

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ СВЯЗИ

Л.Г. Рогулина

*Кафедра «Беспроводные информационные системы и сети»,  
ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций  
и информатики», г. Новосибирск; epus206@sibsutis.ru*

*Представлена членом редколлегии профессором В.И. Коноваловым*

**Ключевые слова и фразы:** автоматизация проектирования; системы электропитания предприятий связи; синтез оптимальной структуры.

**Аннотация:** Разработан алгоритм автоматизированного проектирования систем бесперебойного электропитания постоянного и переменного тока для предприятий связи, включающий в себя выбор оптимальной архитектуры системы электропитания, токораспределительной сети и защитных устройств, учитывая уровни внутрисистемных помех. Разработана программа и на практическом примере реализован процесс проектирования системы электропитания для радиорелейных линий связи.

---

Ускоренные темпы развития и внедрения компьютерных средств, нового программного обеспечения создают условия для совершенствования систем автоматизированного проектирования (САПР) различных электротехнических систем и устройств, в том числе таких, как системы электропитания (СЭП) для предприятий связи. Значимость этой проблемы обусловлена повышенными требованиями к качеству напряжений питания, надежности и электромагнитной совместимости СЭП с оборудованием предприятия связи. Это особенно актуально в связи с внедрением цифровых способов преобразования сигналов, малыми потребляемыми мощностями и полным мониторингом всех систем. Возникающие во время работы СЭП внутрисистемные помехи могут не только приводить к сбоям в работе устройств связи, но и к выходу из строя аппаратуры. Имитационные исследования электромагнитных процессов в СЭП на этапах проектирования позволяют снизить вероятность возникновения аварийных ситуаций при эксплуатации, а создание САПР – уменьшить временные затраты на проектирование, повысить достоверность расчетов, надежность и помехозащищенность СЭП предприятий связи.

### Алгоритм работы САПР системы электропитания

В разработанной САПР использован морфологический подход к синтезу СЭП для инженерной практики [1] на базе интегрированной среды MatLab, где решение задач многокритериальной минимизации проводится методом достижения цели Марка Гембики [2] посредством пакета прикладных программ Optimization Toolbox, а расчет переходных режимов выполняется в среде Simulink (рис. 1). Анализ современных структур СЭП позволил установить характерный набор их функциональных, структурных и параметрических признаков и выделить пять

основных иерархических уровней: источники энергии, преобразователи энергии, системы передачи и распределения энергии, системы безопасности и среды, потребители энергии. Для количественной оценки свойств элементов всех уровней получены векторы параметров: внешние, внутренние и выходные. Внешние параметры  $X_{\text{потр}}$  характеризуют внешнюю среду, оказывающую влияние на функционирование СЭП, внутренние  $X_i$  характеризуют элементы пяти уровней, а выходные  $V_i$  являются предметом оптимизации СЭП.

Определение конкретных значений управляемых переменных производится в зависимости от критериев оптимизации, к которым относятся энергетические и экономические показатели, показатели качества и надежности. Граничные значения переменных определяются требованиями нормативных документов – ГОСТ 13109–97; ГОСТ Р51717.6.5–2006; РД 45.063–99.

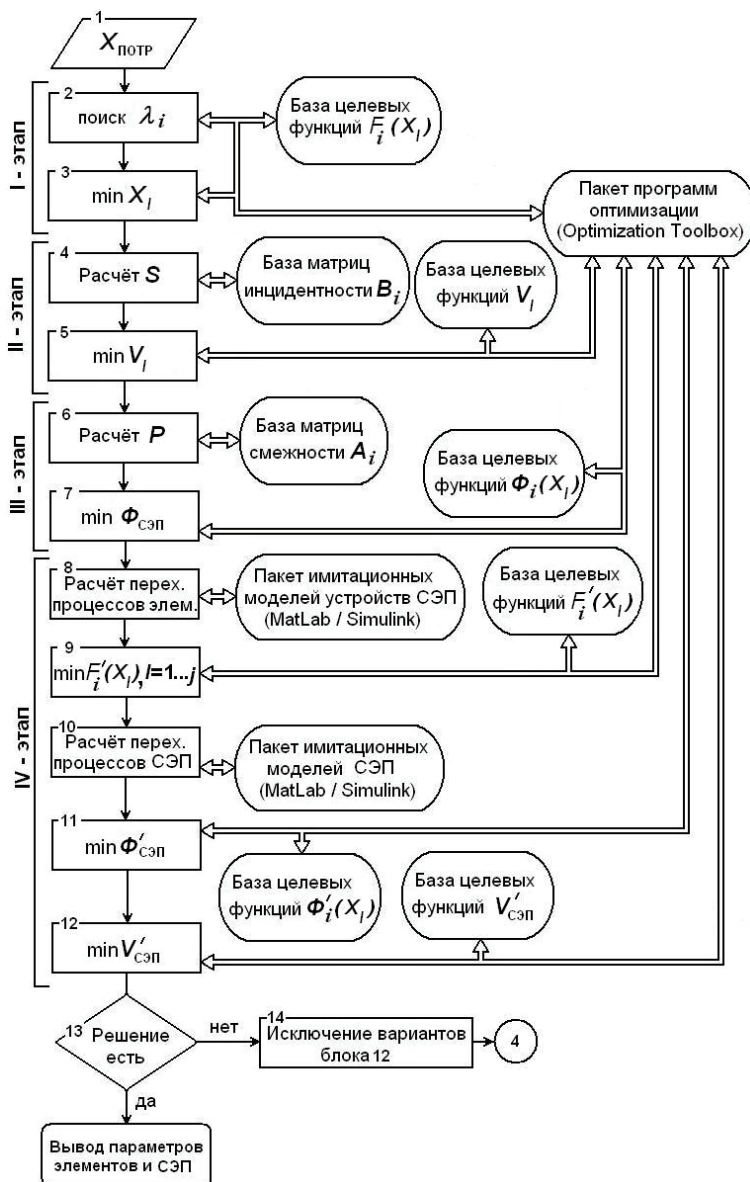


Рис. 1. Алгоритм работы САПР СЭП

Процесс проектирования СЭП проходит четыре взаимосвязанных этапа: *I этап* – параметрическая оптимизация на всех пяти иерархических уровнях, то есть минимизация целевой функции  $F_i$  по всем векторам  $X_i$ ; *II этап* – структурно-параметрическая оптимизация с учетом конфигураций СЭП; *III этап* – структурно-топологическая оптимизация по возможным маршрутам, где проводится поиск локальных экстремумов (минимизация целевой функции  $\Phi_{СЭП}$ ); *IV этап* – параметрическая оптимизация по результатам расчета переходных процессов для различных режимов работы СЭП, где осуществляется поиск глобального экстремума целевой функции  $V_i$ . В алгоритме (см. рис. 1) выбор элементов структур определяется матрицами инцидентности  $B_{ij}$  элементов всех уровней с учетом возможных конфигураций согласно выражению

$$S = (B_{11} \vee B_{12} \vee \dots \vee B_{1i} \vee B_{21} \vee B_{22} \vee \dots \vee B_{2j} \vee B_{41} \vee B_{42} \vee \dots \vee B_{4k} \vee B_{51} \vee B_{52} \vee \dots \vee B_{5m}) \wedge (B_{31} \vee B_{32} \vee \dots \vee B_{3n}),$$

где  $i, j, n, k$  и  $m$  – число элементов I–V уровней соответственно.

Конфигурация СЭП определяется через возможные маршруты структурной матрицы  $S$ . Для этого вычисляется матрица достижимости  $P$  по заданной матрице смежностей  $A_{ij}$  с помощью алгоритма Уоршалла

$$P = A \vee A^{(2)} \vee A^{(3)} \vee \dots \vee A^{(n)},$$

где  $A = (A_{11} \vee A_{12} \vee \dots \vee A_{1i} \vee A_{21} \vee A_{22} \vee \dots \vee A_{2j} \vee A_{41} \vee A_{42} \vee \dots \vee A_{4k} \vee A_{51} \vee A_{52} \vee \dots \vee A_{5m}) \wedge (A_{31} \vee A_{32} \vee \dots \vee A_{3n})$ .

Для решения задачи синтеза СЭП на всех четырех этапах используется метод динамического программирования (рис. 2), где процесс минимизации целевой функции  $F_i$  разбит на три взаимосвязанных последовательных действия в зависимости от критерия оптимизации  $X_i$  – энергетический, надежности и экономический;  $D$  – область граничных значений целевых функций.

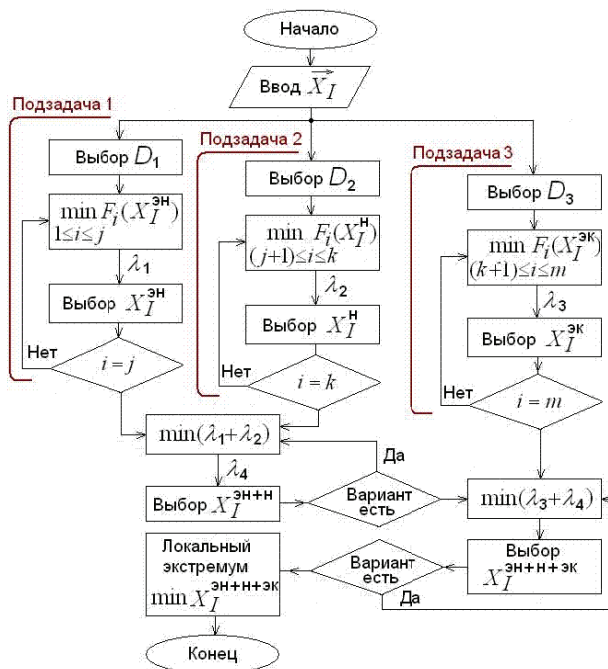


Рис. 2. Алгоритм оптимизации СЭП

Проведена минимизация выделенных решений построения СЭП, в результате которой получена оптимальная структура, включающая следующее промышленное оборудование [3, 4]: газовая станция типа FG40P1 мощностью 80 кВА, герметичные аккумуляторные батареи типа OpzS емкостью 3000 А·ч; выпрямительные устройства типа ИБП-4 (две стойки, 12 модулей и 9 модулей), конвертор напряжения из двух модулей типа СПН 3–48–24/360–12, автономный инвертор – одна основная стойка и одна резервная типа DSI–48–1200. Электрическая сеть построена по радиально-магистральной схеме с автоматами защиты DPX–125/3P/125A и DPX–160/3P/160A.

### Основные выводы

Вышесказанное позволяет сделать вывод о важности и незаменимости метода морфологического синтеза, включающего совокупность трех методов – структурного, параметрического и топологического при оптимальном проектировании и разработке СЭП для предприятий связи. Проведенный анализ физических процессов с применением имитационного моделирования для проверки работы устройств в динамических режимах позволяет сделать предположение о необходимости его применения в САПР. Предложенные решения соответствуют существующей в настоящее время методологии автоматизированного проектирования сложных устройств и систем, оптимизации на этапах проектирования и направлены на повышение надежности и помехоустойчивости СЭП. Например, средняя наработка на отказ в проектом решении на 13 % выше нормы, установившееся отклонение напряжения в цепи переменного тока не превышает 9 %, коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения не более 10,4 %, коэффициент временного перенапряжения на стороне постоянного тока не более 40 %, глубина провала напряжения – не более 11 %, что соответствует техническим нормативам.

#### *Список литературы*

1. Одрин, В.М. Метод морфологического анализа технических систем / В.М. Одрин. – М. : ВНИИПИ, 1989. – 312 с.
2. Gembicki, F.W. Vector Optimization for Control with Performance and Parameter Sensitivity Indices / F.W. Gembicki // Ph.D. Thesis, Case Western Reserve Univ. – Cleveland, Ohio, 1974.
3. Воробьев, А.Ю. Электроснабжение компьютерных и телекоммуникационных систем / А.Ю. Воробьев. – М. : Эко-Трендз, 2003. – 280 с.
4. Сажнев, А.М. Электропреобразовательные устройства радиоэлектронных систем : учеб. пособие / А.М. Сажнев, Л.Г. Рогулина. – Новосибирск : Изд-во Новосибирск. гос. техн. ун-та, 2011. – 220 с.

---

## Automation of Design Systems for Power Supply of Telecommunication Companies

L.G. Rogulina

*Department “Wireless Information Systems and Networks”,  
Siberian State University of Telecommunications and Informatics,  
Novosibirsk; epus206@sibsutis.ru*

**Key words and phrases:** automation of designing; power systems of communication enterprises; synthesis of the optimal structure.

**Abstract:** The paper presents the developed algorithm for computer-aided design systems, uninterruptible power supply AC and DC connection for businesses, including a selection of the optimum system architecture of power, current distribution network and security devices with regard to the levels of intra-interference. The program is developed and the design process of power supply system for microwave links is implemented on a practical example.

---

### **Automatisierung der Projektierung der Systeme der Stromspeisung für die Nachrichtenbetriebe**

**Zusammenfassung:** Es ist den Algorithmus der automatisierten Projektierung der Systeme der reibungslosen Stromspeisung des Gleich- und Wechselstromes für die Nachrichtenbetriebe erarbeitet. Er besteht aus der Auswahl der optimalen Architektur des Systems der Stromspeisung, des stromverteilenden Netzes und der Schutzanlagen und berücksichtigt die Niveaus der Innensystemstörungen. Es ist das Programm erarbeitet und am praktischen Beispiel ist das Prozess der Projektierung des Systems der Stromspeisung für die Richtfunkstrecken realisiert.

---

### **Automatisation de la conception des systèmes de l'alimentation électrique pour les entreprises des communications**

**Résumé:** Est élaboré l'algorithme de la conception des systèmes de l'alimentation électrique ininterrompue du courant continu et alternatif pour les entreprises des communications comprenant le choix de l'architecture optimale du système de l'alimentation électrique compte tenu des niveaux des erreurs à l'intérieur du système. Est élaboré le programme et à l'exemple pratique est réalisé le processus de la conception des systèmes de l'alimentation électrique pour les liens de communications de relais de radio.

---

**Автор:** *Розулина Лариса Геннадьевна* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Беспроводные информационные системы и сети», ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики», г. Новосибирск.

**Рецензент:** *Сединин Валерий Иванович* – доктор технических наук, профессор кафедры «Системы автоматизированного проектирования», ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики», г. Новосибирск.

---