б.</i> Использование модели трансформатора в основе алгоритма его защиты.....	230