

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН

*Смірнова Ю.А., асп., Чорний О.П., д.т.н., проф., Лашко Ю.В., к.т.н., доц.
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна
E-mail: y.u.li.y.a@mail.ru, apch@kdu.edu.ua*

Розглядаються методи ідентифікації параметрів математичних моделей динамічних систем. Звертається увага на те, що будь-який метод параметричної ідентифікації має свої переваги і недоліки, у зв'язку з чим виникають питання про порівняння різних методів.

Ключові слова: параметрична ідентифікація, електричні машини.

Вступ. Ефективним засобом дослідження процесів функціонування електромеханічних систем (ЕМС), інтенсифікації і підвищення продуктивності науково-дослідної та інженерної праці є дослідження на основі математичних моделей – комп'ютерне моделювання, що забезпечує оперативний розрахунок сталих і перехідних режимів роботи в штатних і нештатних експлуатаційних режимах. При цьому моделі, як правило, записуються у вигляді систем диференціальних рівнянь. Труднощі моделювання ЕМС обумовлені їхньою неоднорідною фізичною природою, топологічною й математичною складністю моделей.

Вибір математичної моделі залежить від цілого ряду умов, найважливішими з яких є: мета, якій модель повинна служити; необхідна точність опису реального процесу; критерій адекватності моделі й об'єкта; ступінь вивченості фізичних явищ процесу. Сучасний стан розвитку обчислювальної техніки, наприклад, створення кластерних систем, багатоядерних процесорів або застосування методів паралельного виконання розрахунків, дозволяє не обмежувати складність моделі. І, таким чином, на перший план виступає не сама модель ЕМС як така, а її особливості й врахування всіх фізичних властивостей.

При проведенні досліджень часто особливості ЕМС не враховуються тому, що вони невідомі досліднику через недостатність експериментальних даних. Таке протиріччя між заміною експериментальних досліджень математичним моделюванням і неадекватність моделей із-за відсутності даних експериментальних досліджень може бути вирішене шляхом налаштування математичних моделей ЕМС за параметрами реальної ЕМС із використанням апарату ідентифікації.

Аналіз попередніх досліджень. Для визначення параметрів електричних машин (ЕМ) використовуються різні методи [1]: лінійна фільтрація, регресійний аналіз, fuzzy-алгоритми, нейронні мережі та ін. Як приклад, в [2] зроблений аналіз методів визначення параметрів АД для використання в системах керування двигунами. Зокрема, наведений у [3] алгоритм заснований на властивості лінійності моделі електричної частини АД при постійній швидкості, що в припущенні про можливість отримання вищих похідних струму статора може бути сформована модель з лінійною параметризацією, для якої застосов-

ний метод найменших квадратів. Розширений фільтр Калмана, застосований у [4], внаслідок лінеаризації математичної моделі додає похибку при визначенні параметрів електричних машин. У [5] авторами запропонований алгоритм оцінювання активних опорів статора і ротора при працюючому АД, але при цьому передбачається, що інші параметри двигуна відомі. У [6] для вирішення задачі ідентифікації використаний метод частотних характеристик, в якому адаптивна компенсація впливу варіацій активного опору ротора АД приводить до достатньо складних рішень. Теорія адаптивних систем із моделлю, що задається застосована в [7] і базується на спеціальній структурі паралельного адаптивного спостерігача з розширеним вектором простору стану.

В алгоритмі [7] не вимагається знання наперед жодного з параметрів електричної частини АД. Додатково спостерігач [7] дає інформацію про потік АД у процесі тесту ідентифікації. Це дозволяє уникнути помилкової оцінки параметрів, що може бути викликано явищем магнітного насичення. Недоліком методу [7] є складність його структури і налаштування параметрів.

Аналіз джерел, присвячених питанням визначення параметрів двигунів, вказує на відсутність простого й надійного методу, який дозволяв би з достатньою точністю визначати всі параметри схем заміщення. Відсутність достовірних методик для ідентифікації параметрів, як показує аналіз, обумовлена прагненням отримати результати з найпростіших схем заміщення.

Відсутній єдиний підхід у визначенні параметрів двигунів, який дозволив би для будь-якої, що виникає на практиці задачі, знайти варіант її розв'язання. Достатньо просто можна перекопатися і в тому, що відсутній коректно сформульований перелік найважливіших практичних задач визначення параметрів, що часто зустрічаються [8, 9]. Рівень розвитку обчислювальних систем і засобів обчислювальної техніки дозволяє в даний час вирішити практично будь-яку задачу діагностики параметрів асинхронних двигунів.

Мета роботи. Аналіз методів ідентифікації параметрів моделей електричних машин.

Матеріал і результати дослідження. Для розв'язання задач параметричної ідентифікації розроблено велику кількість методів [10-16], що врахо-

вують особливості об'єктів, умови їх функціонування, спосіб тестування та математичну основу аналізу експериментальних даних і т. ін. Ці методи можна характеризувати різними способами, основні з яких наведені на рис. 1.

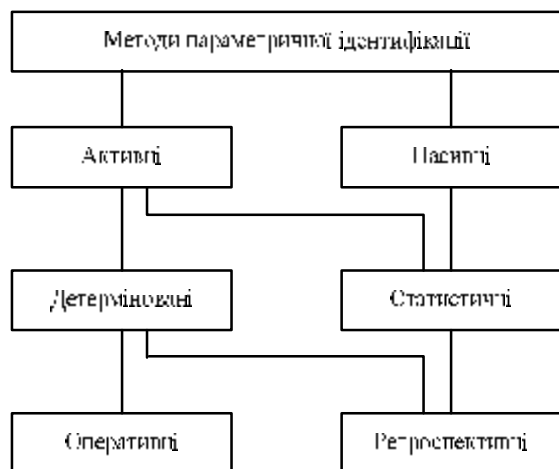


Рисунок 1 – Класифікація методів параметричної ідентифікації

За способом тестування досліджуваного об'єкта методи ідентифікації поділяються на активні та пасивні. Застосування активних методів передбачає подачу на вхід об'єкту спеціально сформованого впливу – детермінованого або випадкового характеру. Серед активних методів ідентифікації широке застосування отримали частотні методи, що базуються на вимірюванні встановлених вихідних сигналів досліджуваного об'єкта, викликаних гармонічним вхідним впливом. В якості випадкових тестових сигналів особливо широко застосовують псевдовипадкові двійкові послідовності, що пояснюється простотою їх отримання та зручністю обробки за допомогою засобів обчислювальної техніки [15].

При використанні пасивних методів ідентифікації об'єкт знаходиться в умовах нормального функціонування. При цьому параметри моделі знаходять за результатами статистичної обробки спостережень звичайних змін величин на вході та виході об'єкта. При пасивній ідентифікації застосовують такі статистичні методи обробки даних обчислювань, як кореляційний та регресійний аналіз, стохастичну апроксимацію та ін. [10-15].

За способом обробки даних спостережень при ідентифікації об'єктів застосовують як детерміновані, так і статистичні методи. Використання того чи іншого методу визначається характером сигналів. Детерміновані методи можуть застосовуватися лише при активній ідентифікації у випадках, коли сигнали на вході і виході об'єкта мають детерміновану форму.

За часовими затратами методи ідентифікації поділяють на оперативні та ретроспективні. При оперативній ідентифікації забезпечується простежування змінних параметрів об'єкта. Методи ретроспективної ідентифікації значно спрощують умови вирішення задачі ідентифікації. У цьому випадку мо-

жна неодноразово звертатися до накопичених експериментальних даних та підбирати найбільш ефективні алгоритми їх аналізу.

Проаналізувавши [10-16], можна виділити основні методи ідентифікації параметрів (рис. 2).

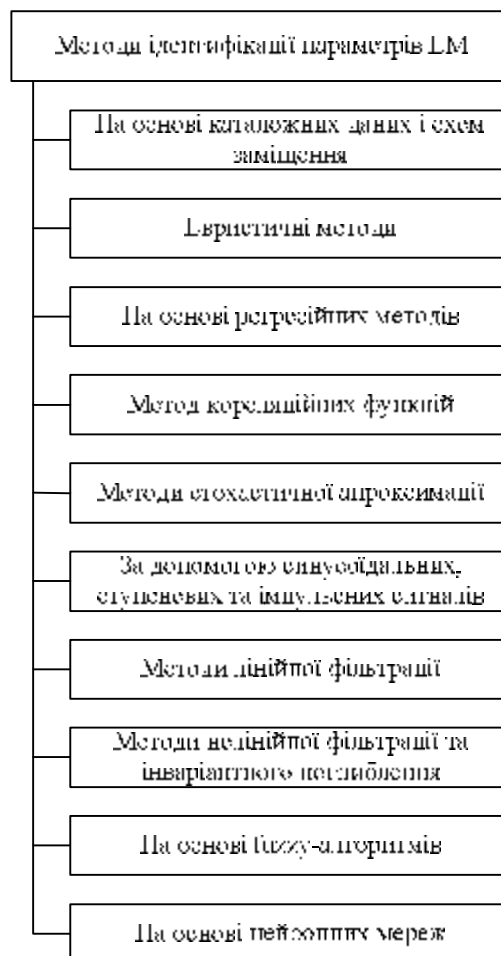


Рисунок 2 – Методи ідентифікації електричних машин

Ідентифікація на основі каталожних даних і схем заміщення. Ідентифікація на основі аналітичних перетворень математичної моделі ЕМ [1, 17]. Загальна суть даних методів полягає в тому, що, виходячи із схеми заміщення чи математичної моделі ЕМ, визначаються параметри, які підлягають вимірюванню і проводяться перетворення вихідної математичної моделі ЕМ до форми $a = \Psi(U)$ з наступними розрахунками a .

Для таких методів характерне використання повної апріорної інформації про стан ЕМ. До недоліків цих методів можна віднести відсутність апарату зменшення впливу похибок вимірювання на результати ідентифікації, ускладнену оцінку кінцевої похибки ідентифікації параметрів. У цьому випадку потрібно підвищувати точність вимірювання апріорної інформації.

Евристичні методи ідентифікації [1, 18-20]. Найпростішими методами ідентифікації параметрів електричних машин є евристичні (пошукові) методи ідентифікації, в яких відсутнє строге математичне

формулювання та їх необхідно використовувати лише в тих випадках, коли інші методи ідентифікації є неефективними і математичні формулювання неадекватні через суттєву нелінійність математичної моделі.

Суть евристичних методів полягає у знаходженні мінімуму деякого функціонала якості. Мінімізація може здійснюватися методами прямого пошуку, методами градієнтного пошуку тощо.

Завдяки своїй спрощеній схемі евристичні процедури можуть довго збігатися для істинних значень параметрів.

У випадку ідентифікації нелінійних систем (багатомодальності функціоналу якості) евристичні процедури повинні включати в себе пошук глобального мінімуму.

Ідентифікація за допомогою регресійних методів [12, 13]. Дані методи засновані на регресійних процедурах з використанням методів найменших квадратів. Нелінійні системи лінеаризуються та ідентифікуються методом лінійної регресії за умови повільно змінюваної вихідної величини. Можливе використання для опису нелінійної системи за допомогою апроксимації поліномами та ортогональними поліномами Чебишева, але цей підхід має ряд недоліків, пов'язаних з похибкою апроксимації і неявним фізичним смислом коефіцієнтів поліномів.

Метод кореляційних функцій [12, 13]. При ідентифікації лінійних процесів за допомогою кореляційних функцій на вхід процесу подається білий шум (тобто некорельований випадковий вхідний вплив, що має нескінченний рівномірний спектр частот та нульове математичне сподівання). Хоча в реальних умовах такого впливу не існує, можна наближено сформулювати шум з характеристиками, що підходять для ідентифікації за допомогою метода кореляційних функцій. Якщо амплітуда цього шуму недостатньо велика, то його можна накласти на робочий вхідний сигнал, не змінюючи характеристик системи, що дозволяє провести ідентифікацію в режимі реального часу. Крім того, такий вхідний сигнал у номінальному режимі не впливає на процедуру ідентифікації.

Для виконання ідентифікації необхідна обробка вхідного і вихідного сигналів на великому (теоретично нескінченному) проміжку часу. Тому в методі кореляційних функцій припускається, що процес стаціонарний.

Методи стохастичної апроксимації [13] використовуються для ідентифікації лінійних та нелінійних стаціонарних процесів. Стохастична апроксимація являється методом послідовного градієнтного пошуку. Градієнтні методи пошуку можна розглядати як розвиток класичного методу Ньютона для обчислення коренів рівняння.

Ідентифікація за допомогою синусоїдальних, ступінчастих та імпульсних сигналів [12, 13]. Перші реалізовані в системах управління методи ідентифікації були засновані на використанні частотних, ступінчастих та імпульсних впливів. Більшість цих методів обмежується застосуванням для лінійних процесів. Вони можуть бути застосовані і в лінеари-

зованих системах, якщо рівні сигналів невеликі. Ці методи вимагають спеціальних вхідних сигналів, а саме ступінчастих сигналів для ідентифікації за перехідною функцією, імпульсних вхідних сигналів для ідентифікації за імпульсною перехідною функцією та синусоїдальних вхідних сигналів з різними частотами для визначення частотної характеристики. З цих трьох типів вхідних сигналів ступінчастий сигнал є найбільш простим для застосування. При ідентифікації за імпульсним впливом часто виникають технічні труднощі, пов'язані з формуванням та використанням імпульсних вхідних сигналів. Цей метод не можна застосовувати до лінеаризованих систем, оскільки амплітуда імпульсу за визначенням не може бути малою.

Ідентифікація за допомогою методів лінійної фільтрації [16] заснована на використанні фільтрів Вінера та Калмана до визначення параметрів лінеаризованих математичних моделей ЕМ.

До переваг цих методів можна віднести врахування похибок вимірювання вхідних параметрів, до недоліків – додаткову похибку визначення параметрів електричних машин внаслідок лінеаризації математичної моделі.

Ідентифікація за допомогою методів інваріантного поглиблення та нелінійної фільтрації [13, 16]. Ці методи можна використовувати для ідентифікації параметрів, а також для одночасного послідовного оцінювання стану лінійних і нелінійних спостережуваних систем.

Збіжність ідентифікації даними методами до фактичних значень можна забезпечити в досить широкому діапазоні початкових оцінок, але при цьому вимагаються апріорні дані про діапазон, усередині якого знаходиться значення параметрів.

Ідентифікація ґрунтується на інтегруванні за часом системи нелінійних диференціальних рівнянь, розв'язок яких повинен збігатися до оцінок параметрів і змінних часу. Оскільки вимірювання входять у праву частину математичної моделі ОД, то чим триваліше процес вимірювань, тим точніше розв'язок збігається до істинних значень параметрів.

Оскільки ці методи можуть забезпечити оптимальне оцінювання параметрів і всіх змінних стану, він є одним із найпотужніших математичних методів ідентифікації.

Методи ідентифікації на основі fuzzy-алгоритмів [1] використовують процедуру "fuzzyfication", процедуру "defuzzyfication", правила fuzzy-логіки для визначення параметрів ЕМ. Fuzzy-правила алгоритму ідентифікації визначають як if $(\Delta U_{1(k)} \text{ and } \Delta U_{2(k)} \text{ and } \dots \text{ and } \Delta U_{m(k)})$ then $\Delta a_{n(k)}$, де k – крок ітерації, n – певний елемент вектора a .

Такі правила дуже важко визначити для жорстких систем і застосувати для ідентифікації систем із числом елементів векторів U більшим, ніж 2, тому цей алгоритм ідентифікації застосовують лише для ідентифікації невеликої кількості параметрів ЕМ.

Методи ідентифікації на основі нейронних мереж [21] використовують штучні нейронні мережі, які складаються із паралельно працюючих окремих

нейронів. Нейрони зважено підсумовують і самозбуджують активності інших нейронів при перевищенні відомого порогу вхідного сигналу. Таким чином, знання, що є у нейронній мережі, складаються в розподілені ваги сигналів між нейронами. Ці ваги встановлюються наперед у фазі навчання за простими, незалежними від конкретної задачі правилами.

Нейронні мережі застосовуються здебільшого для ідентифікації дискретизованих систем. У випадку нелінійної жорсткої системи ЕМ появляється додаткова похибка, зв'язана із неадекватністю дискретизованої математичної моделі реальному об'єкту дослідження. Крім того, у зв'язку із великим об'ємом обчислень і необхідністю попереднього навчання нейронної мережі її застосовують для ідентифікації невеликої кількості параметрів.

У даній роботі звертається увага на дослідження евристичних методів для подальшого виявлення такої їх множини, що дозволить використовувати для ідентифікації параметрів ЕМ.

Широкий спектр задач ідентифікації відповідно обумовлює велике різноманіття прийомів та алгоритмів, що застосовуються для їх вирішення. Для визначення математичної моделі об'єкту задача часто формулюється як оптимізаційна, в якій вибір структури та критерію є неформальними, але ґрунтованими на апріорній інформації. Після вибору структури, що описує об'єкт, та критерію, що визначає суть оптимального вибору параметрів цієї структури за експериментальними даними, здійснюється пошук параметрів математичної моделі за допомогою використання того чи іншого метода чисельного визначення параметрів.

Безпосередньо перед застосуванням тих чи інших методів стосовно ЕМ, слід дослідити їх ефективність на функціях подібного виду. Розглянемо детальніше оптимізацію ярових функцій, якими є поверхні просторового розподілу параметрів електричних машин [22].

Було проведено дослідження процесу оптимізації на відомій тестовій яровій функції Вуда (1), що характеризується наявністю декількох локальних мінімумів, відмінних від глобального (рис. 3).

$$f(x_1, x_2, x_3, x_4) = 100 \times (x_2 - x_1^2)^2 + (1 - x_1)^2 + 90 \times (x_4 - x_3^2)^2 + (1 - x_3)^2 + 10,1 \left((x_2 - 1)^2 + (x_4 - 1)^2 \right) + 19,8(x_2 - 1)(x_4 - 1). \quad (1)$$

Глобальний мінімум функції Вуда досягається в точці з координатами [1, 1, 1, 1].

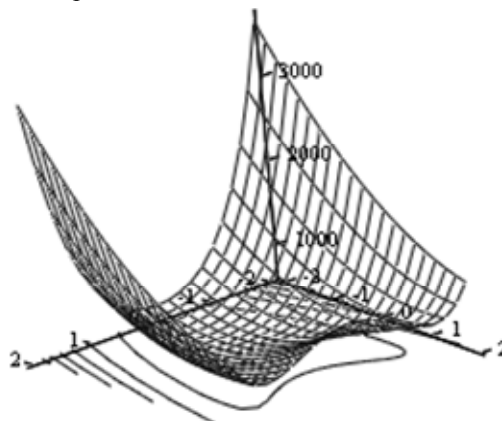


Рисунок 3 – Функція Вуда

У табл. 1 представлено порівняльну характеристику деяких відомих методів оптимізації. Методи нульового порядку не потребують явного вираження цільової функції в аналітичному вигляді, прості у реалізації, але, як відомо, не є ефективними при оптимізації ярових функцій.

Методи першого та другого порядку вважаються ефективними для застосування стосовно ярових функцій, проте вони потребують аналітичного вираження функції та чутливі до початкових наближень, а чисельне визначення похідних складних функцій може сприяти накопиченню похибок.

Оскільки слід також враховувати можливу наявність локальних мінімумів функцій, доцільно звернути увагу на методи глобального пошуку. Представлені в табл. 1 методи – ЛП-пошук та пошук Холтона не потребують аналітичного подання функції та характеризуються швидкою збіжністю.

Таблиця 1 – Характеристика оптимізаційних методів

Метод	Переваги	Недоліки
Хука-Дживса	– Не потребують явного вираження цільової функції в аналітичному виді – Відносну простоту обчислювальних процедур, що швидко реалізуються та легко корегуються	– Можуть виявитися нездатним забезпечити просування до точки мінімуму – Рішення може потребувати більш значних затрат часу у порівнянні з градієнтними методами
Нелдера-Міда		
Розенброка		
Градієнтний метод	Мають більш високу швидкість збіжності, ніж методи нульового порядку	Втрата точності при обчисленні похідної
Метод спряжених градієнтів Флетчера-Рівса	Ефективні при вирішенні задач мінімізації ярових функцій	Чутливий до помилок, що виникають у процесі обчислень
Ньютона	Швидкість збігання методів при мінімізації ярових функцій більш висока у порівнянні з градієнтними методами	– Збіжність залежить від початкового наближення – Накопичення похибки при чисельному знаходженні похідних
Левенберга-Макварта		
Давідона-Флетчера-Пауела		
ЛП-пошук	Швидша збіжність, у порівнянні з випадковим пошуком, та висока точність при меншій кількості точок	У деяких випадках потребують уточнення результату
Пошук Холтона		

Таблиця 2 – Відносні похибки оптимізації

Метод	$x_1 = -3, x_2 = -3, x_3 = -3, x_4 = -3$				$x_1 = 0, x_2 = 0, x_3 = 0, x_4 = 0$			
	Похибка				Похибка			
	x1, %	x2, %	x3, %	x4, %	x1, %	x2, %	x3, %	x4, %
Левенберга-Маквардта	35.4	83.6	62	85.10	0.50	1.00	0.50	1.00
Давідона-Флетчера-Пауела	0.066	0.13	0.061	0.125	0.004	0.008	0.004	0.008
Діапазон	$-1 \leq x_n \leq 5$				$0 \leq x_n \leq 3$			
Метод Холтона	30.20	33.40	35.10	29.50	10.90	21.10	9.60	10.80
ЛП-пошук	24.70	29.70	20.70	17.80	22.30	19.80	15.30	23.90

Таблиця 3 – Відносні похибки оптимізації

Метод	x_n – результат мінімізації Холтона				x_n – результат мінімізації ЛП-пошуку			
	Похибка				Похибка			
	x1, %	x2, %	x3, %	x4, %	x1, %	x2, %	x3, %	x4, %
Левенберга-Маквардта	0.72	1.44	0.72	1.43	0.87	1.74	0.86	1.73

У процесі дослідження було розроблено програмні модулі, що реалізують методи Давідона-Флетчера-Пауела, ЛП-пошук та пошук Холтона. Також було отримано результати оптимізації за допомогою методу Левенберга-Маквардта, що пропонує математичний пакет MathCAD.

Процес мінімізації функції Вуда здійснювався за різних, довільно обраних початкових наближень. Деякі результати представлені в табл. 2. З отриманих даних видно: при наближенні початкових значень до точки мінімуму відносні похибки оптимізації значно зменшуються.

Слід зазначити, що метод Левенберга-Маквардта здатний знаходити глобальний мінімум залежно від початкового наближення. При потрапленні початкового наближення в околі локального мінімуму метод «застряє» і не просувається до глобального мінімуму, тому не може бути використаним для практичного застосування щодо визначення параметрів ЕМ. Методи Холтона та ЛП-пошуку знаходять глобальний мінімум незалежно від діапазону пошуку, хоч і з недостатньою для практичного використання точністю.

Як видно (табл. 2, 3), такий підхід виділення та уточнення глобального мінімуму має більш ніж у 10 разів меншу похибку оптимізації.

Висновки. Виконаний аналіз указує на відсутність єдиного підходу до визначення параметрів двигунів, який дозволив би для будь-якої, що виникає на практиці задачі, знайти варіант її розв'язання. Проведені дослідження дозволили окреслити підхід до ідентифікації параметрів ЕМ на основі застосування комплексу методів: виділення за допомогою методів глобального пошуку околу глобального мінімуму й уточнення рішення за допомогою методів прямого пошуку. Дослідження, виконані із застосуванням стандартних тестових функцій, наближених до функцій реального розподілу простору параметрів ЕМ, показали, що отримані результати мають менші похибки та відповідно більшу практичну цінність.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кучерук В. Ю. Елементи теорії побудови систем технічного діагностування електромоторів. Монографія / Кучерук В. Ю. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2003. – 195 с.
2. Пересада С. М. Оценка параметров асинхронного двигателя при известном активном сопротивлении статора / С. М. Пересада, А. Н. Середя // Вісник НТУ «ХПШ». – 2004. – № 43. – С. 28-32.
3. Гольдберг О. Д. Проектирование электрических машин / Гольдберг О. Д., Гурин Я. С., Свириденко И. С. – М.: Энергия, 1984. – 428 с.
4. Stephan Jennifer, Bodson Marc. Real-time estimation of the parameters and fluxes of induction motors // IEEE Transactions on Industrial Applications. – 1994, may/june. – Vol. 30, N 3. P. 746-759.
5. Iwasaky T., Kataoka T. Application of an extended kalman filter to parameter identification of an induction motor // IEEE, Industry Application Society Annual Meeting. – 1989. – Vol.1. – P. 248-253.
6. Marino R., Peresada S., Tomei P. On-line stator and rotor resistance estimation for induction motors // IEEE, Transaction on control system technology. – 2000. – Vol. 8. – P. 248-253.
7. Buja G.S., Menis R., Valla I. MRAS identification of the induction motor parameters in PWM inverter drives at standstill, Proc. of the 1995 IEEE IECON 21st International Conference on Industrial Electronics, Control, and Instrumentation. – 1995.
8. Родькин Д.И., Здор И.Е. Современные методы определения параметров асинхронных двигателей после их ремонта // Проблемы створення нових машин і технологій: Кременчуг: КПШІ. – 1998. – Вип. 1. – С.100-106.
9. Родькин Д.И., Черный А.П., Здор И.Е. Задачи и технические средства для диагностики параметров асинхронных двигателей // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. – Харьков: ХГПУ. – 1999. – Вип. 61. – С.123-128.
10. Справочник по теории автоматического управления / Под ред. А. А. Красовского. — М: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. – 712 с.

11. System identification: theory for the user (second edition): Lennart Ljung; Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1999.

12. Эйкхофф П. Современные методы идентификации систем / П. Эйкхофф. – М.: Мир, 1983. – 397 с.

13. Graupe, D.: Identification of Systems, 2nd Edition. R.E. Krieger Publishing Co., New York, 1976.

14. Алексеев А. А. Идентификация и диагностика систем: учеб. для студ. высш. учеб. заведений / Алексеев А. А., Кораблев Ю. А., Шестопалов М. Ю. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 352 с.

15. Методы оптимизации в теории управления: Учебное пособие / Черноуцкий И. Г. – СПб.: Питер, 2004. – 256 с.

16. Цыпкин Я. З. Информационная теория идентификации / Цыпкин Я. З. – М.: Наука, Физматлит, 1995. – 336 с.

17. Рогозин Г. Г. Определение электромагнитных параметров машин переменного тока. Новые экспериментальные методы. – К.: Техніка, 1992. – 168 с.

18. Банди Б. Методы оптимизации. Вводный курс: Пер. с англ. / Банди Б. – М.: Радио и связь, 1988. – 128 с.

19. Гилл Ф., Мюррей У., Райт М. Практическая оптимизация: Пер. с англ. / Гилл Ф., Мюррей У., Райт М. – М.: Мир, 1985. – 509 с.

20. Орлянская И. В. Современные подходы к построению методов глобальной оптимизации / Электронный журнал «ИССЛЕДОВАНО В РОССИИ». – Режим доступа: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2002/189.pdf>

21. Моделирование электромеханических систем / [Черный О. П., Луговой А. В., Родькин Д. Й. та ін. – Кременчук, 2001. – 376 с.

22. Мониторинг параметров электрических двигателей электромеханических систем: Монография / [Черный А. П., Родькин Д. И., Калинов А. П., Воробейчик О. С.] – Кременчук: ЧП Щербатих А. В., 2008. – 244 с.

Стаття надійшла 21.11.2010 р.
Рекомендовано до друку д.т.н., проф.
Родькіним Д.Й.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

*Смирнова Ю.А., асп., Черный А.П., д.т.н., проф., Лашко Ю.В., к.т.н., доц.
Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
вул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина
E-mail: y.u.l.i.y.a@mail.ru, apch@kdu.edu.ua*

Рассматриваются методы идентификации параметров математических моделей динамических систем. Обращается внимание на то, что любой метод параметрической идентификации имеет преимущества и недостатки, в связи с чем возникает вопрос о сравнении методов.

Ключевые слова: параметрическая идентификация, электрическая машина.

ANALYSIS METHODS OF IDENTIFICATION FOR DETERMINING PARAMETERS OF ELECTRIC MACHINES

*Smirnova Y., post-grad., Chorny O., Doc. Sc. (Tech.), Prof., Lashko Y., Cand. of Sc. (Tech.), Assoc. Prof.
Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University
Pershotravneva str., 20, 39600, Kremenchuk, Ukraine
E-mail: y.u.l.i.y.a@mail.ru, apch@kdu.edu.ua*

The optimization methods for parametric identification of mathematical model of the dynamic systems are considered. Attention is drawn to the fact that any method of parametric identification has advantages and disadvantages, which raises the question of comparing methods.

Key words: parameter identification, electrical machine.