

ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖІ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ЗАПОВНЕННЯ ГЛИБИННОЇ ПОМПИ

© Маляр А.В., Калужний Б.С., Андрейшин А.С., 2012

Розглядається питання використання нейромережі для визначення коефіцієнта заповнення глибинної помпи. Показано, що за допомогою сформованої нейромережі можна на основі знятих струмограм привідного двигуна розпізнавати з достатньою точністю коефіцієнт заповнення, не використовуючи при цьому давача зусилля в полірованому штоці.

Ключові слова: розпізнавання образів, нейронна мережа, динамограма, верстат-гойдалка.

The issue of neural networks use for estimating the coefficient of the pump filling is considered. It is shown that on the basis of current diagrams of the driving motor, a formed neural network enables a fair accurate recognition of the coefficient of the pump filling without involving the force sensor in the polished rod.

Key words: pattern recognition, neural network, dynamogram card, pumping unit.

Вступ

Сучасний рівень розвитку нафтової промисловості потребує комплексного підходу під час розроблення систем керування нафтовидобувними установками. Це обумовлено, з одного боку, необхідністю підвищення якості керування при мінімальних затратах на створення та експлуатацію систем, з іншого, ускладненням структури об'єкта керування, збільшенням функцій керування і, як наслідок, збільшення факторів, які необхідно враховувати для керування об'єктом.

Особливості видобування нафти штанговими глибинно-помповими установками (ШГПУ), а саме: відносна складність обладнання, великі навантаження, які виникають в установці, висока вартість підземних ремонтів, зумовлюють підвищені вимоги до оперативного контролю стану обладнання. Це потребує встановлення сучасних мікропроцесорних засобів, які забезпечують безперервний автоматичний контроль за нафтовидобувними установками.

Суть проблеми

Сучасні способи нафтовидобування передбачають проведення постійного моніторингу всіх свердловин, що дає змогу діагностувати наявну ситуацію у привибійній зоні, стан обладнання, встановлювати величину відбору рідини із пласта, з метою вибору та відпрацювання раціонального режиму їх роботи. Моніторинг та керування роботою ШГПУ здійснюється на основі оперативної та достовірної інформації про стан наземного та підземного обладнання.

Важливою умовою під час побудови системи керування електроприводом верстата-гойдалки є контроль динамічного рівня рідини в свердловині та діагностування технічного стану обладнання. Незважаючи на спроби віднайти інші способи діагностування підземного обладнання, донині переважно застосовуються два підходи до діагностування стану ШГПУ – за динамограмою [1] або за ватметрограмою [2], причому динамограма залишається одним із основних джерел інформації про технічний стан глибинної помпи [1, 3]. Метод аналізу динамограми має низку переваг, зокрема простота та швидкість опрацювання даних. Проте є й недоліки, пов'язані з аналізом стану наземного обладнання, визначення ступеня зрівноваження верстата-гойдалки тощо.

Аналіз останніх досліджень

Розроблені в світовій практиці експлуатації різні системи керування роботою ШГПУ мають в своїй основі експериментальні дані, отримані за допомогою різних давачів, які дають змогу вимірювати в реальному часі. Результати вимірювань можна формувати у вигляді таблиць або динамограм. Ця інформація передається в диспетчерський пункт з метою подальшого опрацювання та прийняття рішень. Такий підхід не можна вважати оптимальним, оскільки оперативне керування роботою ШГПУ потребує не тільки вимірювання параметрів режиму роботи, а запровадження в практику оперативного керування роботою ШГПУ комплексу математичних моделей і програмних засобів аналізу та оптимізації режимів, які дають змогу в реальному часі аналізувати перебіг процесу і здійснювати формування керуючих впливів на підставі прогнозних розрахунків.

На теперішній час найбільш перспективним способом підвищення продуктивності свердловини є забезпечення режиму відбору рідини з свердловини із сталим динамічним рівнем на висоті прийому помпи. Одним із варіантів реалізації цього режиму є використання системи частотно-регульованого електроприводу змінного струму із зовнішнім контуром регулювання відповідно до коефіцієнта заповнення глибинного насоса k_z , який визначається за методикою, описаною в [3]. Згідно з таким підходом для визначення коефіцієнта заповнення використовуються моделі механічної та електричної частини глибинно-помпової установки, які, використовуючи інформацію від давачів положення кривошипа та струму привідного двигуна, дають змогу побудувати динамограму верстата-гойдалки. Недоліком такого підходу є те, що має місце багатократне перетворення вхідної інформації, що приводить до появи певної похибки та потребує значних обчислювальних ресурсів. Особливо це проявляється при обмеженій вибірці вхідних даних або у разі сильного їх зашумлення. Тому актуальною є задача визначення коефіцієнта заповнення глибинної помпи на основі “гнучких обчислень” (експертні системи, нейронні мережі), які дають можливість досягти задовільних результатів за невеликих затрачених вартісних і часових ресурсів.

Навчання нейронної мережі

Провівши аналіз традиційних методів керування електроприводом ШГПУ на основі динамограм та враховуючи проведені попередні дослідження [4], можемо зробити висновок, що метод виділення характерних ознак динамограм та візуального їх розпізнавання є найдієвішим. Тому застосуємо такий підхід щодо струмограм привідного двигуна верстата-гойдалки, оскільки для певного типу динамограми має місце своя залежність струму асинхронного двигуна. Покажемо це на прикладі трьох знятих динамограм та відповідних їм графіках струму привідного двигуна (рис. 1) за повний оберт кривошипа. Кожній з цих динамограм відповідає певний коефіцієнт заповнення глибинної помпи.

Для виділення типових ознак на струмових графіках при різних коефіцієнтах заповнення глибинної помпи проведено дослідження експериментально знятих характеристик. Для представлення вхідних даних використано метод перетворення графіка в двійкову форму за розробленим алгоритмом [5]. Для реалізації алгоритму обробки файлу експериментальних даних у пакеті MATLAB складено програму, яка будує струмограму привідного двигуна верстата-гойдалки у відносних одиницях та формує для неї матрицю в двійковій формі. Для розпізнавання струмових залежностей використано розроблену для розпізнавання динамограм [5] нейронну мережу. Проаналізувавши відомі типи нейронних мереж та методи їх навчання, зроблено висновок, що найефективнішим буде використання нейронної мережі Хемінга [6]. Мережа Хемінга є удосконаленням мережі Хопфілда.

Цей тип мереж використовують, коли немає необхідності, щоб мережа після розпізнавання видавала розпізнаний зразок, а достатньо тільки номер зразка. Порівняно з іншими, така мережа потребує менших затрат на пам'ять та обчислювальні ресурси.

Принцип роботи мережі базується на знаходженні коефіцієнта належності вхідного двійкового вектора до типового (типові вектори мережа запам'ятовує під час навчання). Тобто, мережа є класифікатором, що на виході дає тільки номер класу, до якого належить вхідне зображення.

Навчання здійснюється так. На вході першого шару надходить бажане навчальне зображення, а на виході другого шару надходить номер класу, до якого належить вхідне зображення.

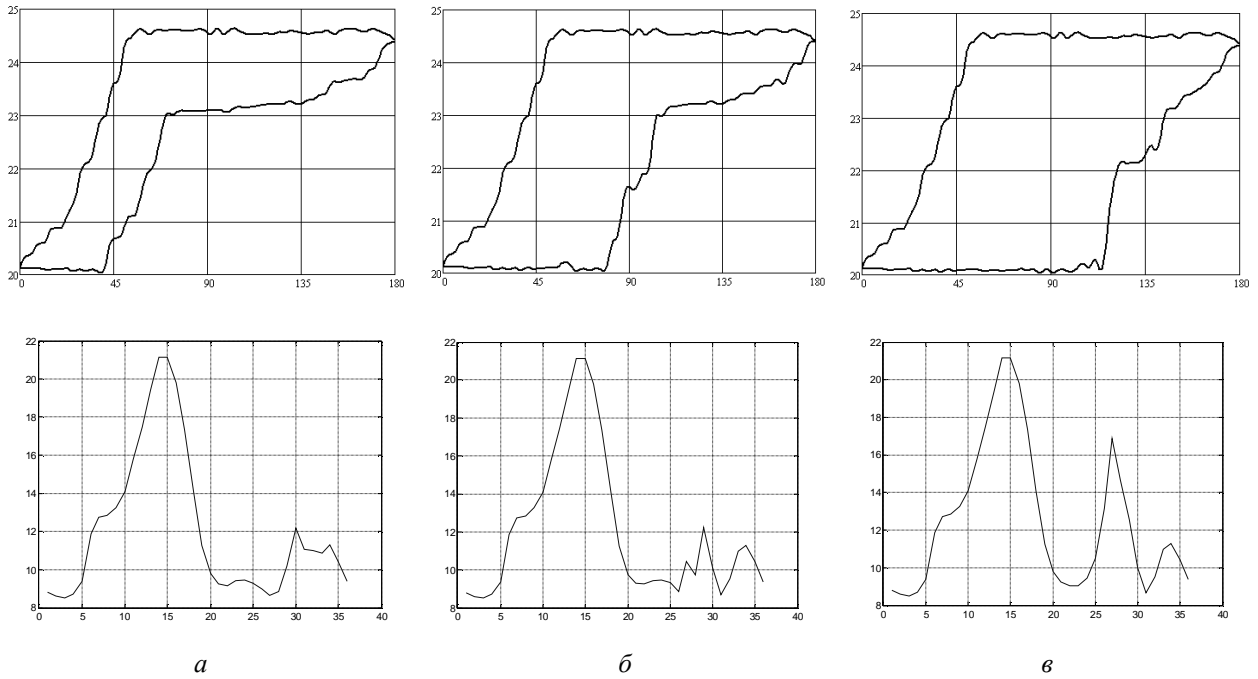


Рис. 1. Графіки експериментальних динамограм та струмових залежностей при коефіцієнті заповнення, що дорівнює:
a – 0.5; *б* – 0.7; *в* – 0.9

Вибрана нейронна мережа має два шари. Перший і другий шари мають по 10 нейронів, що відповідає кількості типових зображень. Нейрони першого шару мають по 1200 синапсів (входів). Така кількість входів зумовлена вхідним зображенням, що є матрицею 20x60.

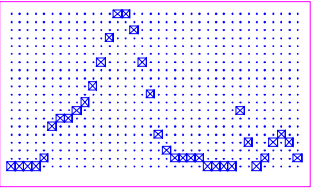
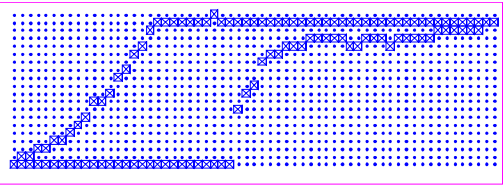
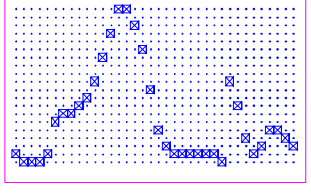
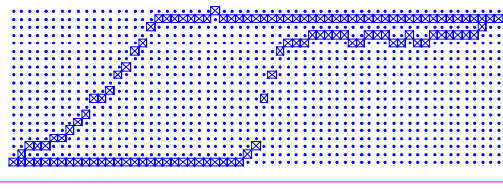
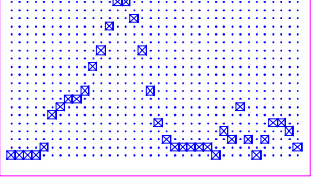
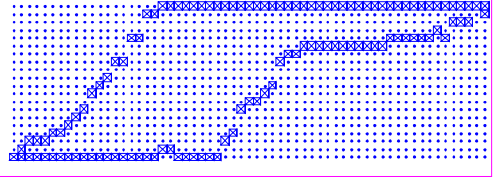
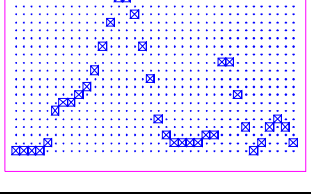
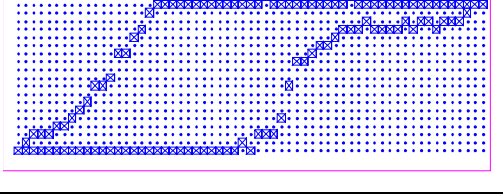
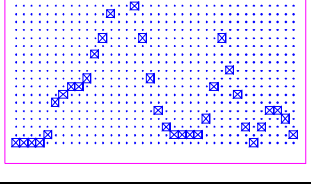
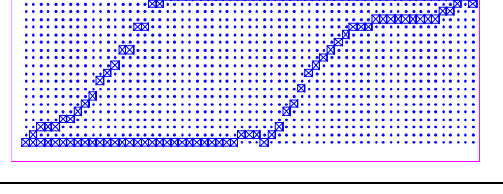
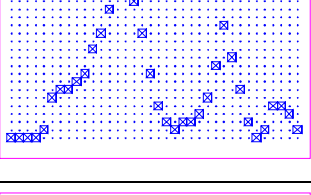
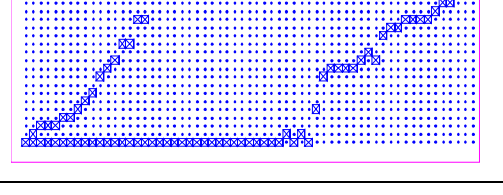
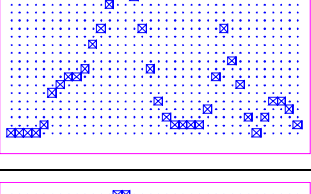

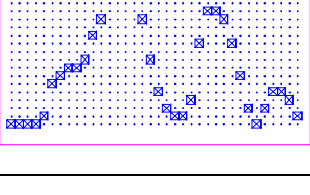
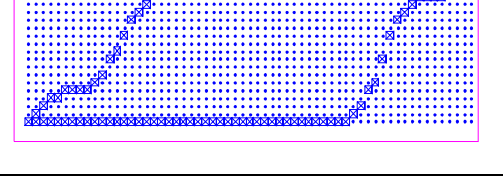
Активаційну функцію нейронів першого шару вибрано сигмоїдальною. Використання такої функції дозволило перейти від бінарних значень сигналів до аналогових. У зовнішньому шарі для спрощення обчислень і підвищення швидкодії використано лінійну активаційну функцію.

Навчання мережі відбувалося на вибірці струмових графіків, у яких коефіцієнт заповнення змінюється з кроком 0,05. Такий крок з достатньою точністю дасть можливість плавно регулювати продуктивність помпи. Результати навчання та перетворення в двійкову форму вхідних струмограм наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Результати навчання нейронної мережі

Графік струму (для навчання нейронної мережі)	Динамограма	Коефіцієнт заповнення
		0,5
		0,55

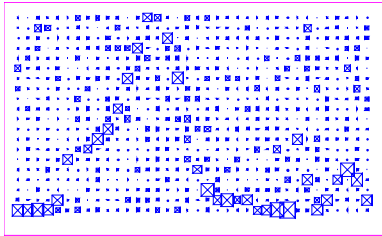
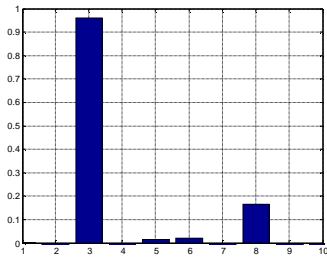
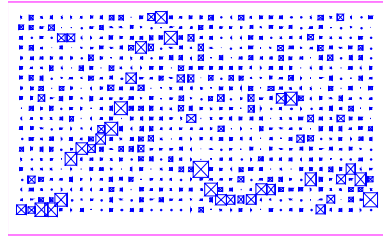
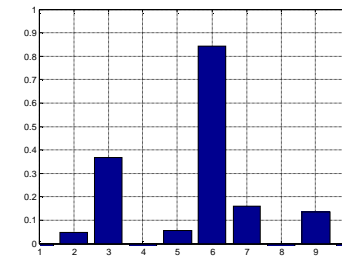
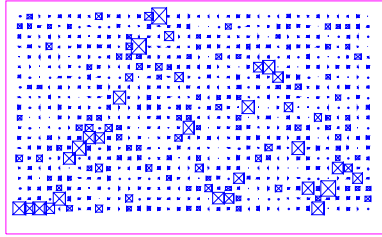
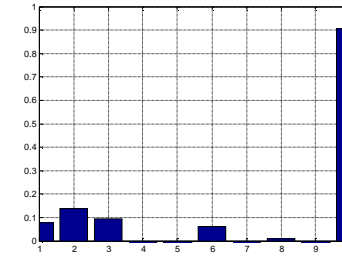
Графік струму (для навчання нейронної мережі)	Динамограма	Коефіцієнт заповнення
		0,6
		0,65
		0,7
		0,75
		0,8
		0,85
		0,9
		1

Перевірка роботи мережі

Дослідження роботи мережі базується на розрахунку коефіцієнта належності до одної з типових струмограм при різних коефіцієнтах заповнення, які наведені в табл. 1. Для візуалізації роботи мережі створена програма, яка виводить на екран комп'ютера результати розпізнавання у вигляді графічного представлення та їх цифрових значень. Очевидно, що для кожної із вхідних струмограм одне значення коефіцієнта належності буде найбільшим. Саме для нього і вибирається відповідне значення коефіцієнта заповнення глибинної помпи. У табл. 2 наведено ілюстрацію роботи нейронної мережі, на вхід якої подано струмові графіки з деяким рівнем зашумленості.

Таблиця 2

**Ілюстрація роботи нейронної мережі,
на вхід якої подано струмові графіки з деяким рівнем зашумленості**

Вхідний масив (з деяким рівнем шуму)	Графік коефіцієнтів належності	Вихідний масив значень коефіцієнта належності
		0.0020 0.0084 0.9613 – відповідає $\kappa_3 = 0,6$ 0.0025 0.0151 0.0215 0.0527 0.1666 0.0034 0.0061
		-0.0672 0.0496 0.3669 -0.0665 0.0567 0.8428 – відповідає $\kappa_3 = 0,75$ 0.1585 -0.0271 0.1366 -0.1091
		0.0780 0.1394 0.0963 -0.1710 -0.2067 0.0622 -0.0872 0.0112 -0.1115 0.9055 – відповідає $\kappa_3 = 1,0$

Висновки

На основі синтезованої нейронної мережі, яка дає змогу з достатньою для практики точністю визначати коефіцієнт заповнення глибинної помпи, можна спроектувати систему автоматичного керування ШГПУ у функції коефіцієнта заповнення глибинної помпи, яка забезпечує прийнятну якість керування у разі неповного або зашумленого набору вхідних даних.

1. Алиев Т.М. Автоматический контроль и диагностика скважинных штанговых установок / Алиев Т.М., Тер-Хачатуров А.А. – М.: Недра, 1988. – 230 с. 2. Генин В.С. Диагностика штангового глубинного насоса с помощью ваттметрограммы / В.С. Генин, Е.Ю. Ерохин, В.Я. Чаронов // Тр.

Акад. наук Чуваш. респ. – 2000. – № 1. – С. 42–48. 3. Ли Дж. Ф. Новое в механизированной добыче нефти: перевод с англ. / Ли Дж. Ф., Амосо Т. // Нефть, газ и нефтехимия за рубежом. – 1992. – № 9. – С. 10–16. 4. Бульбас В.М. Диагностика свердловини з глибинною штанговою помпою / В.М. Бульбас, Б.Д. Денис, Б.С. Калужний // Науково-виробничий збірник “Нафтова і газова промисловість”. – 2001. – № 1. – С. 27–29. 5. Маляр А.В. Використання нейромережі для побудови системи керування електроприводом верстатогойдалки / А.В. Маляр, А.С. Андрейшин // Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – 2011. – № 707: Електроенергетичні та електромеханічні системи. – С. 77–82. 6. Ф. Уоссермен. Нейрокомпьютерная техника: Теория и практика. [Пер. на рус. язык, Ю. А. Зуев, В. А. Точенов]. – М.: Мир, 1992. – 184 с.

УДК 621.32

В.С. Маляр, І.А. Добушовська
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра ТЗЕ

ПУСКОВІ ВЛАСТИВОСТІ СИНХРОННИХ ДВИГУНІВ З ЄМНІСНОЮ КОМПЕНСАЦІЄЮ ІНДУКТИВНОГО ОПОРУ ОБМОТКИ ЗБУДЖЕННЯ

© Маляр В.С., Добушовська І.А., 2012

Розглядається вплив конденсаторів в обмотці збудження на пускові властивості синхронних двигунів. Виконано дослідження впливу величини ємності конденсаторів на характер перебігу асинхронного пуску. В основу алгоритму покладено математичну модель явнополюсного синхронного двигуна, в якій враховується насичення магнітопроводу як основним магнітним потоком, так і потоками розсіювання стержнів пускової обмотки.

Ключові слова: синхронний двигун, пускові характеристики, ємнісна компенсація.

The influence of capacitors in excitation winding on the starting characteristics of synchronous motors is discussed. The investigation of the influence of capacitance value on the character of the course of asynchronous starting is performed. Mathematical model of salient-pole synchronous motor is set as base for the algorithm, and considers saturation of magnet wire as main magnetic flux and scattering fluxes of cores of starting winding.

Key words: synchronous motor, starting characteristics, capacitive compensation.

Вступ

В електроприводах великої потужності використовують явнополюсні синхронні двигуни (ЯСД). Їх динамічні властивості забезпечуються регулюванням струму збудження та наявністю демпферної обмотки, а економічність і доцільність використання доведена на практиці експлуатації впродовж багатьох років. Основним недоліком цих двигунів є порівняно невисокий пусковий електромагнітний момент, який вони розвивають під час асинхронного пуску. Крім того, несиметрія ротора ЯСД зумовлює провал в електромагнітному моментові статичної асинхронної характеристики, тобто погіршує пускові властивості двигуна. Частково проблема підвищення пускового моменту вирішується відповідним конструктивним виконанням розміщеної на роторі пускової обмотки, однак питання покращення пускових властивостей ЯСД не можна вважати вирішеним на належному рівні, що зумовлює неперервний пошук шляхів і засобів забезпечення необхідних пускових характеристик. Проблема дослідження процесів в ЯСД під час пуску має важливе практичне значення, а розроблення ефективних методів їх аналізу як в перехідних, так і в усталених режимах є актуальною задачею.

Аналіз останніх досліджень та постановка задачі.

Ідея використати обмотку збудження для покращення пускових властивостей ЯСД в літературі відома давно [1], однак вибір раціонального значення величини ємності конденсаторів залишається не