

ния энергосистемы. Влияние солнечных электростанций в весенний и осенний периоды приблизительно одинаково. Минимальное влияние наблюдается зимой.

Основным существенным недостатком внедрения фотоэлектрических электростанций является отсутствие возможности участия в покрытии вечерних и ночных максимумов нагрузки, а также вероятность мгновенного снижения генерации до 20 % от номинальной мощности в случае пасмурной погоды и, как следствие, необходимость резервирования за счет ТЭС, ГЭС, гидроаккумулирующих электростанций. Проведенные расчеты, на примере солнечной электростанции «Охотниково», подтвердили необходимость резервирования СЭС. Для рассматриваемой солнечной электростанции «Охотниково» максимальная величина необходимого резерва генерации составила 60,8 МВт.

При проектировании фотоэлектрических электростанций необходимо учитывать возможные мгновенные снижения генерации и предусматривать наличие резервов в объеме не менее 76% от максимальной генерации СЭС.

Список литературы

1. «В Украине новый зеленый тариф»// www.cogeneration.com.ua/ru/about/press-centre/news/1245053500/
2. «Тянутся к солнцу»// www.uaenergy.com.ua/c225758200614cc9/0/d234ce15dd98c1e8c22579e60031f89a
3. «Солнечная энергетика Украины: краткий обзор рынка»// www.euea-energyagency.org/
4. Подключение солнечных батарей // http://серебряный-шит.рф/publ/raznoe/podkljuchenie_solnechnykh_batarej/7-1-0-83.
5. Суточные графики нагрузки и режимных параметров // www.masters.donmtu.edu.ua/ / 2007 / fema/artemenko/library/suto4nie_grafiki.htm.

Рукопись поступила в редакцию 22.03.12

УДК 621.314.632

А.П. СІНОЛИЦЬЙ, д-р техн. наук, проф., В.А. КОЛЬСУН, канд. техн. наук., доц.,
В.С. КОЗЛОВ, аспірант, ДВНЗ «Криворізький національний університет»

ОСОБЛИВОСТІ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ СПОЖИВАЧІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ, ПОЄДНАНИХ У ГРУПУ

Запропоновано математичний апарат системи ідентифікації енергетичної моделі електроспоживача. Проведено оптимізацію математичних викладок для застосування в цифрових мікропроцесорних системах. Для прикладу наведено процес ідентифікації групи типових промислових споживачів електроенергії.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Першою складовою концепції енергозбереження є глибока та якісна оцінка енергетичного стану мережі живлення та підключених до неї споживачів електроенергії. Функцію такої оцінки на вітчизняних підприємствах частіше за все виконують лічильники активної та реактивної енергії, які не мають змоги надати вичерпну інформацію про енергетичний стан електричної мережі. Додавши до цього можливість використання неточних значень активної та реактивної потужностей через невизначеність розрахункових формул для лічильників [2] та неможливість прогнозування, ефективність такої оцінки в контексті енергозаощадження є сумнівною.

Аналіз досліджень та публікацій. Доволі розгалужений та складний математичний апарат мають сучасні системи контролю та пристрої компенсації неактивних складових потужності [7]. Така невизначеність та складність реалізації призводить до необхідності застосування нетрадиційних алгоритмів контролю, обліку та компенсації неактивних складових потужності [3].

Теоретична база для низки таких систем у вигляді алгоритму зі спрощеними функціоналами розроблена [4] та практично реалізована в [5]. Значно розширити можливості згаданих систем шляхом покращення ефективності існуючих АСКОЕ та пристроїв компенсації неактивних складових потужності мають системи автоматичної ідентифікації типу електричного споживача.

Постановка завдання. Головна задача системи ідентифікації - у відповідність до досліджуваного об'єкту визначити еталонний об'єкт з відомою математичною структурою. Система ідентифікації має бути універсальною з точки зору інтеграції до існуючих пристроїв обліку, аналізу та компенсації неактивних складових потужності тощо. З попередньої вимоги витікає необхідність невтручання у технологічний процеси. Математичний апарат зазначеної системи повинен бути максимально простим та адаптованим до використання в цифрових пристроях.

Викладення матеріалу та результати. Для ідентифікації системи поодиноким споживача пропонується використовувати сигнал струму однієї фази мережі з припущенням: коефіцієнт спотворення напруги мережі наближається до одиниці.

Зведемо критерії ідентифікації до табл. 1.

Для прийняття рішення щодо вибору найімовірнішої енергетичної моделі пропонується присвоїти кожному критерію ваговий коефіцієнт та, на основі останнього, обчислювати кінцевий параметр, за мінімумом якого обирати найімовірнішу модель

$$M = \frac{m_1 \cdot k_1 + m_2 \cdot k_2 + \dots + m_n \cdot k_n}{\sum_{n=1}^p k_n}, \quad (1)$$

де M - кінцевий параметр для вибору най достовірнішого варіанту; k_n - ваговий коефіцієнт відповідного критерію; m_n - параметр, який відображає ймовірність збігу математичної моделі об'єкту з n -ю еталонною моделлю.

Таблиця 1

Назва критерію	Формула для обчислення	Пояснення
Симетричність	$A_1 = -B_1, \quad A_2 = -B_2, \quad \dots,$ $A_n = -B_n$	На графічний образ сигналу, накладається парна кількість прямих де, A_n та B_n – точки перетину прямих та форми сигналу на першій та другій половині періоду відповідно
Критерій на основі коефіцієнту спотворення	$K_c = \frac{A_{m1}^2}{\frac{2}{N} \cdot \sum_{n=0}^{N-1} (I_{(n)})^2}$	Обчислюється на основі формули, адаптованої для цифрових систем, де A_{m1} - амплітуда першої гармоніки сигналу, N - кількість точок дискретизації, $I_{(n)}$ - поточне значення струму, K_c - вихідне значення критерію
Критерій на основі похідної сигналу[6]	$d = \frac{(\sum_{n=0}^k I_{(n)})^2}{1000 \cdot \sum_{n=1}^k (I_{(n+1)} - I_{(n)})^2}$	Являє собою нормовану середню швидкість зміни сигналу за час, рівний періоду напруги живлення. Піднесення в квадрат застосовано для зменшення впливу на результат малих змін сигналу, якими можуть бути завади каналу виміру. k – кількість точок вимірюваного сигналу
Критерій на основі похідної з низькою частотою дискретизації[6]	$d' = \frac{(\sum_{n=0}^k I_{(n)})^2}{1000 \cdot \sum_{n=1}^m (I_{(\frac{k \cdot n + k}{m})} - I_{(\frac{k \cdot n}{m})})^2}$	Даний критерій можна порівняти з пошуком кутів на інтерпретованому графічному образі. m – коефіцієнт, що показує у скільки разів буде зменшено крок дискретизації
Критерій на основі площі заповнення прямокутника[8]	$s_{(n)} = \frac{\sum_{j=0}^{k \cdot (n+1)} I_{(j)}}{\sum_{j=0}^k I_{(j)}} \cdot \frac{k}{ I_{\max} \cdot m}$	Графічний образ вписується до прямокутника, половина сторони якого дорівнює максимальному по модулю значенню вимірюваного сигналу струму. Вісь часу ділить прямокутник на дві, рівні за площею, частини. $s_{(n)}$ - поточна частина прямокутника, I_{\max} - максимальне значення струму, k та m - множники, що показують на скільки частин розділено прямокутник, $I_{(j)}$ - поточне значення струму

Для обчислення критерію m_n пропонується використовувати відносну похибку між значеннями, обчисленими за наведеними критеріями та еталонними значеннями кожної моделі

$$m_n = |(p_{en} - p_n) / p_{en}|, \quad (2)$$

де p_{en} - еталонний параметр; p_n - досліджуваний параметр.

У такому разі, найбільш достовірному критерію відповідатиме мінімальне значення змінної M

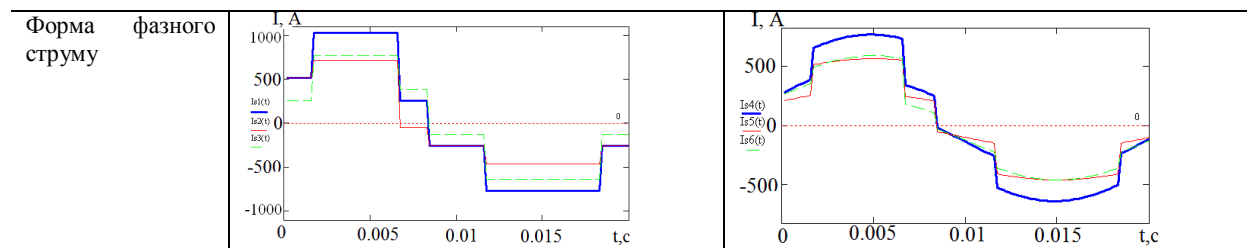
$$Z = M_{\min}, \quad (3)$$

де Z - результат ідентифікації системи.

Наведемо приклад ідентифікації групи споживачів електроенергії з припущенням: споживачі є трифазними перетворювальними пристроями (ПП), що працюють з одним кутом керування. Зазначимо також, що ідентифікація споживачів електричної енергії, поєднаних у групу є досить нетривіальною задачею та у загальному випадку потребує додаткових заходів втручання в мережу. Нижченаведений приклад є частковим випадком складної топології мережі, задачу ідентифікації якої вдало вирішує приведений математичний апарат. Зведемо вихідні дані до табл. 2.

Таблиця 2

	Перша група моделей у базі даних приладу	Друга група моделей у базі даних приладу
Математичний опис моделей	$I_{s1}(t) = I_{n1}(t) + I_{n2}(t)$ $I_{s2}(t) = I_{n1}(t) + 0,4 \cdot I_{n2}(t)$ $I_{s3}(t) = 0,5 \cdot I_{n1}(t) + I_{n2}(t)$	$I_{s4}(t) = I_{n3}(t) + I_{n1}(t) + I_{n2}(t)$ $I_{s2}(t) = I_{n3}(t) + 0,4 \cdot I_{n1}(t) + 0,8 \cdot I_{n2}(t)$ $I_{s6}(t) = 0,5 \cdot I_{n3}(t) + 0,8 \cdot I_{n1}(t) + I_{n2}(t)$



де $I_{sn}(t)$ - сумарний струм досліджуваної мережі; $I_{n1}(t)$ - струм мостової схеми випрямлення; $I_{n2}(t)$ - струм нульової схеми випрямлення; $I_{n3}(t)$ - струм активного споживача.

Таблиця 3

Струм споживача	Коефіцієнт спотворення	Оцінка на основі похідної	Оцінка на основі похідної з низькою частотою дискретизації	Оцінка на основі площі заповнення	Критерій M для прикладу, зображеному на рис. 1
$I_{s1}(t)$	0,954	4,096	4,096	7,355	3,498
$I_{s2}(t)$	0,913	4,233	4,233	7,088	1,689
$I_{s3}(t)$	0,968	3,316	3,316	7,905	19,023
$v_{s4}(t)$	0,98	8,233	5,223	7,377	17,841
$I_{s5}(t)$	0,973	5,487	4,485	7,482	8,149
$I_{s6}(t)$	0,968	8,937	5,667	7,009	20,614

У наведеній табл. 3 обраховано еталонні критерії для ідентифікації топологій мереж, струми яких представлено в табл. 1.

Для прикладу ідентифікації, використаємо сигнал трифазної мостової та нульової схем випрямлення (рис. 1) на який додатково діють завади. Формула, що описує невідомий сигнал:

$$I_{ss}(t) = I_{n1}(t) + 0,7 \cdot I_{n2}(t) + 20 \cdot \sin(7\omega t). \quad (4)$$

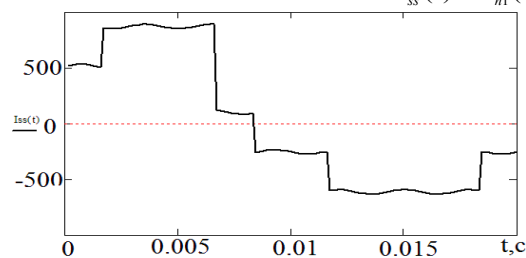


Рис. 1. Сигнал струму невідомої моделі

Відповідно, приймаємо сигнал $I_{ss}(t)$ невідомим для системи, обчислюємо його за наведеними вище критеріями та порівнюємо з еталонними параметрами, зведеними у табл. 3. Останній стовпчик є результатом порівняння моделі сигналу з еталонними моделями. Як бачимо, мінімальне значення критерію M відповідає еталонному параметру $I_{s2}(t)$, який у свою

чергу відповідає роботі трифазної мостової та нульової схем випрямлення, при чому пристрій мостової схеми випрямлення більше завантажує мережу. Іншими словами, за результатами ідентифікації струм приладу, що описано у виразі (4) більше співпадає зі струмом $I_{s2}(t)$. Відповідно, ідентифікацію вважаємо успішною.

Висновки. Запропоновану систему ідентифікації можна інтегрувати до систем нетрадиційного технічного контролю та обліку енергопоказників, у конкретному випадку до системи, описаної у [5]. Дана система ідентифікації знімає з користувача необхідність попереднього вводу енергетичної моделі споживача електроенергії. Також, зазначену систему ідентифікації можна використовувати в пристроях компенсації неактивних складових потужності, наприклад, у системах активної фільтрації. У такому випадку вимоги до цифрової системи активного фільтру будуть значно нижчими, ніж вимоги до сучасних систем розглянутих у [1]. За успішної ідентифікації енергетичної моделі споживача, задача пристрою активної фільтрації зводиться до вибору з бази даних та генерації до мережі необхідної форми струму (напруги). Необхідність обчислення миттєвих значень складових потужності або гармонічного спектру в такому разі відпадає.

Система ідентифікації має відносно низьку чутливість до завад у каналі виміру. Приймавши до уваги факт необхідності отримувати коректну форму сигналу та відсутність необхідності у точному вимірі абсолютного значення можна зробити висновок про можливість використання відносно дешевих датчиків струму. Також до переваг системи можна віднести відсутність необхідності у вимірі напруги та відсутність втручання до роботи силового навантаження.

Список літератури

1. Вапник В. Н. Теория распознавания образов (статистические проблемы обучения) / В. Н. Вапник, А. Я. Червоненкис; — М.: Наука, 1974. - 416 с.
2. Давыдов А.С. Особенности измерения полной и реактивной мощности и энергии в электрических сетях / А.С. Давыдов, А.Н. Попенка, В.В. Аникин // Український метрологічний журнал, 2009. - №2. - С. 11–15.

3. **Кумаков Ю.А.** Оценка показателей качества электрической энергии в цифровых системах управления силовой электроникой / **Ю.А. Кумаков** // Электрик, 2010. - №1-2. – С. 34 – 38.
4. **Сінолиций А.П.**, Нетрадиційні системи автоматизованого контролю та обліку енергетичних показників / **А.П. Сінолиций, В.А. Кольсун, М.В. Жуйков** // Вісник Криворізького технічного університету, 2007. – Вип. 17. – С. 138 – 142.
5. **Сінолиций А.П.** Автоматизована система контролю та обліку енергетичних показників системи живлення групи електроприводів / **А.П. Сінолиций, В.А. Кольсун, В.С. Козлов** // Вісник Криворізького технічного університету, 2011. – Вип. 28. – С. 154 – 156.
6. **Шапиро Л.** Компьютерное зрение / **Л. Шапиро, Дж. Стокман**; Пер. с англ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 752 с.
7. **L. Asiminoaei, F. Blaabjerg, and S. Hansen**, Evaluation of harmonic detection methods for active power filters application, *APEC*, Vol. 1, pp. 635-41, 2005
8. http://citforum.ru/programming/delphi/recognition_1/

Рукопис подано до редакції 21.03.12

УДК 621.92

А.А. ЖОСАН, канд. техн. наук, доц., С.І. ЛІПАНЧИКОВ, аспірант
ДВНЗ «Криворізький національний університет»

ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ДЕЗІНТЕГРАЦІЇ ШМАТКІВ ТВЕРДИХ МАТЕРІАЛІВ ЯК ОБ'ЄКТІВ КЕРУВАННЯ

У багатьох галузях промисловості, насамперед в будівельній та металургійній, є необхідність в використанні різного роду дробарного обладнання. У даній статті наведено аналіз існуючих пристроїв для дроблення та змелення матеріалу як об'єктів керування.

Ключові слова: **дробарка, млин, електрогідравлічний спосіб подрібнення, УЗ змелення, автоматизація.**

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Цілком природно, що при вирішенні питання про оптимальний ступінь збагачення залізних руд потрібно виходити з техніко-економічних міркувань. По мірі підвищення вимог до вмісту заліза в концентратах зростають витрати на збагачення руд. Виходячи з цього постає необхідність в неперервному вдосконаленні технології дроблення.

Аналіз досліджень і публікацій. У роботі [1] описано основне обладнання, що використовують на збагачувальних фабриках. У роботі [2] в деякій мірі наведено характеристику дробарного агрегату як об'єкту керування. Але наведений в літературі матеріал не охоплює сучасних методів подрібнення та змелення, таких як УЗ методи та метод електрогідравлічного подрібнення.

Отже, з приведеного можна дійти висновку, що в даний час актуальними є питання щодо керування засобами дезінтеграції.

Постановка завдання. Метою даної статті є огляд використовуваних видів дробарного обладнання та аналіз використовуваних методів контролю гранскладу матеріалу.

Викладення матеріалу та результати. Характеристика дробарного устаткування та процесу дроблення. Одним з основних показників дробарних машин є ступінь подрібнення $i = D_{сер} / d_{сер}$, де $D_{сер}$ - середньозважений розмір шматка вихідного матеріалу; $d_{сер}$ - середньозважений шматок кінцевого (готового) продукту.

Ступінь подрібнення залежить від конструкції дробильної машини, фізико-механічних властивостей кам'яної породи, що була перероблена, і абсолютної величини шматків. Зі збільшенням ступеня здригнування продуктивність дробильних машин знижується, а витрата енергії зростає. Кожній конструкції дробильної машини при максимальній продуктивності відповідає оптимальний ступінь подрібнення: так, для шоккових і конусних дробарок великого дроблення $i=3-5$. Коли потрібний більший ступінь подрібнення, дроблення здійснюють у кілька стадій, тобто послідовно встановлюють ряд дробарних машин, різних за конструкцією та технічними характеристиками. При цьому поступово переходять від великого до середнього й потім дрібного дроблення з таким розрахунком, щоб ефективність дроблення на наступних стадіях була вище, а витрати енергії менше.

Процес дроблення відрізняється високим рівнем витрати енергії та швидким зношуванням деталей машин, що знаходяться у зіткненні із матеріалом, що дробиться. Такі деталі виготовляють здебільшого з дорогих легованих сталей. Перед дробленням з вихідного матеріалу варто видаляти фракції готового продукту, тому що, розподіляючись між більш великими шматками, вони підвищують пружність маси, що подрібнюється. При переробці нерудних будівельних матеріалів ма-