



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **149377** (13) **U**
(51) МПК (2021.01)
B23D 25/04 (2006.01)
B23D 36/00
B23D 45/20 (2006.01)
B60L 15/00

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2021 03690	(72) Винахідник(и): Черв'яков Володимир Дмитрович (UA), Панич Андрій Олександрович (UA), Бережна Ольга Володимирівна (UA)
(22) Дата подання заявки: 29.06.2021	(73) Володілець (володільці): СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Римського-Корсакова, буд. 2, м. Суми, 40007 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 11.11.2021	(74) Представник: ГУДКОВ СЕРГІЙ МИКОЛАЙОВИЧ
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 10.11.2021, Бюл.№ 45	

(54) СПОСІБ ПІДГОТОВКИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА МЕХАНІЗМУ ПЕРЕМІЩЕННЯ НЕСУЧОГО ОРГАНУ ЛЕТЮЧОЇ ВІДРІЗНОЇ МАШИНИ ДО ЗАПУСКУ НА ПОРІЗ РУХОМОГО ДОВГОМІРНОГО ВИРОБУ

(57) Реферат:

Спосіб підготовки електропривода механізму переміщення несучого органу летючої відрізної машини до запуску на поріз рухомого довгомірного виробу полягає у здійсненні процесу підготовки як послідовного виконання операцій переведення двоконтурної системи управління електроприводом із режиму регулювання швидкості в режим регулювання моменту після установки несучого органу у вихідне положення, якому відповідає вихідний стан електропривода, переведення несучого органу у початкове положення, якому відповідає початковий стан електропривода, і фіксації величини електромагнітного моменту двигуна і координати положення різального інструменту на осі технологічної лінії у початковому стані електропривода. Процес змінення електромагнітного моменту двигуна від M_v до M_n формують у вигляді лінійно зростаючої функції $M = M_v + \alpha t$, де $\alpha = dM/dt$ – заданий темп зміни електромагнітного моменту, до появи сигналу $V > 0$ з виходу давача швидкості руху несучого органу, після чого електромагнітний момент двигуна знижують з тим же темпом α до зупинки несучого органу і до появи сигналу $V = 0$, приймаючи досягнуте значення електромагнітного моменту M_n , як максимально наближене до моменту $M_{c.zp}$ без перевищення величини останнього, причому темп α зміни електромагнітного моменту обмежений визначеною величиною, що виключає можливість небажаних зсувів несучого органу в процесі зміни електромагнітного моменту від M_v до M_n через ударні замикання зазорів у механічній передачі від двигуна до несучого органу.

UA 149377 U

UA 149377 U

Корисна модель належить до галузі електромеханіки і може бути використана в системах автоматизованого електропривода механізмів переміщення несучих органів летючих відрізних машин у складі неперервних сортопрокатних, трубопрокатних станів і профілезгинальних ліній, які виконують операції мірного порізу довгомірного виробу без його зупинення в неперервному потоці, зокрема, летючих пил та ножиць, працюючих в режимі запуску на кожний поріз.

Відомий спосіб підготовки електропривода механізму переміщення несучого органа летючої відрізної машини – барабанних летючих ножиць, по якому на початку процесу руху різального інструменту – ножів в напрямку на поріз готовність електропривода зазначається сформованою величиною електромагнітного моменту двигуна, яка містить доданок, що дорівнює статичному моменту опору, визначеному шляхом порівняння заданої та фактичної швидкостей руху несучого органа на цей момент часу [1].

Робочий цикл мірного порізу довгомірного матеріалу відносно процесу руху різального інструменту поділяється на процеси прямого ходу, коли інструмент (ніж, пильний диск або пильне полотно) рухається із початкового положення до завершення операції порізу виробу, та зворотного ходу з установкою у вихідне положення. Відповідальною операцією при прямому ході є розгін – синхронізація несучого органа, яка починається з моменту досягнення черговим перерізом розрізу на виробі певної координати положення на вісі технологічної лінії та має закінчуватись збігом швидкостей руху несучого органа і рухомого оброблюваного виробу та площини різального інструменту із черговим перерізом розрізу на виробі. Точність мірного порізу, як економічний фактор ресурсозбереження, зазначається точністю вказаної швидкісної та просторової синхронізації різального інструменту із черговим перерізом розрізу на виробі, а точність синхронізації, в свою чергу, залежить від точності реалізації запрограмованого закону руху несучого органа в режимі розгону – синхронізації. За логікою міркування, точність реалізації запрограмованого закону руху несучого органа в режимі розгону – синхронізації залежить від параметрів стану електропривода механізму переміщення несучого органа у початковому стані на момент початку прямого ходу різального інструменту, тобто перед запуском електропривода несучого органа на поріз. До числа цих параметрів відносяться координата положення площини різального інструменту на вісі технологічної лінії і величина електромагнітного моменту двигуна, а найвища точність визначення цих параметрів досяжна при нерухомому стані відрізної машини. Саме тому точність мірного порізу довгомірних матеріалів в неперервних технологічних лініях прокатного виробництва забезпечується пуском відрізної машини перед кожним черговим порізом із фіксованого положення [2, с. 117 – 119]. Така організація робочого циклу відрізної машини передбачає наявність у ньому часової ділянки підготовки електропривода механізму переміщення несучого органа до запуску на поріз, яка починається з моменту завершення процесу зворотного ходу різального інструменту з установкою несучого органа у вихідне положення і закінчується установкою несучого органа у початкове положення, із фіксацією координати положення різального інструменту, а значить, і несучого органа на вісі технологічної лінії та величини електромагнітного моменту, що розвиває двигун у цьому положенні [2, с. 39; 2, с. 43 – 45; 2, с. 117 – 119]. На наступній в часі ділянці робочого циклу відрізної машини електропривод механізму переміщення несучого органа працює в режимі очікування команди запуску на поріз із переходом в режим розгону – синхронізації, зберігаючи на протязі цієї ділянки зафіксовані значення координати положення несучого органа і величини електромагнітного моменту двигуна.

Недоліком згаданого способу є те, що підготовка електропривода механізму переміщення несучого органа до запуску на поріз здійснюється в процесі його руху, без формування в циклі роботи відрізної машини часової ділянки для підготовки електропривода несучого органа до запуску на поріз, а це заважає точному визначенню координати положення несучого органа на вісі технологічної лінії на початку процесу розгону - синхронізації. Другий недолік пов'язаний з тим, що готовність електропривода зазначається величиною електромагнітного моменту двигуна, яка містить доданок, що дорівнює статичному моменту опору в процесі руху. При здійсненні циклу мірного порізу із зупиненням несучого органа перед запуском на поріз використання при підготовці електропривода значення статичного моменту опору, визначеного в процесі руху, не забезпечує мінімізацію часу зрушення електропривода, внаслідок чого знижується точність виконання наступного в часі запрограмованого процесу розгону – синхронізації, оскільки це значення статичного моменту менше статичного моменту зрушення.

Відомий спосіб підготовки електропривода механізму переміщення несучого органа летючої відрізної машини – барабанних ножиць до запуску на поріз, по якому процесу розгону – синхронізації в робочому циклі машини передує часова ділянка, на який здійснюється очікування команди запуску електропривода на поріз при досягненні черговим перерізом розрізу довгомірного виробу заданої координати положення на вісі технологічної лінії, а установка

несучого органа машини в початковий стан здійснюється на прикінці процесу зворотного ходу різального інструменту шляхом переміщення несучого органа в початкове положення на повзучій швидкості, із зупиненням у цьому положенні [3, с. 54].

Недоліком цього способу є те, що в режимі очікування команди запуску електропривода несучого органа на поріз готовність електропривода зазначається величиною електромагнітного моменту двигуна, що дорівнює нулю при його нерухомому стані. У зв'язку з тим, що електромагнітний момент двигуна суттєво менше статичного моменту зрушення електропривода із нерухомого стану, виникає часова затримка зрушення електропривода з переходом в режим розгону – синхронізації, що породжує неточність мірного порізу довгомірного виробу.

Як найближчий аналог вибрано спосіб підготовки електропривода механізму переміщення несучого органа летючої відрізної машини – летючої пили до запуску на поріз рухомого довгомірного виробу, що здійснюється на базі двоконтурної системи управління електроприводом з можливістю реалізації прямого управління електромагнітним моментом двигуна шляхом переключення системи управління електроприводом із режиму регулювання швидкості обертання двигуна в режим регулювання електромагнітного моменту на протязі часових ділянок переведення електропривода несучого органа із вихідного стану в початковий та очікування команди запуску електропривода на поріз. Спосіб передбачає здійснення процесу підготовки електропривода механізму переміщення несучого органа летючої відрізної машини до запуску на поріз як послідовне виконання операцій переведення системи управління електроприводом із режиму регулювання швидкості в режим регулювання моменту після установки несучого органа у вихідне положення, якому відповідає вихідний стан електропривода, переведення несучого органа у початкове положення, якому відповідає початковий стан електропривода, і фіксації величини електромагнітного моменту двигуна і координати положення різального інструменту на вісі технологічної лінії у початковому стані електропривода, у вихідному стані електропривода швидкість обертання електродвигуна $\omega = 0$ і він розвиває електромагнітний момент $M_b \geq 0$, у початковому стані електропривода швидкість обертання електродвигуна $\omega = 0$ і він розвиває початковий електромагнітний момент M_n , $M_b < M_n < M_{c.зр}$, де $M_{c.зр}$ – статичний електромагнітний момент зрушення, процес зміни електромагнітного моменту двигуна від M_b до M_n формують задавальним пристроєм і подають як задавальне діяння на вхід контуру регулювання моменту, а досягнутий початковий стан електропривода із фіксованими значеннями електромагнітного моменту M_n двигуна і координати положення різального інструменту на вісі технологічної лінії зберігають до отримання команди запуску летючої відрізної машини на поріз рухомого довгомірного виробу [4].

Головним недоліком способу є задання величини M_n електромагнітного моменту постійною для всіх циклів відрізання мірних відрізків довгомірного виробу, визначеною експериментально або на підставі розрахунку підсумованого моменту опору, що створюється силами тертя в механічній частині електропривода. Таке завдання моменту M_n не гарантує його максимальної близькості до моменту $M_{c.зр}$ зрушення електропривода із нерухомого початкового стану після отримання команди запуску на поріз, тому не мінімізується час зрушення електропривода із нерухомого стану, що знижує точність реалізації запрограмованого режиму розгону – синхронізації і, як наслідок, не максимізується точність мірного порізу довгомірного виробу, а задання величини M_n електромагнітного моменту постійною для всіх циклів мірного порізу не враховує флуктуацію моменту $M_{c.зр}$ зрушення в процесі експлуатації відрізної машини. Іншим недоліком способу є стрибкоподібне задання величини M_n електромагнітного моменту без змінення протягом процесу переведення електропривода із вихідного стану в початковий, тому що при відпрацьовуванні такого завдання у швидкодіючому контурі регулювання моменту за черговістю закриваються зазори в кінематичному ланцюзі передачі від двигуна до несучого органа машини і при цьому елементи передачі, розігнані динамічним моментом, ударно діють на елементи, які ще нерухомі, що може приводити до небажаних зсувів несучого органа машини в процесі стабілізації моменту на рівні M_n .

В основу корисної моделі поставлена задача підвищення точності мірного порізу довгомірного виробу, що рухається без зупинок в неперервній технологічній лінії, засобами автоматизованого електропривода механізму переміщення несучого органа летючої відрізної машини, працюючої в режимі запуску на кожний поріз.

Ця задача вирішується за рахунок технічного результату, що полягає у підготовці електропривода механізму переміщення несучого органа летючої відрізної машини до запуску на поріз за ознакою готовності у виді максимального наближення електромагнітного моменту двигуна до статичного моменту зрушення при нерухомому стані машини, без його перевищення.

Поставлена задача вирішується тим, що полягає у здійсненні процесу підготовки як послідовного виконання операцій переведення двоконтурної системи управління електроприводом із режиму регулювання швидкості в режим регулювання моменту після установки несучого органа у вихідне положення, якому відповідає вихідний стан електропривода, переведення несучого органа у початкове положення, якому відповідає початковий стан електропривода, і фіксації величини електромагнітного моменту двигуна і координати положення різального інструменту на вісі технологічної лінії у початковому стані електропривода, у вихідному стані електропривода швидкість обертання електродвигуна $\omega = 0$ і він розвиває електромагнітний момент $M_b \geq 0$, у початковому стані електропривода швидкість обертання електродвигуна $\omega = 0$ і він розвиває початковий електромагнітний момент M_n , $M_b < M_n < M_{c,зр}$, де $M_{c,зр}$ – статичний електромагнітний момент зрушення, процес зміни електромагнітного моменту двигуна від M_b до M_n формують задавальним пристроєм і подають як задавальне діяння на вхід контуру регулювання моменту, а досягнутий початковий стан електропривода із фіксованими значеннями електромагнітного моменту M_n двигуна і координати положення різального інструменту на вісі технологічної лінії зберігають до отримання команди запуску летючої відрізної машини на поріз рухомого довгомірного виробу, згідно корисної моделі, процес змінення електромагнітного моменту двигуна від M_b до M_n формують у вигляді лінійно зростаючої функції $M = M_b + \alpha t$, де $\alpha = dM/dt$ – заданий темп зміни електромагнітного моменту, до появи сигналу $V > 0$ з виходу давача швидкості руху несучого органа, після чого електромагнітний момент двигуна знижують з тим же темпом α до зупинки несучого органа, до появи сигналу $V=0$, приймаючи досягнуте значення електромагнітного моменту M_n , як максимально наближене до моменту $M_{c,зр}$ без перевищення величини останнього, причому темп α зміни електромагнітного моменту обмежений визначеною величиною, що виключає можливість небажаних зсувів несучого органа в процесі зміни електромагнітного моменту від M_b до M_n через ударні замикання зазорів у механічній передачі від двигуна до несучого органа.

Принцип розробки нового способу підготовки електропривода механізму переміщення несучого органа летючої відрізної машини до запуску на поріз рухомого довгомірного виробу пояснюється наступним.

Швидкість ω обертання електродвигуна є керованою координатою стану динамічної системи, якою є механічна частина електропривода несучого органа, а електромагнітний момент M двигуна є керуючим діянням. Збурюючим діянням є статичний момент M_c , що спотворюється силами тертя в механічній частині електропривода. Процеси зміни поточного стану механічної системи електропривода під впливом керуючого M та збурюючого M_c діянь належать до категорії механічних процесів, тому вони цілком описуються рівнянням руху

$$M - M_c = J(d\omega/dt), \quad (1)$$

де J – момент інерції механічної системи електропривода, приведений до швидкості ω обертання двигуна. Статичний момент M_c є реактивним, оскільки він створюється в основному силами сухого тертя. Тому при нерухомому стані електропривода несучого органа має місце рівність

$$M_c = M \quad (2)$$

Нерухомість відрізної машини при збільшенні електромагнітного моменту двигуна буде зберігатися, поки електромагнітний момент за величиною не досягне свого максимального значення $M_{c,зр}$ – статичного моменту зрушення, і лише при $M > M_{c,зр}$ здійснюється зрушення несучого органа за сигналом запуску відрізної машини на поріз. Отже, якщо при запуску на поріз двигун розвиває момент $M < M_{c,зр}$, то зрушення відрізної машини буде здійснюватися із часовою затримкою через обмеженість темпу зміни моменту M , а це веде до зниження точності швидко-просторової синхронізації різального інструменту із черговим перерізом розрізу на оброблюваному виробі. Таким чином, ставиться задача мінімізації часу зрушення електропривода несучого органа відрізної машини при запуску на поріз для підвищення точності мірного порізу рухомого довгомірного виробу в неперервній технологічній лінії.

Цю задачу можна вирішити новим способом, на часовій ділянці підготовки електропривода несучого органа летючої відрізної машини, на якій здійснюється переведення електропривода із вихідного стану ($\omega = 0$, $M = M_b$) у початковий ($\omega = 0$, $M_b < M = M_n < M_{c,зр}$) шляхом плавного (наприклад, лінійного) збільшення електромагнітного моменту із максимальним наближенням до величини $M_{c,зр}$ статичного моменту зрушення, без перевищення останнього. Перевищення недопустимо та необхідний невеликий запас $\Delta M = M_{c,зр} - M_n$, щоб запобігти небажаним зсувів

несучого органа через флуктуацію моменту $M_{c,зр}$ в процесі експлуатації відрізної машини. Темп $\alpha = dM^{\circ}/dt$ нарощування величини електромагнітного моменту повинен бути обмеженим експериментально визначеною (в процесі налагоджування електропривода) величиною, такою що виключає можливість небажаних зсувів несучого органа в процесі зміни електромагнітного моменту через ударні замикання зазорів у механічний передачі від двигуна до несучого органа відрізної машини. Після завершення операції підготовки електропривода координати його початкового стану ($\omega = 0, M = M_n$) зберігаються до появи сигналу запуску відрізної машини на поріз, який видає технологічний контролер, що виконує функції управління відрізною машиною. Заявлений спосіб підготовки електропривода несучого органа до запуску на поріз може бути здійсненим на базі системи дворежимного управління електроприводом [4], в якій реалізуються режим автоматичного регулювання швидкості ω обертання двигуна та прямого регулювання електромагнітного моменту M під управлінням від згаданого технологічного контролера відрізної машини.

Підготовка електропривода несучого органа летючої відрізної машини до запуску на поріз рухомого довгомірного виробу по способу, що заявляється, здійснюється наступним чином.

На початку часової ділянки підготовки електропривода несучого органа відрізної машини в робочому циклі мірного порізу рухомого довгомірного виробу несучий орган із закріпленням на ньому відрізним пристроєм знаходиться в нерухомому вихідному стані, швидкості обертання двигуна і переміщення несучого органа дорівнюють нулю, в загальному випадку двигун розвиває електромагнітний момент $M = M_b \geq 0$, недостатній для закриття зазорів в кінематичному ланцюзі передачі від двигуна до несучого органа (випадки відмінності величини моменту M_b від нуля пов'язані зі способом гальмування електропривода при поверненні несучого органа у вихідний стан по закінченні попереднього циклу мірного порізу).

Систему управління електроприводом переводять із режиму регулювання швидкості в режим регулювання моменту і на вхід регулятора моменту подають сигнал задання електромагнітного моменту двигуна у вигляді лінійно зростаючої функції

$$M = M_b + \alpha t, \quad (3)$$

де $\alpha = dM^{\circ}/dt$ – темп зростання електромагнітного моменту, експериментально визначений (в процесі налагоджування електропривода) за умов виключення небажаних зсувів несучого органа в процесі зміни електромагнітного моменту через ударні замикання зазорів у механічний передачі від електродвигуна до несучого органа відрізної машини.

Процедуру збільшення електромагнітного моменту двигуна продовжують до появи сигналу $V > 0$ з виходу давача швидкості руху несучого органа, після чого електромагнітний момент двигуна знижують з тим же темпом α до зупинки несучого органа за появою сигналу $V=0$, приймаючи досягнуте значення електромагнітного моменту як $M = M_n$, максимально наближене до моменту $M_{c,зр}$ зрушення без перевищення величини останнього. При цьому створюється необхідний невеликий запас $\Delta M = M_{c,зр} - M_n$, щоб запобігти небажаним зсувів несучого органа через флуктуацію моменту $M_{c,зр}$ в процесі експлуатації відрізної машини. На цьому операція підготовки електропривода несучого органа до запуску на поріз закінчується, координати його початкового стану ($\omega = 0, M = M_n$) і положення різального інструменту на вісі технологічної лінії зберігаються до появи сигналу запуску відрізної машини на поріз, який видає технологічний контролер, що виконує функції управління відрізною машиною. Після завершення процесу підготовки електропривода до запуску на поріз система управління електроприводом може бути переведена із режиму регулювання моменту в режим регулювання швидкості або може бути збережений режим регулювання моменту, в залежності від способу технічної реалізації режиму розгону – синхронізації.

Технічний результат, отриманий описаним способом підготовки електропривода механізму переміщення несучого органа летючої відрізної машини до запуску на поріз, полягає в максимальному наближенні електромагнітного моменту двигуна до статичного моменту зрушення без його перевищення, що приводить до мінімізації часу зрушення електропривода несучого органа відрізної машини при запуску на поріз, завдяки чому досягається для підвищення точності мірного порізу рухомого довгомірного виробу в неперервній технологічній лінії.

Корисна модель може бути використана і в електроприводах інших механізмів переміщення, наприклад, механізмів подачі металорізальних верстатів та промислових роботів.

Джерела інформації:

1. Авт. свид. СССР SU 1304994 A1. Устройство управления летучими ножницами. Лимонов Л.Г., Розов И.Д., Холодный В.И. и др. – Б.И. – 1987, № 15.

2. Афанасьев В. Д. Электропривод автоматических летучих ножниц. М. Л., Госэнергоиздат, 1962. – 144 с.

3. Михаил Блаженков, Максим Саньков, Денис Ченцов. Опыт разработки и внедрения системы управления участком мерной порезки. // Современные технологии автоматизации.– 1998, №2. – С. 52 – 55.

4. Червяков В.Д., Паныч А.А. Двухрежимное управление электроприводом несущего органа летучей пилы // Вісник Харківського державного політехнічного університету. Збірка наукових праць. Тематичний випуск 61. – Харків, ХДПУ, 1999. – С. 233-234

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб підготовки електропривода механізму переміщення несучого органу летючої відрізної машини до запуску на поріз рухомого довгомірного виробу, що полягає у здійсненні процесу підготовки як послідовного виконання операцій переведення двоконтурної системи управління електроприводом із режиму регулювання швидкості в режим регулювання моменту після установки несучого органу у вихідне положення, якому відповідає вихідний стан електропривода, переведення несучого органу у початкове положення, якому відповідає початковий стан електропривода, і фіксації величини електромагнітного моменту двигуна і координати положення різального інструменту на осі технологічної лінії у початковому стані електропривода, у вихідному стані електропривода швидкість обертання електродвигуна $\omega=0$ і він розвиває електромагнітний момент $M_b \geq 0$, у початковому стані електропривода швидкість обертання електродвигуна $\omega=0$ і він розвиває початковий електромагнітний момент M_n , $M_b < M_n < M_{c.sp}$, де $M_{c.sp}$ – статичний електромагнітний момент зрушення, процес зміни електромагнітного моменту двигуна від M_b до M_n формують задавальним пристроєм і подають як задавальне діяння на вхід контуру регулювання моменту, а досягнутий початковий стан електропривода із фіксованими значеннями електромагнітного моменту M_n двигуна і координати положення різального інструменту на осі технологічної лінії зберігають до отримання команди запуску летючої відрізної машини на поріз рухомого довгомірного виробу, який **відрізняється** тим, що процес змінення електромагнітного моменту двигуна від M_b до M_n формують у вигляді лінійно зростаючої функції $M = M_b + \alpha t$, де $\alpha = dM/dt$ - заданий темп зміни електромагнітного моменту, до появи сигналу $V > 0$ з виходу давача швидкості руху несучого органу, після чого електромагнітний момент двигуна знижують з тим же темпом α до зупинки несучого органу і до появи сигналу $V = 0$, приймаючи досягнуте значення електромагнітного моменту M_n , як максимально наближене до моменту $M_{c.sp}$ без перевищення величини останнього, причому темп α зміни електромагнітного моменту обмежений визначеною величиною, що виключає можливість небажаних зсувів несучого органу в процесі зміни електромагнітного моменту від M_b до M_n через ударні замикання зазорів у механічний передачі від двигуна до несучого органу.