

**І. В. Гладь, М. Й. Федорів, кандидати техн. наук**

*(Україна, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу)*

## **ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОБУРОВОГО ОБЛАДНАННЯ**

Інтенсифікація видобутку вуглеводнів та енергозбереження є одними із головних проблем сьогодення України. Їх можна вирішити шляхом буріння нових свердловин та додаткових горизонтальних відгалужень у діючих свердловинах, застосовуючи енергоощадні технології. Електробуріння нафтових і газових свердловин має суттєві переваги у порівнянні з бурінням турбобуром і ротором, головними з яких є жорстка механічна характеристика електробура, нечутливість до витрати промивної рідини, відсутність втрат потужності на обертання колони бурильних труб (КБТ) та їх мале механічне зношування, неперервне отримання інформації про викривлення і кут нахилу свердловини від телеметричної системи по жилі кабельних секцій, можливість опосередкованого контролю обертового моменту на долоті.

Електробурове обладнання (ЕБО) включає в себе електробур Е-164 (або Е-215), пристрій контролю опору ізоляції ПКІ-164 (ПКІ-215), телеметричну систему СТЕ-164 (СТЕ-215), струмовідвід, струмоприймач ТЕ-2, станцію керування і захисту УЗЕБ-85 та знижувальний трансформатор ТМТБ-560-6. Електробур складається з високовольтного занурювального трифазного наповненого маслом асинхронного електродвигуна з короткозамкнутим ротором (ЗЕД), до нижнього торця якого приєднано шпindel з долотом, а до верхнього – кабельний ввід. Електроенергія до електробура подається від вторинної обмотки знижувального трансформатора із ступеневим регулюванням напругою в діапазоні 1150...2270 В через струмоприймач по струмовідводу, який виконаний за системою "два провідники-труба", та пристрій контролю опору ізоляції. Струмopідвід складається з вмонтованих у бурильні труби двожильних кабельних секцій, а третьою жилою є КБТ. При нарощуванні КБТ кабельні секції з'єднуються в кабельну лінію шляхом герметичного сполучення муфт і наконечників, які прикручені до наварених виступів бурових замків. Використання системи "два провідники-труба" зменшує кількість контактних кілець муфт і наконечників та гідравлічний опір КБТ для промивної рідини. Струмopиймач забезпечує обертання КБТ під час її нарощування та для корекції траєкторії свердловини під час похило спрямованого буріння. Пристрій контролю опору ізоляції уможливорює виявлення бурильної труби з пошкодженою кабельною секцією в процесі нарощування КБТ та виявлення пробою ізоляції обмотки статора електробура.

Специфіка буріння нафтових і газових свердловин така, що відмова вибійного двигуна зупиняє процес активного руйнування породи, що має негативні наслідки: зростає імовірність прихоплення низу бурильної колони і необхідності буріння нової свердловини поряд із аварійною, для чого потрібні значні додаткові кошти. Це обумовлює необхідність підвищення рівня експлуатаційної надійності ЕБО. Одним із шляхів вирішення цього науково-практичного завдання є розробка спеціальних технічних засобів.

У роботі [1] обґрунтовано необхідність стабілізації напруги на затискачах електробура шляхом плавного пофазного регулювання його напруги живлення (напруги на початку струмопідводу) під час буріння нижніх інтервалів свердловин. При зміні моменту опору долота збільшується струм споживання електробура, тому у неоднакових опорах жил струмопідводу виникають різні втрати напруги, які призводять як до зменшення рівня напруги на затискачах двигуна, так і до її асиметрії. Оскільки обертальний момент двигуна є у квадратичній залежності від величини прикладеної напруги, то при бурінні глибоких свердловин суттєво зменшується його перевантажувальна здатність. Крім того, асиметрична система напруг на затискачах двигуна обумовлює асиметрію струмів у його фазах, що негативно впливає на ресурс обмотки статора.

Для ефективного пофазного регулювання напруги живлення електробура необхідною є інформація про значення фазних напруг на його затискачах. Розташування сенсорів напруги у вибої свердловини обумовить їх роботу при високій температурі (близько  $120^{\circ}\text{C}$ ), при якій виробни мікроелектронної техніки функціонують нестабільно. Крім того, передавання закодованого сигналу жилою струмопідводу спричинить значну часову затримку в системі автоматичного регулювання напруги живлення електробура.

Згідно з авторським методом двох фаз значення фазних напруг на затискачах електробура визначаються опосередковано шляхом цифрової обробки миттєвих значень напруг і струмів на початку струмопідводу [2] при використанні експериментально одержаного значення опорів його жил [3]. Метод двох фаз також уможливорює визначення активної потужності споживання електробура та опосередковане визначення обертового моменту на долоті.

З метою забезпечення бурильника додатковою інформацією про процес активного буріння в реальному масштабі часу авторами розроблено експериментальний зразок системи контролю енергетичних параметрів електробура СКЕП-2. Остання складається з ЕОМ, плат збирання даних, сенсорів напруги і струму фаз та розробленого авторами програмного забезпечення на базі математичного пакету Matlab. Важливою особливістю Matlab є можливість збирання і обробки даних в реальному часі та збереження результатів обчислень на жорсткому диску ЕОМ в компактному двійковому кодї шляхом використання спеціалізованого інструментарію. В якості плат збирання даних застосовано дві двоканальні мультимедійні звукові плати, драйвери яких стандартизовані. Синхронізація плат забезпечується використанням спільного генератора тактової частоти. СКЕП-2 вимірює енергетичні параметри електробура з частотою оновлення показів екрану 1 Гц (рис. 1). Ними є значення фазних струмів, напруг і активної потужності на затискачах ЗЕД, а також значення обертового моменту на долоті. Сигнали, пропорційні миттєвим значенням фазних струмів і лінійних напруг, від трансформаторів струму і напруги надходять на пристрої узгодження (резистивні подільники і шунти), а з них – на лінійні входи плат введення аналогових сигналів. Останні забезпечують синхронне 16-розрядне аналогоцифрове перетворення біполярних сигналів з частотою дискретизації 6 кГц та передачу цифрової інформації по шині PCI до центрального процесора ЕОМ.

Подальша обробка оцифрованих сигналів здійснюється за авторським алгоритмом в середовищі Matlab, а розраховані енергетичні параметри щосекунди виводяться на екран.

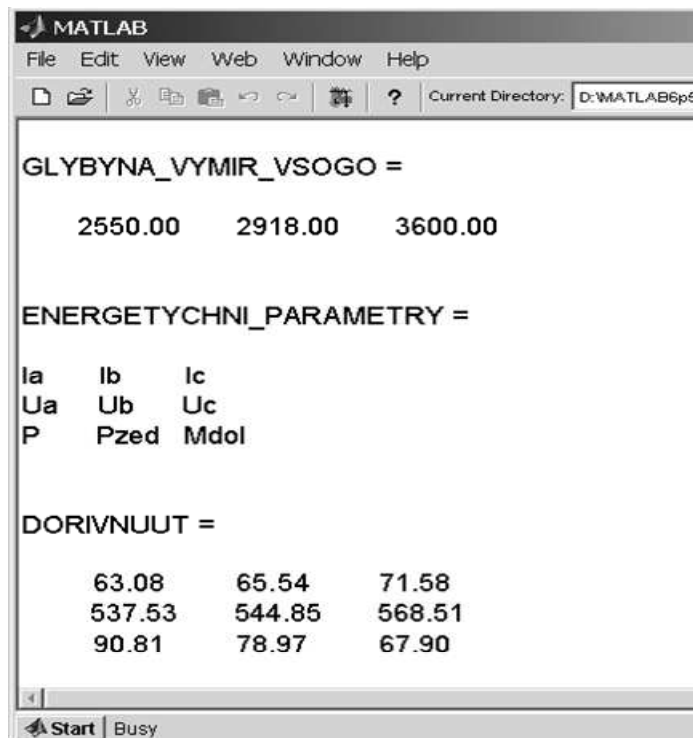


Рис. 1. Копія екрана СКЕП-2

СКЕП-2 також архіває значення енергетичних параметрів у компактному бінарному форматі, який придатний для математичної обробки (рис. 2).

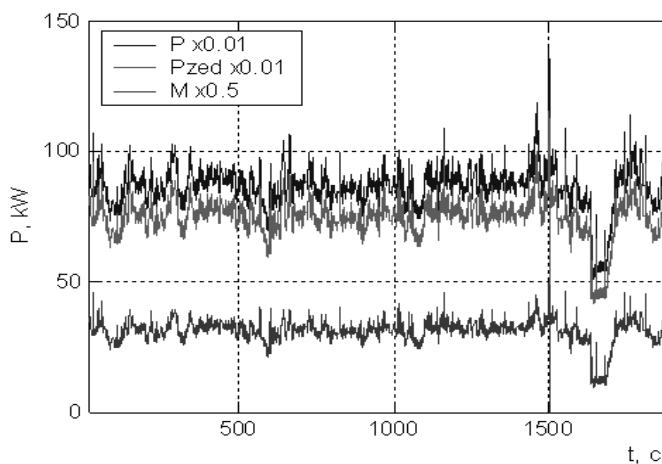


Рис. 2. Динаміка зміни обертового моменту і активної потужності електробура E164-8MP під час буріння свердловини на глибині 2550 м

Застосування СКЕП-2 дозволяє бурильнику під час ручного керування подачею долота оперативніше реагувати на відхилення енергетичних параметрів електробуріння та ідентифікувати момент появи критичного зносу долота. У результаті збільшується механічна швидкість буріння, а за рахунок своєчас-

ної заміни зношеного долота зменшується ризик прихоплення КБТ і руйнування долота.

Технолог на підставі архівованих обертового моменту на долоті та активної потужності споживання електробура може ефективніше визначати режими подальшого буріння свердловин та створювати базу знань про буримість геологічних порід.

Моніторинг енергетичних параметрів електробуріння в кінцевому результаті підвищує надійність ЕБО.

В основу розрахунку підвищення рівня надійності ЕБО від впровадження СКЕП-2 закладені статистичні моделі, які відображають імовірнісні процеси функціонування елементів ЕБО, а саме моделі розподілу часу безвідмовної роботи. Ці елементи з точки зору надійності мають послідовне логічне з'єднання, то відмова комплексу ЕБО виникає при відмові хоча б одного елемента.

Щільність розподілу Вейбула-Гнеденко визначається за такою функцією:

$$f(t) = \left(\frac{b}{a}\right) \cdot \left(\frac{t}{a}\right)^{b-1} \cdot e^{-\left(\frac{t}{a}\right)^b}$$

де  $a$  – параметр масштабу розподілу;  $b$  – параметр форми.

У результаті обробки статистичної інформації про надійність виявлено, що механізми формування відмов основних елементів ЕБО описуються законом розподілу Вейбула-Гнеденко, що свідчить про наявність миттєвих та ступових відмов.

Експериментальні дослідження підтвердили, що застосування СКЕП-2 для моніторингу енергетичних параметрів електробуріння підвищує надійність електробурового обладнання.

Перспективою подальших досліджень у даному напрямку є включення до СКЕП-2 ефективного алгоритму автоматичного визначення ступеня зносу долота, створення бази знань про буримість геологічних порід регіону та інтеграція СКЕП-2 у автоматичну систему управління технологічним процесом електробуріння свердловин, що в кінцевому результаті зменшить затрати на їх спорудження.

### Список літератури

1. Гладь І.В., Федорів М.Й. Підвищення надійності та ефективності електробура // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2003. – № 6 (64). – С. 69–75.
2. Гладь І.В., Федорів М.Й. Експериментальні дослідження енергетичних параметрів електробура // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2004. – № 4 (13). – С. 89–95.
3. Гладь І.В. Підвищення достовірності контролю напруги на затискачах занурюваного електродвигуна електробура в промислових умовах // Методи та прилади контролю якості. – 2004. – № 12. – С. 104–107.