

УДК 62-52

Шеремет О. І., Аксьонов В. П.

АВТОМАТИЗОВАНА ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНА СИСТЕМА ДЛЯ РЕГУЛЮВАННЯ РОЗХИЛУ ВАЛКІВ НАТИСКНОГО ПРИСТРОЮ СТАНУ ГАРЯЧОГО ВАЛЬЦЮВАННЯ 2500

На сучасному етапі розвитку прокатного виробництва актуальним є зниження собівартості продукції шляхом зменшення різновтовщинності металу, який вальцюється. В базисному варіанті натискного пристрою стану гарячого вальцювання 2500 Магнітогорського металургійного комбінату відсутня система корекції розхилу валків у процесі вальцювання. Розхил задається постійним, а різновтовщинність металу корегується гідравлічними натискними пристроями. Однак, така корекція товщини прокату не дозволяє повною мірою використати можливості натискного пристрою та забезпечити максимально можливий ефект [1–3].

Тому розробка системи керування приводом електромеханічного натискного пристрою в процесі вальцювання, яка б забезпечила максимальне зменшення різновтовщинності, є актуальною й важливою науково-технічною задачею [4, 5].

Мета роботи і задачі дослідження: розробка векторної системи керування двигуна змінного струму електромеханічного натискного пристрою, яка забезпечила б максимальні показники якості процесу вальцювання.

Для досягнення зазначеної мети в роботі необхідно розв'язати такі задачі:

- розробити алгоритм роботи натискного пристрою за умови електромеханічного та гідравлічного регулювання розхилу валків.
- здійснити математичне моделювання й експериментальні дослідження, що підтверджують справедливості основних теоретичних положень розроблених методів керування.
- запропонувати варіанти програмної реалізації системи керування двигуна змінного струму електромеханічної частини натискного пристрою.

Керування асинхронним двигуном з короткозамкненим ротором електромеханічного натискного пристрою здійснюється за допомогою векторного управління. Застосування цього методу дозволяє створити динамічні системи електроприводів (ЕП) з практично будь-яким потрібним діапазоном регулювання швидкості. Векторне керування призначене забезпечити закон частотного керування $\tilde{\Psi}_r = const$, отож потрібні статичні та динамічні властивості ЕП шляхом використання розподільного регулювання механічними (момент, швидкість) і магнітними координатами (магнітний потік або потокозчеплення). В силовій схемі таких ЕП звичайно використовується некерований випрямляч напруги та інвертор, формування вихідної напруги якого відбувається з використанням принципу широтно-імпульсної модуляції (ШІМ). Функціональна схема системи векторного управління короткозамкненим АД для випадку, коли усі регульовані координати можуть бути виміряні, наведена на рис. 1. Система має два канали керування: модулем вектора потокозчеплення ротора Ψ_r та кутовою швидкістю ротора ω , кожний з каналів має по два контури регулювання [6, 7].

Завдання сигналів здійснюється у системі координат dq , орієнтованій за вектором потокозчеплення ротора $\tilde{\Psi}_r$, тобто, умова обертання має вигляд:

$$y_{rd} = |\tilde{\Psi}_r| = \Psi_r; \quad y_{rq} \equiv 0. \quad (1)$$

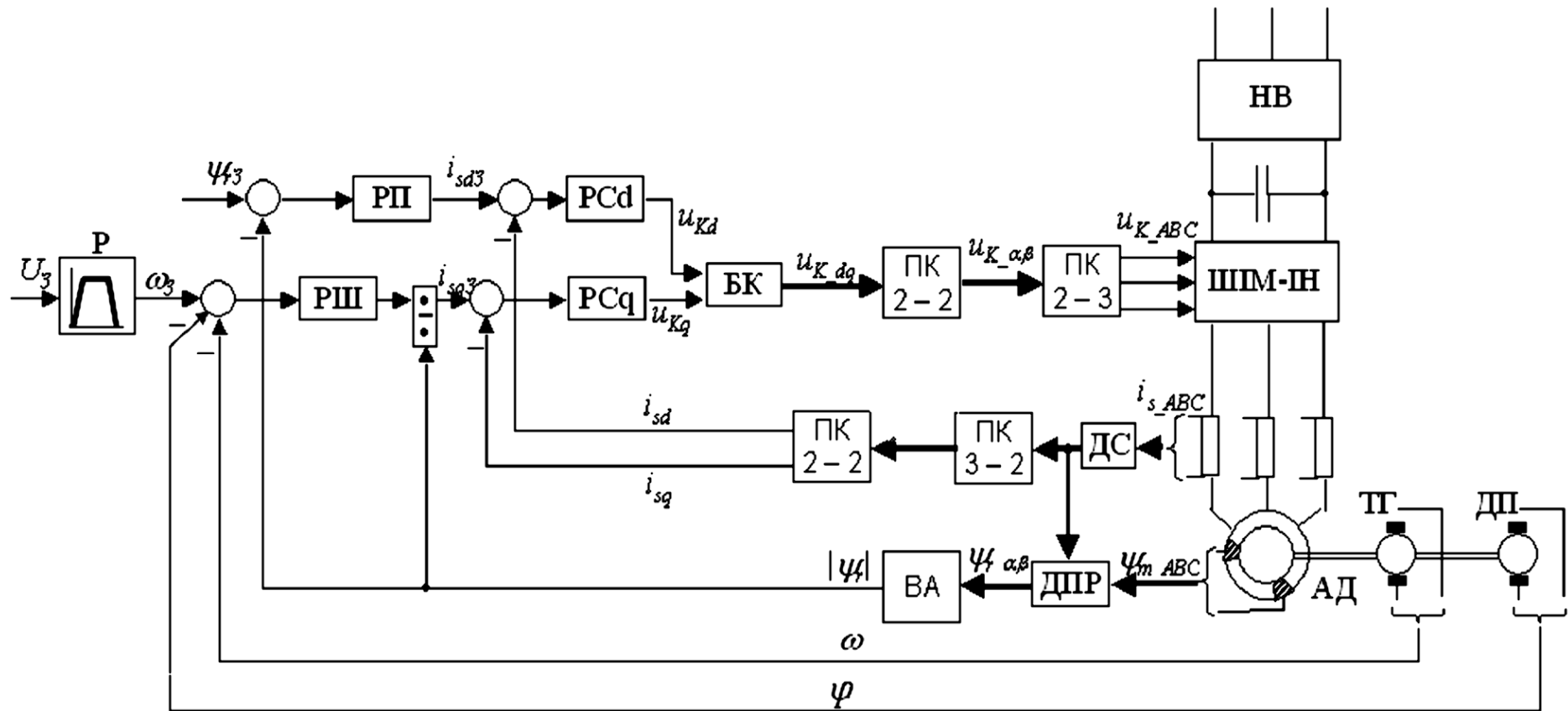


Рис. 1. Функціональна схема системи векторного управління АД з орієнтацією за вектором потокозчеплення ротора:

НВ, ШІМ-ІН – некерований випрямляч та інвертор напруги з ШІМ-комутацією перетворювача частоти; АД – асинхронний двигун; ДС, ДПР, ТГ, ДП – датчики струму, потокозчеплення ротора, швидкості та положення відповідно; ПК – перетворювачі координат; ВА – векторний аналізатор; БК – блок компенсації; РШ, РП, РСd, РСq – регулятори швидкості, потокозчеплення ротора, d-і q-складових струму статора відповідно; P – рампа завдання швидкості

Перетворення сигналів до природної трифазної системи координат статора виконується послідовно – шляхом використання перетворювачів координат (ПК) 2→2 (спочатку до нерухомої ортогональної системи координат α, β) та 2→3 (потім до нерухомої системи А, В, С).

Отримання складових струму статора, що був виміряний за допомогою датчиків струму (ДС), у системі координат d, q здійснюється шляхом зворотних перетворень. Регулятори внутрішніх контурів регулювання складових струму статора звичайно виконуються пропорційно-інтегральними.

Шляхом застосування датчиків Холла або вимірювальних обмоток виконується вимір складових головного потокозчеплення $\tilde{\Psi}_m$ у системі координат А, В, С. Складові потокозчеплення ротора $\tilde{\Psi}_r$ обчислюються у датчику потокозчеплення ротора ДПП за такими залежностями (без ураховання коефіцієнту передачі датчиків Холла):

$$\left. \begin{aligned} y_{ra} &= k_r^{-1} y_{ma} - L_{rs} i_{sa}; \\ y_{rb} &= k_r^{-1} y_{mb} - L_{rs} i_{sb}. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Виділення сигналів амплітуди та фази вектора $\tilde{\Psi}_r$ здійснюється у векторному аналізаторі (ВА). Сигнал, пропорційний до модуля вектора потокозчеплення ротора, заводиться на блок порівняння регулятора потокозчеплення (РП) (який звичайно виконується ПІ-типу), а гармонічні сигнали $\cos q_k$ та $\sin q_k$ беруть участь у перетвореннях координат 2→2 шляхом їх заведення до відповідних координатних перетворювачів (ПК 2→2).

Сигнали з виходів регуляторів швидкості ($isq3$) та потокозчеплення ($isd3$) обмежуються на відповідних рівнях: обмеження $isd3$ призначене не допустити збільшення струму намагнічування більше за його номінальне значення, обмеження ж $isq3$ – появи неприпустимо великих коливань та усталених значень електромагнітного моменту двигуна.

Сигнал завдання на швидкість обертання ротора двигуна отримується за допомогою рампи, завдання на потокозчеплення організовано незалежно.

Вимір швидкості та положення ротора АД виконується за допомогою тахогенератора (ТГ) та датчика положення (ДП), встановленого на валу двигуна. Регулятор швидкості (РШ) звичайно виконується пропорційним. Блок ділення на вході контуру регулювання q-складової струму статора, є невід’ємною та обов’язковою частиною регулятора швидкості, оскільки потокозчеплення ротора входить до знаменнику дробі, що визначає коефіцієнт посилення регулятора швидкості.

Модель АД виконується у відповідності до структури $\tilde{I}_s, \tilde{\Psi}_r$. В математичну модель додаються блоки завдання форми прокатки (відповідають даним, отриманим з датчика нерівностей прокатки), рампи приводу та блок обчислення різнововщинності на виході з кліті. Блоки завдання форми прокатки та обчислення різнововщинності на виході з кліті отримують (підраховують) відповідні величини у відносних значеннях.

Модель АД створено у відповідності до структури $\tilde{I}_s, \tilde{\Psi}_r$. Ця модель будується за рівняннями (3):

$$\left. \begin{aligned} u_{s1} - k_r u_{r1} &= R_l i_{s1} + s L_s p i_{s1} + s L_s w_k i_{s2} - k_r T_r^{-1} y_{r1} - k_r w_r y_{r2}; \\ u_{s2} - k_r u_{r2} &= R_l i_{s2} + s L_s p i_{s2} + s L_s w_k i_{s1} - k_r T_r^{-1} y_{r2} + k_r w_r y_{r1}; \\ u_{r1} &= T_r^{-1} y_{r1} - k_r R_r i_{s1} + p y_{r1} - (w_k - w_r) y_{r2}; \\ u_{r2} &= T_r^{-1} y_{r2} - k_r R_r i_{s2} + p y_{r2} + (w_k - w_r) y_{r1}, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

де $R_l = R_s + k_r^2 R_r$ – еквівалентний активний опір двигуна.

Результати дослідів при різному характеру нерівностей поверхні прокатки та різних рампах приводу представлені на рис. 2.

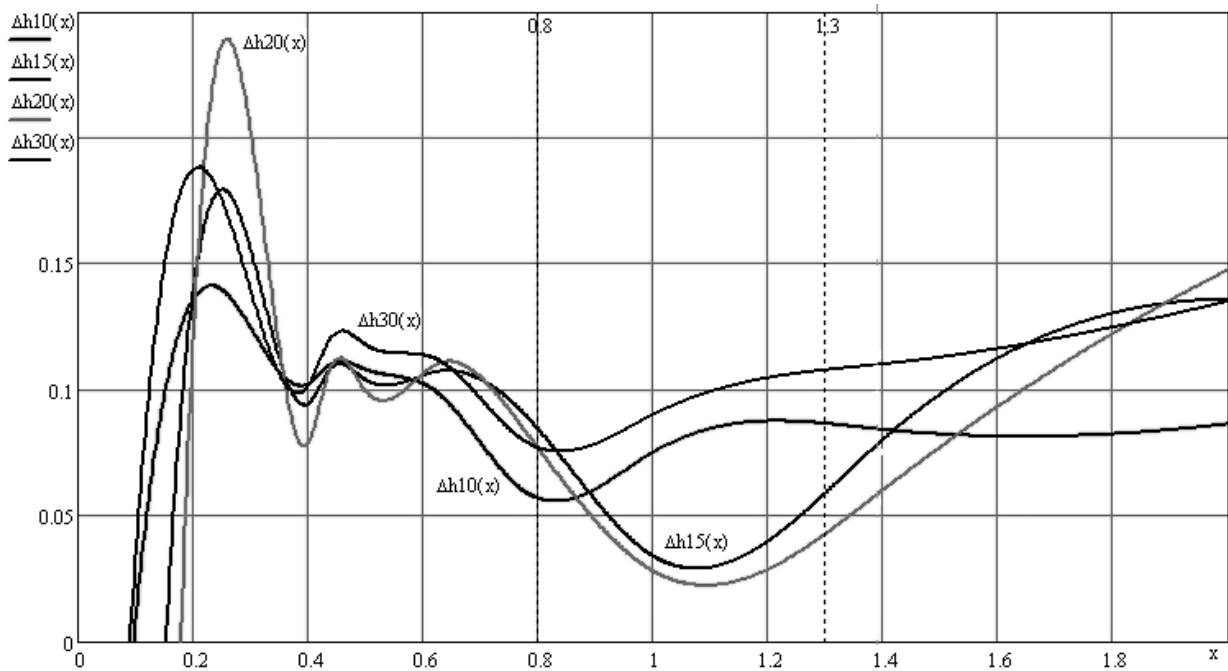


Рис. 2. Графіки залежностей модулю різниці коливань на виході кліті від рампи приводу при різних характерах нерівностей металу, що вальцюється

З отриманих графіків видно, що оптимальними рампами для досягнення максимального згладжування нерівностей смуги є рампи з коефіцієнтом який варіюється у межах від 0,8 до 1,3 відносних одиниць.

Базуючись на розробленій математичній моделі, можна побудувати фізичну модель електромеханічного натискного пристрою. Використавши дані технічної документації, був підібраний асинхронний двигун фірми Siemens з пропорційними параметрами. Керування двигуном здійснюється за допомогою векторного електроприводу Micro Master 440 через контролер Siemens 315DP-2. Зворотній зв'язок за швидкістю та положенням організовано за допомогою цифрового імпульсного датчика положення ПДФ-3, який під'єднується через блок дискретних входів. Схема приводу фізичної моделі електромеханічного натискного пристрою представлена на рис. 3.

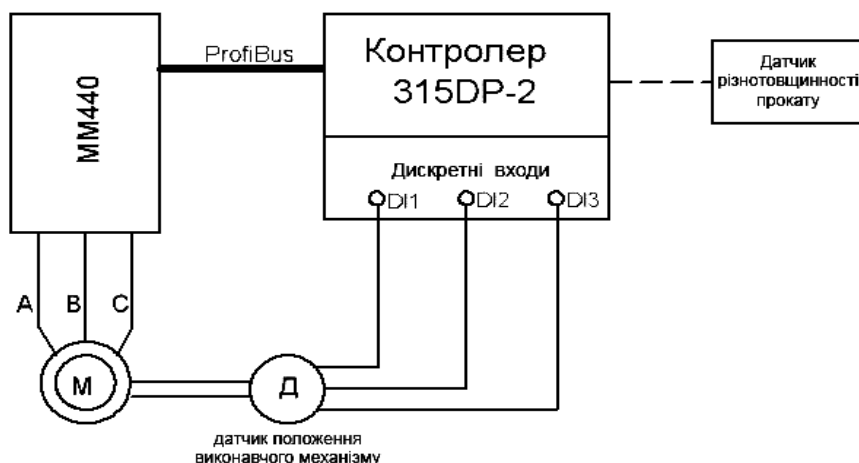


Рис. 3. Схема фізичної моделі електромеханічного натискного пристрою

Завдання різнотовщинності прокату організовано програмно та імітує роботу лазерного датчика. Ця інформація обчислюється контролером та подає команду приводу на відпрацювання потрібного зміщення виконуючого механізму. Завдяки цифровому датчику положення Д, який генерує серію прямокутних імпульсів, котрі в свою чергу записуються в регістри контролера, положення виконуючого механізму строго фіксується. Отримуємо привід, котрий може автоматично регулювати положення виконуючого механізму при змінних параметрах прокатки. Можна відслідити якість зниження різнотовщинності смуги при різному характері нерівностей підкату.

ВИСНОВКИ

Здійснено розв'язання актуальної науково-технічної задачі підвищення якісних показників процесу вальцювання натискного пристрою стану гарячого вальцювання 2500 Магнітогорського металургійного комбінату. Суть виконаних досліджень полягає в представленні залежностей коефіцієнту рампи приводу від характеру нерівностей металу та вибору оптимальних значень, за умови яких система автоматичного регулювання товщини прокату здатна зменшити нерівності прокату на більш ніж 90 %.

Найбільш суттєві наукові та прикладні рекомендації полягають у наступному:

– отримані залежності між коефіцієнтом рампи приводу натискного пристрою та якісними показниками металу, що вальцюється, дозволяють знайти оптимальні значення налаштувань приводу електромеханічного пристрою, які забезпечать найкращі показники якості металу на виході кліті.

– аналіз значень змінних коефіцієнтів рампи приводу натискного пристрою показав, що існує можливість технічної їх реалізації за допомогою сучасних електроприводів таких як приводи Micromaster та інші фірми Siemens;

– результати математичного моделювання з використанням ЕОМ підтвердили основні теоретичні положення і можливість підвищення якісних показників роботи натискного пристрою;

– виконаний комплекс досліджень може знайти практичне впровадження в електроприводі натискного пристрою стану гарячого вальцювання 2500 ММК, що дозволило б підвищити якісні показники металу на виході кліті.

ЛІТЕРАТУРА

1. Иванов-Смоленский А. В. *Электрические машины : учебник для вузов* / А. В. Иванов-Смоленский. – М. : Энергия, 1980. – 928 с.
2. Шрейнер Р. Т. *Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты* / Р. Т. Шрейнер. – Екатеринбург : УРО РАН, 2000. – 654 с.
3. Ковчин С. А. *Теория электропривода : учебник для вузов* / С. А. Ковчин, Ю. А. Сабинин. – СПб. : Энергоатомиздат, 1994. – 496 с. : ил.
4. Слежановский О. В. *Системы подчиненного регулирования электроприводов переменного тока с вентильными преобразователями* / О. В. Слежановский, Л. Х. Дацковский. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 256 с.
5. Рудаков В. В. *Асинхронные электроприводы с векторным управлением* / В. В. Рудаков, И. М. Столяров. – Л. : Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1987. – 136 с.
6. Leonhard W. *Regelung elektrischer Antriebe. Durchgesehene und ergänzte Übersetzung des Autors «Control of Electrical Drives» 2nd Ed., Chap. 10-15* / W. Leonhard. – Springer Verlag, 1997. – 292 p.
7. Schönfeld R. *Automatisierte Elektroantriebe. 3., stark bearb. Aufl.* / R. Schönfeld, E. Habiger. – Berlin : Verl. Technik, 1990. – 524 p. : 380 Bilder, 90 Taf.