

УДК 517.982.43:621.3.016.2

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ЗАДАЧАХ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ АСИНХРОНИХ ДВИГУНІВ ЕНЕРГЕТИЧНИМ МЕТОДОМ

М. Ю. Базишин, Ю. В. Ромашихін

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: bazyshyn.m.y@gmail.com

Процес ідентифікації асинхронних двигунів енергетичним методом пов'язаний із низкою проблем. Однією з них є значна частка ручної праці при формуванні системи ідентифікаційних рівнянь енергетичного балансу. Для усунення цієї проблеми пропонується створити програмний засіб, який об'єднував би декілька інформаційних технологій. Проаналізувавши послідовність дій при ідентифікації параметрів асинхронних двигунів, висунуто низку вимог до програмного засобу. Основним елементом інформаційної технології є символічне ядро, яке необхідно розробити з урахуванням потреб і особливостей математичного апарату енергетичного методу. Конструктор схем заміщення потрібен для вибору готової або формування власної схеми заміщення з можливістю доповнення нових елементів відповідним новим математичним описом. Розглянуто послідовність операцій, які будуть виконуватись у програмному засобі в процесі ідентифікації електромагнітних параметрів асинхронного двигуна.

Ключові слова: інформаційні технології, енергетичний метод, автоматизація.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЗАДАЧАХ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

М. Ю. Базышин, Ю. В. Ромашихин

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: bazyshyn.m.y@gmail.com

Процесс идентификации асинхронных двигателей энергетическим методом связан с рядом проблем. Одной из них является значительная доля ручного труда при формировании системы идентификационных уравнений энергетического баланса. Для устранения этой проблемы предлагается создать программное средство, которое объединяло бы несколько информационных технологий. Проанализировав последовательность действий, при идентификации параметров асинхронных двигателей выдвинут ряд требований к программному средству. Основным элементом информационной технологии является символное ядро, которое необходимо разработать с учетом потребностей и особенностей математического аппарата энергетического метода. Конструктор схем замещения нужен для выбора готовой или составления собственной схемы замещения с возможностью дополнения новых элементов с новым математическим описанием. Рассмотрена последовательность операций, которые будут выполняться в программном средстве в процессе идентификации электромагнитных параметров асинхронного двигателя.

Ключевые слова: информационные технологии, энергетический метод, автоматизация.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Одним із найбільш розповсюджених перетворювачів електричної енергії в механічну є асинхронні двигуни (АД) з короткозамкненим ротором. Асинхронні двигуни складають не менше 80 % усіх електричних машин і набули широкого використання в побутових пристроях, автоматичі, промисловості, а саме: в теплопостачанні, водопостачанні, системах кондиціонування, вентиляціях, компресорних установках, конвеєрах. Їх широке використання пояснюється надійністю, простотою конструкції, невисокою вартістю, простотою використання. АД мають свої специфічні властивості, область використання й обмеження по використанню.

За номінальними умовами використання термін служби АД без капітального ремонту складає 15–20 років, але на практиці мають місце значні відхилення від регламентованих режимів експлуатації. На погіршення стану АД впливають низька якість напруги живлення, її несиметричність, порушення правил технічної експлуатації, технологічні перенавантаження, умови навколишнього середовища (пі-

двищена вологість, температура, агресивне повітряне середовище), старіння сталі, зниження опору ізоляції [1].

Для усунення несправностей і збільшення строку служби експлуатації АД проводять ремонтні роботи. Виконання ремонтних операцій може значно погіршувати експлуатаційні характеристики (зниження пускового, номінального та критичного моментів), погіршується ККД двигуна, збільшуються втрати на нагрів, змінюється потокозчеплення між ротором і статором. Дані зміни пов'язані з пошкодженнями, які двигун отримав під час ремонтних операцій: механічні пошкодження пакетів сталі, пошкодження міжлистової ізоляції й т.ін.

Ідентифікація електромагнітних параметрів (ЕМП) АД дозволяє визначити необхідні параметри для створення нового паспорту двигуна. За наявності відомих ЕМП АД з'являється можливість будувати більш точні математичні та імітаційні моделі, системи керування.

Енергетичний метод [2–6] є одним із перспективних методів оцінки параметрів асинхронних двигу-

нів. Практичне застосування цього методу пов'язано з низкою труднощів, а саме з великою кількістю ручних монотонних операцій, які необхідно виконати оператору для ідентифікації параметрів АД. Все це не сприяє ефективному та швидкому визначенню ЕМП АД та вимагає від користувача повного знання енергетичного методу та програмних пакетів, які використовуються в процесі ідентифікації. Звідси неможливість використання низькокваліфікованого персоналу для ідентифікації ЕМП АД.

Розв'язок цих проблем лежить в автоматизації ручних операцій. У свою чергу автоматизація потребує створення декількох інформаційних технологій і об'єднання їх в одному програмному пакеті, який забезпечував би побудову автоматизованих діагностичних комплексів із використанням енергетичного методу.

Метою даної роботи є розгляд узагальнених проблем, які необхідно в подальшому вирішити в процесі створення інформаційної технології для забезпечення автоматизованої ідентифікації параметрів асинхронних двигунів енергетичним методом.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Основу математичного апарату енергетичного методу складають системи тригонометричних рівнянь. Теорія енергетичного методу основана на рівняннях енергетичного балансу гармонік миттєвої потужності при полігармонічному живленні та розподілі енергії між джерелом енергії та її споживачем. Миттєва потужність [7–9] визначається добутком несинусоїдальних сигналів струму та напруги й подається у вигляді рядів Фур'є [4, 6, 10, 11]:

$$p(t) = u(t)i(t).$$

Використання полігармонічного живлення значно збільшує кількість рівнянь енергетичного балансу та ускладнює роботу з ними. Системи ідентифікаційних рівнянь для Т-подібної схеми заміщення містять у своєму складі одинадцять рівнянь [9]. Звідси виходить, що математичний апарат енергетичного методу є доволі громіздким, у значній мірі трудомістким, одноманітним, важким для сприйняття людиною. Використання декількох програмних пакетів не сприяє покращенню ефективності використання енергетичного методу [9].

Спроби автоматизувати енергетичний метод або певну частину операцій, які відбуваються під час ідентифікації ЕМП АД, відбувалися й раніше [9, 11–14]. У роботах [9, 11] розглянуто два підходи по визначенню гармонічних складових сигналу миттєвої потужності – безпосередньо з використанням перетворення Фур'є й на базі дискретної згортки як у комплексній, так і в дійсних областях. Розроблене в роботах [9, 11] програмне забезпечення має два режими роботи: «модельні сигнали» та «реальні сигнали». У першому режимі користувач задає кількість і амплітуди гармонік струму й напруги, на основі яких розраховують миттєві значення сигналів на періоді. У другому режимі користувач обирає текстові файли, які містять миттєві значення сигнала,

і вказує кількість відліків за період. Використання до сигналів розкладу в ряд Фур'є дозволяє отримувати косинусні й синусні складові струму та напруги. Використання апарату дискретної згортки дає змогу генерувати символічні вирази для розрахунку заданої кількості гармонік миттєвої потужності. По завершенню обчислень існує можливість запису отриманих виразів у текстовий файл.

У роботі [15] запропоновано формування відповідних впливів на вході системи (схеми заміщення) для отримання відклику від кожного окремо взятого елемента. Зміна параметрів схеми заміщення призводить до зміни спектральної складової струму, змінюються також і спектральні складові миттєвої потужності. Якщо прийняти спектр АД за еталонний, то можна використати функціонал якості, який оцінює відхилення в амплітудному й фазовому спектрі та дозволяє оцінити, наскільки поточна модель схеми заміщення правильно описує експериментальні дані реального двигуна. Виконавши зміну параметрів схеми заміщення декілька разів, можна визначити, який із них найбільше відповідає спектру АД.

Всі ці методи вирішують лише частину питань і не дозволяють говорити про повну або часткову ідентифікацію параметрів АД енергетичним методом.

На даному етапі [4, 6, 16] процес визначення параметрів АД енергетичним методом із використанням програмного забезпечення верхнього рівня включає в себе наступну послідовність операцій.

Етап 1. Формування масивів даних струму та напруги, які отримані із сенсорів.

Етап 2. Передача масивів струму та напруги до системи комп'ютеризованої алгебри.

Етап 3. Розклад сигналів струму та напруги в ряди Фур'є та виділення їх гармонічних складових:

$$u(t) = \sum_{n=0}^N U_n \cos(n\Omega t - \varphi_n);$$

$$i(t) = \sum_{m=0}^M I_m \cos(m\Omega t - \varphi_m),$$

де U_n – амплітудне значення складових напруги гармонік; n – номер гармоніки напруги; N – число гармонік напруги; Ω – частота мережі; φ_n – кут зсуву фаз між напругою й дійсною віссю «а»; I_m – амплітудне значення складових струму вищих гармонік; m – номер гармоніки струму; M – число гармонік струму; φ_m – кут зсуву фаз між струмом і напругою.

Етап 4. Використання символічних розрахунків для координатного перетворення з дійсною віссю «а» й уявною «б»:

$$u(t) = \sum_{n=0}^N U_{na} \cos(n\Omega t) + \sum_{n=0}^N U_{nb} \sin(n\Omega t);$$

$$i(t) = \sum_{m=0}^M I_{ma} \cos(m\Omega t) + \sum_{m=0}^M I_{mb} \sin(m\Omega t),$$

де

$$U_{na} = U_n \cos \varphi_n; \quad I_{ma} = I_m \cos \varphi_m;$$

$$U_{nb} = U_n \sin \varphi_n; \quad I_{mb} = I_m \sin \varphi_m,$$

$U_{na}, I_{ma}, U_{nb}, I_{mb}$ – косинусні й синусні гармонічні складові струму та напруги.

Етап 5. Розрахунок гармонічного ряду миттєвої потужності шляхом добутку гармонічних рядів струму та напруги.

$$p(t) = u(t)i(t) =$$

$$= \sum_{n=0}^N U_{na} \cos(n\Omega t) \sum_{m=0}^M I_{ma} \cos(m\Omega t) +$$

$$+ \sum_{n=0}^N U_{nb} \sin(n\Omega t) \sum_{m=0}^M I_{mb} \sin(m\Omega t) +$$

$$+ \sum_{n=0}^N U_{na} \cos(n\Omega t) \sum_{m=0}^M I_{mb} \sin(m\Omega t) +$$

$$+ \sum_{n=0}^N U_{nb} \sin(n\Omega t) \sum_{m=0}^M I_{ma} \cos(m\Omega t) =$$

$$= \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N (U_{na} I_{ma} + U_{nb} I_{mb}) \cos((m-n)\Omega t) +$$

$$+ \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N (U_{na} I_{ma} - U_{nb} I_{mb}) \cos((m+n)\Omega t) +$$

$$+ \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N (U_{na} I_{mb} + U_{nb} I_{ma}) \sin((m-n)\Omega t) +$$

$$+ \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N (U_{na} I_{mb} - U_{nb} I_{ma}) \sin((m+n)\Omega t).$$

Етап 6. Виділення кіл, з яких складається схема заміщення, й визначення виразів для складових миттєвої потужності на елементах схеми заміщення, наприклад, для Т-подібної схеми заміщення АД (рис. 1) з індуктивностями розсіювання статора L_1 і ротора L_2 , індуктивностями контуру намагнічування L_μ , опору статора R_1 , опору ротора R'_2 і опору контуру намагнічування R_μ .

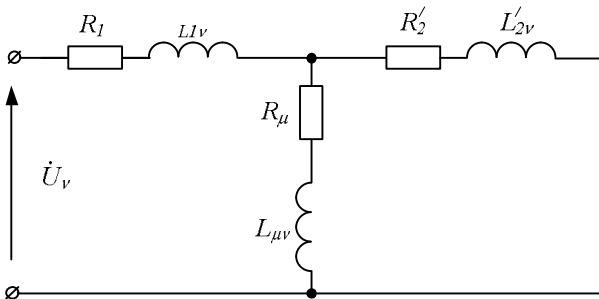


Рисунок 1 – Т-подібна схема заміщення АД

Етап 7. Розрахунок миттєвої потужності на елементах схеми заміщення. Значення миттєвої потужності на елементах схеми заміщення [2-5, 7]:

– для джерела полігармонічної напруги:

$$p_u(t) = u(t)i(t);$$

– для активного опору:

$$p_R(t) = e_R(t)i(t) = i^2(t)R;$$

– для індуктивності:

$$p_L(t) = e_L(t)i(t) = L \frac{di(t)}{dt} i(t).$$

Етап 8. Виділення постійних косинусних та синусних складових миттєвої потужності на елементах схеми заміщення, розділення їх на канонічні та неканонічні.

Етап 9. Формування рівнянь балансу миттєвої потужності на джерелі та елементах схеми заміщення. Система рівнянь балансу потужностей для Т-подібної схеми заміщення (рис. 1) складається для кожної з гармонік у вигляді рівності складових миттєвої потужності джерела полігармонічної напруги складовим миттєвої потужності на активних і індуктивних опорах статорного й роторного кіл і контуру намагнічування:

$$\begin{cases} P_{0o} = P_{0R_1} + P_{0R_\mu} + P_{0R'_2}; \\ P_{kao} = P_{kaR_1} + P_{kaR_\mu} + P_{kaR'_2} + P_{kaL_1} + P_{kaL_\mu} + P_{kaL'_2}; \\ P_{kbo} = P_{kbR_1} + P_{kbR_\mu} + P_{kbR'_2} + P_{kbL_1} + P_{kbL_\mu} + P_{kbL'_2}, \end{cases}$$

де $P_{0u}, P_{0R_1}, P_{0R_\mu}, P_{0R'_2}$ – постійні складові миттєвої потужності відповідно джерела полігармонічної напруги й активних опорів первинного кола, контуру намагнічування та вторинного кола; P_{kau}, P_{kbu} – косинусні й синусні складові миттєвої потужності джерела полігармонічної напруги; $P_{kaR_1}, P_{kbR_1}, P_{kaR_\mu}, P_{kbR_\mu}, P_{kaR'_2}, P_{kbR'_2}$ – косинусні й синусні складові миттєвої потужності на активних опорах статорного кола, контуру намагнічування й роторного кола; $P_{kaL_1}, P_{kbL_1}, P_{kaL_\mu}, P_{kbL_\mu}, P_{kaL'_2}, P_{kbL'_2}$ – косинусні й синусні складові миттєвої потужності на індуктивностях статорного кола, контуру намагнічування та роторного кола.

Система ідентифікаційних рівнянь для Т-подібної схеми заміщення (рис. 1) при використанні трьох гармонік напруги і струму ($m = n = 1, 3, 5$) набуде вигляду:

$$P_{0u} = P_{0R_1} + P_{0R_\mu} + P_{0R'_2};$$

$$P_{2au} = P_{2aR_1} + P_{2aR_\mu} + P_{2aR'_2} + P_{2aL_1} + P_{2aL_\mu} + P_{2aL'_2};$$

$$P_{2bu} = P_{2bR_1} + P_{2bR_\mu} + P_{2bR'_2} + P_{2bL_1} + P_{2bL_\mu} + P_{2bL'_2};$$

$$P_{4au} = P_{4aR_1} + P_{4aR_\mu} + P_{4aR'_2} + P_{4aL_1} + P_{4aL_\mu} + P_{4aL'_2};$$

$$P_{4bu} = P_{4bR_1} + P_{4bR_\mu} + P_{4bR'_2} + P_{4bL_1} + P_{4bL_\mu} + P_{4bL'_2};$$

$$P_{6au} = P_{6aR_1} + P_{6aR_\mu} + P_{6aR'_2} + P_{6aL_1} + P_{6aL_\mu} + P_{6aL'_2};$$

$$P_{6bu} = P_{6bR_1} + P_{6bR_\mu} + P_{6bR'_2} + P_{6bL_1} + P_{6bL_\mu} + P_{6bL'_2};$$

$$P_{8au} = P_{8aR_1} + P_{8aR_\mu} + P_{8aR'_2} + P_{8aL_1} + P_{8aL_\mu} + P_{8aL'_2};$$

$$P_{8bu} = P_{8bR_1} + P_{8bR_\mu} + P_{8bR'_2} + P_{8bL_1} + P_{8bL_\mu} + P_{8bL'_2};$$

$$P_{10au} = P_{10aR_1} + P_{10aR_\mu} + P_{10aR'_2} + P_{10aL_1} + P_{10aL_\mu} + P_{10aL'_2};$$

$$P_{10bu} = P_{10bR_1} + P_{10bR_\mu} + P_{10bR'_2} + P_{10bL_1} + P_{10bL_\mu} + P_{10bL'_2}.$$

Етап 10. Розв'язок системи ідентифікаційних рівнянь чисельними методами [17].

Етап 11. Формування звіту з параметрами АД.

Проаналізувавши всі операції, які виконуються в процесі ідентифікації, можна зробити висновок, що більшість із них мають вигляд аналітичних (символьних) перетворень, а саме: розклад сигналів струму та напруги в ряди Фур'є та виділення їх гармонічних складових, розрахунок гармонічного ряду миттєвої потужності, розрахунок постійних косинусних та синусних складових миттєвої потужності на елементах схеми заміщення, формування рівнянь балансу миттєвої потужності на джерелі та елементах схеми заміщення, формування системи ідентифікаційних рівнянь.

Таким чином, програмному забезпеченню потрібно реалізувати можливість роботи з АЦП і силовим перетворювачем, формування масивів даних з експериментально знятим струмом та напругою, перетворення їх в ряд Фур'є з можливістю формування в символному вигляді гармонічних рядів. Виділення гармонічного складу сигналів шляхом завдання кількості гармонік, їх амплітуд та фаз. Можливість символних обчислень із використанням власних розробок або готового символного ядра, яке має відкритий вихідний код.

Удосконалення математичного опису процесів, які відбуваються в АД, диктує вимоги до можливості зміни, доповнення або створення нових схем заміщення, в яких враховують втрати в сталі, дефекти двигуна та ін. [16–20]. Конструктор схем заміщення повинен розширити можливості використання енергетичного методу й усунути прив'язку до конкретної схеми.

До програмного засобу висуваються наступні вимоги:

- робота із зовнішнім модулем АЦП;
- можливість підключення зовнішнього файлу з даними сигналу струму та напруги;

- завдання гармонічного складу сигналу напруги, а саме: кількість, їх амплітуда, частота та фаза;
- робота із силовим перетворювачем або його системою керування для формування полігармонічної напруги на обмотках двигуна;
- реалізація перетворення масивів даних сигналів струму та напруги в ряд Фур'є;
- реалізація можливості символних перетворень;
- розробка конструктора схем заміщення з можливістю зміни математичного опису його елементів;
- автоматичне складання систем ідентифікаційних рівнянь для обраної схеми заміщення;
- використання чисельних методів для розв'язку систем ідентифікаційних рівнянь;
- відображення результатів у вигляді графіків та символному вигляді.

Таким чином, побудовано загальну структурну схему (рис. 2) програмних засобів з їх взаємодією між собою та з апаратними засобами.

Структурна схема складається з наступних блоків:

- блок роботи з динамічною бібліотекою АЦП, який містить у собі всі необхідні динамічні бібліотеки для роботи з АЦП та формування масивів струму та напруги;
- блок формування гармонічного складу напруги, в якому задається кількість гармонік: амплітуда, частота, фаза та напруга;
- блок знаходження добутку двох символних рядів та інших символних операцій;
- блок формування рівнянь енергетичного балансу;
- блок формування системи ідентифікаційних рівнянь. Передбачувана загальна послідовність операцій (рис. 3), яку буде використовувати програмний засіб, починається із завдання гармонічного складу амплітуд, фаз, частот. Далі відбувається формування масивів струму та напруги, знятих з АЦП, розклад

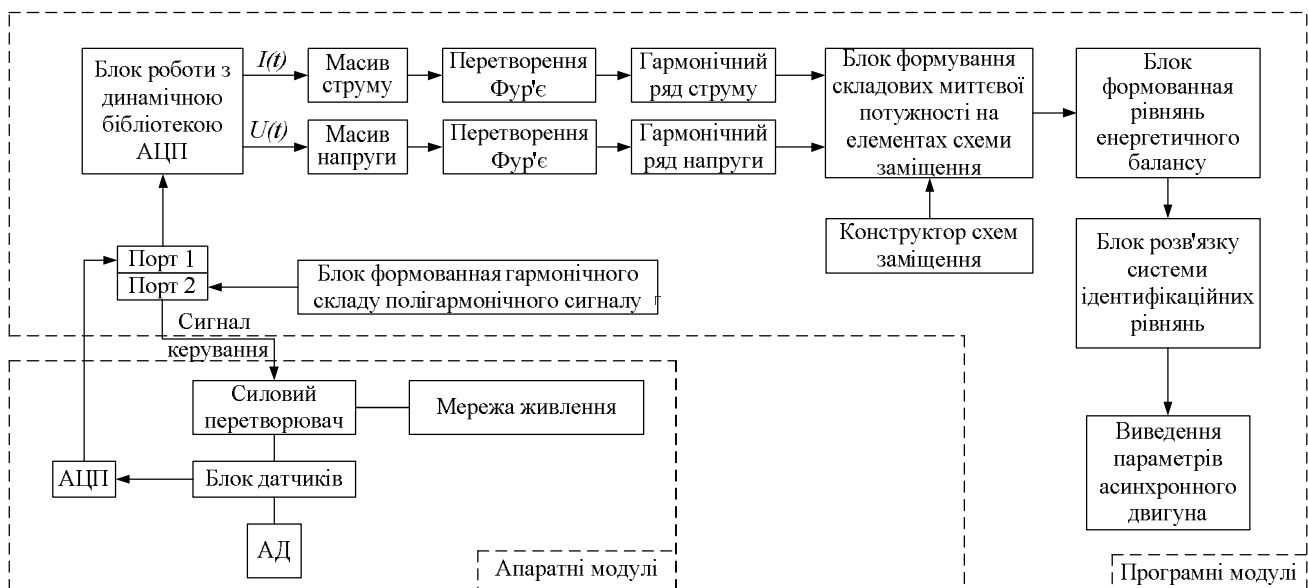


Рисунок 2 – Структурна схема ідентифікаційного комплексу

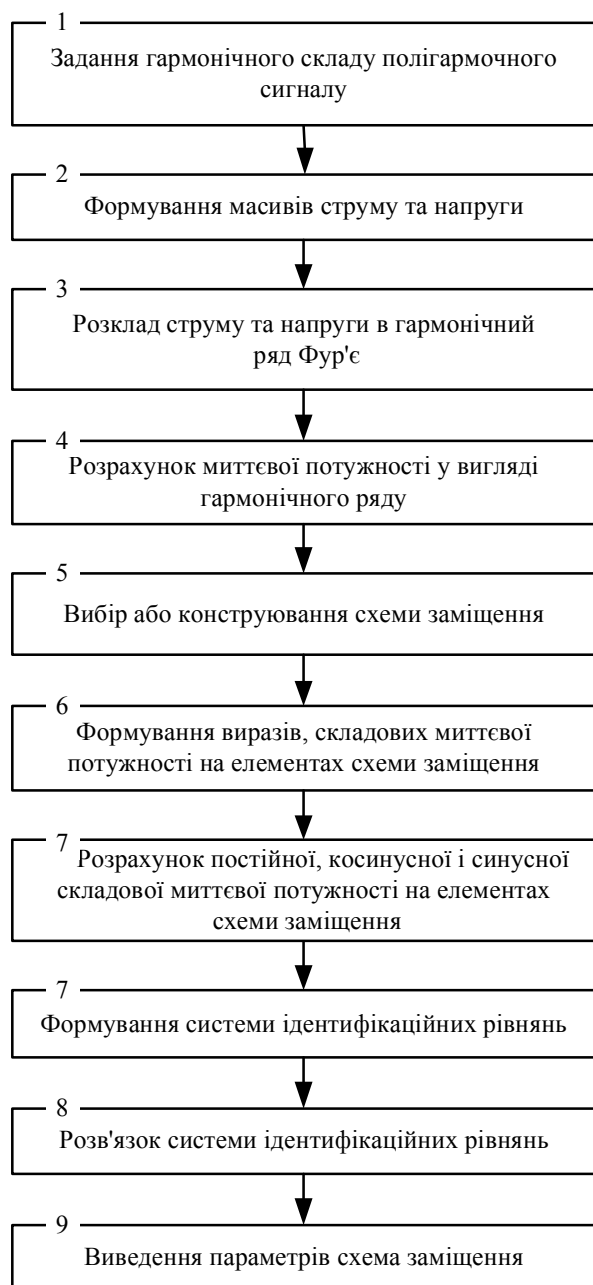


Рисунок 3 – Загальна послідовність операцій програмного засобу при ідентифікації параметрів двигуна

у ряд Фур'є для формування гармонічних рядів. За обраною схемою заміщення відбувається формування гармонічних рядів розподілення миттєвої потужності на елементах схеми заміщення, знаходження косинусних та синусних складових миттєвої потужності на елементах схеми заміщення. Наприкінці формується система ідентифікаційних рівнянь, відбувається розв'язок системи чисельними методами, виведення параметрів схеми заміщення.

Окрім поставлених задач є ще низка питань, які необхідно вирішити. По-перше, це вибір мови програмування та середовища розробки. По-друге, яким

чином будуть реалізовані символічні обчислення з використанням символічного ядра.

ВИСНОВКИ. Найбільш трудомісткою частиною ідентифікації ЕМП АД енергетичним методом є використання великої кількості символічних аналітичних перетворень.

Існуючі спроби автоматизувати процес ідентифікації параметрів асинхронних двигунів енергетичним методом не вирішують повного комплексу задач.

Відомі засоби комп'ютерної алгебри не вирішують проблему автоматизації символічних обчислень, які виконуються в процесі ідентифікації ЕМП АД енергетичним методом.

Об'єднання інформаційних технологій комп'ютерної алгебри та чисельні методи в єдиному програмному продукті дозволять вирішити проблеми енергетичного методу, пов'язані з його автоматизацією.

Висунуто низку вимог до програмного забезпечення, побудовано загальну структуру програмного засобу. Розглянуто ймовірну послідовність операцій, які повинні виконуватися в програмному засобі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гемке Р.Г. Неисправности электрических машин. – Ленинград: Энергоатомиздат, 1989. – 336 с.
2. Ромашихин Ю.В., Родькин Д.И., Калинов А.П. Энергетический метод идентификации параметров асинхронных двигателей // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КДПУ, 2007. – Вип. 3 (44). – С. 130–136.
3. Родькин Д.И., Ромашихин Ю.В. Энергодиагностика асинхронных машин // Вісник Кременчуцького державного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КДПУ, 2010. – Вип. 3 (62), част. 2. – С. 128–137.
4. Загирняк М.В., Родькин Д.И., Ромашихин Ю.В., Черный А.П. Энергетический метод идентификации параметров асинхронных двигателей: монография. – Кременчук: ЧП Щербатых А.В., 2013. – 163 с.
5. Родькин Д.И., Ромашихин Ю.В. Энергетический метод идентификации электромеханических устройств и систем // Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. Энергетика. – Минск, 2011. – Вип. 3. – С. 10–20.
6. Родькин Д.И., Ромашихин Ю.В. Возможности и эффективность метода энергодиагностики в идентификационных задачах // Сборник научных трудов Днепропетровского государственного технического университета. – Днепропетровск: ДГТУ, 2007. – С. 507–512.
7. Родькин Д.И. Баланс составляющих мгновенной мощности полигармонических сигналов // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КДПУ, 2007. – Вип. 3 (44). – С. 128–137.

8. Akagi H., Watanabe M. Instantaneous Power Theory and Applications to Power Conditioning. – New York: Wiley, 2007. – 379 p.

9. Родькин Д.И., Ромашихин Ю.В., Калинов А.П. и др. Мгновенная мощность сложных электрических цепей // Электромеханичні і енергозберігаючі системи: щоквартальний науково-виробничий журнал. – Кременчук: КДПУ, 2008. – Вип. 3–4/2008 (4). – С. 11–25.

10. Родькин Д.И., Резник Д.В., Ведмидь Д.С., Шлык А.В. Экспериментальное определение показателей энергопроцессов по параметрам мгновенной мощности // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КДПУ, 2004. – Вип. 3 (26). – С. 140–147.

11. Сидоренко В.М., Родькин Д.И., Чорний О.П., Мамчур Д.Г. Автоматизация розрахунку складових миттєвої потужності електричних сигналів // Вісник Кременчуцького державного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КДПУ, 2004. – Вип. 3/2004 (29). – С. 18–23.

12. Куприй А.А. Автоматизация подготовки системы уравнений для идентификации и оценки параметров асинхронных двигателей энергетическим методом // Электромеханичні і енергозберігаючі системи: щоквартальний науково-виробничий журнал. – Кременчук: КрНУ, 2010. – Вип. 2/2010 (10). – С. 62–66.

13. Куприй А.А., Коренькова Т.В. Операция декомпозиции при оценке мгновенной мощности сигналов различной формы // Вісник Кременчуцького державного університету імені Михайла Остроградського: збір. наук. праць КДПУ. – Кременчук: КДПУ, 2010. – Вип. 4/2010 (63), част. 3. – С. 154–159.

14. Калінов А.А., Малякова М.С. Автоматизованный метод розрахунку електричних кіл за складовими миттєвої потужності // Электромеханичні і енергозберігаючі системи: щоквартальний науково-

виробничий журнал. – Кременчук: КрНУ, 2009. – Вип. 1/2009 (5). – С. 34–38.

15. Базишин М.Ю. Використання засобів автоматизації для ідентифікації параметрів асинхронних двигунів енергетичним методом // Электромеханичні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збір. наук. праць XII Міжнародної науково-технічної конф. молодих учених і спеціалістів, 10–11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 19–20.

16. Ромашихин Ю.В., Родькин Д.И. Алгоритмы системы определения параметров двигателей переменного тока // Вісник Кременчуцького державного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КДПУ, 2010. – Вип. 4 (63), част. 2. – С. 130–134.

17. Ромашихин Ю.В., Мосюндз Д.А., Руденко Н.А., Родькин Д.И. Эффективность численных методов решения систем нелинейных уравнений баланса составляющих мгновенной мощности // Электромеханичні і енергозберігаючі системи: щоквартальний науково-виробничий журнал. – Кременчук: КрНУ, 2012. – Вип. 2/2012 (18). – С. 27–34.

18. Родькин Д.И., Ромашихин Ю.В. Схемы замещения асинхронных двигателей в задачах идентификации их электромагнитных параметров // Тематичний випуск «Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія й практика» науково-технічного журналу «Електроінформ». – Львів: Екоінформ, 2009. – С. 392–396.

19. Родькин Д.И., Ромашихин Ю.В. Мгновенная мощность нелинейных элементов электрической цепи // Сборник научных трудов Днепропетровского государственного технического университета. – Днепропетровск: ДГТУ, 2007. – С. 501–506.

20. Андреев В.С. Теория нелинейных электрических цепей: учебное пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 1982. – 280 с.

PERSPECTIVES OF INFORMATION TECHNOLOGY IN THE PROBLEMS OF IDENTIFICATION PARAMETER OF ASYNCHRONOUS MOTORS BY ENERGY METHOD

M. Bazyshyn, Yu. Romashykhin

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: bazyshyn.m.y@gmail.com

The process of identification of induction motors by energy associated with a number of problems. One is the large share of manual labor in the formation of the identity of the energy balance equation. To resolve this problem, offers a software tool that would unite a number of information technology. After analyzing the sequence of the identification of parameters of induction motors, nominated a number of requirements to software. A key element of information technology is the symbolic core that needs to develop to meet the needs and characteristics of the mathematical apparatus of the energy method. Design circuits need to select the willing or form their own equivalent circuit of Stu possible addition of new elements of the new mathematical description. We consider a sequence of operations to be performed in software tools in the identification of electromagnetic parameters of the induction motor.

Key words: information technology, energy method, automation.

REFERENCES

1. Gemke, R. (1989), *Neispravnosti elektricheskikh mashin* [Malfunction of electrical machines], Energoatomizdat, Leningrad. (in Russian)
2. Romashihin, Ju.V., Rodkin, D.I. and Kalinov, A.P. (2007), "Energy method for parameter identification of induction motors", *Visnyk KDPU*, Vol. 3, no. 44, pp. 130–136. (in Russian)
3. Rodkin, D.I. and Romashihin, Yu.V. (2010), "Energodiagnostic of inductions motors", *Visnyk KDPU*, Vol. 3, no. 62, pp. 128–137. (in Russian)
4. Zagirnyak, M., Rodkin, D., Romashihin, Yu. and Chornyi, O. (2013), *Energeticheskii metod identifikatsii parametrov asinhronnih dvigateley* [Energy method for induction motors parameter identification], PE Shcherbatykh A.V., Kremenchug. (in Russian)
5. Rodkin, D.Y. and Romashihin, Yu.V. (2011), "Energy method for the electromechanical devices and systems identification", *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy i energeticheskikh obyedineniy SNG. Energetika*, Vol. 3, pp. 10–20. (in Russian)
6. Rodkin, D.I. and Romashihin, Ju.V. (2007), "Capabilities and efficiency of the method of energy diagnosis for identification problems", *Sbornik nauchnykh trudov Dnepodzerzhinskogo gosudarstvennogo tehniceskogo universiteta*, Vol. 3, no. 26, pp. 507–512. (in Russian)
7. Rodkin, D.I. (2007), "Balance is the instantaneous power polyharmonic signals", *Visnyk KDPU*, Vol. 3, no. 44, pp. 128–137. (in Russian)
8. Akagi, H., Watanabe, E. and Aredes, M. (2007), *Instantaneous Power Theory and Applications to Power Conditioning*, Wiley, New York, USA.
9. Rodkin, D.I., Romashihin, Ju.V., Kalinov, A.P. Mamchur, D.G. and Senchenko, S.M. (2008), "Instantaneous power complex electrical circuits", *Elektromekhanichni i energozberigayuchi systemy. Naukovo-vyrobnychiy zhurnal*, Vol. 3–4, no. 4, pp. 11–25. (in Russian)
10. Rodkin, D.I., Reznik, D.V., Vedmid, D.S. and Shlyk A.V. (2004), "Experimental determination of the parameters of indicators energoprotsesov instantaneous power", *Informatsiyni systemy ta modelyuvannya*, Vol. 3, no. 26, pp. 140–147. (in Russian)
11. Sidorenko, V.M., Rodkin, D.Y., Chornyi, O.P. and Mamchur, D.G. (2004), "Automation components calculating instantaneous power electrical signals", *Visnyk KDPU*, Vol. 6, no. 29, pp. 18–23. (in Ukrainian)
12. Kupriy, A.A. (2010), "Automation training systems of equations, for the identification and evaluation of parameters of asynchronous motors energy method", *Elektromekhanichni i energozberigayuchi systemy: shchokvartalnyy naukovo-vyrobnychiy zhurnal*, Vol. 2, no. 10, pp. 62–66. (in Russian)
13. Kupriy, A.A. and Korenkova, T.V. (2010), "Operation of decomposition in the evaluation of the instantaneous power signals of different shapes", *Visnyk Kremenchutskoho derzhavnoho politekhnichnoho universytetu imeni Mykhayla Ostrohradskoho*, Vol. 4, no. 63, part. 3, pp. 154–159.
14. Kalinov, A.A. and Malyakova M.S. (2009), "An automated method for calculating electric circuits for instantaneous power components", *Elektromekhanichni i energozberigayuchi systemy: shchokvartalnyy naukovo-vyrobnychiy zhurnal*, Vol. 1, no. 5, pp. 34–38. (in Ukrainian)
15. Bazyshyn, M.Yu. (2014), "The usage of automation methods for identification of induction motors parameters by energy method", *Elektromekhanichni ta enerhetychni systemy, metody modelyuvannya ta optymizatsiyi. Zbir. nauk. prats XII Mizhnarodnoyi naukovo-tekhnicnoyi konf. molodykh uchenykh i spetsialistiv* [Electromechanical and Power Systems, methods of modeling and optimization. Collection of Science works XII International scientific and technical conference of Young Scientists and Specialists], Kremenchuk, KrNU, April 10–11, 2014, pp. 19–20. (in Ukraine)
16. Romashykhin, Yu.V. and Rodkin, D.I. (2010), "Algorithms of the system for determining parameters of ac motor", *Visnyk KDPU*, Vol. 2, no. 63, pp. 130–134. (in Russian)
17. Romashihin, Yu.V., Mosiundz, D.A., Rudenko, N.A. and Rodkin, D.Y. (2012), "Efficiency numerical methods for solving nonlinear equations systems of instantaneous power components balance", *Elektromekhanichni i energozberigayuchi systemy*, Vol. 2, no. 18, pp. 27–34. (in Russian)
18. Rodkin, D.I., Romashihin, Yu.V. (2009), "Equivalent circuit of asynchronous motors in their identification problems of electromagnetic parameters", *Problemy avtomatizovanogo elektroprivoda. Teoriya i praktika*, Vol. 3, no. 26, pp. 392–396. (in Russian)
19. Rodkin, D.I. and Romashihin, Yu.V. (2007), "The instantaneous power of nonlinear circuit elements", *Sbornik nauchnykh trudov Dnepodzerzhinskogo gosudarstvennogo tehniceskogo universiteta*. Vol. 3, no. 26, pp. 501–506. (in Russian)
20. Andreev, V.S. (1982), *Teoriya nelineynykh elektricheskikh tsepey: uchebnoye posobiye dlya vuzov* [The theory of non-linear electric circuits-ray: a manual for schools], Radio i svyaz, Moscow. (in Russian)

Стаття надійшла 18.04.2014.