

УДК 622.61

А.В. Лавшонок, канд. техн. наук, **О.Г. Шило**, магістрант,
Донецький національний технічний університет

ДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ПЛАВНОГО ПУСКУ СТРІЧКОВИХ КОНВЕЄРІВ В АВАРІЙНИХ РЕЖИМАХ

Запропоновано алгоритм запуску стрічкового конвеєра при виході з ладу системи контролю швидкості.

конвеєр, повільний пуск, електродвигун, контроль швидкості

Проблема і її зв'язок з науковими або практичними завданнями. Як відомо, застосування систем плавного запуску стрічкових конвеєрів дозволяє суттєво покращити експлуатаційні характеристики конвеєра, а саме знизити необхідний натяг стрічки для виключення пробуксовки, що в остаточному підсумку дозволяє підвищити термін експлуатації стрічки. На шахтах України та країн СНД експлуатуються різні системи плавного запуску як вітчизняного, так і закордонного виробництва, які відрізняються принципом побудови й характеристиками. До таких пристроїв належать апарати АПМ, УКТВ та ін. Пристрої плавного пуску відносяться до досить дорогого електроустаткування, вартість якого істотно вище традиційної пускової апаратури, при цьому на вугільних шахтах пускові апарати експлуатуються тривалий час, а заміна проводиться, як правило, тільки у разі повного їх виходу з ладу. Алгоритми управління апаратами плавного запуску шахтних стрічкових конвеєрів, як правило, реалізуються на основі ПД регулятора, в якості зворотного зв'язку використовується сигнал датчика швидкості та струму. При цьому закон управління спрямований на підтримку заданого прискорення стрічки. Аналіз ефективності експлуатації апаратів плавного запуску стрічкових конвеєрів типу АПМ і аналогічних показав, що апарат забезпечує зниження динамічних перевантажень при пуску привода, що дозволяє знизити натяг стрічки, відпадає також необхідність застосування складних натяжних пристроїв, що працюють в широкому діапазоні натягів стрічки. Однак аналіз надійності апарату показав, що при виході з ладу системи контролю швидкості апарат стає по суті непрацездатним, що призводить до простою конвеєра, обслуговуючий персонал при цьому виключає апарат плавного пуску з системи живлення і переходить до прямого запуску привода конвеєра з усіма відомими негативними чинниками.

Постановка задачі. Розвиток мікроелектроніки, а саме все більш широке використання мікроконтролерів для побудови систем керування гірничими машинами дозволяє реалізовувати алгоритми керування двигуном практично будь-якого ступеня складності і забезпечувати виконання будь-яких необхідних функцій. При цьому є можливість у випадку непрацездатності (або відсутності) сигналу від датчика швидкості перейти до реалізації алгоритму керування у функції часу розгону із забезпеченням відповідної аварійної сигналізації. Такий підхід дозволить підвищити надійність конвеєрного транспорту та усунути в деяких випадках необхідність застосування прямого пуску привода.

Для реалізації подібних алгоритмів керування актуальною є задача отримання оптимального закону зміну напруги живлення електродвигуна у функції часу, що враховує характеристики конвеєра, вантажу і привода, а також можливості реалізації програми алгоритму запуску як завдання «реального часу».

Аналіз досліджень і публікацій. Питаннями пускових режимів стрічкових конвеєрів займаються вітчизняні та зарубіжні вчені: проф. В.Г. Дмитрієв, к.т.н. Е.Х. Завгородний, к.т.н. В.М. Кучерявенко, к.т.н. В.М. Назаренко та ін.

Виклад матеріалу і результати. Для прикладу, розглянемо запуск стрічкового конвеєра 2Л80У з наступними параметрами: Тип виробки - уклон; довжина транспортування $L=800$ м; швидкість руху стрічки $V=2$ м/с; ширина стрічки $B=0.8$ м; кут нахилу виробки $\beta=8^\circ$. Застосуємо асинхронний короткозамкнений двигун типу 4А225М4В3, потужністю 55кВт, напругою 380/660 В, частотою обертання 1480 об/хв. [1].

Метою керування є відсутність суттєвих кидків тягового зусилля, обумовленого нелінійним видом характеристики привода, а також застосування привода із запасом по тязі.

Враховуючи, що закон керування у функції часу буде застосовуватися тільки в аварійних режимах (при відсутності сигналу від датчика швидкості), введемо наступні припущення:

- стрічку будемо розглядати як абсолютно жорстку;
- при запуску цілком завантаженого конвеєра не будемо враховувати зменшення маси вугілля на стрічці при розвантаженні конвеєра під час його запуску.

Для забезпечення розгону необхідно забезпечити задане перевищення тягового зусилля над силами опору в момент запуску:

$$Fp = K\delta \cdot Won, \quad (1)$$

де Fp – задане тягове зусилля при пуску привода, n ;

$K\delta$ – припустимий коефіцієнт перевищення пускового зусилля над силою опору ;

Won – сили опору руху, n .

При забезпеченні перевищення сили тяги над силою опору конвеєр буде розганятися:

$$Fp - Won = \sum m \cdot \frac{dV(t)}{dt}, \quad (2)$$

де: $\sum m$ – сума мас всіх рухомих елементів конвеєра, $кг$;

V – швидкість руху стрічки, $м/с$;

t – час, $с$.

Отримаємо залежність пускової напруги функції швидкості. Для цього представимо рівняння 2 у вигляді:

$$\frac{m_1 \cdot U(t)^2 \cdot r'^2 \cdot p}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot S(V(t)) \cdot \left(\left[r1 + \frac{r'^2}{S(V(t))} \right]^2 + (x1 + x'^2)^2 \right)} \cdot Kp - W_{conp} - \sum m \cdot a = 0 \quad (3)$$

де Kp – коефіцієнт передачі редуктора;

R – радіус барабана, $м$;

S – ковзання електродвигуна;

$f, p, m, x1, x'^2, r'^2, r1$ – параметри схеми заміщення двигуна.

Перетворивши рівняння (3) за умови рівноприскореного руху під час розгону конвеєра ($a = const$), необхідну регульовану напругу живлення під час пуску можна визначити наступним чином:

$$\text{Обозначим } B = \frac{60 \cdot \frac{f}{p} - \left[\frac{(K\delta - 1) \cdot Won \cdot t \cdot Kp}{m} \right]}{60 \cdot \frac{f}{p}}.$$

$$Unp(t) = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi \cdot f \cdot B \cdot \left[\left[r1 + \frac{r'^2}{B} \right]^2 + (x1 + x'^2)^2 \right] \cdot Fp \cdot R}{m_1 \cdot r'^2 \cdot p \cdot Kp}} \quad (4)$$

Для забезпечення функціонування обладнання тільки в режимі розгону введемо обмеження:

$$U(t) = \begin{cases} t < T_p, & U_{np}(t) \\ t \geq T_p, & U_{num} = const \end{cases} \quad (5)$$

де T_p – заданий час розгону конвеєра, с.

За умови рівноприскореного руху час розгону можна визначити наступним чином:

$$T_p = \frac{\sum m \cdot V_m}{W_{on} \cdot (K\delta - 1)}, \quad (6)$$

де V_m – максимальна швидкість стрічки конвеєра, м/с.

Для аналізу пускових режимів розглянемо результати математичного моделювання запуску стрічкового конвеєра. При цьому для вище наведених параметрів стрічкового конвеєру розглянемо наступні способи запуску: прямий запуск (напруга змінюється згідно залежності на рис. 1, залежності 1), лінійне підвищення напруги (рис. 1, залежності 2 та 3), зміна напруги згідно закону відповідно до виразу 4 з обмеженням 5 (рис. 1, залежності 4) та підтримання постійного прискорення з контролем швидкості та якісним швидкодіючим регулятором (рис. 1, залежності 5). При цьому під час моделювання запуску привода с регулятором було враховано зменшення маси вугілля на стрічці при розвантаженні конвеєра під час його запуску.

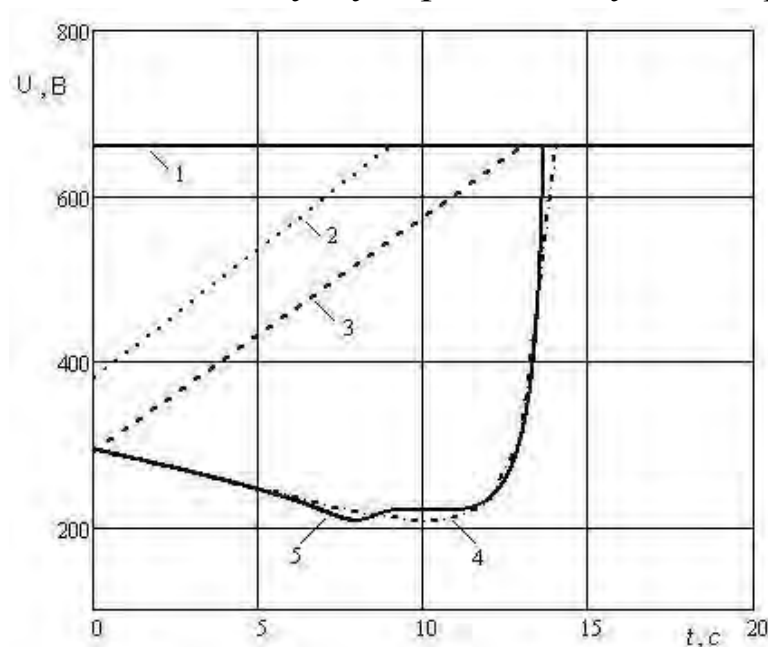


Рисунок 1 - Графік залежності початкової напруги від часу запуску конвеєра

жності на рис. 1, залежності 1), лінійне підвищення напруги (рис. 1, залежності 2 та 3), зміна напруги згідно закону відповідно до виразу 4 з обмеженням 5 (рис. 1, залежності 4) та підтримання постійного прискорення з контролем швидкості та якісним швидкодіючим регулятором (рис. 1, залежності 5). При цьому під час моделювання запуску привода с регулятором було враховано зменшення маси вугілля на стрічці при розвантаженні конвеєра під час його запуску.

Метою керування запуску стрічкового конвеєра є мінімізація надлишкових тягових зусиль при отриманні допустимого часу розгону конвеєра. На рисунку 2 наведено результати чисельного моделювання та залежності швидкості руху конвеєра від часу, а на рисунку 3 залежності сили тяги, що розвиває привід від часу відповідно для законів керування що наведено на рис. 1.

Метою керування запуску стрічкового конвеєра є мінімізація надлишкових тягових зусиль при отриманні допустимого часу розгону конвеєра. На рисунку 2 наведено результати чисельного моделювання та залежності швидкості руху конвеєра від часу, а на рисунку 3 залежності сили тяги, що розвиває привід від часу відповідно для законів керування що наведено на рис. 1.

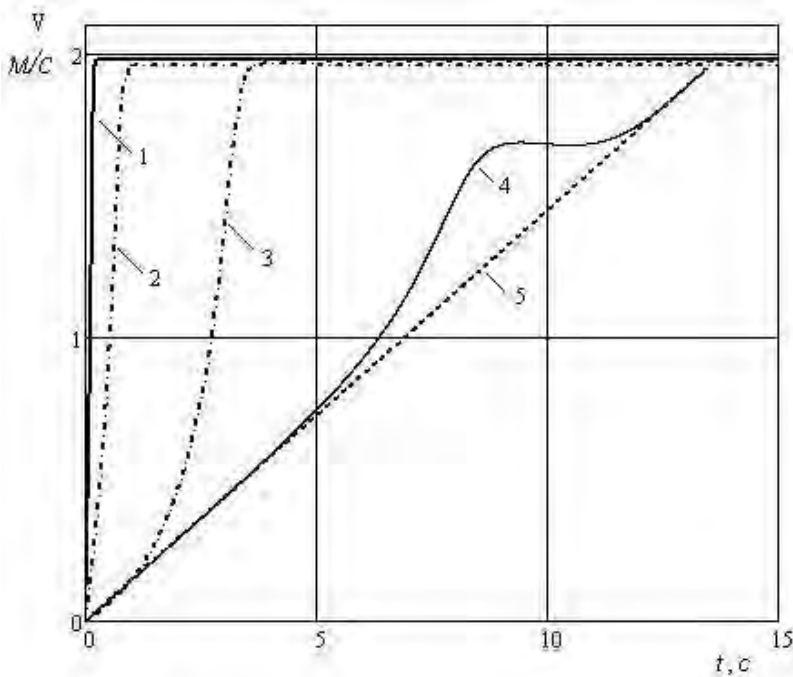


Рисунок 2 – Графіки швидкості руху стрічки під час розгону конвеєра

З отриманих результатів моделювання (рис. 3) зрозуміло, що при прямому запуску конвеєра в початковий момент часу відбуваються кидки тягового зусилля, які вище номінального в 10 та більше разів. Лінійне підвищення напруги також не є оптимальним у зв'язку з суттєвим впливом характеристики електродвигуна. Оптимальним є запуск в режимі керування

з контролем швидкості, а у разі відсутності можливості такого контролю доцільним є виконувати запуск конвеєра при зміні напруги згідно залежності (4) з обмеженнями (5) у функції часу.

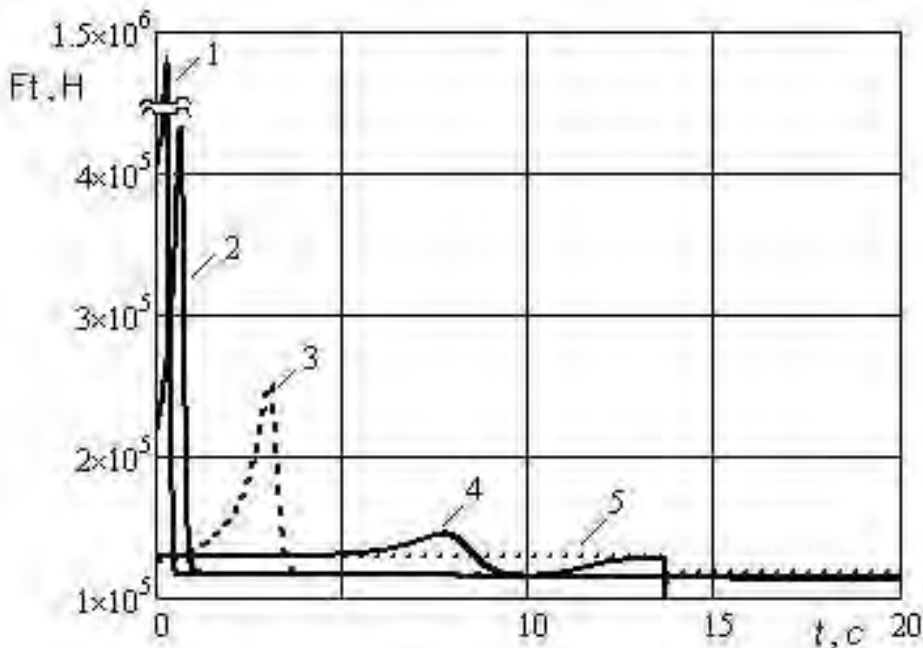


Рисунок 3 – Графіки залежності сили тяги в початковий момент часу запуску конвеєра

Висновки й напрямок подальших досліджень. У даній роботі досліджується введення додаткових функцій системи керування запуску стрічкового конвеєра в некритичних аварійних режимах, а зокрема при виходу з ладу системи контролю швидкості. У таких режимах

запропоновано запуск конвеєра проводити шляхом зміни напруги живлення електродвигуна у функції часу згідно до отриманих аналітичних залежностей (4) з обмеженнями (5) з урахуваннями параметрів електродвигуна та конвеєра. Практичне реалізація залежностей (4) не потребує виконання складних розрахунків і може бути досить легко реалізована при удосконалюванні сучасних систем керування. Надалі становить інтерес моделювання системи із пружними властивостями стрічки й застосування двох двигунів.

Список літератури

1. Технические данные асинхронных двигателей переменного тока с к.з. ротором серии 4А (IP44, ICA0141). – Режим доступа: <http://principact.ru/content/view/154/108/>.
2. Будішевський В.О. Проектування транспортних систем енергоємних виробництв / В.О. Будішевський, А.О.Суліма. – Донецьк. – 2008. - 455 с.
3. Будишевский В.А. Теоретические основы и расчеты транспорта энергоёмких производств / В.А. Будишевский, А.А. Сулима. – Донецьк. – 1999. - 216 с.

А.В. Лавшонок, О.Г. Шило. Совершенствование процесса плавного пуска ленточных конвейеров в аварийных режимах. Предложен алгоритм запуска ленточного конвейера при выходе из строя системы контроля скорости конвейер, плавный пуск, электродвигатель, контроль скорости

A.Lavshonok, O.Shilo. Perfection of the Process of Smooth Start-up of Tape Conveyors in Emergency Operation Modes. The algorithm of band conveyer start up is offered at the failure of speed control system. conveyor, smooth start-up, electric motor, control of speed

Стаття надійшла до редколегії 27.10.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. каф. «Гірничі машини» В.П.Кондрахін

© Лавшонок А.В., Шило О.Г., 2010