

В.С. Хілов, канд. техн. наук

(Україна, Дніпропетровськ, Національний гірничий університет)

УДОСКОНАЛЮВАННЯ ПРИВОДНИХ СИСТЕМ БУРОВИХ ВЕРСТАТІВ ДЛЯ КАР'ЄРІВ КРИВБАСУ

В Україні зосереджено 18% світових запасів залізної руди, що складає 26 млрд. т. Значна частина залізної руди видобувається найбільш економічним – відкритим способом. Тому економічні показники гірничорудних підприємств істотно впливають на всю економіку країни. За останні 12-14 років істотно погіршилися як за абсолютним, так і за питомим значенням [1, 2].

До числа основних проблем відкритого способу видобутку залізної руди нині слід віднести:

- зношеність основного технологічного устаткування;
- низький ступінь використання устаткування;
- підвищена ресурсоемність гірничого виробництва;
- моральне старіння технологічного устаткування.

Особливо гострою є проблема фізичного і морального старіння технологічного устаткування (бурових верстатів, екскаваторів, засобів технологічного транспорту) та його заміни (відновлення). Саме це устаткування, його технічний рівень та фактичний стан визначають економічні показники гірничого виробництва країни. За останнє десятиліття на кар'єрах галузі практично припинилося відновлення устаткування, у даний час в роботі виявилася велика кількість машин, що вичерпали свій нормативний термін служби. Усереднений знос цього устаткування досяг 80%. Природно це положення довге продовжуватися не може. Тривала пауза з відновленням парку машин у найближчі роки повинна закінчитися - змінитися періодом широкомасштабної заміни застарілих машин новими. Про масштабність такої роботи можна вже судити з того факту, що тільки в гірничорудній промисловості України на кар'єрах має бути замінено не менше 40% технологічного устаткування.

Чисто механічна заміна цього устаткування на аналогічне за технологічним рівнем зажадає значних інвестицій і не забезпечить необхідного підвищення техніко-економічних показників гірничого виробництва. Практично безальтернативним варіантом вирішення цієї проблеми є як впровадження нових машин та механізмів, так і комплексно-технічне переозброєння та реконструкція гірничого виробництва. При цьому повинна забезпечуватися сумарна мінімізація потрібних інвестицій [3, 4].

Виходячи з цих передумов можна виділити наступні перспективні напрямки розвитку кар'єрного устаткування:

- модернізація машин і устаткування традиційного виконання, що виготовляється на заводах країн СНД, та доставка його з поліпшеними техніко-економічними показниками (експлуатаційною продуктивністю, ресурсоемністю та ін.) гірничим підприємствам;

- створення нових зразків машин і устаткування, у тому числі і нетрадиційного виконання, що забезпечують упровадження нових технологій гірчого виробництва.

Оскільки реалізація цих напрямків зажадає визначеного часу, то у найближчі 3-4 роки повинні бути проведені роботи з продовження терміну служби та підтримки у працездатному стані машин і устаткування, що знаходиться в експлуатації. Ця робота не повинна обмежуватися пасивною констатацією фактичного стану машини, а містити у собі розробку і здійснення, за участю заводів-виготовлювачів, активних технічних і організаційних заходів, у тому числі і модернізацію окремих вузлів машин, що забезпечуть нормативне продовження термінів служби машин та їх ефективну експлуатацію протягом найближчих років [5].

Конкретизувати перспективні роботи з розвитку кар'єрного устаткування можна на прикладі пророблення приводних систем для шарошкових верстатів обертального буріння, широко використовуваних на кар'єрах Кривбасу.

Парк бурових верстатів, що залишився в експлуатації, оснащений в основному верстатами СБШ-250-МН Воронежського заводу "Рудгормаш". На верстатах застосований привід обертання за системою тиристорний перетворювач-двигун постійного струму, циліндри гідроприводу подачі, живлення якого здійснюється від нерегульованого асинхронного двигуна гідронасоса з пропорційним регулятором витрати мастила і нерегульованим асинхронним приводом ходу верстата.

Бурові верстати оснащені уніфікованим тиристорним електроприводом за системою ТП-Д з реверсуванням струму в обмотці збудження двигуна (рис.1). Установлено двигун обертання типу ДЕВ-808 потужністю 68 кВт при ПВ=100% (Я). Нереверсивний тиристорний перетворювач якірного кола виконаний на тиристорах Т-630 із природним охолодженням за трифазною мостовою симетричною схемою випрямлення (УНВ). Система керування і регулювання, конструктивно оформлена у вигляді блока, містить у собі задатчик інтенсивності (ЗІ), регулятори напруги (РН) і струму (РС). Напруга і струм контролюються датчиками напруги (ДН) і струму (ДС). Система регулювання - аналогова, з активною послідовною корекцією динамічних параметрів привода, містить два контури керування: із зовнішнім контуром напруги і внутрішнім контуром струму [6].

Обмотка збудження двигуна (ОЗД) одержує живлення від нереверсивного напівкерованого тиристорно-діодного моста (НВ). Реверс струму збудження здійснюється релейно-контакторною схемою (Р). Керування збудження здійснюється без застосування зворотних зв'язків за розімкненою схемою. За допомогою амперметра та вольтметра оператор візуально контролює за напругою і струмом збудження. Система збудження дозволяє плавно змінювати напругу збудження від 20 до 100% максимального значення.

Тиристорна схема електропривода забезпечує діапазон регулювання частоти обертання при номінальній навантаженні за рахунок регулювання напруги якоря електродвигуна близько 1:100. Номінальна частота обертання яко-

ря електродвигуна - 126 1/с, а максимальна при ослабленому полі збудження - 174 1/с. Привід допускає дворазове (із тривалістю до 10 с) перевантаження.

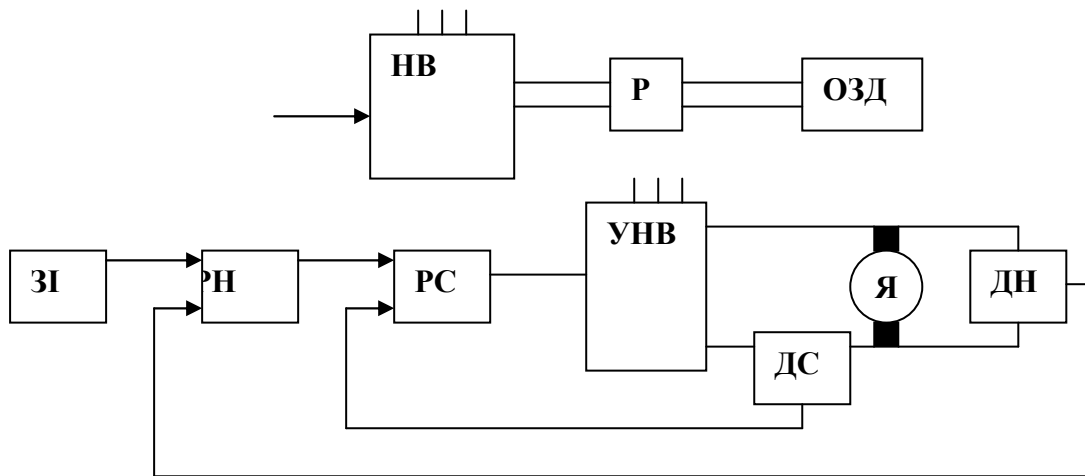


Рис.1. Функціональна схема уніфікованого тиристорного електропривода постійного струму бурових верстатів

Для підвищення експлуатаційної надійності привода обертання у 2000 році при модернізації верстата СБШ-250-МН на Центральному гірничо-збагачувальному комбінаті (м. Кривий Ріг) замість тиристорного привода постійного струму був змонтований тиристорний привід змінного струму з перетворювачем частоти на базі інвертора струму з прямою цифровою системою керування (рис. 2). Як приводний двигун, був використаний спеціально розроблений асинхронний двигун (АД) типу АМРУ280М4БУ2 з більш ніж 6-кратною перевантажувальною здатністю виробництва Ново-Каховського електромеханічного заводу. Двигун обертання потужністю 90 кВт, номінальною частотою обертання 1480 об/хв при ПВ=100%. Тиристорний перетворювач частоти, виконаний з ланкою постійного струму, містить регульований випрямляч напруги (УВ) та інвертор струму (АІС). Згладжувальний дросель (Др) увімкнений у коло постійного струму. Завданням на струм статора є вихідний сигнал функціонального перетворювача ФП, у якому реалізується нелінійна залежність струму статора від частоти ковзання. На відміну від попередньої приводної системи використовується контур швидкості з регулятором (РШ) і датчиком швидкості (ДШ), причому при налагодженні приводної системи відмовилися від установлення датчика швидкості. Швидкість ротора двигуна обчислюється спостерігачем. У приводній системі реалізований частотно-струмовий принцип керування. Досвід експлуатації цієї приводної системи виявив її високу надійність, не дивлячись на складність перетворювача частоти [7,8].

У цей же час Інгулецьком ГЗК проводилися промислові випробування на верстата СБШ-250/270-32 виробництва АТ "НКМЗ" спільно з ВАТ "Криворіжніпрудмашпроект". Верстат був обладнаний приводом обертання за системою тиристорний перетворювач-двигун постійного струму.

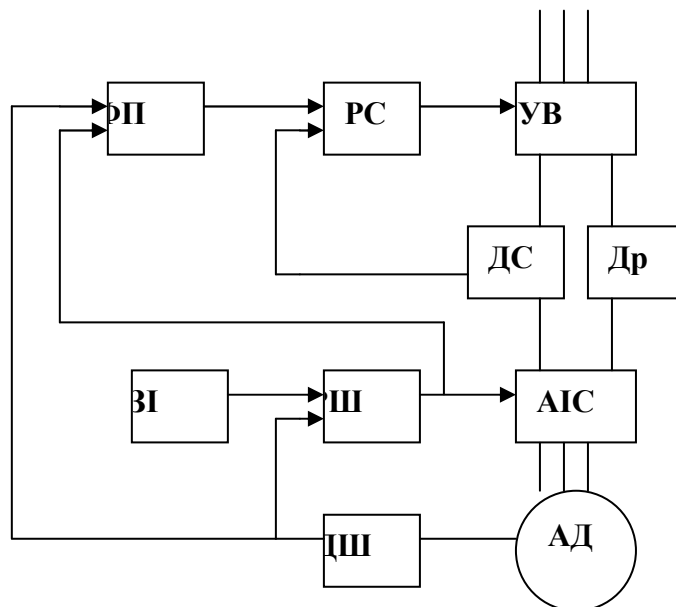


Рис.2. Функціональна схема тиристорного частотно-струмового привода змінного струму обертання бурового става

Для спуско-під`ємних операцій става був застосований тиристорний привід постійного струму, який обертав гідронасос змінною продуктивності, що живив гідродвигун, котрий через знижувальний редуктор та лебідку створював натяг системи поліспа. Таке конструктивне рішення дозволило відмовитися від гідроциліндрів подачі. Для операції буріння використовувався асинхронний нерегульований двигун з гідронасосом постійної продуктивності та пропорційним регулятором витрати мастила. Для приводу ходу верстата був застосований гідравлічний двигун, що при русі верстата одержував живлення від гідронасоса зі змінною продуктивністю. Як свідчать промислові випробування, через малий ресурс напрацювання на відмову, гідропривід ходу істотно обмежував працездатність усього верстата.

З обліком отриманих промислових результатів був розроблений та створений новий буровий верстат СБСШ-250Н, що змонтований і введений в експлуатацію на ЦГЗК у 2003 році. Верстат обладнаний частотно-керованими транзисторними приводами змінного струму. Електропровід виконаний на базі двуланкового перетворювача частоти з транзисторним (IGBT) автономним інвертором напруги із широтно-імпульсним керуванням. Частотно регульовані асинхронні двигуни встановлені у приводі обертання става (АМРУ280М4БУ2, 1480 об/хв, 90 кВт), у приводі обертання гідронасоса змінної продуктивності для спуско-під`ємних операцій (4АМ225М4БУ2, 1470 об/хв, 55кВт) та у приводі ходу верстата (4АМУ250М8БУ2 740 об/хв, 45 кВт). Для створення натягу поліспа в період операції буріння застосований нерегульований привід (двигун маслонасоса АМУ132М4У2 1500 об/хв, 7,5 кВт).

Перетворювачі частоти, поставлені фірмою "Triol Corporation", у яких керовані вентиля силового каналу, мають модульне виконання з безпотенційними (ізольованими) корпусами. У схемі автономного інвертора напруги використані інтелектуальні силові модулі, де поряд із силовими транзисторними ключами інтегровані датчики струму, напруги, температури, пристрою керування (драй-

вера) і захисту. Застосовується спеціально розроблений для керування електродвигунами сигнальний процесор (DSP), що дозволяє оптимізувати алгоритм широтно-імпульсного керування транзисторного інвертора напруги, а також здійснювати пряме цифрове векторне керування асинхронним електроприводом. Блоки електроніки конструктивно виконані за технологіями, що використовуються в авіаційній промисловості, і розраховані на високий рівень вібрацій і ударних навантажень.

Широтно-імпульсне керування силовими ключами (транзисторами) автономного трифазного інвертора напруги забезпечує регулювання та формування квазісинусоїдної кривої вихідної напруги при незмінному значенні вхідної напруги. При цьому забезпечується задане співвідношення напруга-частота у всьому діапазоні регулювання [9].

Використано два комплекти перетворювачів для чотирьох двигунів. Залежно від виконуваних технологічних операцій до перетворювачів підключаються двигуни ходу або верстата двигун обертання і гідронасоса змінної продуктивності. Такі технічні рішення щодо привода бурового верстата дозволять забезпечити:

- можливість вирішення складних технологічних завдань за рахунок регулювання параметрів буріння, у тому числі й у замкнутих системах регулювання;
- істотне енерго- і ресурсозбереження завдяки оптимізації режимів роботи устаткування з урахуванням властивостей і характеристик буримих порід;
- ефективне використання приводних електродвигунів за рахунок оптимізації режимів роботи бурового верстата;
- збільшення ресурсу роботи електротехнічного та механічного устаткування.

Функціональна схема системи векторного керування зображена на рис. 3. Вона має два канали керування: модулем вектора потокозчеплення ротора і кутовою швидкістю ротора. Двоканальна система керування дає можливість здійснити незалежне регулювання модуля вектора потокозчеплення ротора і швидкості ротора при збереженні прямої пропорційності між моментом, що розвивається двигуном, і складової намагнічувального струму статора, що знаходиться в квадратурі з хвилею потокозчеплення ротора.

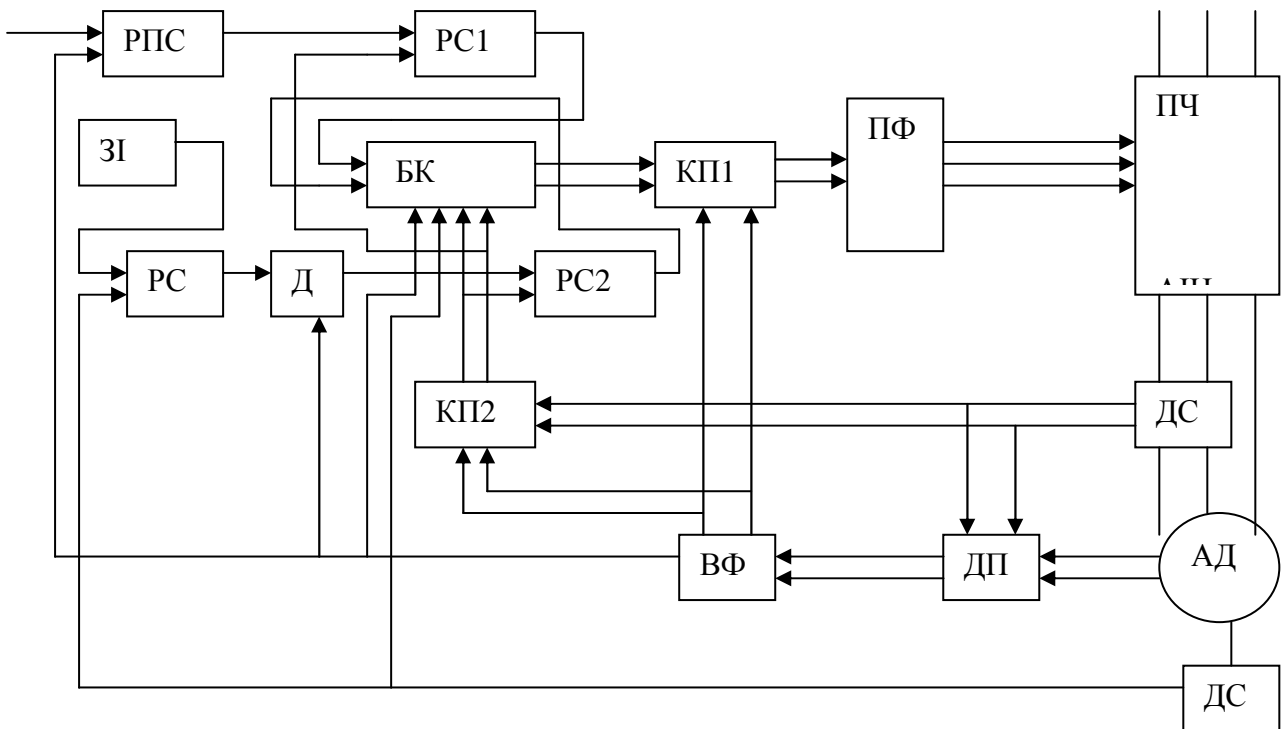


Рис.3. Функціональна схема транзисторного привода змінного струму з векторним керуванням

Вимір поточних значень змінних виконується в нерухомій системі координат за допомогою датчика потоку (ДП) і датчика струму статора двигуна (ДС). Датчик потоку вимірює складові потокозчеплення у повітряному проміжку двигуна за допомогою спеціальних датчиків, встановлених у розточенні статора на взаємно перпендикулярних осях, причому одна з осей сполучається з магнітною віссю обмотки фази А. Крім того, у датчика потоку здійснюється обчислення складових потокозчеплення ротора. Датчик струму (ДС) вимірює миттєві значення струмів у трьох фазах статора і перетворює їх у двофазну систему змінних струмів. Для перерахування змінних з нерухомої системи координат у систему координат, зв'язану з потокозчепленням ротора, використовується вектор-фільтр (ВФ) і координатний перетворювач (КП2). Вектор-фільтр виділяє модуля вектора потокозчеплення ротора. Координатний перетворювач КП2 являє собою матрицю з чотирьох блоків добутку і виконує ортогональне перетворення – поворот вектора намагнічувальної сили статора на кут, який дорівнює миттєвій фазі вектора потокозчеплення ротора. У системі керування застосований блок компенсації БК, регулятор потоку РПС і дільник Д. Перетворення складових напруги статора, представлених у осях, жорстко зв'язаних з вектором потокозчеплення ротора, у складові нерухомих осей, виконуються в координатному перетворювачі КП1. Далі напруга перетворюється за допомогою перетворювача фаз ПФ у трифазну систему змінних напруг, використовуваних для керування амплітудою і частотою автономного інвертора напруги АІН.

Упроваджені цифрові системи управління двигунами змінного струму на основі керуючих мікроЕОМ дозволяють здійснити комплексну автоматизацію

бурих верстатів, що повинна забезпечити буріння в автоматичному режимі по заздалегідь заданій програмі, автоматизацію допоміжних операцій, можливість застосування форсованого чи полегшеного режиму. Крім того, комплексна система автоматичного керування повинна включати: систему коректування параметрів режиму, систему автоматичного забурювання свердловини за особою програмою, пристрою, що дозволяють формувати програму коректування залежно від глибини свердловини, систему автоматичного захисту від вібрацій, перевантажень за крутним моменті та потуужністю.

У майбутньому встане також завдання створення систем оптимізації бурових верстатів на базі керуючої машини автоматизованої системи управління кар'єром. При цьому керуюча машина повинна бути зв'язана з буровим верстатом по каналі зв'язку, на кожному з яким повинні бути встановлені датчики параметрів буріння. За інформацією від датчиків керуюча машина розраховує параметри режиму буріння і передає їх на кожен буровий верстат.

Надалі треба буде вирішити завдання щодо створення системи дистанційного керування групою бурових верстатів. Переваги застосування таких систем - скорочення обслуговуючого персоналу, поліпшення умов роботи операторів, підвищення продуктивності бурових верстатів.

Список літератури

1. Структура и перспективы потребления энергоресурсов в Украине/ Тулуб С. Б., Шидловский А. К., Пивняк Г. Г., Кулик М. Н. // Горн. журн. - 2000. - №6. - С. 158-161.
2. Современное состояние и перспективы развития предприятий по добыче и переработке железорудного и флюсового сырья в Украине/ Колосов В. А., Воловик В. П., Дядечкин Н. И. // Горн. журн. - 2000. - №6. - С. 162-164.
3. Калашников О.Ю., Джержинский В.А. Формирование технической политики АО «НКМЗ» в области производства горного оборудования // Зб. наук. тр. НГА України. - 2002. - №13, т. 2. - С. 146-152.
4. Кихтенко В. Д., Мучнистый Ю. А. Буровые станки среднего типа // Тез. доп. на Міжнар. наук.-тех. конф. «Перспективи розвитку гірнорудної, вугільнодобувної й збагачувальної галузей промисловості.» - Краматорськ, 2001. - С.35.
5. Калашников О. Ю., Джержинский В. А. Новая техника украинских машиностроителей для открытых разработок // Горн. журн. - 2000. - №6. - С.152-153.
6. Жуковский А.А., Нанкин Ю.А., Сушинский В.А. Привод и системы управления буровых станков для карьеров. - М.: Недра, 1990.-223 с.
7. Эпштейн И.И. Автоматизированный электропривод переменного тока. - М.: Энергоиздат, 1982.-192 с.
8. Пат. України 42249 А. «Электропривод бурового механизма» Дмітрієнко/ О. І., Оселедько В. А., Кириченко В. М., Епштейн І. І., Найдьонов М. В., Балтер Я. С., Семикін А. О., Ропало В. М., Хілов В. С. Відкриття. Винаходи. - 2001. - №9. - С. 12
9. Системы подчиненного регулирования электроприводов переменного тока с вентиляционными преобразователями частоты/О.В.Слежановский, Л.Х.Дацковский, И.С.Кузнецов и др. - М.: Энергоатомиздат, 1983.-256 с.