

УДК 622.323

М. Й. ФЕДОРІВ (канд. техн. наук, доц.), **А. І. ПОТОЧНИЙ**,
Ю. Я. МОЙСЮК

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Potocnyy_a@ukr.net

РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЕЛЕКТРОБУРА ПІД ЧАС БУРІННЯ

В статті розроблена математична модель системи електропостачання електробура, що створена в середовищі віртуального програмування LabVIEW. Висвітлені основні функціональні можливості моделі. Проведено аналіз результатів роботи програми для різних режимів роботи електробура.

Ключові слова: *електробур, електробуріння, середовище програмування LabVIEW, математична модель системи електропостачання електробура.*

Постановка проблеми. Аналіз наукових праць, навчально-методичних праць, науково-технічної літератури та патентних досліджень показав, що проблема підвищення надійності функціонування електротехнічних комплексів для електробуріння вимагає подальшого дослідження експлуатаційної надійності, визначення закономірностей формування відмов, побудови математичних моделей системи електропостачання електробура, що дасть змогу досліджувати роботу (ЕЛБ) в залежності від глибини забою свердловини та на її основі розробляти технічні та організаційні заходи з підвищення надійності роботи бурового електрообладнання.

Аналіз попередніх досліджень та публікацій. Починаючи із 30-х років минулого століття назріла необхідність забезпечення надійності роботи електроенергетичних систем. У 50-х роках поява складних систем управління зумовила те, що надійність апаратури стала одним з визначальних факторів забезпечення ефективного використання цих систем [2]. Наступний етап розвитку методів дослідження і забезпечення надійності технічних систем спостерігався в 1960 р. У цей період почали розвиватися математичні питання теорії ймовірностей [3].

Технологія буріння електробурами детально викладена у [5]. Автоматизація процесу буріння свердловин електробурами наведена у [6] і [7]. У роботі [8] висвітлені питання розрахунку та прогнозування надійності роботи системи електропостачання електробурів, описані засоби підвищення їх надійності. У роботі [9] коротко характеризується бурове обладнання і умови його роботи, оцінюється експлуатаційну надійність та класифікуються види зносу і відмов його основних частин.

Формування цілей статті. Удосконалення раніше розробленої в середовищі програмування LabVIEW математичної моделі системи електропостачання електробура під час спорудження свердловини.

Висвітлення основного матеріалу. Збільшення власного видобутку нафти та газу, з метою зменшення залежності від зовнішніх джерел енергопостачання – важлива народногосподарська задача для України. Один з шляхів її вирішення – підвищення надійності і ефективності використання нафтовидобувного обладнання та скорочення витрат на його експлуатацію [10].

До переваг буріння електробуром (ЕЛБ) можна віднести високий коефіцієнт корисної дії, що забезпечує передачу на долото більшу потужність і крутний момент. Електробур краще керується з поверхні, дозволяє застосовувати систему дистанційного контролю під час скерованого буріння, бурінні горизонтальних і багатозабійних свердловин, тобто спрощується автоматизація і оптимізація процесу буріння.

LabVIEW платформа та середовище розробки для візуальної мови програмування компанії National Instruments (США). Метою даної мови є автоматизація використання обчислювального та вимірювального лабораторного обладнання. Графічна мова носить назву "G". LabVIEW дозволяє здійснювати доступ до великої кількості приладів через вбудовані драйвери. Спрощує програмування для непрофесійних програмістів, що є його основною перевагою. До ряду приладів, зокрема, розроблених National Instruments уже надаються готові віртуальні інструменти. Програми є незалежними від платформи оскільки виконуються в спеціальному виконавчому середовищі (run-time). Наявна велика кількість функцій для збору даних, обчислень, генерації сигналів, аналізу тощо. Також, наявна велика кількість графічних елементів для реалізації зручного інтерфейсу користувача. В LabVIEW наявний додатковий програмно-текстовий компонент для проведення обчислень - MathScript. Різні частини блок-діаграми можуть виконуватися паралельно [14].

Для проведення досліджень електротехнічного комплексу для електробуріння (ЕТКЕ) в середовищі програмування LABVIEW створена математична модель системи електропостачання електробура, за допомогою якої можна моделювати режими роботи ЕЛБ. Адекватність математичної моделі доведена проведеними дослідженнями з використанням програмного забезпечення фірми National Instruments Corporation LabVIEW на буровій «Струти» № 111 Прикарпатського УБР у с.Ясеновець, Рожнятівський район, Івано-Франківська область. Глибини забою свердловини 362 м [4].

© Федорів М.Й., Поточний А.І., Мойсюк Ю.Я., 2013

В основі даної математичної моделі лежить Т-подібна схема заміщення асинхронного двигуна ЕЛБ. В коло статора введено комплексні опори бурового трансформатора $Z_{ТР}$, жил кабелю Z_G і бурильної труби Z_T . Останні залежать від глибини буріння та від величини струму електродвигуна. Задаючись числовими значеннями опорів схеми заміщення СЕЕ, глибиною буріння L , номінальними струмом I_H і ковзанням s , знаходимо бажані фазні напруги U_A , U_B , U_C на початку струмопідводу в номінальному режимі. Залишаючи бажані фазні напруги на початку струмопідводу та глибину буріння незмінними, розраховуємо механічну характеристику асинхронного двигуна ЕЛБ $M(s)$ та значення його фазних струмів I_A , I_B , I_C при зміні ковзання s від 0 до 1 [12, 13].

Програмна реалізація математичної моделі дозволяє визначати наступні параметри електротехнічного комплексу для електробуріння: опори схеми заміщення електродвигуна ЕЛБ в залежності від ковзання; опори схеми заміщення бурового трансформатора; опори схеми заміщення струмопідводу в залежності від глибини буріння свердловини, типу кабелів та труби; лінійні напруги на початку струмопідводу в залежності від ковзання; фазні струми та напруги на затискачах електродвигуна ЕЛБ; коефіцієнт несиметрії струмів електродвигуна ЕЛБ, його механічні характеристики; автоматично перемикає напругу бурового трансформатора в залежності від глибини буріння і становить: глибина буріння від 0 до 1000 - 1700 В, від 1000 до 2000 - 1750 В, від 2000 до 3000 - 1850 В, від 3000 і вище - 1900 В; визначає втрати потужності в струмопідводі, втрати в міді обмотки статора двигуна, втрати в сталі, втрати на тертя в шпинделі при неробочому ході, додаткові втрати і втрати потужності на долоті в залежності від глибини буріння ЕЛБ; враховує зміну питомого активного опору в залежності від глибини буріння; враховує зміну температуру промивної рідини на поверхні свердловини та на забої під час спорудження свердловини; усі результати розрахунків виводить на цифровий інтерфейс.

Платформа LabVIEW містить дві панелі програмування. Одна з них - передня панель (Front panel), на якій можна створювати будь-який віртуальний прилад. На передній панелі створюється сам віртуальний інструмент, встановлюються панелі графіків, кнопки, регулятори і індикатори, а також за допомогою елементів дизайну поліпшується його зовнішній вигляд. Разом з передньою панеллю з'являється функціональна панель (Diagram). Встановлюючи елемент на передній панелі вони синхронно розставляються і на Diagram (з'являються відповідні їм значки). Сполучаючи термінали між собою в будь-яких дозволених комбінаціях або напрямках проводиться на функціональній панелі. Якщо всі з'єднання зроблені коректно, то програму можна запускати на виконання.

На рис. 1 зображено фрагмент функціональної панелі математичної моделі системи електропостачання електробура в середовищі програмування LabVIEW, на якому можна побачити як відбувається зв'язок між елементами. На цій частині програми можна побачити як визначається опори схеми заміщення електродвигуна електробура в залежності від ковзання, а саме: комплексний опір фази статора; комплексний опір намагнічувального контуру, комплексний опір фази електродвигуна; струм електродвигуна. На рисунку 2 показана створена авторами підпрограма за допомогою якої змінюється глибина буріння і при цьому відбувається зміна ряду показників: середня температура струмопідводу, температура промивної рідини, питомий реактивний опір жили, питомий активний опір жили, питомий активний опір труби при температурі 20 °С, індуктивний опір бурових труб.

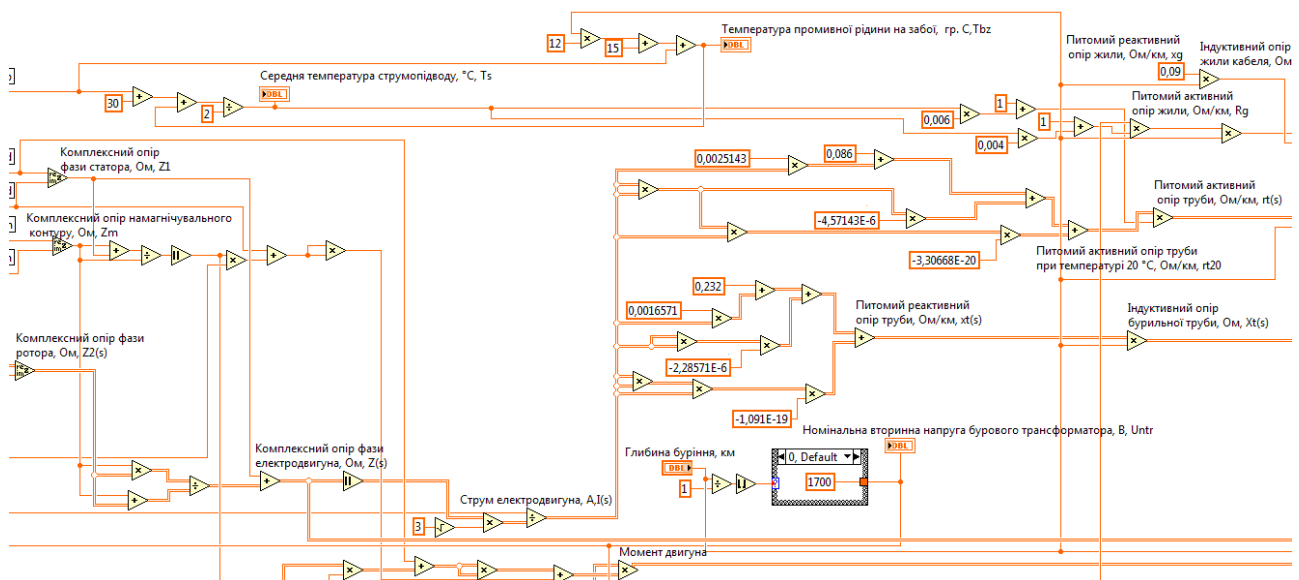


Рисунок 1 – Фрагмент математичної моделі системи електропостачання електробура

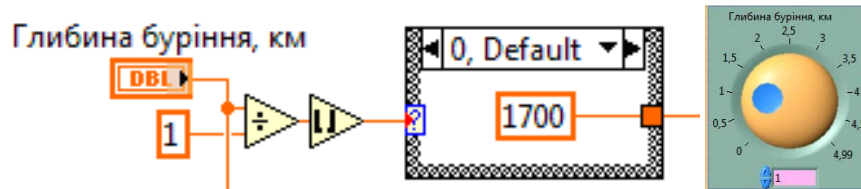


Рисунок 2 – Фрагмент підпрограми за допомогою якої змінюється глибина буріння і ряд інших параметрів

Підпрограма має зв'язок з різними параметрами математичної моделі і зміна їх відбувається після обертання кругового регулятора, який імітує процес буріння свердловини. Для прикладу розглянемо роботу моделі під час буріння на глибині 1 км, 2 км, 2,8 км, і 3,5 км результати якої зображено на рис. 2 – 5.

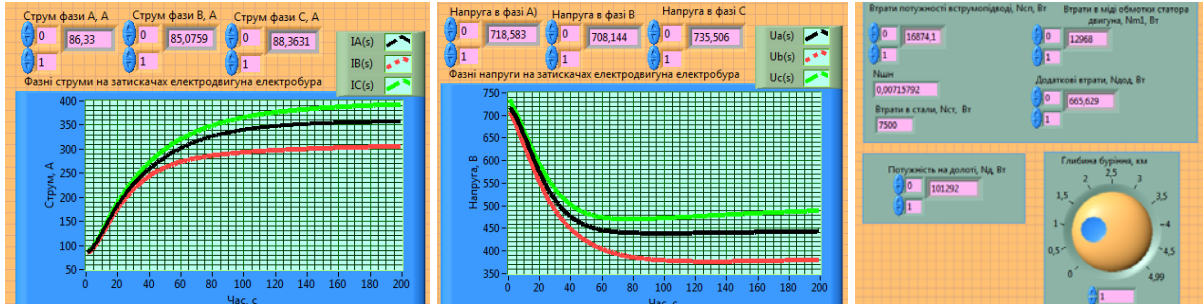


Рисунок 3 - Розрахунок фазних струмів, напруг на затискачах електробудура, сума усіх втрат та корисна потужність на долоті під час буріння на глибині 1 км

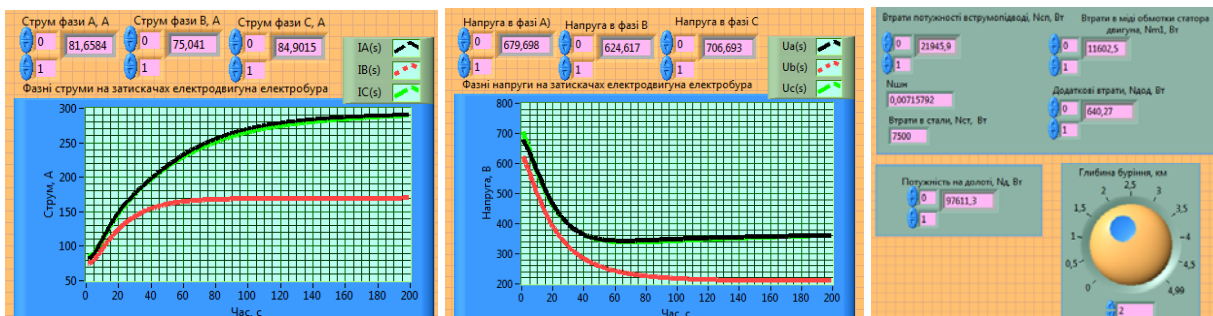


Рисунок 4 - Розрахунок фазних струмів, напруг на затискачах електробудура, сума усіх втрат та корисна потужність на долоті під час буріння на глибині 2 км

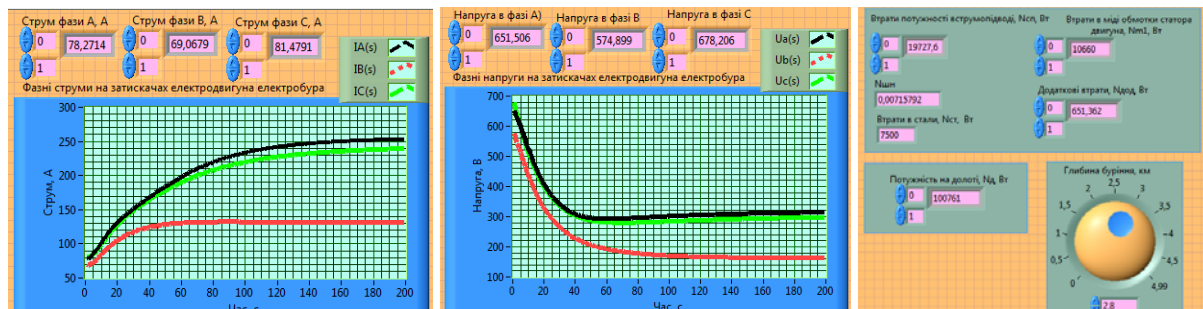


Рисунок 5 - Розрахунок фазних струмів, напруг на затискачах електробудура, сума усіх втрат та корисна потужність на долоті під час буріння на глибині 2,8 км

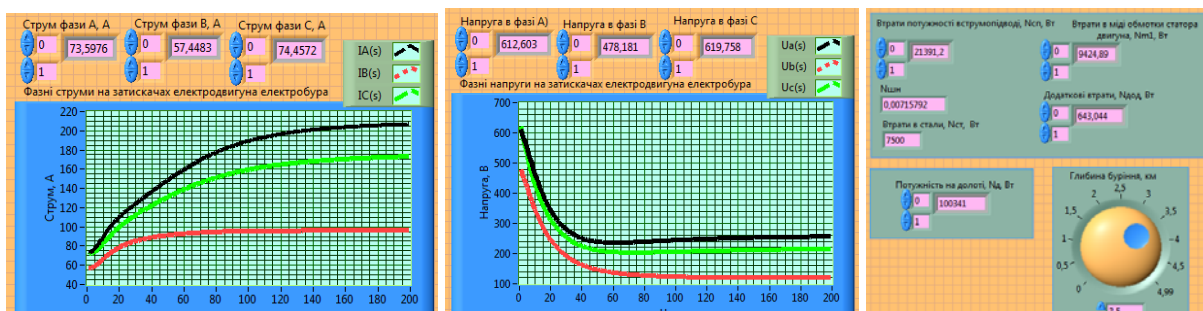


Рисунок 6 - Розрахунок фазних струмів, напруг на затискачах електробудура, сума усіх втрат та корисна потужність на долоті під час буріння на глибині 3,5 км

Аналізуючи результати роботи математичної моделі системи електропостачання електробура (рис. 3 - 6) бачимо, що під час буріння на різних глибинах створення свердловини потужність на долоті практично не змінюється і становить приблизно 100 кВт, що є нормальним в процесі буріння. Щодо температури промивної рідини на різних глибинах буріння то можна зробити висновок, що вона зростає і на глибині 1 км коливається в межах 55 °С, 2 км коливається в межах 65 °С, 2,8 км коливається в межах 75 °С і при 3,5 км коливається в межах 85 °С. Температура струмопідводу також зростає з глибиною буріння і коливається в таких самих межах як і температура промивної рідини. Аналізуючи результати розрахунку фазних струмів та напруг на різних глибинах буріння бачимо, що струм та напруга у фазі В відрізняється від струму та напруги у фазах А та С, це зумовлено тим, що фазою В виступає колона бурових труб тому і виникає така несиметрія.

Висновки. Використання створеної авторами в середовищі програмування LABVIEW математичної моделі системи електропостачання електробура дає змогу досліджувати роботу ЕЛБ в залежності від глибини вибою свердловини. Для підвищення надійності і ефективності електробуріння свердловин в умовах Прикарпаття актуальним є питання симетрування напруги живлення електродвигуна ЕЛБ та плавного пофазного її регулювання, що підвищить економічну ефективність ЕЛБ за рахунок продовження ресурсу долота, збільшення механічної швидкості буріння та експлуатаційної надійності.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Порцевский А.К. Оптимизация буровых и горно-разведочных работ, планирование эксперимента: Учебное пособие / А.К.Порцевский, Р.А. Ганджумян. – М.: МГОУ, 2005. - 70 с.
2. Ястребенецкий М. А. Надежность технических средств в АСУ технологическими процессами / М. А. Ястребенецкий. – М.: Энергоатомиздат, 1982. –232 с.
3. Вентцель Е. С. Теория вероятностей / Е. С. Вентцель. – М.: Наука, 1969. –576 с.
4. Федорів М.Й. Дослідження енергетичних параметрів електротехнічного комплексу для електробуріння / М.Й. Федорів, І.В. Гладь, А.І. Поточний // Нафтогазова енергетика. Всеукраїнський науково технічний журнал. - 2011. - №3 (16). – 61-71 с.
5. Ирмяков Р.З. Исследование и разработка методов обеспечения надежности оборудования нефтеперекачивающих магистральных нефтепроводов: авт. канд. техн. наук / Р. З. Ирмяков. – М., 1980. – 17 с.
6. Семенцов Г.Н. Аналіз сучасного стану автоматизації процесу буріння свердловин електробурами / Г.Н. Семенцов, О.Т. Припхан // Тези науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу. Ч. 2. – Івано-Франківськ: ІФДТУНГ, 1999. – С. 64 – 68
7. Семенцова А.О. Удосконалення системи стабілізації потужності двигуна електробура / А.О. Семенцова // Тези науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу. Ч. 2. – Івано-Франківськ: ІФДТУНГ, 1999. – С. 54 – 56
8. Федорив М.И. Разработка методов расчета и прогнозирования надежности электроснабжения электробуров: авт. канд. техн. наук / М.И. Федорив. - М., 1989. – С. 32-35.
9. Бабаев С.Г. Надежность и долговечность бурового оборудования / С.Г. Бабаев. – М.: Недра, 1974. – 184 с.
10. Зікратий С.В. Розробка методу діагностування заглиблених електроустановок для видобутку нафти: авт. канд. техн. наук / С.В. Зікратий. - Івано-Франківськ, 2002. – 17 с.
11. Федорів М.Й. Математична модель системи електропостачання електробура в середовищі програмування LabVIEW / М.Й. Федорів, А.І. Поточний // Збірник наукових праць І Всеукраїнська науково-технічна конференція викладачів, аспірантів і студентів (Донецьк, 18-19 жовтня 2012 р.) / «ДВНЗ» ДонНТУ. – Донецьк, 2012. – С. 71-72.
12. Гладь І.В. Модернізація системи електропостачання електробура на основі її математичної моделі / І.В. Гладь, М. Й.Федорів, І. Д. Галушак // Тези III Міжнародна науково-практична конференція [“Проблеми економії енергії”]. - Львів, 2001, С. 164-165.
13. Федорів М.Й. Застосування середовища програмування LabVIEW для моделювання режиму роботи електробура / М.Й. Федорів, А.І. Поточний, О.І. Кіянук // Матеріали XIII міжнародної конференції [«Проблеми енергоресурсозбереження в електротехнічних системах»]. – 2011. - Випуск 1/2011 (1), – С. 340-341.
14. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sine.ni.com/np/app/main/p/docid/nav-104/lang/ru/fmid/1773/>

REFERENCES

1. Optimization of drilling process and exploration drilling, design of experiments: Textbook. / A.K. Portsevskiy, R.A. Gangumyan – Moscow : MGOU, 2005. – 70 pages.
2. Reliability hardware of engineering procedure automatic control system / M.A. Yastrebenetskiy // - Moscow: Energoatomizdat, 1982. – 232 hages.
3. Probability theory / E.S. Venttsel // - Moscow: Nauka, 1969. – 576 pages.
4. Energy parameters research of electrotechnical complex of electric drilling. / M.J. Fedoriv, I.V. Glad', A.I. Potochnyy // Oil and Gas Energy. All-Ukrainian scientific and technical journal. № 3 (16) – Ivano-Frankivsk: IFNTUOG – 2011. – pp. 61-71.
5. Research and working out of reliability control methods of oil-trunk pipeline transfer equipment. / R.Z. Irmyakov // Abstract of science candidate thesis. – Moscow: 1980. – 17 pages.

6. Analysis of current state of electric drilling process automation / G.N. Sementsov, O.T. Prypkhan // Teaching staff scientific and technical conference thesis. Part 2. - Ivano-Frankivsk: IFNTUOG – 1999. – pp. 64-68.
7. Improvement of electric drill power leveling system / A.O. Sementsova // Teaching staff scientific and technical conference thesis. Part 2. - Ivano-Frankivsk: IFNTUOG – 1999. – pp. 54-56.
8. Development of reliability prediction and analysis of electric drill power system. / M.J. Fedoriv // Abstract of science candidate thesis. – Moscow: 1989. – pp. 32-35.
9. Drilling equipment reliability and longevity / S.G. Babaev // Moscow: Nedra, 1974. – 184 pages.
10. Development of oil production submersible power equipment diagnostic technique / S.V. Zikraty // Abstract of science candidate thesis. – Ivano-Frankivsk: 2002. – 17 pages.
11. Electric drill power supply simulator in the programming environment LabVIEW / M.J. Fedoriv, A.I. Potochnyy // Thesis collection of the 1st All-Ukrainian scientific and technical conference of teachers, post-graduate students: 18-19 Oct. 2012. – Donetsk: DonNTU, 2012. – pp. 71-72.
12. Modernization of electric drill power supply system using its simulator. / I.V. Glad', M.J. Fedoriv, I.D. Galuschak // Thesis of the 3rd International scientific and practical conference “Energy saving problems” – L'viv, 2001 – pp. 164-165.
13. Using LabVIEW to electric drill operating mode simulation / M.J. Fedoriv, A.I. Potochnyy, O.I. Kiyanyuk // Materials of the 13th International conference “Problems of energy saving at the electric technical systems” Part 1/2011 (1) – pp. 340-341.
14. <http://sine.ni.com/np/app/main/p/docid/nav-104/lang/ru/fmid/1773/>

Надійшла до редакції 12.02.2013

Рецензент: О.П. Ковальов

М. И. ФЭДОРОВ, А. И. ПОТОЧНЫЙ, Ю.Я. МОЙСЮК
Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа

Разработка математической модели функционирования электрооборудования системы электроснабжения электробура при бурении. В статье разработана математическая модель системы электроснабжения электробура, созданная в среде виртуального программирования LABVIEW. Освещены основные функциональные возможности модели. Проведен анализ результатов работы программы для различных режимов работы электробура.

Ключевые слова: *электробур, электробурения, среда программирования LABVIEW, математическая модель системы электроснабжения электробура.*

M. FEDORIV, A. POTOCHNYI, U. MOYSUK
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

Design of Simulator of Power Supply System Equipment of Electric Drill at the Time of Drilling. The main purpose of Ukraine national economy is to increase own oil and gas production and to decrease dependence on external power source. Growth of reliability and efficiency of oil-production equipment and operating costs reduction is one way to solve mentioned problem. Electric drill is controlled better from the surface, allows to use remote monitoring system at the time of horizontal, controlled and multidirectional drilling. We designed a simulator of power supply system of electric drill using LabVIEW. Adequacy of this model was proved with the help of investigation which was conducted on the “Struty” №111 oil-rig in Yasnovetsj of Ivano-Frankivsk region. The depth of the hole bottom is 362 m. Electric drill induction motor equivalent T-circuit is the base of the simulator. Complex impedances of drilling transformer Z_{TP} , cable conductors Z_G , drill pipes Z_T are placed in the stator circuit. The mentioned impedances depend on the drilling depth and motor current. Using of designed simulator of power supply system gives the opportunity to test electric drill operation depending on the depth.

Key words: *electric drill, electric drilling, LabVIEW programming environment, electric drill power supply system mathematical model.*