

СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ БАГАТОДВИГУННИМ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ ЗІ ЗМІННИМИ ПАРАМЕТРАМИ

Крупіца П.О., Рожков С.О.

Херсонська державна морська академія

Шарко О.В.

Херсонський національний технічний університет

У роботі наведено оптимальний закон керування двигуном змінного струму для різних видів навантаження на його вал. Наведена функціональна схема системи управління багатодвигунним електроприводом зі змінними параметрами, яка управляє асинхронними двигунами змінного струму. Це дозволяє замінити менш надійні в експлуатації за рядом причин двигуни постійного струму, що на даний момент часу ще широко використовуються у різних галузях промисловості та транспорту. Дано опис усіх блоків, що входять до складу системи управління. Детально розглянуто ланцюг формування сигналу корекції, що дозволяє отримати режим роботи асинхронного двигуна з мінімальним споживанням струму обмотками статора. Приведені експериментальні криві знаходження мінімуму струму в приводному двигуні при різних параметрах механізму.

Ключові слова: асинхронний двигун, система управління, багатодвигунний електропривод.

У сучасних технічних комплексах використовуються складні електромеханічні системи, які мають у своєму складі багатодвигунні електроприводи [1]. Такі системи можна зустріти в машинобудуванні, залізничному, авіаційному, морському транспорті, в переробній і текстильній галузях та ін.

Незважаючи на велику різноманітність технологічних процесів, де використовуються такі системи, загальним є те, що розмірна точність і якісні властивості оброблюваних виробів в основному визначаються швидкістю обертання валів, співвідношенням швидкостей суміжних машин, синфазністю їх обертання, іншими словами – вихідними координатами виконавчих пристроїв [2, 3].

Найбільшу ефективність можна отримати при комплексному вирішенні задач управління технологічним процесом, що призводить до все тіснішого злиття систем автоматичного регулювання технологічних параметрів, що визначають фізико-механічні властивості та розміри продукції, і параметрів електроприводу (струму, напруги, швидкості, моменту, кута повороту і т.п.).

Аналізуючи досвід з розробки та впровадження взаємопов'язаних електроприводів і враховуючи фактор уніфікації типових модулів приводів у виготовленні й експлуатації подібних систем, можна сформулювати ряд чітких і конкретних вимог до таких систем [1, 1–5]:

- оскільки зв'язок машин або секцій, що входять до складу потокової лінії (агрегату), здійснюється через оброблюваний матеріал, необхідною умовою є забезпечення стійкої узгодженої (з продуктивності, швидкості, прискоренню або їх сукупності) роботи взаємопов'язаних електроприводів при будь-якій кількості двигунів;
- для отримання заданих якостей вихідного продукту (щільність матеріалу, питома вага, розмірність і т.п.), в деяких зонах обробки необхідно створювати витяжки (усадки) продукту з високим ступенем стабілізації як швидкості, так і керованого співвідношення швидкостей в заданому діапазоні;
- умови пуску та зупинки агрегатів із взаємопов'язаним електроприводом, крім синхронного, а часто і синфазного руху вимагають обмеження прискорення, так як частина машин мають великий момент інерції та при виникненні неприпустимих піків динамічних моментів можливі порушення нормальної роботи і, навіть, виникнення аварійних ситуацій;
- необхідність мати стандартизований перехідний процес;
- висока точність обробки різних збурень у статичному режимі;

- алгоритми управління та регулятори технологічними процесами не можна розглядати у відриві від обраної системи взаємопов'язаних електроприводів;
- необхідність забезпечення мінімальних впливів перетворювальних елементів (IGBT, GTO) вентильних електроприводів один на одного, на мережу живлення та ін.

Широке застосування знаходять системи, які реалізовані з використанням декількох двигунів постійного струму. При цьому один електродвигун із незалежним збудженням приводить у рух усю транспортну систему агрегату, а другий, з послідовним збудженням, – тільки виконавчі механізми і має м'яку механічну статичну характеристику. Особливістю управління електродвигуном є застосування тиристорного перетворювача зі статичним способом регулювання напруги в якості джерела живлення електричної машини. Проте застосування машин постійного струму в таких системах практично не є ефективним за рядом причин [11, 6–8], таких як: ненадійність елементів передачі енергії в обертаючу частину машини (щітки), високі показники матеріально-трудових витрат під час експлуатації та ремонту двигунів та інше.

Більш простим по конструкції та дешевим за експлуатаційними витратами є асинхронний двигун з короткозамкненим ротором [9]. Однак для реалізації широкого діапазону регулювання швидкості та моменту в системах необхідно застосовувати напівпровідникову техніку з частотними перетворювачами [10].

Це пояснюється тим, що електромагнітний момент асинхронного двигуна залежить від величини амплітуди живлючої напруги U_1 та її частоти f_1 :

$$M_{\max} = \frac{\pm m_1 \cdot U_1^2}{4\pi \cdot f_1 \cdot (X_1 + X_2') \cdot p} = \pm \frac{C \cdot U_1^2}{f_1^2}, \quad (1)$$

де C – постійна.

При зміні частоти f_1 необхідно змінювати значення U_1 для того, що не перевантажувати двигун по струму та магнітному потоку і забезпечувати сталу роботу приводу. Для цього необхідно змінювати f_1 та U_1 за певним законом, який би забезпечував достатню перевантажувальну здатність асинхронного двигуна. Він був запропонований професором Костенко і в загальному випадку має вигляд [11]:

$$\gamma = \alpha \cdot \sqrt{\mu}, \quad (2)$$

де $\gamma = U_1 / U_{1n}$ – відношення амплітуди напруги живлення до номінального значення, $\alpha = f_1 / f_{1n}$ – відношення значення частоти до номінального значення; $\mu = M / M_n$ – відношення моменту до його номінального значення.

Для механізмів лебідок, вантажних кранів, верстатів у яких стале навантаження ($M = \text{const}$), рівняння (2) записується так $\gamma = \alpha$. Для механізмів гвинтіляторів, відцентрових насосів, гребних гвинтів рівняння (2) приймає вигляд $\gamma = \alpha^2$. А у механізмах, які працюють з постійною потужністю (навиваючі пристрої, деякі механізми головного руху металооброблюючих верстатах), рівняння (2) перетворюється до виразу $\gamma = \sqrt{\alpha}$.

Тому, будь-яка система управління асинхронним двигуном має реалізовувати закон Костенко в залежності від навантаження на валу двигуна [10, 11].

У даній статті розглядається варіант автоматизованої системи управління багатодвигунним електроприводом із застосуванням асинхронних двигунів із короткозамкненим ротором в якості приводних електричних машин. На рис. 1. наведено функціональну схему такої системи.

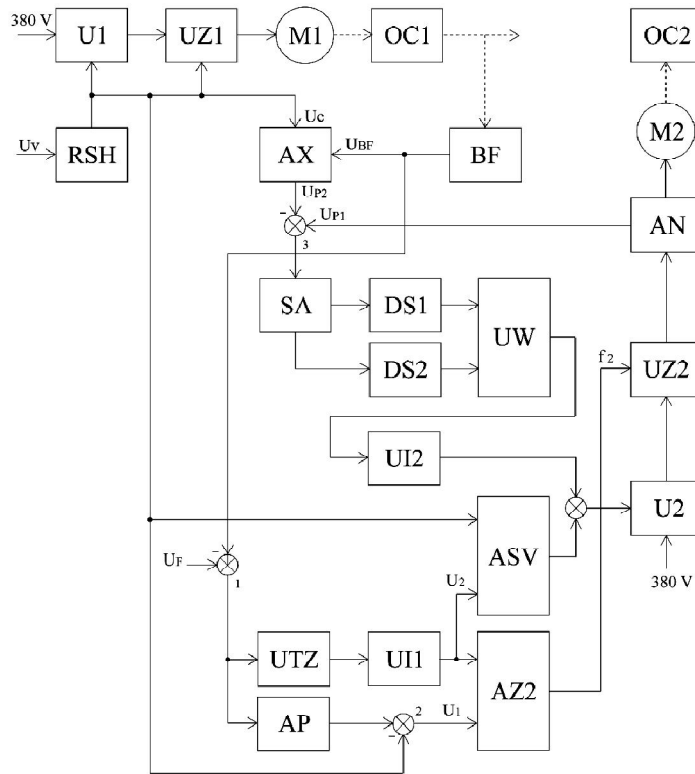


Рисунок 1 – Функціональна схема системи управління багатодвигунним електроприводом зі змінними параметрами

Механізм агрегату OC1 приводиться у рух через редуктор асинхронним двигуном M1. Необхідне значення амплітуди живлючої напруги та її частоти формуються за допомогою керованих випрямляча U1 та інвертора UZ1 за законом $\gamma = \alpha$. Для реалізації плавності набору швидкості під час процесу пуску використовується задавач інтенсивності RSH. На вхід блоку подається сигнал завдання лінійної швидкості U_v , а на виході – формується сигнал U_c , який і подається на керовані випрямляч U1 та інвертор UZ1.

Для формування потрібного значення частоти і напруги для двигуна M2, згідно рівняння (5), використовуються декілька каналів.

До складу першого каналу, який формує необхідне значення частоти в залежності від параметрів об'єкта OC2 на виході інвертора UZ2, входить задаючий генератор AZ2. На його вхід поступає перший сигнал U_1 з суматора 2 (різниця сигналів з задатчика інтенсивності RSH та підсилювача AP) та другий сигнал U_2 , що формується ланцюгом, до складу якого входить нуль-генератор UTZ та ступінчатий інтегратор UI1.

Формування необхідного значення амплітуди напруги живлення для асинхронного двигуна M2 відбувається у другому каналі, який складається з двох ланцюгів.

У першому ланцюгу відбувається формування напруги згідно оптимального закону частотного управління за рівнянням (5), в якому враховуються параметри навантаження. Це відбувається за допомогою формувачу напруги AVS, на виході якого формується сигнал

$$U_{AVS} = k_{\phi} \cdot U_c \cdot \sqrt{\frac{U_F}{U_2}}$$

Далі цей сигнал складається з сигналом корекції $\pm U_K$ і подається на вхід випрямляча U2.

Формування сигналу $\pm U_K$ відбувається у ланцюзі, що виконує функцію корегування для отримання режиму роботи двигуна М2 з мінімальним струмом.

На перший вхід блока множення АХ подається сигнал завдання швидкості U_C , а на другий вхід – сигнал з давача натягу ВФ U_{BF} , що відповідає значенню натягу матеріалу, що транспортується між механізмами агрегатів ОС1 та ОС2. На виході блока множення формується сигнал, що пропорційний потужності, яка витрачається на створення натягу:

$$U_{P2} = k \cdot U_C \cdot U_{BF}$$

де k – коефіцієнт множення.

На суматорі 3 цей сигнал віднімається від сигналу U_{P1} , що формується за допомогою вимірювача потужності АН, який вимірює активну потужність асинхронного двигуна М2 під час роботи. Різниця сигналів з суматора 3:

$$\Delta U_P = U_{P1} - U_{P2}$$

подається на перемикач SA на виходах якого формуються сигнали $-\Delta U_P$ та $+\Delta U_P$. Ці сигнали запам'ятовуються у пристроях пам'яті DS1 та DS2 і подаються на входи генератора порівняння UW. Після генератора сигнал проходить через ступінчатий інтегратор UI2 на виході якого формується сигнал корекції $\pm U_K$. За допомогою цього сигналу відбувається корегування сигналу, що формується за оптимальним законом частотного управління. Це дозволяє отримати режим роботи двигуна М2 зі споживанням мінімального значення струму статора електричної машини [12].

На рис. 2 наведено експериментальні криві при знаходженні мінімуму струму в М2 при різних параметрах механізму ОС2.

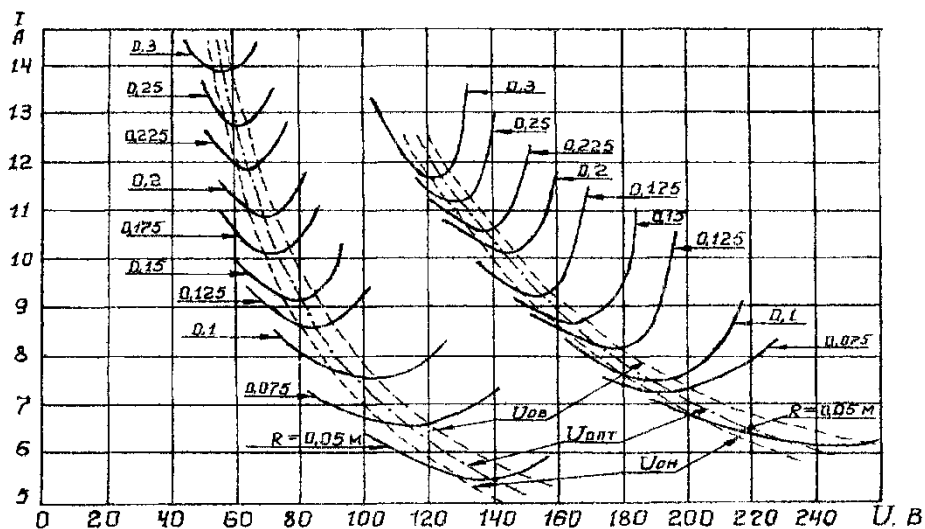


Рисунок 2 Експериментальні криві знаходження мінімуму струму у двигуні М2 при різних параметрах механізму ОС2

Висновки. При управлінні багатодвигунним електроприводом необхідно знаходити оптимальний режим управління, враховуючи зміну параметрів механізму та струмового навантаження. Для живлення асинхронних двигунів варто застосовувати матричні перетворювачі частоти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Локарев В. И. Судовые автоматизированные электроприводы : учеб. пособие / В. И. Локарев. – Николаев : УГМТУ, 2002. – 160 с.

2. Mueller M. Electrical Drives for Direct Drive Renewable Energy Systems [Text] / M. Mueller. – Woodhead Publishing, 2003. – 280 p.
3. Hughes A. Electric Motors and Drives: Fundamentals, Types and Applications [Text] / A. Hughes, B. Drury. – Newnes, 2013. – 440 p.
4. Werner L. Control of Electrical Drives Springer [Text] / L. Werner. – Verlag Berlin Heidelberg, 2001. – 460 p.
5. Buja G. Direct Torque Control of PWM Inverter-Fed AC Motors – A Survey [Text] / G. Buja, M. P. Kazmierkowski // IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS. –2004. – № 4 (5)). – pp. 744–757.
6. Leonard W. Control of Electrical Drives [Text] / W. Leonard. – Berlin : Springer, 1996. – 420 p.
7. Schröder P. Elektrische Antriebe - Regelung von Antriebssystemen, 2 Auflage [Text] / P. Schröder. – Berlin : Springer, 2001. – 1172 p.
8. Vas P. Sensorless Vector and Direct Torque Control [Text] / P. Vas – Oxford : Oxford University Press, 1998. – 768 p.
9. Гольдберг О. Д. Надежность электрических машин : учебник для студ. высш. учеб. заведений / О. Д. Гольдберг, С. П. Хелемская : под. ред. О.Д. Гольберг. – М. : Издательский центр «Академия», 2010. – 288 с.
10. Рудаков В. В. Асинхронные электроприводы с векторным управлением / В. В. Рудаков, И. М. Столяров, В. А. Дартау. – Л. : Энергоатомиздат, 1987. – 136 с.
11. Петрушин В. С. Асинхронные двигатели в регулируемом электроприводе : учеб. пособие / В. С. Петрушин – Одесса : Наука и техника, 2006. – 320 с.
12. Крупіца П. О. Система керування електроприводом змінного струму з мінімальним споживанням струму для шліхтувальної машини / П. О. Крупіца, Г. С Якимчук // Електромашинобудування та електрообладнання. – 2004. – № 62. – С. 61-63.

REFERENCES

1. Lokarev, V.Y. (2002). Sudovye avtomatyzyrovannye elektropriyvody: Ucheb. posobyе. Nykolaev, UHMTU, 160.
2. Mueller, M. (2003). Electrical Drives for Direct Drive Renewable Energy Systems. Woodhead Publishing, 280.
3. Hughes, A. B. Drury (2013). Electric Motors and Drives: Fundamentals, Types and Applications. Newnes, 440.
4. Werner, L. (2001). Control of Electrical Drives Springer. Verlag Berlin Heidelberg, 460.
5. Buja, G., M. P. Kazmierkowski (Aug 2004). Direct Torque Control of PWM Inverter-Fed AC Motors. (pp. 1-19). IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, pp. 744 - 757
6. Leonard, W. (1996). Control of Electrical Drives. Berlin: Springer, 420.
7. Schröder, P. (2001). Elektrische Antriebe - Regelung von Antriebssystemen, 2 Auflage. Berlin: Springer, 1172.
8. Vas, P. (1998). Sensorless Vector and Direct Torque Control. Oxford: Oxford University Press, 768.
9. Holdberh, O.D. (2010). Nadezhnost' elektrycheskykh mashyn. Uchebnyk dlia stud. vyssh. ucheb. zavedenyi. Moscow. Yzdatelskiy tsentr «Akademyia», 288.
10. Rudakov, V.V. (1987). Asynkhronnye elektropriyvody s vektornym upravlenyem. Leningrad. Enerhoatomyzdat, 136.
11. Petrushyn, V.S. (2006). Asynkhronnye dvyhately v rehulyruemom elektropriyvode: Ucheb. posobyе. Odessa. Nauka y tekhnika, 320.

12. Krupitsa, P.O., Yakymchuk H. S. (2004). Systema keruvannia elektroprivodom zminnoho strumu z minimalnym spozhyvanniam strumu dlia shlikhtuvalnoi mashyny. Elektromashynobuduvannia ta elektroobladnannia, 62, 61 – 63.

Крупница П.А., Рожков С.А., Шарко А.В. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МНОГОДВИГАТЕЛЬНЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ С ПЕРЕМЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

В статье приведен закон оптимального управления двигателем переменного тока для разных видов нагрузки на его валу. Приведена функциональная схема управления многодвигательным электроприводом с переменными параметрами, которая управляет асинхронным двигателем переменного тока. Это позволяет произвести замену менее надежных в эксплуатации по некоторым причинам двигателей постоянного тока, что в данный момент времени еще широко используются в разных производственных отраслях и транспорте. Описано все блоки, что входят в состав системы управления. Детально раскрыт принцип работы цепи формирования сигнала коррекции, которая позволяет получить режим работы асинхронного двигателя с минимальным потреблением тока обмотками статора. Приведены экспериментальные кривые нахождения минимума тока в приводном двигателе при разных параметрах механизма.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, система управления, многодвигательный электропривод.

Krupica P.A., Rozhkov S.A., Sharko A.V. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МНОГОДВИГАТЕЛЬНЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ С ПЕРЕМЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

In the article the law of optimal control AC motor for different types of load on its shaft. The functional control scheme multiimpellent electrically with variable parameters, which controls AC induction motor. This makes it possible to replace less reliable in operation for some reason, DC motors, that at any given time has been widely used in various industrial sectors and transport. It describes all units that are part of the control system. Disclosed in detail the principle of operation of the signal correction circuit that allows you to get the operation of the induction motor with minimum current consumption of the stator windings. The experimental curves of finding the minimum current in the drive motor for different parameters of the mechanism.

Keywords: induction motor, control system, electric multimotor.

© Крупница П. О., Рожков С. О., Шарко О. В.

Статтю прийнято
до редакції 23.10.15