

## Література

1. Левашов С.П., Якимчук Н.А., Пищаний Ю.М. Геоэлектрические методы картирования зон нефтезагрязнений: В кн.: Геология Чёрного и Азовского морей. – К.: ОМГОР ННПМ НАН Украины, 2000. – С. 237-243.
2. Левашов С.П., Пищаний Ю.В., Якимчук Н.А., Самсонов А.І. Геоелектричні дослідження Східно-Саратського нафтового родовища: В кн.: Геофізичні дослідження на рубежі ХХІ століття. – К.: Укр ДГРІ, 1999. – С.128-133.
3. Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин І.Н., Таскинбаев К.М., Джамикешев А.М., Досмухамбетов М.Ж. Использование комплекса геоэлектрических исследований при оконтуривании залежей углеводородов на месторождениях Западного Казахстана // Докл. НАН Украины. – 2002. – № 8. – С. 95-99.
4. Левашов С.П., Якимчук М.А., Корчагин І.М., Таскинбаев К.М. Технологія прямих пошуків покладів вуглеводнів геоелектричними методами та результати її застосування на наф-

тогазових родовищах Західного Казахстану // Геоінформатика. – 2002. – № 3. – С. 15-25.

5. Левашов С.П., Гуня Д.П., Якимчук Н.А., Корчагин І.Н., Пищаний Ю.М. О возможности прогнозирования зон повышенной газонасыщенности углей и вмещающих пород геоэлектрическими методами // Докл. НАН Украины. – 2002. – № 10. – С. 118-122.

6. Самсонов А.И., Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин І.Н., Божежа Д.Н. О геологических и геофизических предпосылках наличия крупных и средних месторождений углеводородов на территории Одесской области // Докл. НАН Украины. – 2002. – № 11. – С. 124-130.

7. Левашов С.П., Якимчук Н.А., Пищаний Ю.М., Корчагин І.Н. Аппаратурный комплекс «ГЕМА» комплексных геоэлектрических исследований и его использование для поисков скоплений углеводородов. Сборник научных трудов НГА Украины. Том 4. – Днепропетровск: РИК НГА. – 2002. – № 13. – С. 78-83.

8. Месторождения нефти и газа Казахстана: Справочник. – Алматы, 1996. – 324 с.

УДК 621.323

## ТИРИСТОРНИЙ РЕГУЛЯТОР НАПРУГИ ЖИВЛЕННЯ ЕЛЕКТРОБУРА

Д.Ф.Тимків, І.В.Гладь, М.Й.Федорів, В.І.Михайлів

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15,  
тел. (03422) 42166, e-mail: public@ifdtung.if.ua

*Рассмотрены перспективы и проблемы электробурения.*

*С помощью аналитических расчетов определены фазные напряжения питания электробурения при бурении глубоких скважин.*

*Приведена схема тиристорного регулятора напряжения.*

Збільшення темпів видобутку вітчизняних енергоносіїв неможливе без буріння нових та розгалуження діючих або законсервованих малодебітних свердловин. Найефективнішим способом збільшення видобутку нафти з малопродуктивних пластів є додаткове забурювання горизонтальних відгалужень від вертикальної свердловини. Тому актуальним є забезпечення високої надійності та ефективності вибійних двигунів [1].

Найбільш перспективним вибійним двигуном є електробур, який в комплекті з телеметричною системою дає змогу бурити похило-спрямовані свердловини, зокрема легко забурювати горизонтальні відгалуження у діючих свердловинах [2].

Електробур являє собою занурювальний високовольтний маслонаповнений трифазний асинхронний двигун з короткозамкненим ротором.

*Perspectives and problems of electric drilling are viewed.*

*With the help of analytical calculations the meaning of phase tension feeding of drill's electric engine are obtained while drilling deep wells.*

*Triac voltage regulator of a electric drill is suggested.*

Електроенергія до нього надходить від мережі 6 кВ через буровий трансформатор ТМТБ-630/6, станцію керування і захисту УЗЕБ, струмомідрід, виконаний за системою "Два провідники – труба", та пристрій контролю опору ізоляції електродвигуна [3].

Режим 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 проводиться на глибині від 2 до 5 км, відчутними стають втрати напруги в струмомідроді. Внаслідок цього зменшується напруга на затискачах електродвигуна електробура, що призводить до таких негативних явищ як зменшення пускового та номінального крутного моменту. Різні опори жил кабелів і колони бурильних труб призводять до виникнення несиметрії струмів в обмотці статора занурювального електродвигуна.

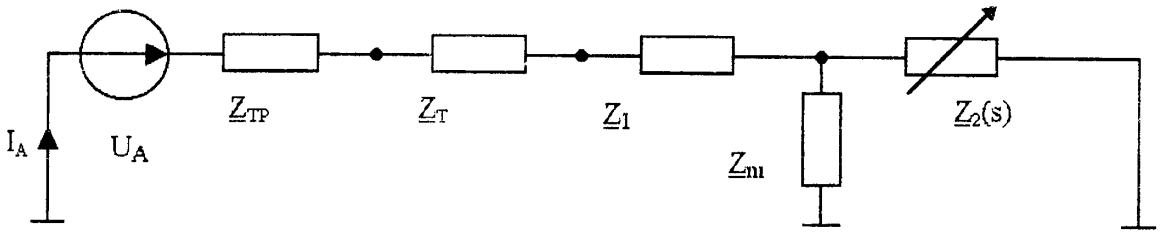


Рисунок 1 — Схема заміщення однієї фази СЕЕ

Занижена напруга живлення і несиметрія струмів призводять до перегріву електродвигуна, швидкого старіння ізоляції обмотки статора та відмови електробура.

Імовірність зменшення напруги на затискачах електробура зростає при неправильному встановленні напруги у вторинній обмотці бурового трансформатора. В даний час напруга встановлюється згідно з [4], що передбачає перемикання відгалужень вторинної обмотки бурового трансформатора вручну залежно від глибини буріння і типу електробура. Але при цьому не враховується зміна параметрів схеми заміщення системи електропостачання електробура (СЕЕ) внаслідок обриву окремих провідників жил кабеля та капітального ремонту (заміни) обмотки статора занурювального електродвигуна. Це призводить до роботи електробура у несиметричному режимі та при заниженій напрузі живлення. При цьому зменшується ефективність буріння загалом та напрацювання на відмову електробура.

Для забезпечення надійності і ефективності електробуріння свердловин потрібно точніше визначати напругу на затискачах електробура при заданих технологічних параметрах 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.

Несиметрична система напруг на початку струмопідводу визначається уточненим розрахунком напруги живлення електробура [5]. Розрахунок передбачає визначення діючих значень фазних напруг на затискачах станції керування і захисту електробура залежно від глибини буріння, типу електробура і режиму його роботи, діаметра бурильних труб, перерізу жил двожильного кабеля і температурного режиму свердловини.

В основі математичної моделі СЕЕ застосовано Т-подібну схему заміщення асинхронного двигуна електробура (рис. 1), представленою комплексними опорами  $Z_1$ ,  $Z_m$  і  $Z_2(s)$  відповідно. В коло статора введено комплексні опори бурового трансформатора  $Z_{TP}$ , а також жили двожильного кабеля  $Z_K$  і бурильної труби  $Z_T$ , які залежать від глибини буріння. Задаючись числовими значеннями опорів схеми заміщення СЕЕ, глибиною буріння  $L$  та номінальним струмом  $I_H$ , знаходимо діючі значення фазних напруг  $U_A$ ,  $U_B$ ,  $U_C$  на початку струмопідводу в номінальному режимі.

Порядок розрахунку напруги на початку струмопідводу при роботі електробура в номінальному режимі такий.

Визначаємо опори схеми заміщення СЕЕ

$$\begin{aligned} Z_{TP} &= r_{TP} + i \cdot x_{TP}, \\ Z_T &= L \cdot (r_T + i \cdot x_T), \\ Z_K &= L \cdot (r_K + i \cdot x_K), \\ Z &= \frac{U_H}{\sqrt{3} \cdot I_H} \cdot e^{i \cdot \arccos(\cos \phi_H)}, \end{aligned} \quad (1)$$

де:  $r_{TP}$ ,  $x_{TP}$  – активний та індуктивний опори бурового трансформатора;

$r_T$ ,  $x_T$  – активний та індуктивний опори бурильної труби;

$r_K$ ,  $x_K$  – активний та індуктивний опори жили кабеля;

$U_H$  – номінальна напруга електродвигуна;

$I_H$  – номінальний струм електродвигуна;

$\cos \phi_H$  – номінальний коефіцієнт потужності електродвигуна.

Задаємося симетричною трифазною системою номінальних фазних струмів занурювального електродвигуна електробура

$$\begin{aligned} \dot{I}_A &= I_H, \\ \dot{I}_B &= I_H \cdot e^{-i \cdot 120^\circ}, \\ \dot{I}_C &= I_H \cdot e^{-i \cdot 240^\circ}. \end{aligned} \quad (2)$$

Обчислюємо опори фаз струмопідводу

$$\begin{aligned} Z_A &= Z_{TP} + Z_T + Z, \\ Z_B &= Z_{TP} + Z_K + Z, \\ Z_C &= Z_{TP} + Z_K + Z. \end{aligned} \quad (3)$$

Визначаємо напруги на початку струмопідводу

$$\begin{aligned} \dot{U}_{AB} &= Z_A \cdot \dot{I}_A - Z_B \cdot \dot{I}_B, \\ \dot{U}_{BC} &= Z_B \cdot \dot{I}_B - Z_C \cdot \dot{I}_C, \\ \dot{U}_{CA} &= Z_A \cdot \dot{I}_A - Z_C \cdot \dot{I}_C. \end{aligned} \quad (4)$$

Діючі значення фазних напруг  $U_A$ ,  $U_B$ ,  $U_C$  на початку струмопідводу при величині кута зсуву між ними  $120^\circ$  визначаємо за методикою, описаною в роботі [6].

Система напруг на початку струмопідводу, яка відповідає роботі електробура в номіналь-

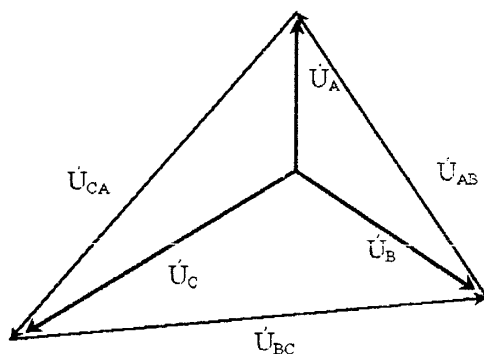


Рисунок 2 — Несиметрична система напруг на початку струмопідводу електробура

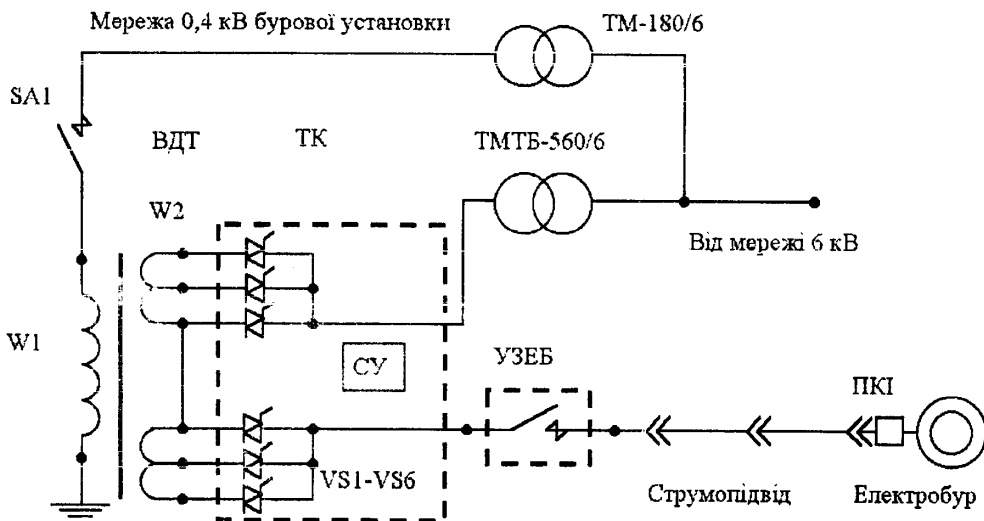


Рисунок 3 — Схема ТРН для живлення електробура

ному режимі на заданій глибині буріння, наведена на рис. 2.

Для встановлення розрахованих згідно з [6] значень напруги в кожній фазі на початку струмопідводу та корекції напруги під час буріння свердловини авторами пропонується застосування тиристорного регулятора напруги живлення електробура (ТРН), спрощена схема якого зображена на рис. 3.

ТРН складається з трифазного вольтододакового трансформатора ВДТ з секціонованою вторинною обмоткою W2 та тиристорних комутаторів ТК в кожній фазі вторинної обмотки. ВДТ є додатковим елементом в структурі СЕЕ. Первинна обмотка W1 через автоматичний вимикач SA1 живиться від мережі 0,4 кВ бурової установки, а певна кількість секцій кожної фази вторинної обмотки W2 вмикається послідовно в коло живлення електробура за допомогою ТК, керованого системою управління СУ.

Живлення ВДТ напругою 0,4 кВ від силового трансформатора ТМ180/6 бурової установки значно підвищує безпеку обслуговування ТРН.

За результатами аналізу режимів роботи електробура, проведеного на його математичній моделі, передбачено 4 секції у кожній фазі вторинної обмотки ВДТ.

ТК являє собою 6 силових симетричних тиристорів VS1...VS6, приєднаних до відповідних виводів секцій і закріплених на радіаторах. У будь-який момент часу відкритими є два тиристори, що під'єднані до верхнього і нижнього пліч вторинної обмотки ВДТ.

Схема ТК дає змогу отримати 9 ступенів регулювання напруги за наявності 6 тиристорних ключів та 4 секцій вторинної обмотки ВДТ, що досягається застосуванням алгоритму кодового керування тиристорами [7]. Напруга кожної секції становить 20 В, максимальна напруга вольтододадку відповідно становить 160 В.

Для недопущення одночасного відкриття двох суміжних тиристорів в одному із пліч вторинної обмотки ВДТ, що призведе до міжвиткового короткого замикання, застосовано алгоритм їх синхронізованого відкриття, узгодженого з моментом зміни напрямку протікання струму через ТК [8, 9].

З метою контролю напруги живлення електробура авторами провадяться науково-дослідні роботи, спрямовані на розробку вимірювача фазних напруг безпосередньо на затискачах занурювального електродвигуна. Особливої уваги потребує дослідження автоматичного пофазного регулювання напруги живлення занурювального електродвигуна при зміні осьового навантаження на долото електробура.

## Література

1. Кунцяк Я.В., Новіков В.Д., Булатов К.В., Пилипець А.І., Бражина Г.Й., Лилак М.М., Мрозек Є.Р. Буріння бокового горизонтального стовбура за вітчизняною технологією // Нафтова і газова промисловість. – 2002. – № 1. – С. 20-21.
2. Яремійчук Р.С., Байдюк Б.В. Напрямки створення української технології буріння свердловин, конкурентоспроможної на світовому рівні // Нафтова і газова промисловість. – 1997. – № 4. – С. 17-18.
3. Фоменко Ф.Н. Бурение скважин электробуром. – М.: Недра, 1974. – 272 с.
4. Гельфгат А.Я., Фоменко Ф.Н., Дубаев А.К., Курепин В.И., Блиох И.А., Джалалов Э.Р. Инструкции по технологии бурения скважин нефтяных и газовых скважин. Вып. 72. – М., 1974.

5. Гладь І.В., Федорів М.Й., Галушак І.Д. Модернізація системи електропостачання електробура на основі її математичної моделі // Тези ІІІ МНПК "Проблеми економії енергії". – Львів, 2001. – С. 164-165.

6. Гладь І.В., Федорів М.Й. Розрахунок напруги живлення електробура // Нафтова і газова промисловість. – 2001. – № 5. – С. 23-24.

7. Гельман В. П., Лохов С. П. Тиристорные регуляторы переменного напряжения. – М.: Энергия, 1975.

8. Справочник по преобразовательной технике / Под ред. И.М.Чиженко. – К.: Техніка, 1978.

9. Лю Ким Тхань. Электропривод ТПН-АД с автоматическим симметрированием токов статора при питании от сети с несимметричным напряжением / Дис. канд. техн. наук: 05.09.03 / Одесский политехнический университет. – Одеса, 1995.

УДК 622.24.053.2

## РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДЛЯ БУРІННЯ ПОХИЛО-СПРЯМОВАНИХ СВЕРДЛОВИН

*І.В.Восвідко*

*ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15,  
тел. (03422) 46329, e-mail: public@ifdtung.if.ua*

*Освещены способы направленного бурения скважин по принципу использования факторов, вызывающих искривление скважин. Рассмотрена конструкция устройства для бурения наклонно-направленных скважин. Исследованы возможности использования устройства в составе неориентируемых компоновок низа буровой колонны (КНБК) для управления зенитным углом и азимутом при бурении направленных скважин.*

*In this article the methods of controlled drilling on principle of using factors, causing well inclination are reviewed. The construction of device for drilling inclined wells is described. The opportunity of using this device in composition with drilling string assemblies controlling zenith angle and azimuth during controlled drilling is investigated.*

Перед нафтогазовим комплексом України стоїть першочергове завдання — підвищити ефективність і поліпшити якість буріння, що пов'язано як з кількісним зростанням, тобто збільшенням швидкісних показників буріння, так і підвищенням якості бурових робіт. Один з найбільш важливих факторів підвищення їх якості — буріння похило-спрямованих свердловин строго за проектом.

повідності з вищезазначеним, визначились такі способи спрямованого буріння: з використанням тільки закономірностей природного викривлення свердловин; із застосуванням технічних факторів; з використанням технологічних факторів (режимних параметрів буріння); з використанням спеціальних способів руйнування породи; комбінований спосіб (використання вищезазначених способів в комбінації).

На даний час у зв'язку зі збільшенням глибин свердловин з різних причин виникають відхилення від проектного напрямку. Інтенсивність зенітного та азимутального викривлення іноді абсолютно не відповідає заданим величинам. Для того, щоб уникнути небажаних наслідків викривлення свердловин, необхідно забезпечити проведення свердловин в заданому напрямі.

Авторами статті розроблений пристрій для буріння похило-спрямованих свердловин (ПБПС) з використанням комбінованого способу спрямованого буріння. На рис. 1,а зображена схема ПБПС в робочому стані в компоновці з турбобуром, а на рис 1, б – поперечний розріз пристрою.

Всі способи спрямованого буріння свердловин і засоби для їх реалізації можна класифікувати за принципом використання факторів, що викликають викривлення свердловин. У від-

Пристрій складається з корпусу 1 і п'ятьох лопатей 2, які знаходяться в пазах 3 і розташовані рівномірно через 75° по колу. Корпус пристрою закріплюється за допомогою різьбового з'єднання через перехідник 4 на ніпелі турбобура 5. У внутрішній частині корпусу 1 при-