

## ПІДВИЩЕННЯ ДОСТОВІРНОСТІ КОНТРОЛЮ НАПРУГИ НА ЗАТИСКАЧАХ ЗАНУРЮВАНОВОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА ЕЛЕКТРОБУРА В ПРОМИСЛОВИХ УМОВАХ

© Гладь І. В., 2004

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

### *Запропоновано спосіб підвищення достовірності контролю фазних напруг на затискачах занурюваних елек- тродвигунів*

Необхідною умовою розвитку народного господарства України є забезпечення енергоносіями, зокрема нафтою і газом. Ефективне буріння вертикальних і похило спрямованих свердловин в твердих породах, які характерні для Стрийських родовищ і розміщені на значній глибині, можливе тільки електробуром [1, 2]. Тому актуальною задачею є забезпечення його високої експлуатаційної надійності та ефективності.

Використання електробура як вибійного двигуна при бурінні глибоких свердловин супроводжується багатьма негативними факторами, які зменшують його ресурс. Основними з них є відхилення напруги на затискачах трифазного занурюваного електродвигуна (ЗЕД) електробура та несиметрія струмів. Ці фактори зумовлені неоднаковим електричним опором жил кабелів та колони бурильних труб (КБТ) системи підведення струму (СПС) до ЗЕД. Ефективна робота електробура можлива при забезпеченні на затискачах ЗЕД симетричної номінальної напруги при зміні моменту опору на його валі в діапазоні від нуля до критичного значення. Це досягається шляхом пофазного регулювання напруги на початку СПС при вимірюванні напруги на затискачах ЗЕД непрямым методом [3].

Для підвищення достовірності контролю напруги на затискачах ЗЕД необхідно знати залежність величини електричного опору жил кабелю та КБТ від сили струму. Конструкція СПС не є однаковою при бурінні на різних глибинах і залежить від компоновки КБТ (сумарна довжина КБТ, кількість обважнених бурильних труб тощо). Внаслідок впливу факторів, індивідуальних для кожного роз'ємного з'єднання СПС (знос контактної поверхні замків бурильних труб та кабельних муфт, її забрудненість, величина моменту закручування КБТ), опір контактів СПС дещо змінюється при кожному скручуванні КБТ.

Відомий експериментальний метод визначення електричних опорів фаз СПС [4], який базується на вимірюванні фактичних значень лінійних напруг та активних потужностей на початку СПС при її жив-

ленні трифазним струмом. Для цього СПС опускалась у свердловину без електробура, причому жили кабелів і КБТ з'єднувались між собою на її нижньому кінці закороткою. Для живлення СПС застосовувались три однофазні регульовані трансформатори, з'єднані в зірку з ізолюваною нейтраллю, якими отримувалась трифазна симетрична система струмів заданого значення, контрольованого амперметрами. В результаті обчислень, проведених у комплексній формі, отримувалася нелінійна залежність питомих активного та індуктивного опорів фаз СПС від струму.

Недоліками даного методу є:

- нехтування нестабільністю опору контактів роз'ємних з'єднань СПС;
- необхідність підтримання в СПС трифазної симетричної системи струмів, яка відповідає різному навантаженню ЗЕД;
- необхідність опускання закоротки у вибій, що спричинює додаткові затрати часу і електроенергії.

Автором пропонується новий експериментальний метод визначення електричних опорів фаз СПС, який не містить вказаних вище недоліків, застосування якого в промислових умовах дасть змогу суттєво підвищити достовірність контролю напруги на затискачах ЗЕД.

Суть методу полягає у розрахунку активних та індуктивних опорів ЗЕД, жили кабелю та КБТ на основі виміряних значень сили струму, напруги на початку СПС та активної потужності при використанні однофазного регульованого джерела змінного струму.

Нижче приводиться послідовність визначення опорів СПС.

Опір ЗЕД визначається при його розміщенні у гирлі свердловини, коли опором однієї-двох свічок колони можна знехтувати. Електрична схема вимірювання приведена на рис. 1.

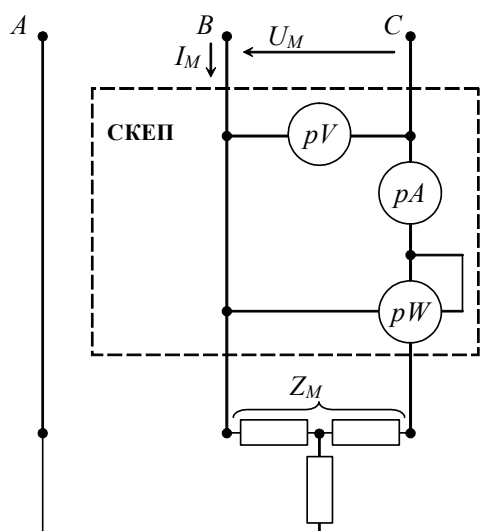


Рис. 1. Вимірювання опору ЗЕД

До затискачів *B* і *C* під'єднується джерело однофазного струму і вимірюються струм ЗЕД  $I_M$ , напруга ЗЕД  $U_M$  та активна потужність  $P_M$ . Розраховуються повний, активний та індуктивний опори ЗЕД:

$$\begin{aligned} Z_M &= \frac{U_M}{I_M}; \quad R_M = \frac{P_M}{I_M^2}; \\ X_M &= Z_M \cdot \sin\left(\arccos\left(\frac{P_M}{U_M \cdot I_M}\right)\right). \end{aligned} \quad (1)$$

Електрична схема для вимірювання сумарного опору жил кабелів приведена на рис. 2.

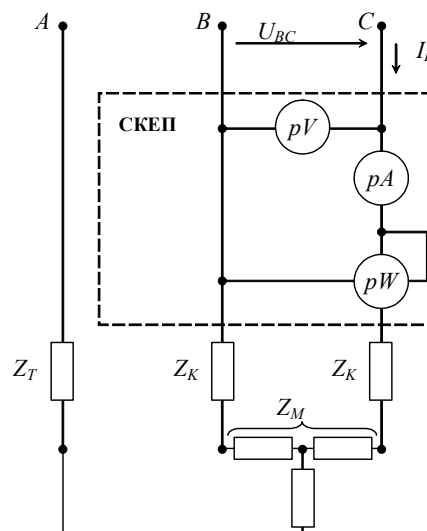


Рис. 2. Вимірювання опору кабелів

Оскільки дві жили кабелю проходять крізь КБТ до затискачів ЗЕД, то при протіканні по них однофазного змінного струму магнітні поля жил взаємно компенсуються і в КБТ вихрові струми не утворюються. До затискачів *B* і *C* під'єднується джерело однофазного струму і в колі *BC* вимірюються струм  $I_{BC}$ , напруга  $U_{BC}$  та активна потужність  $P_{BC}$ . В результаті розрахунків отримуються сумарні активний та індуктивний опори кабелів:

$$\begin{aligned} Z_{BC} &= \frac{U_{BC}}{I_{BC}}; \quad R_{BC} = \frac{P_{BC}}{I_{BC}^2} - R_M; \\ X_{BC} &= Z_{BC} \cdot \sin\left(\arccos\left(\frac{P_{BC}}{U_{BC} \cdot I_{BC}}\right)\right). \end{aligned} \quad (2)$$

Якщо жили кабелю з неоднаковими опорами внаслідок нерівномірного зносу контактів кабельних муфт по чергові приєднати до джерела однофазного змінного струму та КБТ з електробуром, то можна визначити активний та індуктивний опори кіл *AB* та *AC* (рис. 3):

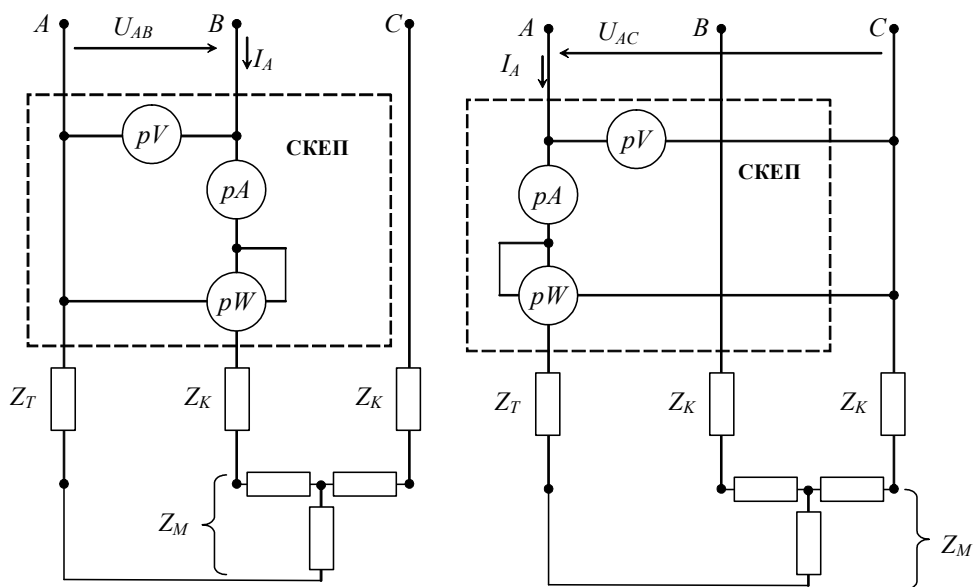


Рис. 3. Вимірювання опорів жил кабелів і КБТ

$$Z_{AB} = \frac{U_{AB}}{I_{AB}}, \quad Z_{AC} = \frac{U_{AC}}{I_{AC}};$$

$$R_{AB} = \frac{P_{AB}}{I_{AB}^2}, \quad R_{AC} = \frac{P_{AC}}{I_{AC}^2};$$

$$X_{AB} = Z_{AB} \cdot \sin\left(\arccos\left(\frac{P_{AB}}{U_{AB} \cdot I_{AB}}\right)\right);$$

$$X_{AC} = Z_{AC} \cdot \sin\left(\arccos\left(\frac{P_{AC}}{U_{AC} \cdot I_{AC}}\right)\right).$$

Визначаємо активний та індуктивний опори жил кабелів:

$$R_B = \frac{R_{BC} - |R_{AB} - R_{AC}|}{2};$$

$$X_B = \frac{X_{BC} - |X_{AB} - X_{AC}|}{2};$$

$$R_C = R_{BC} - R_B; \quad X_C = X_{BC} - X_B. \quad (5)$$

Аналогічно обчислюємо активний та індуктивний опори КБТ:

$$R_T = R_{AC} - R_C - R_M; \quad X_T = X_{AC} - X_C - X_M. \quad (6)$$

При експериментальних дослідженнях як регульоване джерело живлення можна застосувати штатний понижувальний трансформатор ТМТБ-560/6 та додатково встановлений регулятор, який не спотворює форму синусоїди струму.

Застосування системи контролю енергетичних параметрів електробура СКЕП [5], вказаної на рис. 1 – рис. 3, а також віртуальних приладів [6, 7] дасть змогу суттєво зменшити час, автоматизувати процедуру та накопичувати результати вимірю-

вань. Використання запропонованого методу визначення електричного опору фаз СПС в промислових умовах дасть змогу також суттєво підвищити достовірність контролю напруги на затискачах ЗЕД.

1. 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. 2. Бунчак З., Дудар О., Кекот О., Турянський О. *Електробур – парадокси і реальність* // *Електроінформ.* – 2003. – № 4. – С. 8-11. 3. Гладь І.В. *Аналіз методів та засобів контролю напруги на затискачах занурюваних електродвигунів* // *Методи та прилади контролю якості*. – 2003. – № 11. – С. 85-90. 4. Гинзбург І. І. *Исследование электрических параметров токоподвода «два провода - труба»*. – *Электробурение // труды ВНИИБТ, Вып. 11.* – М.: Гостоптехиздат, 1964, С. 102-105. 5. Гладь І. В. *Система контролю параметрів електроспоживання промислових споживачів* // *Зб. наукових праць за результатами МНПК “Мікропроцесорні пристрої та системи в автоматизації виробничих процесів”*, м. Хмельницький, 2003. – С 54-58. 6. Гладь І. В., Федорів М. Й. *Дослідження енергетичних параметрів електробура* // *Матеріали першої МНПК “Інформаційно-керуючі системи і комплекси”*, м. Миколаїв, 2004. – С 19-20. 7. Гладь І. В., Федорів М. Й. *Віртуальні прилади, їх переваги та перспективи* // *Збірка наукових праць третьої НТК “Приладобудування 2004: стан і перспективи”*, м. Київ, 2004. – С 211-212.