

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ РЕСУРСО-, ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ПРИВОДНИХ СИСТЕМАХ ЗМІННОГО СТРУМУ ШАРОШКОВИХ ВЕРСТАТІВ НОВОГО ПОКОЛІННЯ ДЛЯ КАР'ЄРІВ УКРАЇНИ

Вступ. Основою гірничо-металургійного комплексу України є підприємства з видобутку та переробки залізних руд, 77% виробничих потужностей яких сконцентровано в Криворізькому басейні Дніпропетровської області. Освоєння Криворізького залізорудного басейну ведеться протягом більш ніж ста років (починаючи з 1881 року). За цей час добуто 3,9 млрд. т товарної залізної руди (природно багаті руди), або 86% від усього обсягу України.

Залізорудна сировина видобувається на дев'ятох кар'єрах п'яти гірничо-збагачувальних комбінатів з наступною переробкою на дев'ятох збагачувальних, чотирьох агломераційних і трьох окомковальних фабриках у товарну залізорудну продукцію; природно багатих залізних руд – на восьми шахтах підземним способом і двох кар'єрах – відкритим способом.

Аналіз публікацій. При виконанні відкритих гірничих робіт буріння вибухових свердловин є однією з трудомістких і вартісних операцій. До числа основних проблем відкритого способу видобутку корисних копалин відноситься фізичне і моральне старіння бурового устаткування [1]. Тому модернізація устаткування і створення нового покоління бурових верстатів є важливою науково-технічною проблемою, від вирішення якої залежить успішне функціонування гірничого виробництва країни.

Зараз у кар'єрах України працює велика кількість гірничих машин з вичерпаним нормативним терміном служби, тому що за останній час практично цілком припинилося відновлення устаткування гірничорудних підприємств. Усереднений знос бурових верстатів досяг 80–100%. Такий стан техніки вимагає заміни застарілих машин новими. Про масштабність такої заміни можна судити виходячи з того факту, що на кар'єрах ГЗК Криворізького басейну вже зараз необхідно замінити майже 100% бурових верстатів [2].

Мета дослідження. Відповідно до програми розвитку гірничорудних підприємств Дніпропетровської області потреба в бурових верстатах нового покоління досягає значення не менш ніж 90 одиниць. Придбання бурової техніки в країнах найближчого зарубіжжя зажадає значних інвестицій, але не забезпечить підвищення техніко-економічних показників гірничого виробництва, оскільки машинобудівна й електротехнічна промисловість країн СНД за останні роки пережили найважчий період, що негативно позначилося на розробці і випуску нової техніки для гірничорудних підприємств України.

Матеріал дослідження. Практично безальтернативним варіантом вирішення проблеми підтримки і розвитку гірничого виробництва країни є створення і впровадження гірничих машин нового, більш високого технічного рівня, що забезпечить як підвищення експлуатаційних показників самих машин, так і можливість комплексного технічного переозброєння і реконструкції гірничого виробництва. Наявність на території України розвинених підприємств у галузях електротехнічної і машинобудівної промисловості дозволяє успішно вирішити поставлену проблему.

Разом із вдосконаленням механічної частини бурових верстатів необхідно поліпшувати і приводну систему з інформаційно-вимірювальними пристроями, що повинні відповідати досягнутому рівню в електротехнічній промисловості. Тільки в цьому випадку можливо створити конкурентноспроможну гірничу машину в цілому.

На цей час накопичено досвід експлуатації приводних систем для шарошкових верстатів обертального буріння, що зараз використовуються на кар'єрах ГЗК Кривбасу. Парк бурових верстатів, що залишився в експлуатації, оснащений в основному верстатами СБШ-250-МН-32 заводу «Рудгормаш» (м. Воронеж, РФ). На верстатах застосований привід обертання за системою тиристорний перетворювач–двигун постійного струму, гідравлічний серводвигун з поступово рухомими поршнями приводу подачі, який живиться від шестерного гідронасосу з постійною продуктивністю з асинхронним нерегульованим приводом. У гідросистему введено пропорційний регулятор витрати мастила. Привід руху верстата здійснюється від короткозамкненого нерегульованого асинхронного двигуна (МТКН511-8, 30 кВт, 11,5 л/с) з релеіно-контактним керуванням.

Істотний недолік такої системи електропривода бурового механізму – це використання приводних систем постійного струму. Двигуни постійного струму в порівнянні з асинхронними за однакових швидкостей і потужностей у півтора–два рази більш важкі й у три рази більш дорогі. Момент інерції і його відношення до пускового моменту, що визначають швидкодію асинхронного двигуна, у два–два з половиною рази менший, ніж у двигунів постійного струму. Двигун постійного струму оснащений колектором, що знижує надійність і ускладнює його експлуатацію у кар'єрних умовах.

Зараз спостерігається широке впровадження асинхронного частотно-регульованого електропривода, що обумовлено високими техніко-економічними показниками короткозамкненого асинхронного двигуна і досягнутими значними успіхами у розвитку силової перетворювальної техніки й автоматичних засобів керування. Головним напрямом розвитку асинхронного регульованого електропривода є створення частотно-регульованого електропривода на основі інверторних перетворювачів частоти з автономним інвертором струму (АІС), а також з автономним інвертором напруги і широтно-імпульсною модуляцією (АІН-ШІР).

У закордонній і вітчизняній практиці підтримуються тенденції щодо впровадження автоматизованих електроприводів з метою:

- досягнення нових якісних результатів у технології, енергозбереження;
- підвищення рівня комп'ютеризації електроприводів, механізмів, агрегатів, комплексів та розвиток засобів інформаційно-вимірвальних технологій з використанням керуючих контролерів;
- розвитку засобів і методів самонастроювання й автоматичної оптимізації систем керування;
- активного розвитку систем інформаційної діагностики, обслуговування, візуалізації технологічних процесів і процесів керування.

Проекти нового технологічного обладнання виконуються з використанням систем автоматизованих електроприводів змінного струму. Частка електроприводів постійного струму в таких проектах незначна і спостерігається стійка тенденція до скорочення. Як за правило, приводи постійного струму зберігаються тільки у проектах з модернізації діючого устаткування та застарілими засобами і системами керування, з високим рівнем енерговитрат у технологічному процесі та за глибокому регулюванню швидкості.

Проекти модернізації діючого устаткування в частині автоматизованих електроприводів виконуються у таким напрямках:

- варіант 1 – заміна аналогових і релейно-контактних систем керування на цифрові з використанням промислових комп'ютерів, технологічних контролерів, логічних контролерів, інтелектуальних модулів периферії, що відповідають нижньому і верхньому рівню автоматизації;
- варіант 2 – реалізації варіанта 1 із заміною аналогових блоків керування комплектних електроприводів постійного струму на цифрові з використанням контролерів приводу;
- варіант 3 – реалізації варіанта 2 із заміною силових блоків комплектних електроприводів. Електродвигуни і мережі електроживлення залишаються незмінними.
- варіант 4 – повної модернізації автоматизованих електроприводів. Заміна електропривода постійного струму на електроприводи змінного струму.

Найбільш витратним, але ефективним є варіант 4, що реалізується на бурових верстатах буровибухових свердловин.

При модернізації електроприводів бурових верстатів, що експлуатуються на кар'єрах Кривбасу ТОВ «Оркіс» (м.Жовті Води, Україна) разом із НГУ (м.Дніпропетровськ, Україна) був частково реалізований варіант 4.

Спочатку, на першому етапі, для підвищення експлуатаційної надійності приводу обертання, у 2000 році при модернізації верстата СБШ-250-МН-32 на Центральному гірничо-збагачувальному комбінаті (м. Кривий Ріг, Україна) замість тиристорного привода постійного струму було встановлено тиристорний привод змінного струму з перетворювачем частоти на основі інвертора струму з прямою цифровою системою керування [3] (розробка СКБ Електроцит, м. Харків, Україна). Як приводний двигун був використаний спеціально розроблений асинхронний двигун типу АМРУ280М4БУ2 з підвищеною перевантажувальною здатністю (виробник Ново-Каховський електромеханічний завод, м. Каховка, Україна). Двигун обертання потужністю 90 кВт із номінальною частотою обертання 1480 об/хв при ПВ 100%. Тиристорний перетворювач частоти виконаний з ланкою постійного струму, містить регульований випрямляч напруги й автономний інвертор струму [4]. Дросель згладжування ввімкнений у коло постійного струму. Завданням на струм статора є вихідний сигнал функціонального перетворювача, в якому реалізується нелінійна залежність струму статора від частоти ковзання. На відміну від приводної системи постійного струму використовується контур швидкості з регулятором швидкості і сенсором напруги, де зворотний зв'язок за швидкістю замикається від спостерігача [5]. У приводній системі реалізований частотно-струмовий принцип керування. Досвід експлуатації цієї приводної системи виявив її високу надійність, не дивлячись на складність перетворювача частоти і системи керування.

Одночасно проводилися і промислові випробування на Інгuleцькому ГЗК верстата СБШ-250/270-32 виробництва ВАТ «НКМЗ» (м. Краматорськ, Україна) за спільним з ВАТ «Криворіжніпрудмаш» проекту. Верстат був обладнаний приводом обертання за системою тиристорний перетворювач–двигун постійного струму. Для спуско-піднімальних операцій поставу був застосований тиристорний привід постійного струму, що обертав гідронасос змінної продуктивності та живив гідродвигун, який через знижувальний редуктор створював натяг поліспастиної системи. Таке конструктивне рішення дозволило відмовитися від гідроциліндрів подачі. Для операції буріння використовувався асинхронний регульований двигун з гідронасосом постійної продуктивності і пропорційним регулятором витрати мас-

тила. Для приводу ходу верстата був застосований гідравлічний двигун, що при русі верстата одержував живлення від гідронасоса із змінною продуктивністю [6, 7, 8].

З урахуванням отриманих показників роботи бурового устаткування в умовах кар'єру був розроблений і створений буровий верстат нового покоління СБШС-250Н, що змонтований і введений в експлуатацію на Центральному ГЗК у 2003 році [9]. Верстат розроблений на ВАТ «НКМЗ» (м.Краматорськ, Україна) разом з ТОВ «Оркіс» (м.Жовті Води), НГУ (м.Дніпропетровськ, Україна) при фінансовій підтримці ВАТ «Центральний ГЗК» (м.Кривий Ріг, Україна).

Це стало другим етапом, на якому цілком реалізований варіант 4 повної модернізації як механічної частини, так і електроустаткування бурового верстата.

Верстат обладнаний частотно-керованими транзисторними приводами змінного струму. Електропривод виконаний на базі дволанкового перетворювача частоти з транзисторним (на базі IGBT) автономним інвертором напруги із широтно-імпульсним керуванням. Частотно регульовані короткозамкнені асинхронні двигуни встановлені в приводі обертання поставу (АМРУ280М4БУ2, 1480 об/хв, 90 кВт), у приводі обертання гідронасоса змінної продуктивності для спуско-піднімальних операцій (4АМ225М4БУ2, 1470 об/хв, 55 кВт) і в приводі ходу верстата (4АМУ250М8БУ2 740 об/хв, 45 кВт). Для створення натягу поліспасти в період операції буріння застосовано нерегульований привід (двигун мастилонасоса АМУ132М4У2 1500 об/хв, 7,5 кВт).

Перетворювачі частоти розроблені фірмою «Triol Corporation», у який керовані вентиляси силового каналу мають модульне виконання з безпотенційними (ізольованими) корпусами.

Використано два комплекти транзисторних перетворювачів частоти для чотирьох приводних двигунів. Залежно від виконуваних технологічних операцій до перетворювачів підключаються правий і лівий двигуни ходу або обертання і гідронасоса змінної продуктивності. Причому, при підключенні силового перетворювача до асинхронного двигуна система керування автоматично визначає параметри об'єкта керування і настроює систему регулювання на ці параметри. Такі технічні заходи відносно системи привода бурового верстата дозволяють:

- вирішувати складні технологічні задач за рахунок регулювання параметрів буріння, у тому числі й у замкнених системах автоматичного регулювання;
- здійснювати енергозбереження і ресурсозбереження завдяки оптимізації режимів роботи устаткування з урахуванням властивостей і характеристик порід, високих енергетичних показників;
- ефективно використовувати приводні електродвигуни за рахунок оптимізації режимів роботи бурового верстата;
- збільшувати ресурс роботи електротехнічного і механічного устаткування;
- впроваджувати інформаційно-вимірювальні системи технологічних операцій роботи верстата.

Зіставлення технічних показників упроваджених приводних систем змінного струму дозволяє зробити висновки, що:

- найменші максимальні значення статорного струму й електромагнітного моменту, розмаху пульсацій струму, моменту і швидкості є при живленні двигуна від АІН-ШІМ, а найбільші – від АІС;
- при рівних максимальних (пікових) значеннях статорного струму найбільша перевантажувальна здатність за моментом є при живленні двигуна від АІН-ШІМ, а найменша – від АІС;
- для асинхронного двигуна відношення розмаху пульсацій швидкості до її середньої величини значно більше при живленні від АІС, ніж при живленні від АІН-ШІМ – у всьому діапазоні регулювання швидкостей;
- керування електроприводом здійснюється в обертовій системі координат, а саме – векторів статорного струму і напруги; система координат зв'язана з вектором потокозчеплення ротора;
- параметри керування двигуна визначаються за допомогою спостерігача;
- основним зовнішнім контуром розглянутих електроприводів, є контур контролювання частоти обертання двигуна;
- керування і вимірювання поточних параметрів здійснюється без установки сенсорів на привідний двигун.

Висновки та напрями подальших досліджень. Напрямом подальшого покращення роботи бурових верстатів, над яким працюють наукові співробітники НГУ є: на базі керуючих бортових мікроконтролерів необхідно вирішити проблему комплексної автоматизації буровим верстатом, що призведе до забезпечення буріння в автоматичному режимі за наперед заданій програмі; автоматизацію допоміжних операцій; можливість застосування форсованого чи полегшеного режиму.

Крім того, розробляється комплексна система автоматичного керування і вимірювання, яка містить:

- систему коректування параметрами режиму, систему автоматичного забурювання свердловин за особливою програмою;

- пристрій, який формує програму коректування залежно від глибини свердловини і міцності розбураної породи, що дозволяє збільшити працездатність шарошки;
- систему автоматичного захисту від вібрацій, зашламовування свердловини, перевантажень за обертальним моментом і потужністю;
- систему автоматичного пуску від керованого перетворювача асинхронного приводу компресора, а у подальшому і керування компресором у процесі буріння, що значно зменшує енергоспоживання верстата і здешевшує буровибухові роботи.

Надалі необхідно вирішити задачі, що пов'язані із адаптацією процесу керування руйнуванням порід залежності від умов буріння, що можливо на базі бортового керуючого мікроконтролера й автоматизованої системи керування верстатом. При цьому бортовий мікроконтролер одержує безпосередньо інформацію від давачів параметрів буріння, за якою керуючий мікроконтролер буде розраховувати параметри режиму буріння і керувати режимними параметрами процесу буріння.

Список літератури

1. Бызов, В.Ф. Потенциал недр Украины [Текст] / В.Ф. Бызов, И.С. Паранько, В.Д. Евтехов. // Горн. журн. – 2000. – № 6. – С. 138–140.
2. Колосов, В.А. Современное состояние и перспективы развития предприятий по добыче и переработке железорудного и флюсового сырья в Украине [Текст] / В.А.Колосов, В.П. Воловик, Н.И. Дядечкин. // Горн. журн. – 2000. – №6. – С. 162–164.
3. Электропривод бурового механизма [Текст]: пат. 42249А, Україна, МКИ Е21В44/00. / О.І. Дмитрієнко, В.А. Оселедько, В.М. Кириченко, І.І. Епштейн, М.В. Найдюнов, Я.С. Балтер, А.О. Семикін, В.М. Ропало, В.С. Хілов. – №2000127019; заявлено 07.12.2000; опуб. 15.10.2001. Бюл.№9, 2001.
4. Калашников, О.Ю. Формирование технической политики АО "НКМЗ" в области производства горного оборудования. / О.Ю. Калашников, В.А. Дзержинский [Текст] // 36. наук. праць НГА. – 2002. – №13, том 2. – С. 146–152.
5. Панков, В.А. Создание и производство новых машин на НКМЗ для горнодобывающей промышленности [Текст] / В.А. Панков. // Горн. журн. – 2005. – №2. – С. 92–94.
7. Хілов, В.С. Опыт применения частотно-управляемых приводов в буровых станках карьеров Украины [Текст] / В.С. Хілов, А.С. Бешта, В.Т. Заика. // Горн. информ.-аналит. бюл. – 2004. – №10. – С. 285–289.
8. Півняк Г.Г. Принципи побудови системи керування електроприводом обертання ставу верстата шарошечного буріння. / Г.Г. Півняк, О.С. Бешта, В.С. Хілов. // Вісник НТУ "ХП". – 2003. – №10, т.1. – С. 141–143.
9. Пивняк, Г.Г. Управление приводом вращения става шарошечного бурения на основе асимптотического идентификатора состояния [Текст] / Г.Г. Пивняк, А.С. Бешта, В.С. Хілов. // Электротехника. – 2004. – №6. – С. 23–26.

Рекомендовано до друку проф. Куваєвим Ю.В.