



УКРАЇНА

(19) UA (11) 53022 (13) A

(51) 7 B66C13/22, B66C13/30,

H02P3/24

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ГАЛЬМУВАННЯМ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ КРАНОВИХ МЕХАНІЗМІВ

1

2

(21) 2002020865

(22) 04 02 2002

(24) 15 01 2003

(46) 15 01 2003, Бюл. № 1, 2003 р.

(72) Неженцев Олексій Борисович, Будіков Леонід
Якович, Аветисян Сергій Манукович(73) СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ(57) 1 Пристрій для керування гальмуванням
електроприводів кранових механізмів, що містить
асинхронний електродвигун з фазним ротором,
кінематично зв'язаний з виконавчим механізмом,
наприклад механізмом пересування крана або
вантажного візка, трифазний випрямляч і резистори
в ланцюзі ротора електродвигуна, релейний
блок управління, вхід якого підключений до виходутрифазного випрямляча в ланцюзі ротора, а вихід
- до входу керованого (тиристорного) випрямляча,
приєднаного до обмотки статора електродвигуна, і
комутуючі елементи, який відрізняється тим, що
пристрій оснащений помножувачем напруги (квад-
ратором), підключеним між трифазним випрямля-
чем у ланцюзі ротора електродвигуна і одним із
входів релейного блока управління, до другого
входу якого приєднаний вихід блока помножуван-
ня напруг, одним своїм входом підключеного до
датчика частоти обертання ротора електродвигу-
на, а іншим - до задатчика2 Пристрій по п 1, який відрізняється тим, що
задатчик виконаний у вигляді датчика наванта-
ження, наприклад тензорезистора, на валу елек-
тродвигуна

Винахід відноситься до підйомно-транспортного устаткування, а саме до пристроїв для керування гальмуванням електроприводів кранових механізмів і може бути використаний для гальмування механізмів пересування та повороту вантажопідйомних кранів

Відомо пристрій для керування асинхронними електроприводами в режимі динамічного гальмування, що містить асинхронний електродвигун з фазним ротором, трифазний випрямляч і резистори в ланцюзі ротора електродвигуна, вихід випрямляча підключений до початків двох фазних обмоток статора паралельно зовнішньому джерелу збудження (див наприклад, а с СРСР № 230942, № 338979, № 613468, № 690599 по МПК³ H02P 3/24, патент ФРН № 1182339 по МПК 21 d 2 23/02 за 1968р, патент Великобританії № 1297379 по МПК H 2 J за 1972 р.)

Недоліком відомого пристрою, що реалізує режим динамічного гальмування, є те, що гальмовий момент електродвигуна в процесі гальмування нестабільний і змінюється в залежності від частоти обертання ротора. На початку процесу динамічного гальмування гальмовий момент електродвигуна збільшується від нуля до максимальної величини, а потім, при зниженні частоти обертання ротора, різко зменшується (див наприклад, фіг 2, механіч-

на характеристика X2) При малих частотах обертання ротора гальмовий момент двигуна близький до нуля. Це не дозволяє з високою точністю здійснювати зупинку (позиціювання) вантажопідйомних кранів і створює незручності при застосуванні відомих пристроїв в електроприводах пересування та повороту вантажопідйомних машин. Дійсно, використання пристрою з механічною характеристикою, максимальний гальмовий момент якої дорівнює необхідному моменту гальмування, приводить до значного збільшення часу й шляху гальмування внаслідок короткочасності дії максимального гальмового моменту, а також малого гальмового моменту наприкінці динамічного гальмування. У випадку застосування пристрою з механічною характеристикою, що має максимальний гальмовий момент, який перевищує необхідний момент гальмування, виникають підвищені динамічні навантаження, що діють на елементи привода і металоконструкцію крана, що знижує термін служби останніх, сприяє значному розгойдуванню вантажу, погіршує умови роботи машиніста крана.

Відомо також пристрій для керування гальмуванням електроприводом кранового механізму в режимі динамічного гальмування (див а с СРСР № 613469 МПК³ H02P 3/24 за 1978р, бюл. № 24), обраний за прототип. Пристрій містить асинхрон-

(19) UA (11) 53022 (13) A

ний електродвигун з фазним ротором, кінематично зв'язаний з виконавчим механізмом, (наприклад, механізмом пересування крана або вантажного візка), трифазний випрямляч і резистори в ланцюзі ротора електродвигуна, релейний блок управління, вхід якого підключений до виходу трифазного випрямляча в ланцюзі ротора, а вихід до входу керованого (тиристорного) випрямляча, приєднаного до обмотки статора електродвигуна, і комутуючі елементи

Недоліком прототипу є низька точність зупинки (позиціонування) крана, яка обумовлена низькою надійністю і якістю стабілізації моменту електродвигуна в режимі динамічного гальмування. Відомий пристрій лише частково обмежує момент гальмування електродвигуна, але не може надійно стабілізувати його на одному рівні при переході механізму пересування крана з високої на знижену швидкість. Внаслідок цього вантажопідйомний кран не може з достатньою точністю зупинитися в заданому місці, що неминуче викликає повторні пуски та гальмування з метою точної зупинки (позиціонування). Це приводить до зниження продуктивності вантажопідйомних кранів (особливо це стосується грейферних, магнітних, металургійних і т.д.)

Неможливість прототипом надійно і якісно стабілізувати момент електродвигуна в режимі динамічного гальмування впливає з наступного

Момент електродвигуна, як відомо, пропорційний електричним втратам у роторі і визначається формулою (див. кн. Вешеневский С.Н. Характеристики двигателей в электроприводе - М. Энергия, 1977, стр. 246 - 247)

$$M = 28,6 \cdot R_p \cdot I_p^2 / n, \quad (1)$$

де M - момент електродвигуна в режимі динамічного гальмування, Н·м

R_p - опір ланцюга ротора, Ом,

I_p - струм ланцюга ротора, А,

n - частота обертання ротора, об/хв

У прототипі здійснюється регулювання величини постійного струму, що протікає по обмотках статора електродвигуна, у функції підтримуваного постійним, випрямленого струму ротора. Однак, як видно з формули (1), підтримка струму обмотки ротора (I_p) постійним по величині недостатньо для підтримки постійного моменту гальмування електродвигуна, тому що в процесі гальмування змінюється частота обертання ротора (n) від номінальної до нуля. Отже, навіть при постійній величині струму ротора (I_p) момент гальмування на валу електродвигуна непостійний. Причому його величина в процесі гальмування буде змінюватися обернено (зворотно) пропорційно частоті обертання ротора, тобто збільшуватися (див. механічну характеристику X_4 на фіг. 2). Таким чином, прототип не дозволяє надійно і якісно стабілізувати на одному рівні момент електродвигуна кранового механізму в режимі динамічного гальмування, що не дозволяє здійснювати зупинку (позиціонування) крана або вантажного візка з високою точністю.

В основу винаходу поставлено задачу удосконалення пристрою для керування гальмуванням електроприводів кранових механізмів шляхом забезпечення надійної і якісної стабілізації (постійності) моменту електродвигуна в режимі динаміч-

ного гальмування на заданому рівні, що призведе до підвищення точності зупинки (позиціонування) крана або вантажного візка, зменшення часу робочого циклу крана і підвищення його продуктивності, зниження динамічних навантажень елементів привода та металоконструкції машини, зменшення розгойдування вантажу

Момент електродвигуна, як відомо, пропорційний електричним втратам у роторі і визначається формулою (див. кн. Вешеневский С.Н. Характеристики двигателей в электроприводе - М. Энергия, 1977, стр. 246 - 247)

$$M = 28,6 \cdot R_p \cdot I_p^2 / n, \quad (1)$$

де M - момент електродвигуна в режимі динамічного гальмування, Н·м

R_p - опір ланцюга ротора, Ом,

I_p - струм ланцюга ротора, А,

n - частота обертання ротора, об/хв

У прототипі здійснюється регулювання величини постійного струму, що протікає по обмотках статора електродвигуна, у функції підтримуваного постійним, випрямленого струму ротора. Однак, як видно з формули (1), підтримка струму обмотки ротора (I_p) постійним по величині недостатньо для підтримки постійного моменту гальмування електродвигуна, тому що в процесі гальмування змінюється частота обертання ротора (n) від номінальної до нуля. Отже, навіть при постійній величині струму ротора (I_p) момент гальмування на валу електродвигуна непостійний. Причому його величина в процесі гальмування буде змінюватися обернено (зворотно) пропорційно частоті обертання ротора, тобто збільшуватися (див. механічну характеристику X_4 на фіг. 2). Таким чином, прототип не дозволяє надійно і якісно стабілізувати на одному рівні момент електродвигуна кранового механізму в режимі динамічного гальмування, що не дозволяє здійснювати зупинку (позиціонування) крана або вантажного візка з високою точністю.

В основу винаходу поставлено задачу удосконалення пристрою для керування гальмуванням електроприводів кранових механізмів шляхом забезпечення надійної і якісної стабілізації (постійності) моменту електродвигуна в режимі динамічного гальмування на заданому рівні, що призведе до підвищення точності зупинки (позиціонування) крана або вантажного візка, зменшення часу робочого циклу крана і підвищення його продуктивності, зниження динамічних навантажень елементів привода та металоконструкції машини, зменшення розгойдування вантажу

Поставлена задача досягається тим, що пристрій для керування гальмуванням електроприводів кранових механізмів, який містить асинхронний електродвигун з фазним ротором, кінематично зв'язаний з виконавчим механізмом (наприклад, механізмом пересування крана або вантажного візка), трифазний випрямляч і резистори в ланцюзі ротора електродвигуна, релейний блок управління, вхід якого підключений до виходу трифазного випрямляча в ланцюзі ротора, а вихід - до входу керованого (тиристорного) випрямляча, приєднаного до обмотки статора електродвигуна, і комутуючі елементи, згідно винаходу забезпечений помножувачем напруги (квадратором), підключеним між трифазним випрямлячем у ланцюзі рото-

ра електродвигуна і одним із входів релейного блоку управління, до другого входу якого приєднаний вихід блоку помножування напруг, одним своїм входом підключеного до датчика частоти обертання ротора електродвигуна, а іншим - до задатчика

Крім того, задатчик виконаний у вигляді датчика навантаження (наприклад, тензорезистора) на валі електродвигуна

Суть винаходу пояснюється кресленням, де на фіг 1 зображено схему запропонованого пристрою, на фіг 2 - його механічні характеристики, на фіг 3 - один з можливих варіантів виконання основних вузлів пристрою

Пристрій містить асинхронний електродвигун 1 з фазним ротором, обмотка статора якого через контакти 2 підключена до мережі перемінного струму, регульовані резистори 3 і трифазний випрямляч 4, підключені до обмотки ротора електродвигуна. Вихід трифазного випрямляча 4 через помножувач напруги (квадратор) 5 приєднаний до одного з входів релейного блоку управління 6 (який може бути виконаний у вигляді компаратора). До виходу трифазного випрямляча 4, також, підключений датчик частоти обертання 7, сигнал з якого надходить на один із входів блоку помножування напруг 8, інший вхід якого приєднаний до задатчика 9. Вихід блоку помножування напруг 8 підключений до другого входу релейного блоку управління 6, вихід якого з'єднаний із входом керованого (тиристорного) випрямляча 10. Останній через контакти 11 підключений до обмотки статора електродвигуна 1.

Пристрій працює наступним чином. У руховому режимі електродвигун 1 працює на механічній характеристиці X_1 у точці А (фіг 2), що відповідає моменту опору m_0 . При цьому контакти 2 у ланцюзі статора електродвигуна 1 замкнуті, а контакти 11 - розімкнуті. Для здійснення режиму динамічного гальмування контакти 2 розмикають, а контакти 11 - замикають. Внаслідок цього в обмотку статора електродвигуна 1 надходить постійний струм збудження від керованого (тиристорного) випрямляча 10. При цьому електродвигун 1 прагне перейти з механічної характеристики X_1 на механічну характеристику X_2 , що вибирається з умов

забезпечення надійної зупинки (з визначеним запасом, що залежить від групи режиму роботи крана, моменту гальмування) вантажопідйомного крана або візка з номінальним вантажем (тобто з умови погашення кінетичної енергії крана, що рухається, з вантажем),

забезпечення низької частоти обертання електродвигуна на нижній стійкій ділянці характеристики

У режимі динамічного гальмування в обмотці обертаючогося ротора індуктується перемінна ЕДС, в результаті чого в ланцюзі ротора протікає струм. З виходу трифазного випрямляча 4 напруга $U(I_p)$ (пропорційна випрямленому току ротора I_p) подається на вхід помножувача напруги (квадратора) 5, що перетворює вхідний сигнал у напругу $U(I_p^2)$, величина якого пропорційна квадрату випрямленого струму ротора I_p^2 (у якості помножувача напруги (квадратора) 5, що зводить вхідний сигнал у квадрат, може служити, наприклад, блок

5 на фіг 3, що містить резистор R_1 , підсилювач постійного струму A_1 і паралельно підключений до підсилювача варистор R_2 . При цьому змінний коефіцієнт посилення квадратора 5 завжди дорівнює величині вхідної напруги, а на виході квадратора 5 формується сигнал, величина якого дорівнює квадрату вхідного сигналу). З виходу помножувача напруги (квадратора) 5 сигнал $U(I_p^2)$ подається на один із входів релейного блоку управління 6.

До виходу трифазного випрямляча 4 підключений також датчик частоти обертання електродвигуна 7, роль якого може виконувати, наприклад, найпростіший перетворювач "частота - напруга" (див. блок 7 на фіг 3). Від датчика частоти обертання 7 вихідний сигнал $U(n)$, пропорційний частоті обертання n ротора електродвигуна 1, надходить на один із входів блоку помножування напруг 8. На другий вхід блоку помножування напруг 8 подається напруга $U_{зад}$ від задатчика 9, що визначається необхідним моментом гальмування M_r (фіг 2). У блоці помножування напруг 8 формується сигнал, що дорівнює добутку напруг $U(n)$ та $U_{зад}$, який надходить на другий вхід релейного блоку управління 6.

У релейному блоці управління 6 порівнюються обидва вхідних сигнали $U(I_p^2)$ та $U(n) \cdot U_{зад}$, і в залежності від їхнього співвідношення формується вихідний керуючий сигнал U_y , що є сигналом негативного зворотного зв'язку і подається на вхід керованого (тиристорного) випрямляча 10. Коли величина $U(I_p^2)$ значно менше добутку $U(n) \cdot U_{зад}$, то на вхід керованого (тиристорного) випрямляча 10 подається сигнал, що забезпечує кут керування (зрушення фаз), який дорівнює нулю. Внаслідок цього струм збудження, що протікає по обмотках статора електродвигуна 1, зростає і також зростає струм у ланцюзі ротора. В міру зростання величини $U(I_p^2)$ кут керування (зрушення фаз) також збільшується, обмежуючи при цьому швидке збільшення струму обмотки статора. При досягненні величини $U(I_p^2)$ значення, рівного добутку $U(n) \cdot U_{зад}$, на вхід керованого (тиристорного) випрямляча 10 подається сигнал, що забезпечує кут керування близький до 90° . У цьому випадку струм збудження швидко зменшується, в результаті чого зменшується струм у ланцюзі ротора й момент гальмування. Коли величина $U(I_p^2)$ знову стане менше добутку $U(n) \cdot U_{зад}$, на вхід керованого (тиристорного) випрямляча 10 подається сигнал, що забезпечує кут керування менше 90° , що приводить до збільшення струму збудження і т.д.

Таким чином, у запропонованому пристрої при динамічному гальмуванні електропривода здійснюється автоматичне регулювання струму збудження у функції підтримки рівності

$$U(I_p^2) = U(n) \cdot U_{зад} \quad (2)$$

Як видно з формули (1) підтримка зазначеної рівності дозволяє підтримувати момент гальмування електродвигуна 1 постійним, і процес гальмування електродвигуна здійснюється по механічній характеристиці X_3 на фіг 2. Отже, запропонований пристрій дозволяє ефективно й надійно стабілізувати момент двигуна на заданому рівні в режимі динамічного гальмування, забезпечуючи тим найвищу точність зупинки (позиціювання) вантажопідйомного крана.

Гальмування електропривода при різному навантаженні на валу електродвигуна (наприклад, при переміщенні різних по вазі вантажів), для забезпечення точної зупинки крана шляхом зниження динамічних навантажень елементів привода і металоконструкції крана, а також зменшення розгойдування вантажу, повинне здійснюватися різними по величині моментами гальмування. Для цього задатчик напруги 9, виконаний у вигляді датчика навантаження на валу електродвигуна 1 (Робота задатчика напруги 9 може бути заснована на вимірі струму обмотки ротора в початковий момент гальмування, або - на безпосередньому вимірі навантаження на валу електродвигуна за допомогою, наприклад, тензорезисторів, наклеєних на вал) Тоді при малому навантаженні на валу електродвигуна напруга изади має також невелику величину, тому підтримка рівності $U(I_p^2) = U(n) \cdot U_{зад}$ здійснюється при невисокому рівні струму ротора I_p . У цьому випадку момент гальмування електродвигуна (M'') також невеликий і процес гальмування здійснюється по механічній характеристиці $X3''$ (див. фіг. 2).

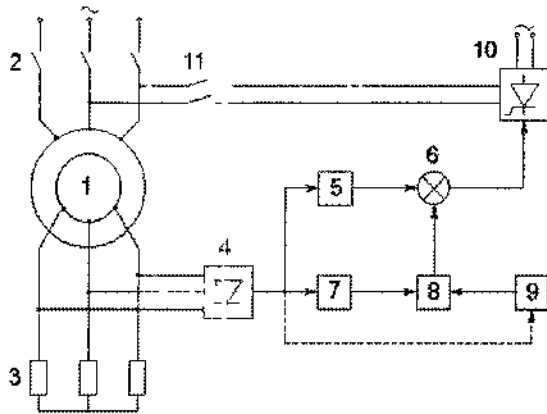
У випадку підвищення навантаження на валу електродвигуна величина $U_{зад}$ також збільшується і гальмування здійснюється по механічній характеристиці $X3'$ з постійним моментом M' . При номінальному навантаженні електродвигун працює на механічній характеристиці $X3$ з постійним моментом M .

Отже, у залежності від величини навантаження на валу електродвигуна (яка визначається, наприклад, вагою вантажу, переміщуваною підйомним краном) автоматично змінюється величина моменту гальмування електродвигуна, що знижує

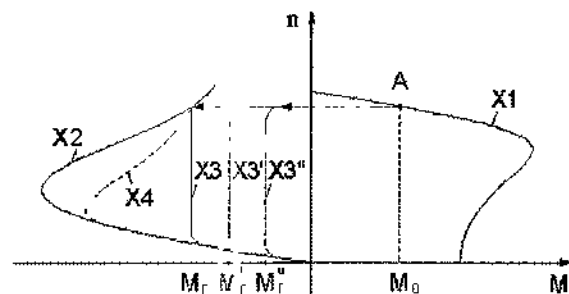
динамічні навантаження елементів привода і металоконструкції машини, зменшує розгойдування вантажу і дозволяє здійснити зупинку (позиціювання) крана або вантажного візка з високою точністю.

Таким чином, заявленим технічним рішенням у порівнянні з прототипом досягається позитивний ефект, що полягає в забезпеченні більш високої точності зупинки (позиціювання) вантажопідйомного крана або вантажного візка, зменшення часу робочого циклу крана і підвищення його продуктивності, зниження динамічних навантажень елементів привода та металоконструкції машини, зменшення розгойдування вантажу, шляхом підвищення надійності та якості стабілізації моменту електродвигуна в режимі динамічного гальмування.

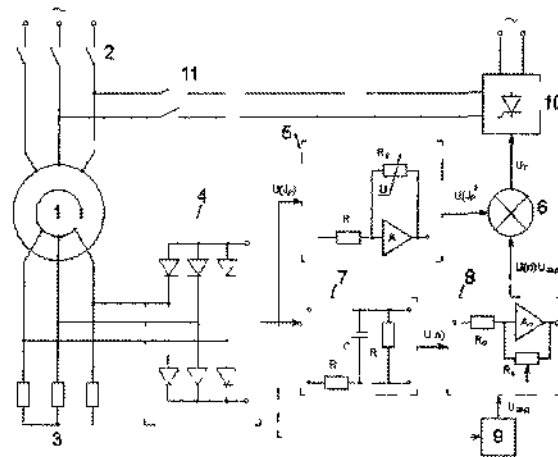
Запропонований пристрій може бути використаний в електроприводах пересування та повороту різних вантажопідйомних кранів. Особливо ефективним є його застосування на кранах, до роботи яких пред'являються підвищені вимоги до точності зупинки при високих номінальних швидкостях механізмів (наприклад, мостові та козлові рейферні або магнітні крани, а також порталні крани, що здійснюють вантажно-розвантажувальні роботи з вагонами, трюмами суден, бункерами). Також запропонований пристрій доцільно застосовувати на вантажопідйомних кранах, де поряд з високою точністю зупинки пред'являються жорсткі вимоги до плавності гальмування (наприклад, металургійні крани заливальні, міксерні, розливочні, коподеви та ін.).



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3