

## МЕТОДИ ПАРАМЕТРИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ РОЗРЯДНИХ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА

Якунін О. А.

*Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова*

*Розглянуто підходи до ідентифікації параметрів математичних моделей, що використовуються в дослідженнях, на прикладі моделей розрядних ламп високого тиску.*

**Постановка проблеми.** Дві сторони процесу ідентифікації – вибір структури моделі та визначення оцінок її параметрів – у взаємодії повинні забезпечити прийнятну якість моделювання реальних об'єктів і явищ, що передбачає задоволення певних вимог за точністю, простотою оперування і витратами машинного часу [1–3, 4, 5, 6, 7, 8].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Методи структурної ідентифікації на сьогодні слабо формалізовані. Вибір певного класу моделей, в якому синтезується математичне подання об'єкту дослідження, залишається прерогативою експертів – спеціалістів відповідного профілю, що мають розвинену інтуїцію та великий досвід наукового пошуку у відповідній предметній області.

Опорою в цьому можуть служити теоретичні відомості, різноманітні прийоми візуалізації та попередньої обробки інформації як про сам об'єкт дослідження, так і про аналогічні об'єкти в суміжних областях. Вибір класу моделей і його варіативність також залежать від потреб користувача й обмежених можливостей сучасного інструментарію математичного моделювання.

**Мета статті.** Дана робота присвячена аналізу підходів до вдосконалення математичних моделей розрядних ламп, шляхом їх параметричної ідентифікації. створенню гнучкого програмного інтерфейсу для оперування з запропонованою в [5] математичною моделлю комплексу "РЛ – Др", що дозволяє ефективно розраховувати параметри нестационарних процесів у широкому діапазоні режимів функціонування.

**Основні матеріали дослідження.** Найчастіше вигляд моделі об'єкта та її параметризація визначаються "від досягнутого": береться за основу певне відоме математичне подання і здійснюється його модифікація шляхом видозмінювання та нарощування додаткових членів і трансформації та розширення набору оцінюваних коефіцієнтів. Такому підходу відповідає дана дисертаційна робота.

Правильний вибір шляхів модифікації передбачає ретельний аналіз як масової поведінки об'єктів даного типу для визначення стійких середньостатистичних значень коефіцієнтів, так і детальне дослідження особливостей функціонування конкретного об'єкту для індивідуального корегування значень параметрів моделі з метою його якісного опису.

Треба мати на увазі, що в об'єктах відбуваються незворотні процеси "старіння", коли змінюються не тільки їх показники, а й поведінка – реакція на впливи. Крім того, навіть у межах продукції одного виробника спостерігається певний розкид характеристик. Наприклад, поширені джерела світла – розрядні лам-

пи, не лише поступово "старіють" (зокрема зношуються електроди), а й мають деякий люфт параметрів як від партії до партії, так і між однотипними лампами різних виробників. В умовах конкуренції кожний виробник намагається покращити техніко-економічні показники своєї продукції, вносячи зміни, тому навіть у одного виробника лампи одного типу та потужності, що мають різну дату випуску, дещо відрізняються за характером поведінки в мережі.

Процедури знаходження оптимальних оцінок коефіцієнтів досить добре опрацьовані для лінійно параметризованих моделей, таких як [1]. При цьому за критерій якості моделювання найчастіше приймається квадратичний функціонал відхилень (нев'язок) між модельними й експериментальними даними – основа методу найменших квадратів (МНК) оптимального оцінювання, що передбачає мінімізацію вибраного критерію.

У лінійному випадку застосування МНК забезпечує відшукування єдиного глобального екстремуму функціоналу якості. Проте для нелінійно параметризованих співвідношень МНК-критерій має складну топологічну структуру (різноманітної форми горби, ями, перевали, яри, плато, низини). Відповідні оптимізаційні процедури носять ітераційний характер і дозволяють досягти лише локального екстремуму, як правило, в деякому околі початкових значень параметрів [8]. Локально оптимальні оцінки коефіцієнтів моделі можуть бути досить віддалені від глобально оптимальних значень. Тому серйозною неформалізованою проблемою є попереднє відшукування "хороших" початкових оцінок параметрів, близьких до глобального екстремуму, оскільки відомі процедури параметричної ідентифікації [7] забезпечують лише деяке їх уточнення.

У розмаїтті нелінійних випадків, до яких відноситься вибрана за базову диференціально-алгебраїчна модель [9], застосування процедур оптимальної параметричної ідентифікації вимагає серйозної підготовчої роботи, значних витрат обчислювальних ресурсів і при цьому не гарантує знаходження глобально оптимальних значень коефіцієнтів.

Враховуючи помітний розкид характеристик РЛВТ і похибки у завданні технологічних параметрів відповідних комплектів "РЛВТ – ПРА" та напруги живлення, при оцінюванні коефіцієнтів моделі РЛВТ на перших етапах досить обмежитися створенням спрощених процедур пошуку субоптимальних значень параметрів, що зводяться до корегування наявних величин коефіцієнтів на основі експертного порівняння модельних і експериментальних даних за вибраним критерієм.

Аналіз літературних джерел показує, що подібний підхід до параметричної ідентифікації характерний для електротехнічних досліджень. У публікації [10] пропонується генетичний алгоритм параметричної ідентифікації в якому оцінки коефіцієнтів визначаються шляхом "природного відбору найбільш життєздатного набору" за рядом критеріїв оптимізації. При цьому використовуються специфічні поняття, як "хромосома" – набір коефіцієнтів, "мутація" – стохастична зміна значень деяких коефіцієнтів набору за допомогою генератора випадкових чисел. Дана процедура має ймовірнісну природу, потребує значних об'ємів обчислень і не гарантує знаходження оптимальних оцінок параметрів. Безпосередньо питанням створення та використання методик параметричної ідентифікації присвячені роботи [7, 8, 11, 12].

Так у статті [7] представлено підхід до ідентифікації параметрів методом пошуку оптимальних варіантів серед скупчення точок оптимальності. Дана методика використовується для дослідження нелінійного елемента – розрядної лампи низького тиску. У праці [8] розглядається оптимізація моделі розрядної лампи, що базується на описі фізичних процесів в розрядній дузі.

Пропонована методика параметричної ідентифікації експонується як така, що дозволяє віднайти коефіцієнти моделі для опису роботи лампи роботи як на низькій, так і на високій частоті. Так у статті [11] наведено якісний огляд літературних джерел з проблем параметричної ідентифікації. У праці [12] висвітлено етапи побудови математичних моделей за експериментальними даними, виділено основні труднощі при оцінюванні параметрів, що можуть привести до одержання неякісної моделі.

**Висновки.** Сучасні дослідження розрядних ламп, не можливі без розробки відповідних математичних моделей, які доцільно реалізувати із процедурами параметричної ідентифікації. Розробка таких математичних моделей керованих об'єктів забезпечує адаптацію моделей до конкретних пристроїв шляхом параметричної ідентифікації, забезпечує модернізацію освітлювальних систем на базі перспективних мікропроцесорних систем керування.

#### Список використаних джерел

1. Поляков В. Д. Схемотехническое моделирование нелинейных резистивных инерционных нагрузок / В. Д. Поляков // Вестник МЭИ. – 2005. – №2. – С.93–101.

2. Прикупец Л. Б. Исследование изменения световых и электрических параметров НЛВД в процессе эксплуатации в уличных ОУ [Электронный ресурс] / Л. Б. Прикупец, А. П. Меркулова, С. А. Георгобиани, М. Е. Клыков, М. В. Лобанов – Точка доступа: [http://lightonline.ru/svet/Science/street\\_nlvd\\_epchanges.html?page=1](http://lightonline.ru/svet/Science/street_nlvd_epchanges.html?page=1) – 2014.02.10 – Назва з домашньої сторінки Інтернету.

3. Пытьев Ю. П. Методы математического моделирования измерительно-вычислительных систем. — [Изд. 2-е, перераб.] — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. — 400 с.

4. Сергеев Н. Н. Оценка факторов, влияющих на энергетическую эффективность промышленных предприятий / Н. Н. Сергеев // Вестник Удмурдского университета. – 2013. – № 2 – С.94–99.

5. Сериков С. А. Идентификация математической модели тягового электропривода автомобиля / С. А. Сериков // Электротехника і Електромеханіка. – 2010. – №3. – С. 56–60.

6. Федоренко Р. П. Введение в вычислительную физику / Р. П. Федоренко. – Долгопрудный: Интеллект, 2008. – 504 с.

7. Tlili M. Conductivity Polynomial Model Parameters identification based on Particle Swarm Optimization / M. Tlili // Journal of Control Engineering and Applied Informatics. – 2013. – Vol. 15, Issue 4. – P. 58–65.

8. Yan W. Genetic algorithm optimised high-intensity-discharge lamp model [Text] / W. Yan, S. Y. R. Hui, H. Chung, X. H. Cao // Electronics Letters. – 2002. – Vol. 38, Issue 3. – P. 110–112.

9. Краснополяский А. Е. Пускорегулирующие аппараты для разрядных ламп / А. Е. Краснополяский, В. Б. Соколов, А. М. Троицкий – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 207 с.

10. Гусев Ю. М. Оптимизация работы участка магистрального нефтепровода на основе генетического алгоритма / Ю. М. Гусев, Р. П. Гафаров, О. Е. Данилин // Вестник уфимского государственного авиационного технического университета. – Уфа: УГАТУ. – 2008. – № 11(1) – С.43–52.

11. Авдеенко Т. В. Проблемы параметрической идентификации в математическом моделировании процессов / Т. В. Авдеенко // Образовательные ресурсы и технологии. – 2014. – № 1(4). – С. 115–124.

12. Барышников А. Н. Регулируемые электронные пускорегулирующие аппараты для натриевых ламп высокого давления: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.09.12. – Москва, 2001. – 138 с.

#### Аннотация

### МЕТОДЫ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ РАЗРЯДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

Якунин А. А.

*Рассмотрены подходы к идентификации параметров математических моделей. Внимание уделено моделям разрядных ламп высокого давления.*

#### Abstract

### METHODS OF PARAMETRIC IDENTIFICATION OF DISCHARGE LIGHT SOURCES

O. Yakunin

*In paper approaches to the identification of parameters of mathematical models. Models of discharge lamps of high pressure are considered.*