

О. А. Грибовський

М. М. Мошноріз

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ЕКСКАВАТОР ГІРНИЧОВИДОБУВНОГО КАР'ЄРУ

Вінницький національний технічний університет

Двигуни постійного струму широко застосовуються в промислових установках завдяки своїй простоті керування та високій продуктивності. Однак, для забезпечення безперебійної роботи такого обладнання необхідно постійно контролювати стан двигунів. Особливу увагу слід приділяти графіку планових ремонтних робіт, оскільки надмірне використання може призвести до серйозних наслідків, таких як короткі замикання, перегрівання та вихід двигуна з ладу.

Ключові слова: двигун постійного струму, пуск двигуна, предиктивне обслуговування двигунів, контроль ізоляції, нагрів підшипників

Постановка проблеми

Спостерігається значне перевищення реальних втрат електроенергії при зношенні електропривода порівняно з нормативним. Це зумовлено тим, що при експлуатації технічних систем технічний стан її елементів погіршується через знос та старіння внаслідок впливу факторів середовища (кліматичних, механічних, режимних, електромагнітних та ін.), що у багатьох випадках не тільки знижує їхню надійність, але викликає додаткові втрати електричної енергії.

Аналіз останніх досягнень і публікацій

Проблемою дослідження обслуговування двигунів постійного струму займалися і займається ряд вітчизняних і закордонних науковців: О. І. Лукін, Ю. О. Кондратенко, С. В. Заремба, Ю. Б. Сінкевич, І. М. Касьяненко, J. Smith, R. Müller, Y. Tanaka та ін.

Мета статті

Підвищення ефективності роботи електроприводів екскаватора гірничо-видобувного кар'єру.

Виклад основного матеріалу дослідження

Комплектний пристрій керування електроприводами екскаваторів виконує функції керування головними та допоміжними приводами екскаватора, керування синхронним двигуном перетворювального агрегату, блокування та захисту приводів, а також робочого обладнання екскаватора від аварійних режимів, контролю, світлової індикації, візуалізації та документування стану системи керування та електроустаткування. Будучи сучасною системою управління, ПКУ ШЕ надає машиністу та експлуатаційному персоналу на рідкокристалічному дисплеї великий обсяг інформації про технологічні показники роботи екскаватора та стан електроприводів. Інформація про технологічні показники зберігається в оперативній енергонезалежній пам'яті (чорна скринька).

Одна з важливих функцій системи управління приводами екскаваторів, полягає у плавному пуску та регулюванні струму збудження синхронного двигуна. На відміну від штатного прямого способу пуску, коли двигун включають на напругу мережі в асинхронному режимі і після виходу на підсинхронну швидкість вводять у синхронізм, у ПКУ ШЕ виробництва НВО «Модекс-привід» використовується плавний розгін синхронного двигуна до підсинхронної швидкості генератором обертання при

відключених від мережі обмотках статора синхронного двигуна. Таке технічне рішення дозволяє повністю виключити просадки напруги мережі живлення і підвищити термін служби синхронного двигуна за рахунок виключення пускових струмів, велика величина (5÷7 кратних від номінального) і тривала дія яких викликає нагрівання статора, що призводить до передчасного виходу останніх і, як наслідок, скорочення терміну служби електричної машини.

У роботі приймається система планово-попереджувальних ремонтів (ППР) гірничо-збагачувального й допоміжного устаткування.

Ремонтні роботи проводяться відповідно до річних графіків планово-попереджувальних ремонтів устаткування, що складаються із урахуванням кількості відпрацьованих даним механізмом машино-годин. При цьому ремонтні здійснюються за допомогою агрегатно-вузлового методу ремонту, при якому вузли й агрегати, що вимагають ремонту, замінюються запасними, заздалегідь відремонтованими, або виготовленими в РМЦ.

Продуктивність кар'єру з видобутку ільменітовмісних рудних пісків приймається згідно до завдання на розробку РП кар'єру на ділянці родовища ільменіту – 1200 тис. м³/рік і згідно вище приведеного розрахунку забезпечується вибраним устаткуванням.

За години роботи гірничого видобного підприємства певною мірою ведеться облік споживаної електроенергії а також прораховується майбутнє споживання саме кар'єром. Беремо статистичні дані з листопада 2021 року по серпень 2024 року. Під час виконання дослідження було зібрано та виконано аналіз інформації про продуктивність виробітку певного кар'єру і кількість спожитої при цьому енергії. На основі цього зроблено висновок, що можна встановити відповідність між кількістю виробленої (розробленої) гірничої породи та кількістю спожитої електроенергії. Це співвідношення назвемо «питоме електроспоживання». Зрозуміло, що питоме електроспоживання залежить від виду породи і для зручності аналізу у роботі пропонується розділити породу за складністю її обробки (розробки) на чотири категорії. Значення питомого електроспоживання для кожної категорії зазначено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Коефіцієнт питомого електроспоживання

№	Види породи	Коефіцієнт питомого електроспоживання, кВт·год/тис. м ³
Кп1	Піскоподібні	3
Кп2	Глиноподібні	2,373114865
Кп3	Гранітоподібні	1,74622973
Кп4	Пластоподібні	1,119344595

Для можливості встановлення реального споживання кожним видом приводу екскаватора-драглайна гірничозбагачувального кар'єру виконаємо модернізацію структурної схеми головних електроприводів згідно рисунку 1.

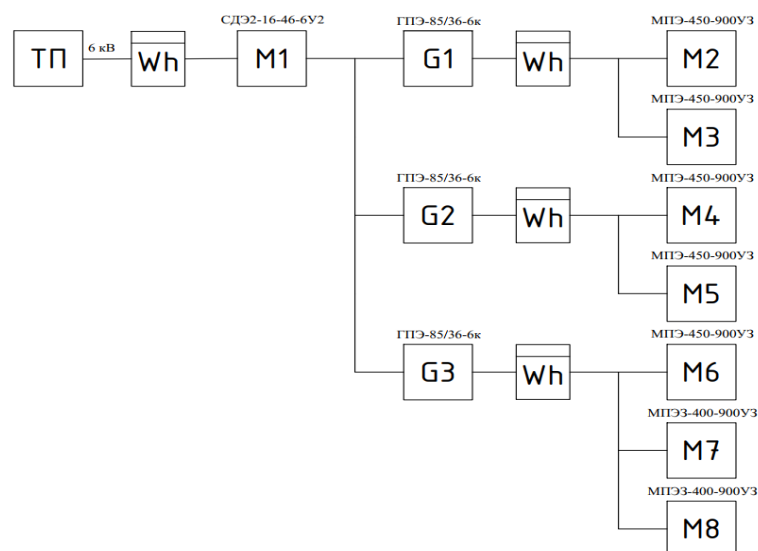


Рисунок 1 – Структурна схема головних електроприводів екскаватора ЕШ-10/70 зі встановленням пристроїв обліку споживання енергії

Розрахуємо для кожного коефіцієнта питомого електроспоживання споживану електроенергію та занесемо дані до таблиць 2 та 3.

Таблиця 2 – Розрахункові данні лічильників з мінімальним питомим споживанням.

	день	тиждень	місяць	рік
Лічильник загальний, кВт·год	7724	54067,86449	231719,4192	2780633,031
Лічильник двигуна підйому М2--М3, кВт·год	2439	17074,06247	73174,55344	878094,6413
Лічильник двигуна повороту М4—М5, кВт·год	2439	17074,06247	73174,55344	878094,6413
Лічильник двигуна підтягування М6—М7, кВт·год	2846	19919,73955	85370,31235	1024443,748
Лічильник двигуна кроку М8, кВт·год	7724	54067,86449	231719,4192	2780633,031

Таблиця 3 – Споживана електроенергія з коефіцієнт використання середній річний за рік.

Продуктивність екскаватора m^3 /добу	6900,449315	6900,449315	6900,449315	6900,449315
Коефіцієнт питомого електроспоживання, кВт·год/тис. m^3	1,119344595	1,74622973	2,373114865	3
Споживання енергії, кВт·год/доб	7723,980641	12049,76974	16375,55884	20701,34795
Коефіцієнт використання середній річний за рік	0,297794551	0,464573376	0,631352202	0,798131028

Маючи питоме електроспоживання і продуктивність екскаватора можна знайти фактичне споживання електричної енергії E_{Φ} , $E_{\Phi 1}$, $E_{\Phi 2}$, $E_{\Phi 3}$. Коефіцієнт корисної дії екскаватора загалом і окремих його приводів характеризують ефективність роботи. Знайдемо його за формулою::

$$\eta_{\Phi 0.1} = \frac{E_{\Phi 1}}{E_{p1}}, \quad (6)$$

де E_{p1} – це реальне значення кількості електроенергії з лічильника, встановленого на кожному приводі чи екскаваторі загалом;

$E_{\Phi 1}$ – це фактична електроенергія.

Подамо графік коефіцієнта корисної дії (ефективності роботи) загального лічильника на рисунку 1.

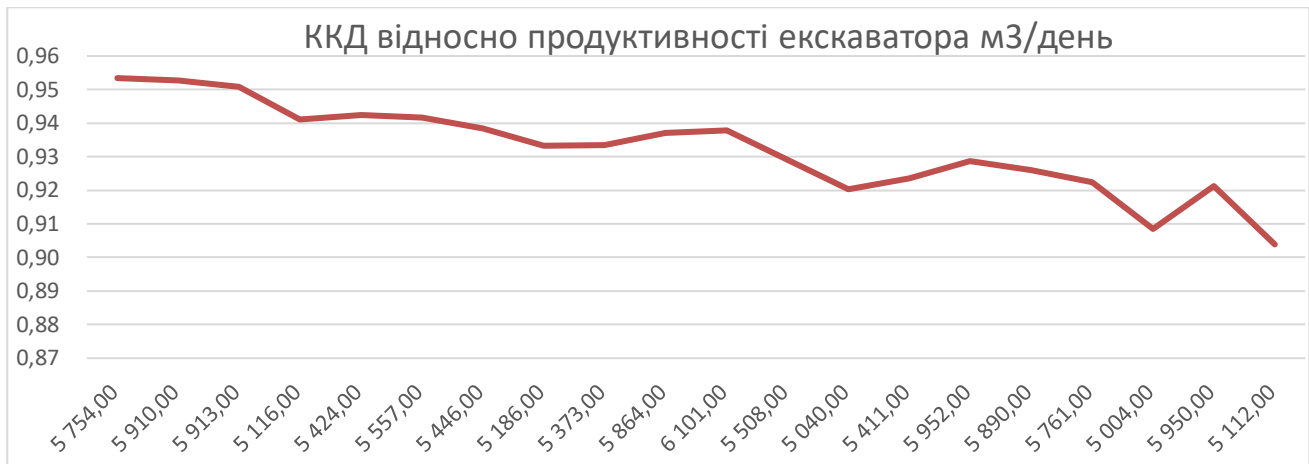


Рисунок 2 – ККД екскаватора відносно фактичної продуктивності екскаватора M^3 /день для плаstopодібної породи

Проаналізувавши графіки, можна побачити закономірність, що з тривалою роботою електропривода зменшується його значення ККД. За допомогою цих графіків ми бачимо відношення фактичного до розрахункового значення ККД кожного електроприводу і це дає нам можливість дослідити ефективність ремонтно-планово попереджувальних робіт та запропонувати покращений варіант прогнозування ремонтних робіт. Прогнозування ремонтних робіт електроприводу має забезпечити зменшення кількості годин витрачених на ремонтні роботи що в цілкому вплине на ефективність самого екскаватору зменшить кількість простоїв.

З результатів розрахунків техніко-економічного обґрунтування можна зробити висновок, що модернізація даної системи автоматизованого електропривода є економічно виправданою. При цьому досягається економія річних експлуатаційних витрат на рівні 2,12%. Це, перш за все, пояснюється тим, що нова система значно зменшує витрати на обслуговування та ремонт. Це підтверджує правильність вибору варіанту модернізації та економічну доцільність впровадження даного технічного рішення. Річний економічний ефект становить 184483,112 грн.

Перспективи подальших досліджень

Система предиктивного обслуговування для двигунів постійного струму, заснована на моніторингу споживаної електроенергії. Для підвищення надійності обладнання та зниження витрат на його обслуговування контролі ізоляції та нагріву підшипників, є ефективним інструментом та подальшим напрямком дослідження. Завдяки використанню сучасних технологій, таких як датчики, системи збору даних та алгоритми машинного навчання, можна досягти високого рівня точності прогнозування та оптимізації процесів обслуговування. Використання датчиків ізоляції є ефективним способом підвищення надійності та довговічності електричних машин. Завдяки своєчасному виявленню потенційних проблем можна уникнути серйозних аварій і зберегти значні кошти.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Iannuzzi, D. Speed-Based State-of-Change Tracking Control for Metro Trains with Onboard Supercapacitors / D. Iannuzzi, P. Tricoli // IEEE Transaction on Power Electronics. – 2012. – Vol. 27. – Iss. 4. – P. 2128–2140. doi: 10.1109/tpel.2011.2167633.

2. Чорний О. П., Гладирь А. І., Осадчук Ю. Г., Курбанов І. Р., Вошун А. Н. Пускові системи нерегульованих електроприводів : монографія. Кременчук : ПП А. В. Щербатих, 2006. 280 с.

3. Мошноріз М. М., Грибовський О. А. (2024). Комплексний показник енергетичної ефективності електропривода постійного струму / Electrical and Power Engineering and Electromechanics (EPEE 2024). Odesa, Ukraine, May 15, 2024: proceedings. Odesa Military Academy, 2024. С. 43-44. DOI 10.6084/m9.figshare.25858477.

Мошноріз Микола Миколайович – канд. техн. наук, доцент кафедри комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів, Вінницький національний технічний університет, e-mail: moshnoriz@vntu.edu.ua.

Грибовський Олександр Анатолійович – студент групи ЕПА-23м, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, e-mail: sashok19931993@gmail.com.

Вінницький національний технічний університет.