

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ КОМПЛЕКСИ ТА СИСТЕМИ

УДК 622.233.6: 83.681.3

**О.С. Бешта, д-р. техн. наук, проф.,
А.О. Кожевников, д-р. техн. наук, проф.,
В.С. Хілов, канд. техн. наук, доц.,
О.А. Борисевич, О.П. Бельчицький, І.І. Журко**

Державний вищий навчальний заклад „Національний гірничий університет“, м. Дніпропетровськ, Україна,
e-mail: beshtaa@nmu.org.ua

РОЗРОБКА ЗАДАВАЧА ІМПУЛЬСНОГО ОБЕРТАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА БУРОВОГО ВЕРСТАТА

**O.S. Beshta, Dr. Sci. (Tech.), Professor,
A.O. Kozhevnykov, Dr. Sci. (Tech.), Professor,
V.S. Khilov, Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor,
O.A. Borysevych, O.P. Belchytskyi, I.I. Zhurko**

State Higher Educational Institution “National Mining University”,
Dnipropetrovsk, Ukraine, e-mail: beshtaa@nmu.org.ua

WORKING OUT SETPOINT OF PULSE ROTATION OF THE ELECTRIC DRIVE OF THE CHISEL MACHINE TOOL

Розглянуто питання використання імпульсної технології буріння з метою підвищення ефективності процесу руйнування гірничої породи, зниження витрат та зменшення енергоємності при проходці свердловини. Розглядається можливість використання імпульсної технології буріння зі змінною частотою обертання породоруйнівного інструменту. Розроблено задавач імпульсного обертання в системі керування приводом бурового верстата. Виконано перевірку працездатності розробленого задавача імпульсного обертання з тиристорним перетворювачем постійного струму.

Ключові слова: *електромеханічна система, імпульсний задавач, шарошкове долото*

Вступ. При проведенні відкритих гірничих робіт, буріння підривних свердловин – одна з основних і дорогих операцій. Також до основних проблем відкритого способу видобутку корисних копалин відноситься висока вартість бурових робіт.

Для збільшення ефективності буріння на практиці впроваджено імпульсну технологію зі змінним осьовим навантаженням. Крім того, теоретично відомі ще шість різновидів імпульсних технологій буріння [1, 2]. Вибір конкретної технології буріння залежить від можливості її практичної реалізації. На сьогодні найбільш доцільно реалізувати імпульсну технологію обертання. Це можливо зробити на підставі сучасних приводних систем.

Метою даної роботи є розробка задавача імпульсного обертання електромеханічної системи руйнування гірської породи. Дослідний задавач було розроблено для умов експлуатації бурового верстата ЗИФ-650М, система керування якого побудована за схемою зі зворотним зв'язком по швидкості обертання двигуна ставу. Зміна швидкості обертання шарошкового долота виконується зміною значення напру-

ги на вході регулятора швидкості, яке порівнюється із сигналом від давача швидкості.

Існуючу систему керування на першому етапі дослідження залишали без змін. Для проведення експерименту була розроблена схема, яка модифікувала керуючий сигнал і моделювала його зміну за наперед заданим законом. На підставі проведених експериментів, наведених у літературі [2], встановлено, що при обертанні породоруйнівного інструменту з імпульсною частотою обертання підвищуються ефективність процесу буріння за рахунок зміни характеру впливу різців на вибій. У наслідок руйнування вибою, ріжуча частина в початковий період не буде ковзати по вибою. Існує залежність між силою тертя й відносною швидкістю переміщення породоруйнівного інструменту у відповідності до якої, при збільшенні швидкості, сила тертя зменшується. Тому необхідно обмежити збільшення швидкості та знижувати її через певні проміжки часу для збільшення тертя.

Для реалізації такого режиму роботи породоруйнівного інструменту розробимо алгоритм роботи задавача імпульсного обертання шарошкового долота. Такий алгоритм, що задає характер зміни швидкості бурового верстата, буде одним з основних і найбільш відповідальних алгоритмів функціонування системи регулювання.

Вхідним параметром алгоритму є задана максимальна швидкість обертання шарошкового долота. Її значення використовується як вхідний сигнал для функціонування контуру швидкості, тобто, алгоритм задавача частоти обертання, що задає тахограму (тобто темпи розгону, гальмування, тривалості пауз та імпульсів) роботи бурового долота. Параметри сигналу завдання швидкості визначаються технологічними вимогами і накладеними обмеженнями технічної характеристики електромеханічної системи. Виходячи з конструктивних параметрів елементів механічної частини бурового верстата, обмежується найбільше значення швидкості, прискорення. Зокрема передбачається, що буде задаватися: темп наростання й спаду, максимальне значення швидкості, шпаруватість імпульсу.

Алгоритм задавача частоти обертання бурового інструменту повинен формувати уніфіковану тахограму обертання бурового інструменту в часі з генерацією сигналу необхідної форми, з урахуванням накладених обмежень.

Основою для побудови алгоритму функціонування задавача частоти обертання бурового ставу є результати експериментальних досліджень режимів буріння з імпульсною частотою обертання, реалізованих із використанням наддолотних перетворювачів енергії обертання бурильної колони в енергію руйнування гірських порід [3].

Розроблену функціональну схему задавача імпульсного обертання, що реалізовано в пакеті MATLAB, наведено на рис. 1.

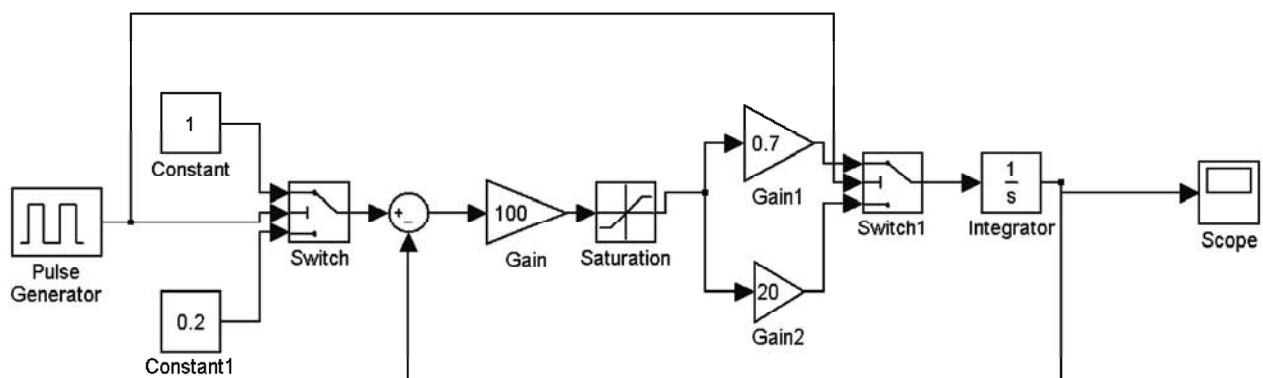


Рис. 1. Функціональна схема задавача

У даній схемі за генератор завдання використано генератор прямокутних імпульсів, вихід якого з'єднаний з керуючими входами комутаторів (*Switch* і *Switch1*, відповідно), призначених для підключення ланцюжка, що формує сигнал завдання максимальної швидкості уставки (*Constant*), комутатора (*Switch*), суматора, блоку підсилення (*Gain*), блоку обмеження (*Saturation*), блоку підсилення (*Gain1*), комутатора (*Switch1*) і інтегратора; або сигнал завдання мінімальної швидкості, що складається з: уставки (*Constant1*), комутатора (*Switch*), суматора, блоку підсилення (*Gain*), блоку обмеження (*Saturation*), блоку підсилення (*Gain2*), комутатора (*Switch1*) та інтегратора. Модель реалізує наростання або зменшення сигналу на виході задавача частоти обертання до тих пір, поки сигнал зворотного зв'язку не стане дорівнювати сигналу завдання.

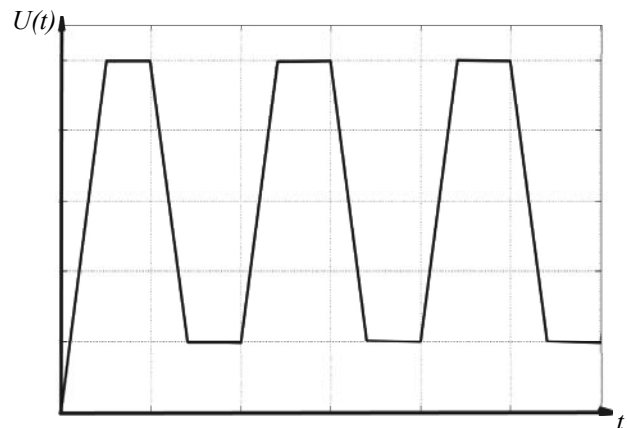


Рис. 2. Часова діаграма роботи функціональної схеми: *U* – напруга; *t* – час

При такій побудові задавача можливо реалізувати різні закони зміни сигналу – пилкоподібний, трапецієподібний, прямокутний. Також є можливість змінювати шпаруватість імпульсів і час роботи з постійною швидкістю. Це, у свою чергу, обумовлює можливість реалізації різних тахограм роботи приводного двигуна з урахуванням технологічних вимог та технічних можливостей електромеханічної системи та бурового ставу. Результати моделювання різних сигналів показані на рис. 2.

Оцінка можливості застосування імпульсної технології буріння на бурових верстатах з електроприводами постійного струму проводиться на імітаційній моделі. Система керування двигуном – двозонна. Регулювання швидкості нижче від номінальної здійснюється регулюванням напруги якоря (I зона), а вище від номінальної – зниженням величини магнітного потоку (II зона). Перехід від режиму регулювання напруги до регулювання струму збудження забезпечується за ра-

хунок того, що на швидкостях вище номінальної за допомогою регулятора збудження підтримується постійність ЕРС на рівні номінальної. Таким чином, подібна система повинна мати два тиристорних перетворювачі: один, призначений для живлення якорного кола, другий – для обмотки збудження.

Двонну систему керування швидкістю ДПТ умовно можна розділити на дві підсистеми:

- підсистема регулювання швидкості з підлеглим контуром регулювання струму якоря;
- підсистема регулювання ЕРС двигуна з регулятором ЕРС і підлеглим контуром регулювання магнітного потоку.

Система містить відповідні датчики струму якоря, струму збудження і ЕРС або швидкості двигуна. Доки двигун працює на швидкості нижче основної, ЕРС двигуна менша номінальної і вихідна напруга регулятора ЕРС має обмеження, яке забезпечує номінальний магнітний потік двигуна. При досягненні двигуном швидкості, коли його ЕРС номінальна, напруга зворотного зв'язку і завдання на вході регулятора ЕРС порівнюються, регулятор підготовлений до виходу з обмеження і контур регулювання при подаль-

шому зростанні швидкості підтримуватиме ЕРС на заданому (номінальному) рівні

Перевірки працездатності електроприводу постійного струму при використанні задавача імпульсного обертання здійснюється його моделюванням у середовищі Simulink математичного пакету Matlab [4]. Схема містить у собі наступні складові частини:

- 1) безпосередньо модель двозонного регульованого електроприводу постійного струму;
- 2) модель пружних крутильних коливань бурового ставу. Механічна частина приводу представлена двомасовою системою. Тут Jd – момент інерції валу двигуна, Jm – момент інерції механічної частини, $C12$ – коефіцієнт жорсткості;
- 3) ZI – задачик інтенсивності, який реалізує завдання на імпульсний алгоритм буріння;
- 4) модель зміни реактивного моменту опору на породоруйнівному інструменті, залежно від частоти обертання шарошкового долота $Sign1$, $Gain_1$, $product_1$, $product_2$, $Fcn1$, Mn .

Модель системи і результати моделювання наведені на рис. 3 і 4 відповідно.

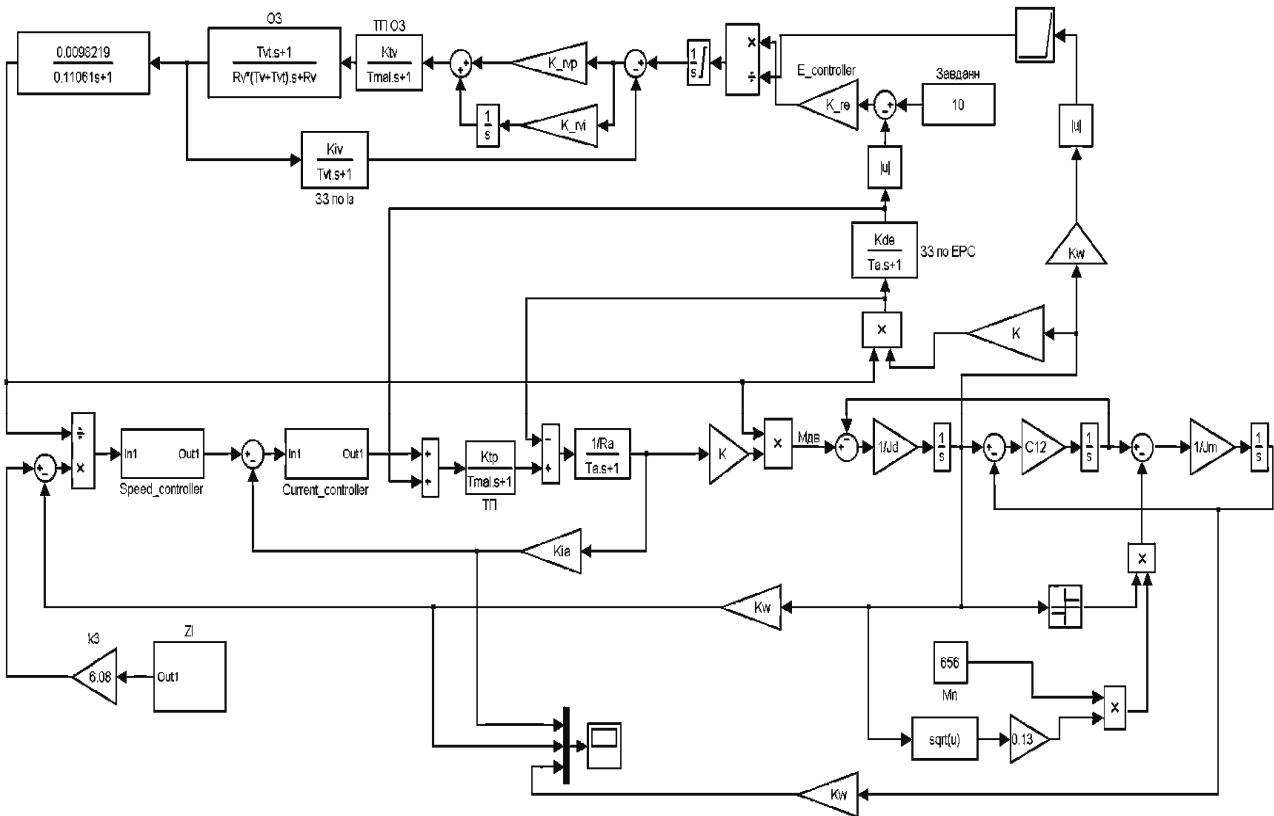


Рис. 3. Модель двозонного електроприводу постійного струму із задавачем

Максимальне значення завдання, що подається на вхід контуру регулювання швидкості (рис. 4, а), відповідає номінальному значенню кутової швидкості двигуна постійного струму. На рис. 4, б наведено результат відпрацювання вхідної тахограми. На рис. 6 прийняті наступні скорочення:

$U_{зи}$ – напруга завдання на швидкість;

$W_{дв}$ – швидкість на валу двигуна;

$W_{ш}$ – швидкість шарошкового долота.

Усі змінні приведені до максимально можливої напруги завдання – 10 В.

Впровадження розробленого задавача імпульсного обертання дозволить використати імпульсну технологію буріння, при якій очікується збільшення проходки

на одне долото й ефективності процесу руйнування породи. Надалі планується на підставі отриманих даних розробити систему керування промисловими буровими верстатами на основі імпульсної технології буріння, а також досліджувати динамічні режими роботи верстата в імпульсному режимі з метою зменшення можливих динамічних перевантажень.

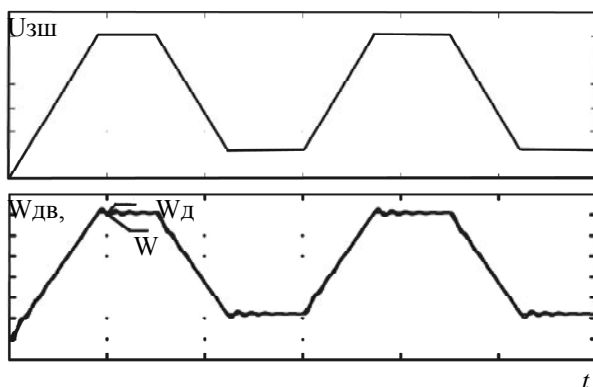


Рис. 4. Перехідні процеси в системі „тиристорний перетворювач – двигун постійного струму“: а) форма напруги; б) швидкість обертання двигуна

Висновки:

1. Базуючись на алгоритмі роботи задавача частоти обертання породоруйнівного інструменту, розроблено функціональну схему задавача імпульсного обертання електропривода бурового верстата. Розроблено математичну модель, яка реалізує задані закони керування.

2. Виходячи із наведених результатів моделювання перехідних процесів в електромеханічній системі на базі двигуна постійного струму можна стверджувати, що така система відпрацьовує сигнал завдання трапецеїдальної форми від розробленого задавача частоти обертання.

3. Також слід відзначити, що при моделюванні різних параметрів сигналу на виході задавача регулятора було встановлено, що при різних значеннях шпаруватості імпульсу, а також різних формах сигналу, можливо отримати різні значення швидкості буріння.

4. У подальшому будуть проведені експериментальні дослідження для порід різної міцності з метою визначення допустимих значень параметрів сигналу на виході задавача для отримання найбільшої швидкості буріння.

Список літератури / References

1. *Буткин В.Д.* Проектирование режимных параметров автоматизированных станков шарошечного бурения / Буткин В.Д. – М.: Недра, 1979. – 208 с.

Butkin V.D. Design of operation parameters of automated engineering tools for roller-bit drilling / Butkin V.D. – М.: Nedra, 1979. – 208 p.

2. *Кожевников А.А.* Импульсные технологии бурения геологоразведочных скважин / Кожевников А.А., Гошовский С.В., Мартыненко И.И. – К.: УкрГГРИ, 2003. – 208 с.

Kozhevnikov A.A. Impact technologies of geological exploration wells drilling / Kozhevnikov A.A., Goshovskiy S.V., Martynenko I.I. – К.: UkrGGRI, 2003. – 208 p.

3. *Хилов В.С.* Способ управления приводом вращения станка шарошечного бурения / Хилов В.С. // Гірнична електромеханіка та автоматика. – Дніпропетровськ, 2004. – Вип.72. – С. 116–119.

Khilov V.S. Control mode of rotational movement drive of roller-bit drilling engineering tool / Khilov V.S. // Girnycha elektromekhanika ta avtomatyka. – Dnipropetrovsk, 2004. – Issue 72. – P. 116–119.

4. *Комплектные тиристорные электроприводы: Справочник / И.Х. Евзеров, А.С. Горобец, Б.И. Мoshкович и др.; Под. ред. к.т.н. В.М. Перельмутера.* – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 319с.

Complete thyristor electric drives: Reference book / I.Kh. Yevzerov, A.S. Gorobets, B.I. Moshkovich et al.; edited by Cand. Sci. (Tech.) V.M. Perelmuter. – М.: Energoatomizdat, 1988. – 319 p.

Рассмотрены вопросы использования импульсной технологии бурения с целью повышения эффективности процесса разрушения горной породы, снижения затрат и уменьшения энергоемкости при проходке скважин. Рассматривается возможность использования импульсной технологии бурения с переменной частотой вращения породоразрушающего инструмента. Разработан задатчик импульсного вращения в системе управления приводом бурового станка. Выполнена проверка работоспособности разработанного задатчика импульсного вращения с тиристорным преобразователем постоянного тока.

Ключевые слова: *электромеханическая система, импульсный задатчик, шарошечное долото*

The paper reviews the use of pulsed drilling technology to improve the rock destruction process efficiency, to reduce costs and minimize energy intensity during wells driving. Authors consider possibility of use of pulsed drilling technology with rock destruction tool of variable speed. The setpoint pulse speed in the system controlling the drive of the drilling machine is designed. The test of the developed pulse setpoint rotation with thyristor converter DC is completed.

Keywords: *electro-mechanical system, pulse setpoint, roller bit*

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук Ф.П. Шкрабцем. Дата находження рукопису 24.03.11