

Федорів М.Й. Галушак І.Д., Гладь І.В.,

Михайлів М.І., Михайлів І.М., Кіянюк О.І.

ПРОБЛЕМА ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ЗМЕНШЕННЯ ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ БУРИЛЬНИХ УСТАНОВОК

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

1 Аналіз надійності та енергоефективності бурових установок

Найефективнішим способом збільшення видобутку нафти з малопродуктивних пластів є додаткове забурювання горизонтальних відгалужень від вертикальної свердловини. Тому актуальним є забезпечення високої енергоефективності вибійних двигунів [1, 3].

До основного електроенергетичного обладнання бурових установок відноситься електропривід бурової лебідки, електропривід ротора (при індивідуальному приводі), електропривід бурових насосів, електробур.

Потужність електродвигунів приводу лебідки становить 200 кВт при багатодвигунному електроприводі та 500 кВт при однодвигунному. Бурова лебідка працює в повторно-короткочасному режимі, але особливістю є зміна ваги вантажу – колони бурильних труб, яка скручується з окремих труб або секцій (дві або три скручені труби). Важливим моментом є електродинамічне гальмування електроприводу лебідки, отже доцільно знайти спосіб корисного використання електроенергії гальмування.

Високовольтні трифазні асинхронні двигуни з фазним ротором або синхронні двигуни потужністю 500 кВт використовуються в якості приводу бурових насосів. Режим роботи – тривалий. Для уникнення аварій в гідросистемі бурових насосів доцільно здійснювати плавний пуск агрегату і електричне регулювання швидкості.

Ефективність роботи електробура практично не залежить від кількості бурового розчину, що прокачується для вимивання вибуреної породи на поверхню. Однак через те, що буріння нових та розгалуження діючих

свердловин провадиться на глибині від 2 до 5 км, відчутними стають втрати напруги в струмопідводі. Внаслідок цього зменшується напруга на затискачах електродвигуна електробура, що призводить до таких негативних явищ як зменшення пускового та номінального крутного моменту. Різні опори жил кабелю і колони бурильних труб призводять до виникнення несиметрії струмів у обмотці статора занурювального електродвигуна. Занижена напруга живлення і несиметрія струмів призводять до перегріву електродвигуна, швидкого старіння ізоляції обмотки статора та відмови електробура.

Підвищення енергоефективності електробуріння свердловин може бути досягнуте при точнішому визначенні напруги на затискачах електробура в залежності від заданих технологічних параметрів буріння. Для зменшення несиметрії струмів електробура треба створити на початку струмопідводу таку несиметричну систему напруг, при якій отримаємо симетричну систему струмів і, відповідно, напруг на затискачах занурювального двигуна.

За результатами аналізу енергоефективності роботи електробурової техніки на Прикарпатті встановлено, що на протязі року з допомогою електробурів пробурюється понад 20000 тисяч метрів свердловин. З них Долинською дільницею Прикарпатського УБР 60-70%, решта Бориславською та Надвірнянською дільницями. При цьому використовуються електробури типу Е 240, Е215, Е164 з механізмами викривлення і телеметричними системами. Під час буріння на протязі року застосовуються від 70-80 електробурів, 25-30 телеметричних систем 23-30 струмоприймачів, 35-60 пристроїв контролю ізоляції, 500-800 кабельних секцій [4-6].

Найбільші об'єми електробуріння глибоких свердловин були в Долинському районі, який характеризується заляганням твердих порід на глибинах 2...5 км. Спостерігається значна кількість простоїв обладнання через відмови кабельних секцій струмопроводу та наземних підстанцій. Основною причиною відмов кабельних секцій є недосконалість їх конструкцій та значні комутаційні перенапруги. Загальний час роботи електробурів на забої монотонно зменшується.

Кількість ремонтів електробурової техніки складає для двигунів електробурів: 25-30, для телеметричних систем 5-20, для пристроїв контролю ізоляції 5-12, струмоприймачів 4-10, кабельних секцій 300-600.

Міжремонтні періоди складають для двигунів електробурів: 50-80 год., для телеметричних систем 70-140 год., для пристроїв контролю ізоляції 150-300 год., кабельних секцій 400-550 год..

Підвищення енергоефективності роботи електричного обладнання бурових установок Прикарпатського УБР можна досягнути шляхом реконструкції системи енергозабезпечення, правильного вибору енергооптимальних режимів роботи, реалізації енергозощаджуючих технологій та економічно обґрунтованого вибору енергетичного обладнання у відповідності до вимог процесу буріння.

2 Розробка комп'ютерно-орієнтованих моделей надійності електрообладнання та систем електропостачання

Адекватна математична модель відображає фізичну суть енергетичних перетворень і окреслює основні напрямки підвищення ефективності функціонування електрообладнання ЕТК НГП. Найбільший енергетичний ефект можна отримати на агрегатах великої потужності із довготривалим режимом роботи [2].

Задачі аналізу та оцінки надійності можна розділити на наступні три групи:

- роботи і дослідження, пов'язані з методами оцінки надійності на основі наявних даних про безвідмовність, довговічність, ремонтність. Вони присвячені статистико-імовірнісним проблемам теорії надійності і в них не розглядаються питання фізичної природи відмов;

- роботи, присвячені дослідженню фізичної природи відмов. Тут спостерігаються спроби застосувати методи суміжних технічних дисциплін при вирішуванні проблеми надійності;

- роботи, у яких розглядаються конструктивно-технологічні задачі підвищення надійності конкретних видів техніки.

Безперечно, суттєве місце у дослідженні надійності технічних систем займають їх випробування, оскільки перевірити високі показники надійності аналітично доволі складно. Це зумовлено тим, що у кожному конкретному об'єкті завжди є визначені фактори, що впливають на комплексні показники надійності і дію яких неможливо достовірно врахувати у розрахункових моделях.

Завантажувально-розвантажувальні механізми бурових установок є типовими механічними системами з великою кількістю елементів, тісно пов'язаних між собою функціональними зв'язками.

Схема енергопостачання об'єктів нафтогазовидобутку досить однотипна:

- головні ПС 110/35/6 кВ отримують електроенергію з електричних мереж і перетворюють її в електроенергію напругою 35кВ та 6 кВ;

- по ПЛ-35 кВ енергія розподіляється між ПС 35/6 кВ, які, у свою чергу, перетворюють її в енергію напругою 6 кВ і розподіляють між споживачами (об'єктами нафтогазовидобутку);

- залежно від схеми електропостачання енергія надходить або відразу конкретному споживачеві, або через комплектні трансформаторні підстанції - КТП

Енергозбереження в електроприводі є частиною загального процесу ефективного використання електроенергії визначається трьома процесами: енергоспоживанням; енерговикористанням споживаної енергії; енергоуправлінням процесу енергоспоживання.

У питаннях енергоспоживання необхідне чітке уявлення про характер перетворення енергії, складові потужності, про показники якості електроенергії, їх вплив на характеристики електромеханічних перетворювачів.

У питаннях енерговикористання найважливішим є баланс складових потужності, що дозволяє виявити механізми старіння електроустаткування на

додачу до відомих і пов'язаних в основному з термічним характером впливу енергопроцесів на робочі й експлуатаційні характеристики.

Енергетичний підхід, що базується на спільності процесів енергоспоживання, енерговикористання і енергоуправління, пов'язує в єдиний електромеханічний комплекс елементи, що розглядалися раніше без взаємозв'язку: енергосистема, споживач (електропривод) і технологічна установка.

Енергоефективність привода зараз оцінюється аперіодично, наприклад при проведенні енергоаудиту. Необхідно ставити задачу безперервного, постійного контролю за економічністю споживання електроенергії приводом. Тобто існує необхідність розробки високопродуктивних, компактних і економічних систем контролю та аналізу енерговикористання приводом.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Визначити крок дискретизації для контролю енергоефективності електропривода.
2. Обґрунтувати та запропонувати систему ведення бази даних.
3. Дослідити та розробити методи визначення області економічної роботи та її меж для будь-яких технологічних процесів на базі електропривода.

Для оцінки економічної ефективності слід зважати на такі показники, як термін окупності, дисконтований термін окупності, чиста приведена вартість, внутрішня норма прибутковості. Окремо слід відмітити, що за основу економічних розрахунків встановлення такої системи слід приймати економічну вигоду на протязі всього життєвого циклу функціонування системи.

В загальному вигляді вимірюваними є фізичні величини: електричні (струм, напруга, потужність і т.п.); механічні (момент, швидкість, переміщення і т.п.); технологічні (тиск, продуктивність і т.п.).

На даний час важливо визначити способи експериментального дослідження енергоефективності основного електричного обладнання бурових установок, так як існуючі засоби контролю дозволяють отримувати інформацію за допомогою давача активної потужності, які встановлюються на поверхні.

Цей засіб дає змогу контролювати активну потужність, яка підводиться на поверхні до системи «два проводи – труба – електродвигун» (ДПТ - ЕД) [1,2].

ККД заглибного електроприводу, враховуючи (1), може бути визначено:

$$\eta_{zn} = \frac{P1 - \left[(I_A^2 + I_B^2)r_k l + I_T^2 r_T l + \Delta P_{HX} + I^2 r_{\partial\partial} \right]}{P1}, \quad (1)$$

де I_A, I_B, I_T – струм навантаження системи «два приводи - труба», А; r_k, r_T - питомий активний опір кабелю і труби, Ом/км; $r_{\partial\partial}$ - активний опір обмотки статора електродвигуна, Ом; ΔP_{HX} – втрати потужності неробочого ходу, кВт; l - довжина свердловини, км.

Для вдосконалення засобів контролю активної потужності і можливості використання їх для контролю потужності на валу заглибного двигуна пропонується метод непрямого вимірювання з введенням корегуючи ланцюгів, які дозволять врахувати втрати потужності в струмовідводі, двигуні і втрати неробочого ходу.

Вітчизняна промисловість випускає давачі активної потужності, що під'єднуються до вторинної обмотки трансформаторів струму і трансформаторів напруги. Вихідний сигнал цих давачів знаходиться в межах 0÷10В. Якщо використати сучасну елементну базу для реалізації корегуючих ланок, то це дозволить реалізувати алгоритм:

$$P_e = P1 - \Delta P_{СП} - \Delta P_{HX} - \Delta P_{\partial\partial}, \quad (2)$$

де $\Delta P_{СП}$ - втрати потужності в струмопідводі, кВт; $\Delta P_{\partial\partial}$ – втрати потужності в двигуні, кВт.

Визначення втрат потужності в струмовідводі пропонується зробити за допомогою таких елементів: квадратор, пристрій множення, в яких здійснюється операція піднесення до квадрату струму і множення на опір, тобто на виході цих елементів отримаємо напругу в межах від 0÷10В, що пропорційна квадрату струму, і напругу, що пропорційна втратам потужності в струмопідводі,

$$U1 = k1 \cdot I^2. \quad (3)$$

$$U2 = k2 \cdot I^2 r_k l. \quad (4)$$

Отримання величини втрат потужності у заглибному електродвигуні здійснюється за допомогою елемента множення. Цей елемент дозволяє провести операцію множення квадрату струму на активний опір обмотки статора електродвигуна. Тоді вихідний сигнал цього елемента, що знаходиться в межах $0 \div 10V$, пропорційний $\Delta P_{\text{об}}$:

$$U_3 = k_3 \cdot I^2 r_{\text{об}}. \quad (5)$$

Важливим показником заглибного електроприводу є потужність на долоті, від величини якої залежить ефективність процесу руйнування породи на вибої свердловини. Цей показник визначається тоді, коли від потужності на валу заглибного електродвигуна відраховуються втрати потужності в шпінделі, тобто:

$$\Delta P_{\text{дол.}} = P_{\text{в}} - \sum P_{\text{ун.}} \quad (6)$$

Якщо є змога отримати величину потужності на долоті аналітично або експериментально, то ККД заглибного електроприводу визначається

$$\eta_{\text{зп}} = \frac{P_{\text{дол.}}}{P_1}. \quad (7)$$

Потужність на долоті в процесі буріння свердловин не є сталою величиною і, як правило, при постійному осьовому навантаженні її величина змінюється за рахунок зносу долота в зв'язку з чим зменшується ККД заглибного електроприводу та збільшується споживання електроенергії [5,6].

Це можливе шляхом створення системи стабілізації потужності на валу заглибного електроприводу із зворотніми зв'язками за струмом і швидкістю, яка передбачає безперервну зміну осьового навантаження під час буріння таким чином, щоб при зносі шарошок породоруйнівного інструменту потужність на долоті залишилась незмінною. Такий підхід є важливим етапом заощадження електроенергії для електробуріння [6,7].

З метою оперативного контролю параметрів режиму і керування режимами електроспоживання потрібно впроваджувати сучасні багатофункціональні комплекси з застосуванням електронних вимірювальних

приладів, що дасть змогу забезпечити ефективне використання електроенергії на промислових об'єктах.

3 Аналіз робіт та інформаційних потоків, що описують енергетичні витрати та їх вплив на довкілля

Завдання функціонування і розвитку енергетики, а також збереження рівноваги природного функціонування навколишнього середовища охоплюють об'єктивні протиріччя.

Взаємодія енергетичних об'єктів НГП з навколишнім середовищем відбувається на всіх рівнях ієрархії паливно-енергетичного комплексу: добування, переробки, транспортування, перетворення, розподілу і використання енергії.

Як правило, паливно-енергетичний баланс складається з потужних первинних джерел енергії $\Sigma\Pi$, перетворення потужності цих джерел енергії ΣT і забезпечення споживачів ΣP (електричною енергією), ΣE (тепловою енергією) і необхідним паливом ΣB (рисунок 1).

В даній схемі сумарне техногенне навантаження енергетичної системи на довкілля: ΣA – викиди в атмосферу, ΣL – викиди в літосферу, ΣQ – тепла енергія, ΣG – взаємодія з гідросферою.

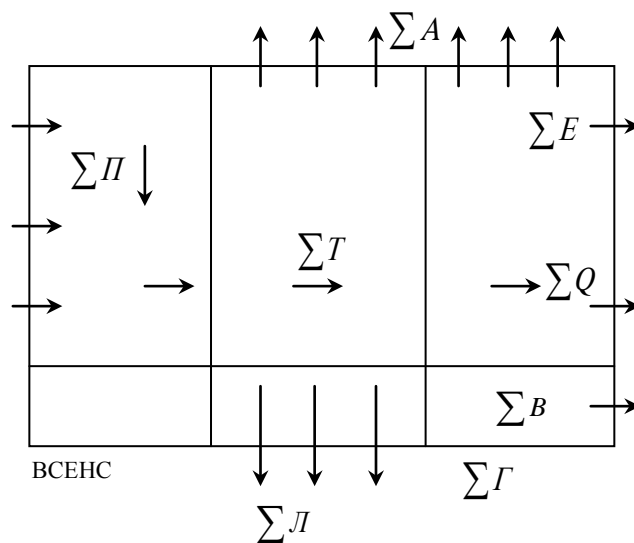


Рисунок 1 – Структурна схема паливно-енергетичного балансу

З поміж усіх галузей промисловості енергетика найбільше забруднює атмосферу – 32 %. Україна займає восьме місце в світі як емітер CO₂, в енергетичній галузі її частка становить 2.35 % загальносвітових викидів цієї речовини енергетикою [3].

$$Q_{CO_2} = \frac{P_{НОМ}}{\eta}(1 - \eta). \quad (8)$$

В зв'язку із значними невизначеностями оцінка техногенного навантаження енергетичних об'єктів в глобальному вимірі повинна базуватись на багатоваріантному аналізі. При цьому класичними залишаються два принципово можливі напрямки оцінки: по досягненню гранично-допустимої концентрації (ГДК) або гранично-допустимих викидів (ГДВ) в локальному, регіональному або глобальному вимірах.

Для оцінки всіх зв'язків між джерелом впливу і збитками в [6] запропоновано визначити функцію джерела впливу:

$$Q(R, \tau) = \sum_i \sum_j \sum_l \alpha_{ijl}(R, \tau), \quad (9)$$

де α_{ijl} – окремі джерела факторів впливу, які характеризуються порядком і, середовищем впливу j і природою впливу l;

Закон розповсюдження впливу, який дозволяє визначити концентрацію фактору:

$$\sigma_{ijl}(R, \tau) = F(Q(R, \tau), V, D, \Delta\tau, w), \quad (10)$$

а також закони перетворень (фізичних, хімічних та інших):

$$\sigma_{ijl} \leftrightarrow \omega_i \sigma_{(i-1)jl} \leftrightarrow \omega_j \sigma_{(j-1)l}, \quad (11)$$

де ω – фактор перетворень; V – горизонтальна складова швидкості переносу; w – вертикальна складова.

Інтегральні гранично-допустимі викиди можуть визначатись за допомогою наступного виразу:

$$\Gamma_{\text{ДВ}} = \sum_{i=1}^n M_i \frac{\Gamma_{\text{ДК}_i}}{q_i}, \quad (12)$$

де $\sum M_i$ – загальні викиди i -ої речовини за одиницю часу всіма енергетичними установками; $\Gamma_{\text{ДК}_i}$ – гранично-допустима концентрація i -тої речовини; n – число викидів; q_i – концентрація i -ої речовини для заданих умов:

$$q_i = \sum_{i=1}^m M_i \frac{\tau_i}{V_{A_i}}, \quad (13)$$

де τ_i – максимальна тривалість перебування i -тої речовини в атмосфері; V_{A_i} – об'єм атмосфери, для якої визначається $\Gamma_{\text{ДК}_i}$; m – число установок, які викидають i -ту речовину.

Для оцінки зміни навколишнього середовища, з врахуванням змін в усіх його компонентах, запропоновано вираз:

$$\text{ПСОС} = (S_A \sum_{k=1}^n \text{ДС}_{\text{АК}} \text{СV}_{\text{АК}} + S_{\Gamma} \sum_{k=1}^n \text{ДС}_{\text{ГК}} \text{СV}_{\text{ГК}} + S_{\text{Л}} \sum_{k=1}^n \text{ДС}_{\text{ЛК}} \text{СV}_{\text{ЛК}}) + \frac{1000}{\text{ПСОС}_0}, \quad (14)$$

де ПСОС – показник складу навколишнього середовища; S_A , S_{Γ} , $S_{\text{Л}}$ – важливі фактори для атмосфери, гідросфери і літосфери; ДС – характеристика збитків компоненти, яка навколишнього середовища; СV – об'єм компоненти, яка контролюється; К – коефіцієнт впливу на навколишнє середовище; О – індекс, який характеризує початковий стан.

Крім того зменшення негативного впливу енергоустановок пов'язане із значними додатковими капіталовкладеннями. Виконання вимог до енергетичного обладнання, обумовлених умовами охорони навколишнього середовища, можуть викликати збільшення капіталовкладень на енергетичних об'єктах.

У зв'язку з цим актуальним є комплексний підхід до зменшення техногенного навантаження енергетичних об'єктів на довкілля, основними напрямками якого повинні бути:

- зменшення споживання енергоресурсів за рахунок удосконалених технологій і обладнання виробництва, а також самообмеження споживання;

- вдосконалення з точки зору коефіцієнту корисної дії і зменшення впливу на довкілля на всіх рівнях енергетичної ієрархії: вироблення – розподілу – споживання енергії;

- впровадження екологічно чистих нетрадиційних і відновлювальних джерел енергії і технологій;

- удосконалення методів та способів оцінки екологічної ефективності енергетичних установок.

Тому життєво важливим пріоритетом енергетичної політики в сучасних умовах, в тому числі і науково-прикладних розробок, повинно стати ресурсозбереження, яке забезпечить:

- зменшення техногенного навантаження паливно-енергетичного комплексу на економіку і довкілля;

- збереження біосфери за рахунок зменшення споживання природних невідновлювальних ресурсів.

Досягнення екологічної безпеки передбачається шляхом комплексного вирішення проблем:

- контроль і аналіз техногенного навантаження на довкілля енергетичних об'єктів на всіх рівнях ієрархії: генерування – розподілу – використання енергії;

- попередження виникнення аварійних ситуацій;

- впровадження організаційних і технічних заходів по зменшенню техногенного навантаження енергетичних об'єктів на довкілля;

- створення системи освітньо-виховної роботи по ресурсозбереженню і раціональному їх використанню.

Висновки: Підвищення ефективності електроприводу НГП зв'язано із зменшенням техногенного навантаження на довкілля.

Література:

1. Федорів М. Й., Николин У. М, Поточний А. І. Математична модель функціонування системи електропостачання електробура. Журнал "Вісник Вінницького політехнічного інституту". № 5 за 2013 рік. м. Вінниця - с. 55-60.
2. Solomchak O. V. Reactive power of displacement and distortion. Сборник научных трудов SWorld. – Выпуск 3. Том 10. – Иваново: МАРКОВА АД, 2013. – ЦИТ: 313-0532 – с. 44-49.
3. Федорів М.Й., Поточний А.І., Мойсюк Ю.Я. Розробка математичної моделі функціонування електрообладнання системи електропостачання електробура під час буріння. Наукові праці Донецького національного технічного університету. Секція «Електротехніка і енергетика». Всеукраїнський науковий збірник №1(14). м. Донецьк, 2013. – с. 278-282.
4. Костишин В.С., Курляк П.О. Моделювання режимів роботи електроприводних магістральних насосних агрегатів із застосуванням автоматизованої системи плавного пуску. Наукові праці Донецького національного технічного університету № 1 (14), 2013р. - с. - .
5. Галушак І.Д., Катеринюк В.В. Оптимізація режимів роботи на трансформаторних підстанціях нафтових і газових промислів. Збірник наукових праць I Міжнародної науково-технічної конференції викладачів, аспірантів і студентів „Сучасні проблеми систем електропостачання промислових та побутових об'єктів” м. Донецьк: «ДВНЗ» ДонНТУ, 2013. – с. 158-159.
6. Поточний А.І. Аналіз ефективності функціонування електротехнічного комплексу для електробуріння. Міжнародна науково-технічна конференція «Нафтогазова енергетика - 2013» 7-11 жовтня 2013 р. ІФНТУНГ. м. Івано-Франківськ, Факел, 2013. – с. 176-178.
7. Федорів М.Й., Поточний А.І. Оцінка експлуатаційної надійності елементів системи електропостачання електротехнічного комплексу для електробуріння. II Міжнародна науково-технічна конференція «Оптимальне керування електроустановками (ОКЕУ 2013)» ВНТУ, м. Вінниця. – 2013. – с.105.