

УДК 621.873

Удосконалення пристрою для динамічного гальмування механізмів пересування вантажопідійомних кранів

Неженцев О.Б.,

КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

Викладено конструкцію і принцип роботи модернізованого пристрою для динамічного гальмування механізмів пересування або повороту вантажопідійомних кранів. В запропонованому пристрої здійснюється автоматичне регулювання струму збудження у функції підтримки рівності з одного боку вхідного сигналу, пропорційного квадрату випрямленого струму ротора, з іншого боку - добутку вихідного сигналу, пропорційного частоті обертання ротора, та сигналу від датчика напруги, який визначається необхідним моментом гальмування. Підтримка цієї рівності дозволяє отримувати постійний момент асинхронного електродвигуна в режимі динамічного гальмування при заданому навантаженні на валу двигуна (тобто заданій масі вантажу на гаку). Завдяки цьому знижуються динамічні навантаження на елементи приводу і металоконструкцію крана, зменшується розгойдування вантажу, що дозволяє здійснювати зупинку крана з високою точністю та поліпшити умови роботи машиніста.

Ключові слова: вантажопідійомний кран; механізм пересування; динамічне гальмування; механічні характеристики асинхронного електродвигуна

Виконано модернізацію і випробування пристрою для динамічного гальмування (ПДГ) механізмів пересування і повороту вантажопідійомних кранів [1, 2], функціональна схема якого приведена на рис. 1.

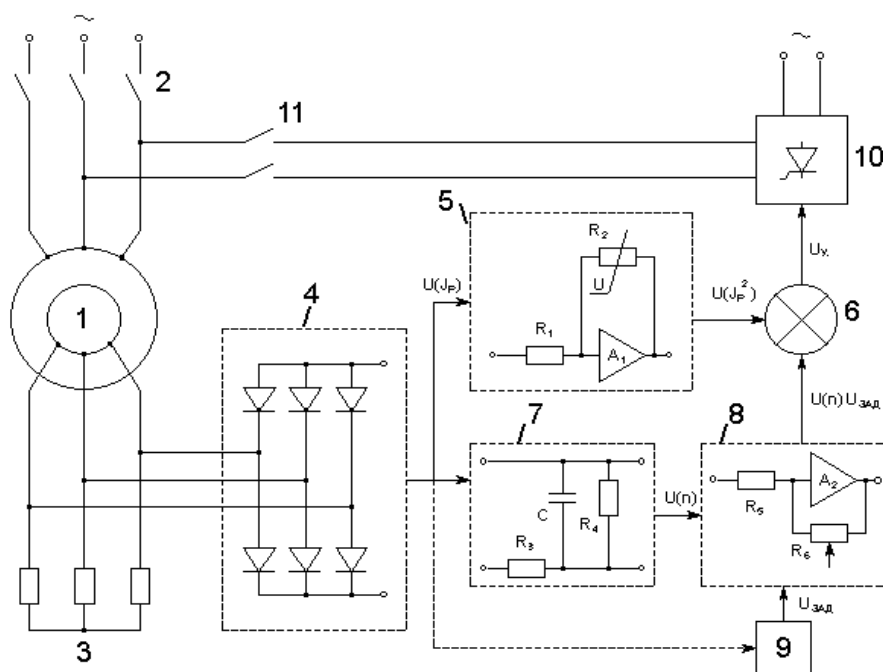


Рис. 1. Функціональна схема пристрою для динамічного гальмування (ПДГ)

ПДГ містить: асинхронний електродвигун 1 з фазним ротором, обмотка статора якого через контакти 2 підключена до мережі змінного струму, резистори 3 і трифазний випрямляч 4, що підключені до обмотки ротора. Вихід випрямляча 4 через помножувач напруги

(квадратор) 5 приєднаний до одного з входів блоку управління 6. До виходу випрямляча 4, також підключений датчик частоти обертання 7, сигнал з якого надходить на один з входів блоку перемноження напруг 8, інший вхід якого приєднаний до задатчика 9. Вихід блоку 8 підключений до другого входу блоку управління 6, вихід якого з'єднаний з входом керованого випрямляча 10. Останній через контакти 11 підключений до обмотки статора двигуна 1.

ПДГ працює наступним чином. У руховому режимі електродвигун 1 працює на механічній характеристиці $X1$ в точці А (див. рис. 2), що відповідає моменту опору M_0 . При цьому контакти 2 в ланцюзі статора двигуна замкнуті, а контакти 11 - розімкнуті (рис. 1). Для здійснення режиму динамічного гальмування контакти 2 розмикають, а контакти 11 - замикають. Внаслідок цього в обмотку статора двигуна 1 надходить постійний струм збудження від випрямляча 10. При цьому двигун переходить з механічної характеристики $X1$ на характеристику $X2$, яка вибирається з умов: забезпечення надійної зупинки вантажопідйомного крана з номінальним вантажем (з певним запасом, що залежить від групи режиму роботи крана і розрахункового моменту гальмування); забезпечення низької частоти обертання двигуна на нижній стійкій ділянці характеристики.

У режимі динамічного гальмування в обмотці ротора індукуються змінна електрорушійна сила (ЕРС), в результаті чого в ланцюзі ротора протікає струм. З виходу випрямляча 4 напруга $U(I_p)$ (пропорційна струму ротора I_p) подається на вхід помножувача напруги 5, який перетворює вхідний сигнал в напругу $U(I_p^2)$, величина якої пропорційна квадрату випрямленого струму ротора I_p^2 . З виходу помножувача напруги 5 сигнал $U(I_p^2)$ подається на один з входів блоку 6.

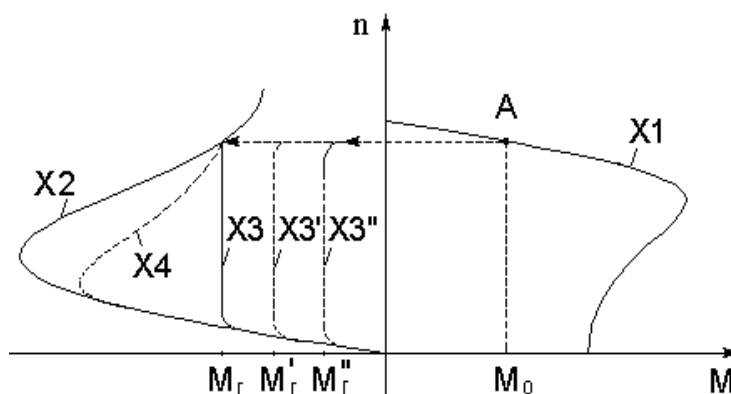


Рис. 2. Механічні характеристики асинхронного електродвигуна з ПДГ

До виходу випрямляча 4 також підключений датчик частоти обертання електродвигуна 7, від якого вихідний сигнал $U(n)$, пропорційний частоті обертання n ротора, надходить на один з входів блоку перемноження напруг 8. На другий вхід блоку 8 подається напруга U_{zad} від задатчика 9, яке визначається необхідним моментом гальмування $M_{Г}$ (рис. 2). В блоці 8 формується сигнал, який дорівнює добутку напруги $U(n)$ і U_{zad} , і надходить на другий вхід блоку управління 6.

В блоці 6 порівнюються обидва вхідних сигналу $U(I_p^2)$ і $U(n) \cdot U_{zad}$, і в залежності від їх співвідношення формується керуючий сигнал негативного зворотного зв'язку U_y , що подається на вхід тиристорного випрямляча 10. Якщо величина $U(I_p^2)$ менше добутку

$U(n) \cdot U_{\text{zad}}$, то на вхід випрямляча 10 подається сигнал, який забезпечує кут управління (зрушення фаз), що дорівнює нулю. Внаслідок цього струм збудження в обмотці статора зростає і також зростає струм в ланцюзі ротора. По мірі зростання величини $U(I_p^2)$ кут управління також збільшується, обмежуючи при цьому швидке збільшення струму обмотки статора. При досягненні величини $U(I_p^2)$ значення, рівного добутку $U(n) \cdot U_{\text{zad}}$, на вхід випрямляча 10 подається сигнал, який забезпечує кут управління близький до 90° . В цьому випадку струм збудження швидко зменшується, в результаті чого зменшується струм в ланцюзі ротора і момент гальмування. Якщо величина $U(I_p^2)$ знову стане менше добутку $U(n) \cdot U_{\text{zad}}$, на вхід випрямляча 10 подається сигнал, що забезпечує кут управління менше 90° і приводить до збільшення струму збудження і т.д.

Таким чином, в запропонованому ПДГ здійснюється автоматичне регулювання струму збудження асинхронного електродвигуна у функції підтримки рівності:

$$U(I_p^2) = U(n) \cdot U_{\text{zad}} \quad (1)$$

Підтримка цієї рівності дозволяє отримувати постійний момент двигуна в режимі динамічного гальмування при заданому навантаженні на валу двигуна (тобто заданій масі вантажу на гаку). Залежно від величини навантаження на валу двигуна автоматично змінюється величина постійного моменту гальмування двигуна. При цьому знижуються динамічні навантаження елементів приводу і металоконструкції крана, зменшується розгойдування вантажу, що дозволяє здійснювати зупинку крана з високою точністю.

Гальмування електропривода при різному навантаженні на валу двигуна (наприклад, при переміщенні різних за вагою вантажів) повинно здійснюватися різними за величиною моментами гальмування. Для цього задатчик напруги 9, виконаний у вигляді датчика навантаження на валу двигуна 1. Тоді при малому навантаженні на валу двигуна напруга U_{zad} має також невелику величину, тому підтримка рівності (1) здійснюється при низькому рівні струму ротора I_p . У цьому випадку момент гальмування двигуна (M_r'') також невеликий і процес гальмування здійснюється за механічною характеристикою ХЗ''.

У разі підвищення навантаження на валу двигуна величина U_{zad} також збільшується і гальмування здійснюється за механічною характеристикою ХЗ' з постійним моментом M_r' . При номінальному навантаженні двигун працює на механічній характеристиці ХЗ з постійним моментом M_r .

Таким чином, в залежності від величини навантаження на валу електродвигуна автоматично змінюється величина моменту гальмування двигуна. При цьому знижуються динамічні навантаження елементів приводу і металоконструкції машини, зменшується розгойдування вантажу, що дозволяє здійснювати зупинку крана або вантажного візка з високою точністю.

Запропоноване ПДГ може бути використано в приводах пересування і повороту різних вантажопідійомних кранів. Особливо ефективним є його застосування на кранах, до роботи яких пред'являються підвищені вимоги по точності зупинки при високих номінальних швидкостях (наприклад, мостові і козлові грейферні або магнітні крани, а також порталні крани, які здійснюють вантажно-розвантажувальні роботи з вагонами, трюмами судів, бункерами). Також запропоноване ПДГ доцільно застосовувати на кранах, де поряд з високою точністю зупинки висуваються жорсткі вимоги до плавності гальмування (наприклад, металургійні крани: разливочні, міксерні, скрапозавалочні, колодязні та ін.).

Випробування ПДГ, які проведені на розробленому стенді та мостовому крані вантажопідйомністю 5 т, підтвердили його високі експлуатаційні якості: плавність гальмування, надійність, зручність управління [3]. При цьому суттєво зменшилося розгойдування вантажу, що дало можливість здійснювати вантажно-розвантажувальні операції на підвищених швидкостях і тим істотно збільшити продуктивність крана та поліпшити умови роботи машиніста. Проведені випробування показали, що ПДГ має високу надійність і стабільність параметрів при роботі у всіх трьох вказаних режимах [3]. У порівнянні з традиційно використовуваним гальмуванням противмиканням, ПДГ дозволяє здійснювати більш плавне гальмування і значно менше споживає електроенергії. Використання запропонованого ПДГ в кранових механізмах пересування дозволяє знизити динамічні навантаження металоконструкцій на 20-30%, амплітуду розгойдування вантажу в 2-2,5 рази, електроспоживання на 15-18%, а також поліпшити умови роботи машиніста.

Список літератури

1. Неженцев А.Б. Устройство для динамического торможения крановых механизмов // Materials of the XII International scientific and practical conference, «Science without borders», - 2016. Volume 19. Technical sciences. Sheffield. Science and education LTD – p. 32-35.
2. Неженцев А.Б. Схема устройства для динамического торможения крановых механизмов // Materiály XII mezinárodní vědecko - praktická conference «Dny vědy – 2016». - Díl 19. Technické vědy.: Praha. Publishing House «Education and Science» s.r.o, 2016 - str. 50-53.
3. Неженцев А.Б. Испытание устройства для динамического торможения крановых механизмов // Materialy XI Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Nauka: teoria i praktyka - 2015». Volume 7. Matematyka. Nowoczesne informacyjne technologie. Techniczne nauki: Przemysł. Nauka i studia – str. 43–45.

Improvement of the device for electrodynamic braking of the movement mechanisms of load-lifting cranes

Nyehentsev Oleksiy Borysovyh

The design and principle of operation of the modernized device for dynamic braking of the mechanisms of movement or rotation of cranes are stated. The proposed device automatically adjusts the excitation current to maintain equality on the one hand, the input signal proportional to the square of the rectified rotor current, on the other hand - the product of the output signal proportional to the rotor speed and the signal from the voltage setter, which is determined by the required braking torque. Maintaining this equality allows to obtain a constant torque of the induction motor in the mode of dynamic braking at a given load on the motor shaft (i.e. a given weight of the load on the hook). This reduces the dynamic loads on the drive elements and the metal structure of the crane, reduces the oscillation of the cargo, which allows you to stop the crane with high accuracy and improve the working conditions of the driver.

Keywords. Lifting crane; Movement mechanism; Dynamic braking; Speed Torque Characteristics of an induction motor