

Автоматизація і інформаційні технології

УДК 621.313.62-83:624.15

*В.І. Ярас, к.т.н., доцент;
О.А. Погребний аспірант;
В.М. Мазур аспірант (КНУБА, Київ)*

НАПРЯМКИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ГОЛОВНОГО МЕХАНІЗМУ ПІДЙОМУ СФА–УСТАНОВОК НА БАЗІ КРАНІВ МКГ-25

АННОТАЦІЯ. Проаналізовано напрямки модернізації електроприводу головного механізму підйому установок для виготовлення буроін'єкційних паль на базі гусеничних кранів МКГ-25. Обґрунтовано підхід до модернізації шляхом імпульсного регулювання струму в колі ротора асинхронного двигуна. Описано роботу дослідного зразка системи в режимі плавного регулювання швидкості.

Ключові слова: електропривід змінного струму, буроін'єкційні палі, імпульсне регулювання.

АННОТАЦИЯ. Проанализированы направления модернизации электропривода главного механизма подъема установок для изготовления буроньекционных свай на базе гусеничных кранов МКГ-25. Обоснован подход к модернизации путем импульсного регулирования тока в цепи ротора асинхронного двигателя. Описана работа опытного образца системы в режиме плавного регулирования скорости.

Ключевые слова: электропривод переменного тока, буроньекционные сваи, импульсное регулирование.

SUMMARY. Analyzed trends in modernization of the electric main hoist systems for the production CFA piles on the basis of crawler cranes MKG-25. Grounded approach to modernization by pulsed current control circuit in the rotor induction motor. Describes how the prototype system in a mode stepless speed.

Key words: the AC electric drive, CFA piles, impulse control.

Постановка проблеми

Протягом останніх років у будівельній галузі багатьох країн широкого розповсюдження набула нова технологія виготовлення бетонних паль – СФА-технологія ("oncrete from auger"). В Україні ці палі називають буроін'єкційні [1].

Поширення СФА-технології забезпечили такі її переваги як висока продуктивність (до 25 паль за зміну), порівняно мала собівартість, відсутність ударних вібрацій тощо.

На сьогодні існує два стандарти виготовлення СФА-паль – європейський та американський, які відрізняються деякими технологічними особливостями бетонування свердловини. В Україні прийнята європейська технологія, що передбачає обов'язкове використання системи моніторингу в процесі буріння і бетонування [1].

Базове обладнання виготовлення СФА-паль це – спецмашина з гідравлічним приводом бурового інструменту і бетононасос. В Україні з 1998 року під цю технологію переобладнують гусеничні крани се-

рії МКГ-25 з електричним приводом всіх механізмів (далі СФА-МКГ). Дана новація належить київській фірмі "Фундамент" [1].

Особливості СФА-технології допускають виникнення характерних для неї дефектів у палях [2], де серед інших – шийки в стовбурі палі та його розрив. Вони виникають внаслідок неузгодженості швидкостей витягування шнека і подачі бетонної суміші бетононасосом (режим бетонування свердловини).

Значною мірою запобігти утворенню дефектів сприяє система моніторингу, яка за умов діючих норм повинна бути встановлена на кожній СФА-установці. Система реєструє поточні значення технологічних параметрів під час буріння:

- поточна глибина буріння;
- швидкість буріння;
- потужність споживання у системах з

електроприводом або обертовий момент бурового інструменту в системах з гідроприводом.

При бетонуванні:

- поточна глибина бетонування;

- швидкість бетонування;
- тиск бетонної суміші;
- витрата бетонної суміші.

Привід головного механізму підйому кранів МКГ-25 виконано за релейно-контактною схемою із ступеневим регулюванням швидкості. Ця особливість підвищує вірогідність виникнення дефектів і напруженість роботи оператора. У СФА – установках з гідравлічними приводами швидкість регулюється плавно.

Тому виникла необхідність у модернізації приводу головного механізму підйому СФА-МКГ. Під час плавного регулювання швидкості приводу за рахунок зменшення сплесків струмів і обертових моментів підвищується надійність і довговічність електричного обладнання та механічних частин бурової установки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Автори досліджень [4...8] пропонують декілька варіантів розв'язування задачі. *Перше*, природно найсучасніша стратегія: заміна асинхронного двигуна з фазним ротором і релейно-контактною схемою ступеневого перемикавання роторних опорів на асинхронний двигун з короткозамкненим ротором і системою частотного керування. *Інший шлях* – часткова модернізація. Вона передбачає заміну тільки релейно-контактною схемою керування на асинхронно-вентильний каскад (АВК) або на систему з імпульсним регулюванням струму в колі ротора асинхронного двигуна.

Мета статті. 1. Обґрунтування підходу до модернізації приводу головного механізму підйому СФА–установок на базі кранів МКГ-25 шляхом імпульсного регулювання струму в колі ротора асинхронного двигуна.

2. Аналіз дослідного зразка системи плавного регулювання швидкості.

Виклад основного матеріалу

Сама концепція переобладнання гусеничних кранів виникла внаслідок значної вартості СФА–установок європейського виробництва – близько 2 млн. євро. Вона розглядається як проміжний варіант – за мірою заробляння коштів фірми планують поступову заміну парку СФА-МКГ установками Бауер, Касагранда, Чіфа тощо з гідравліч-

ним приводом. Тому модернізація шляхом впровадження частотного приводу не на часі.

На відміну від частотного приводу великого ринку систем АВК не існує. Тому вартість розробки і виготовлення обмеженої серії АВК може перевищити вартість частотного приводу.

Крім того, специфіка СФА-технології полягає в тому, що приводи головного механізму підйому і обертання шнека в багатьох випадках на початковій фазі бетонування свердловини працюють у важких експлуатаційних режимах. Таке відбувається під час виготовлення паль у складних ґрунтових умовах. Це викликає необхідність встановлення силових блоків потужністю дещо вищою за номінальну потужність приводу.

Компромісом є встановлення системи з імпульсним регулюванням струму в колі ротора.

Схема включення асинхронного двигуна з фазним ротором при імпульсному регулюванні струму в колі ротора наведена на рис. 1, а. Додатковий резистор R ввімкнений через випрямляч $VD1...VD6$ в роторне коло послідовно зі згладжуючим реактором L . Резистор R періодично вмикається і вимикається за допомогою ключа K . У сучасних схемах в якості ключа K використовують IGBT транзистори.

Коли ключ K замкнений при $\epsilon=1$, де ϵ – шпаруватість імпульсів керування, двигун працює за характеристикою, яка відповідає $R_r=0$, де R_r – опір кола ротора (рис. 1, б). Якщо ключ розімкнений ($\epsilon=0$) та $R_r=1$, то двигун працює за реостатною характеристикою, що відповідає постійно увімкненому опору R . Для керування ключем K використовується принцип широтно-імпульсної модуляції. Робоча зона під час імпульсного регулювання струму в колі ротора розміщується між двома крайніми характеристиками – природною і штучною, що відповідає постійно увімкненому опору R .

Енергетичні показники при імпульсному регулюванні опору дещо гірші, ніж при ступеневій його зміні. Це зумовлено наявністю в колі обмоток ротора ключа K , який спотворює форму струму двигуна пульса-

ціями. З'являються моменти вищих гармонік і додаткові втрати.

Моделювання роботи приводу головного механізму підйому крана МКГ-25 з використанням двигуна з фазним ротором потужністю 33 кВт і системи імпульсного регулювання опору кола ротора виявило наявність значних імпульсних перенапруг на ключі. Вони виникають за рахунок великої індуктивності обмотки ротора під час закривання ключа, тобто при різкому розриві кола з індуктивністю. Тому для запобігання виходу з ладу силового транзистора необхідно паралельно ключу увімкнути снабберне коло. Крім того слід відмовитися від згладжуючого реактора L , рис. 1.

Функціональна схема дослідної системи з імпульсним регулюванням струму в колі ротора показана на рис.2.

Драйвер ключа формує з команд мікроконтролера системи керування необхідні сигнали для відкриття та закриття ключа $VT1$.

Випробування дослідного зразка приводу, в першу чергу, показало бажаний результат – можливість обрати оптимальну швидкість бетонування палі, що дозволяє суттєво підвищити їх якість. Однак за рахунок м'якості реостатних характеристик на початковій фазі бетонування необхідно у широких межах маніпулювати регулятором для виходу на оптимальну швидкість. Даний результат було прогнозовано. Під час подальшої доробки системи передбачено

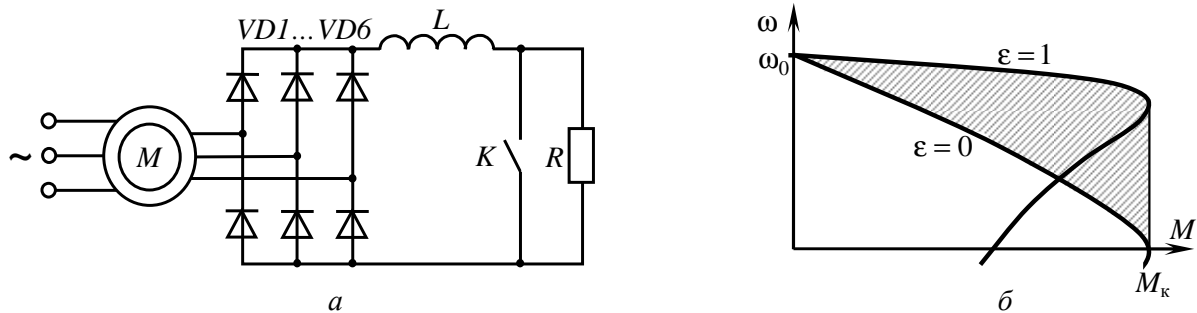


Рис. 1. Схема включення асинхронного двигуна з фазним ротором при імпульсному регулюванні струму в колі ротора

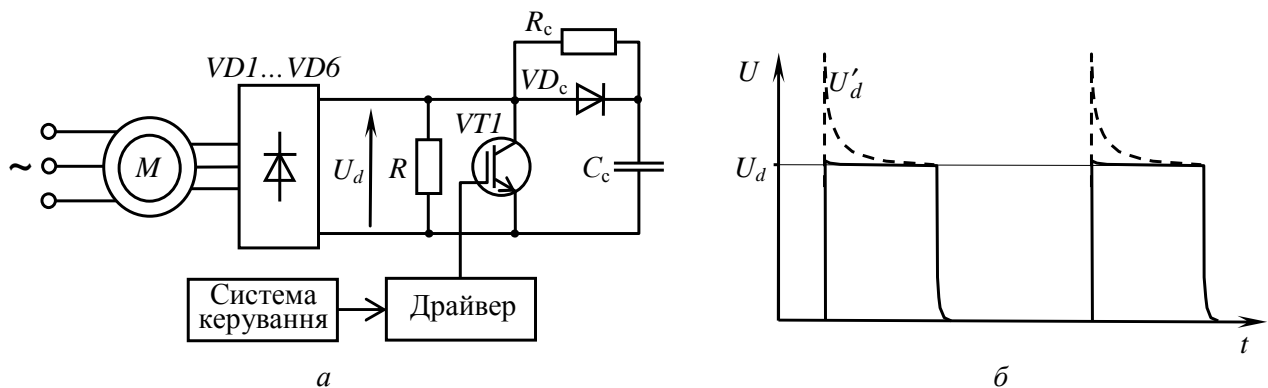


Рис. 2. Функціональна схема дослідної системи з імпульсним регулюванням струму в колі ротора

Змінна напруга ротора випрямляється за допомогою випрямляча $VD1...VD6$. Додатковий опір кола ротора увімкнений в ланку постійного струму. У якості ключа використано силовий IGBT транзистор $VT1$. Його шунтовано колом снаббера $R_c-VD_c-C_c$.

Останній працює наступним чином, (рис.2, б): через діод VD_c здійснюється швидкий заряд ємності C_c , тим самим га-

ввести зворотній зв'язок за швидкістю. Це дозволить практично одразу виходити на оптимальну швидкість бетонування.

Висновки

1. Модернізація електроприводу головного механізму підйому установок СФА-МКГ необхідна для підвищення якості паль та покращення умов роботи оператора.

2. Оптимальною стратегією модернізації електроприводу головного механізму підйому установок СФА-МКГ є заміна його релейно-контактної схеми керування системою імпульсного регулювання струму в колі ротора асинхронного двигуна.

3. Дослідження приводу показали доцільність використання схеми імпульсного регулювання струму в колі ротора без згладжуючого дроселя але із снабберним колом.

4. Випробування дослідного зразка приводу виявило необхідність використання зворотного зв'язку за швидкістю.

Література

1. *Городжа А.Д., Ярас В.И., Троцинский Б.И., Помешкин П.В.* Перспективная технология устройства свайных фундаментов и компьютерная система контроля технологических параметров их изготовления // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. Міжвідомч. науково-техн.журн Вип. 54. – К.: КНУБА, 1999.
2. *Ярас В.И.* Автоматизована система експрес-діагностики бетонних паль і стовпів у ґрунті. Дисертація на здобуття наукового ступеня КТН: 05.13.07 // КНУБА. – К., 2006. – 188с.
3. *Чиликин М.Г., Сандлер А.С.* Общий курс электропривода // Учебник для вузов. – 6-е изд., доп. и перераб. – М.: Энергоиздат, 1981. – 576с.
4. *Попов Е.В.* Модернизация крановых асинхронных электроприводов с использованием полупроводниковых преобразователей. Диссертация на соискание ученой степени КТН: 05.09.03 // Москва, 2005. – 211с.
5. *Шевченко А.Н.* Совершенствование регулировочных и энергетических показателей крановых электроприводов на основе транзисторных преобразователей переменного тока. Диссертация на соискание ученой степени КТН: 05.09.03 // Самара, 2007. – 228с.
6. *Гасанов З.А.* Регулируемый асинхронный электропривод с частотно-управляемым сопротивлением в цепи ротора для крановых механизмов подъема. Диссертация на соискание ученой степени КТН: 05.09.03 // Баку, 1984. – 220с.
7. *Лёшин О.Г.* Разработка крановых асинхронных электроприводов с импульсным управлением в цепи выпрямленного тока ротора. Диссертация на соискание ученой степени КТН: 05.09.03 // Москва, 1983. – 187с.
8. *Данилов П.Е., Барышников В.А., Ильюшкин С.Н.* Анализ энергетических показателей импульсного асинхронного вентильного каскада // Вестник МЭИ. – 2009г. – №2 – С.100-105

Рецензент: Л.І.Мазуренко, д.т.н., професор (КНУБА, Київ)

Отримано: 7.04.2011р.