

SINGLE-PHASE COMPENSATED INDUCTION MOTOR

R. Chuenko, M. Marhon

Single-phase compensated induction motor's characteristics calculation methodology is offered.

Keywords: *single-phase compensated induction motor, circuit model, equation, characteristic*

УДК 621.313

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНЕ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МАШИН ЗА ЙОГО ЕНЕРГЕТИЧНИМИ ПАРАМЕТРАМИ

*М.І. Рутило, кандидат технічних наук
Тернопільський національний педагогічний
університет імені В. Гнатюка
e-mail: rutmik@ukr.net*

Проведено аналіз існуючих алгоритмів керування електроприводом технологічних машин (ТМ) щодо їх енергоефективності. Розроблено структуру адаптивного алгоритму для системи керування частотно-регульованим електроприводом ТМ без давачів технологічних параметрів.

Ключові слова: *технологічна установка, регульований електропривод, адаптивний алгоритм, система керування, обчислювальний блок, давач*

Аналіз енергетичних та експлуатаційних показників технологічних машин із частотно-регульованим асинхронним електроприводом для регулювання параметрів технологічних процесів та статистика їх відмов у процесі експлуатації дають підставу стверджувати про необхідність подальших досліджень, спрямованих на удосконалення існуючого та розробки нового обладнання.

Мета досліджень – розробка адаптивного алгоритму керування частотно-регульованим електроприводом технологічних машин для підвищення енергоефективності та експлуатаційної надійності їх роботи.

Матеріали та методика досліджень. Для регулювання швидкості обертання робочих органів ТМ із плавномінними режимами роботи (вентилятори, відцентрові насоси тощо) використовують частотні перетворювачі (ЧП) із скалярним керуванням, в яких існує можливість вибору відповідного за потреби закону регулювання (u/f - залежності) [1].

Проте у більшості випадків вони мають надто складні у реалізації алгоритми, а в інших випадках ці алгоритми задають наближений характер u/f - залежностей, і тому не забезпечують у повній мірі енергоефективних режимів роботи асинхронного електропривода (АЕП) [3, 5]. Ці твердження справедливі також стосовно регулювання продуктивності вентиляторних та насосних агрегатів, де характер механічного навантаження асинхронного двигуна може змінюватися від багатьох чинників.

Отже, чим точніше буде відтворюватися u/f - залежність засобами ЧП з асинхронним двигуном, тим вища буде їх енергоефективність.

Підвищення енергоефективності частотно-регульованого електропривода ТМ досягається шляхом мінімізації електричних втрат в асинхронному двигуні, що полягає в оптимізації магнітного потоку статора регулюванням величини прикладеної до нього напруги.

Результати досліджень. Зважаючи на викладене вище, нами розроблено адаптивний алгоритм формування u/f - характеристики, який базується на поданих нижче аналітичних виразах.

Напруга U_{omn}^* для створення необхідного потоку розраховується за формулою:

$$U_{omn}^* = E_1^* + I_1^* z_1^* \approx \Phi^* f^* + I_1^* z_1^*, \quad (1)$$

де $z_1^* = \sqrt{r_1^{*2} + (f^* x_1^*)^2}$; $z_1^* = z_1/z_{1H}$; $r_1^* = r_1/z_{1H}$; $x_1^* = x_1/z_{1H}$; $z_{1H} = U_H/I_{1H}$,

$$U_{omn}^* \approx f^* I_1^* \cos \varphi_1 \sqrt{\frac{k_v^*}{k_n^* + k_{cm}^* \omega^{*\beta}}} + I_1^* \sqrt{r_1^{*2} + (f^* x_1^*)^2}; \quad \Delta u = U(f) - U_{omn}, \quad (2)$$

де k_n^* , k_v^* , k_{cm}^* – відносні значення складових втрат для номінального режиму роботи АД, змінних намагнічування та втрат у сталі [4].

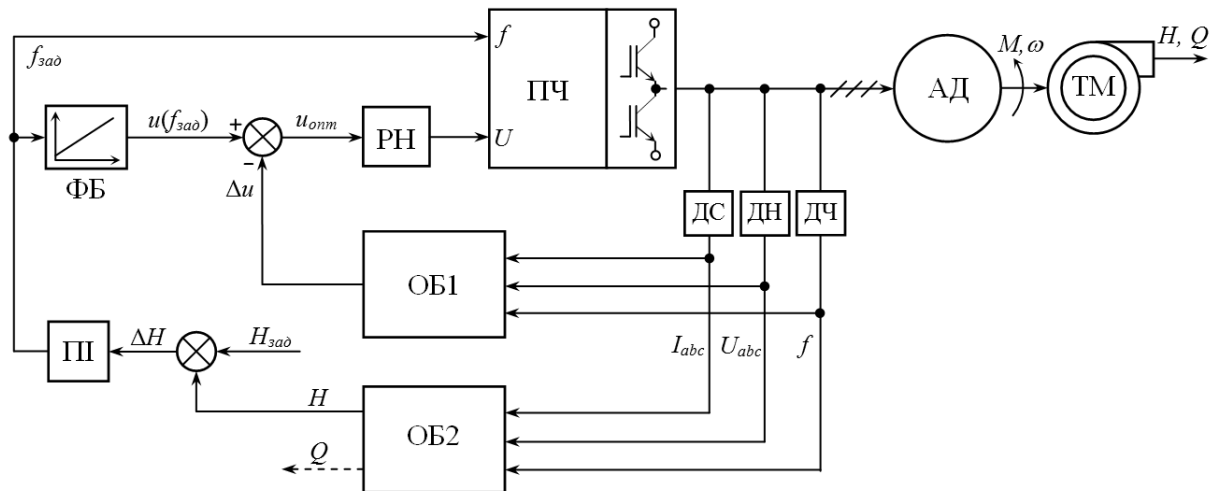
Для реалізації адаптивної системи частотного керування АЕП розроблено структуру алгоритму з обчислювальними блоками (ОБ1, ОБ2), блок-схема якого подана на рисунку. Функціонування ОБ1 у ній базується на виразах (2).

Крім цього, для вирішення задач, пов'язаних із синтезом автоматичних систем керування технологічними параметрами, нами розроблено алгоритм контролю напору вентиляторної установки, який базується на способі бездавачевої ідентифікації технологічних параметрів (H , Q). Обчислення їх відбувається в ОБ2 (див. рисунок) за вимірними значеннями енергетичних параметрів електропривода (U , I , f).

Блок-схема регульованого електропривода включає давачі струму ДС, напруги ДН і частоти ДЧ. Сигнали від вказаних давачів надходять до обчислювальних блоків. Споживана потужність вимірюється на інтервалі, рівному періоду змінної напруги $T_i = 1/f_i$, де f_i – частота основної гармоніки напруги живлення:

$$P_{сум} = \frac{1}{T_i} \int_0^{T_i} [I_a(t)U_a(t) + I_b(t)U_b(t) + I_c(t)U_c(t)] dt. \quad (3)$$

Вимірювання потужності здійснюється безпосередньо на виході напівпровідникового ПЧ.



Структурна схема адаптивної системи керування електроприводом технологічних машин

Необхідне розрахункове значення потужності на валу може бути отримане як:

$$P_{роз} = P_{вим} \eta(P_{вим}), \quad (4)$$

де $\eta(P_{вим})$ – залежність ККД від потужності на валу. Цей параметр можна визначити у формі загальної задачі апроксимації.

Визначення залежності споживаної потужності і ККД ТМ від продуктивності виконується так:

$$P_v = v^3 p_0 + v^2 p_1 Q_v + v p_2 Q_v^2; \quad (5)$$

$$\eta_v = k_1 v^3 + k_2 v^2 + k_3. \quad (6)$$

де $p_0, p_1, p_2, k_1, k_2, k_3$ – коефіцієнти апроксимації; $v = \omega/\omega_0$ – відносна кутова швидкість.

Після перетворення рівнянь (6) та (7) отримаємо:

$$Q_v^2 + Q_v \frac{p_1}{p_2} v + \frac{\eta_v P_v - p_0 v^3}{p_2 v} = 0. \quad (7)$$

Використовуючи напірно-витратні характеристики, за отриманими значеннями Q_v та v визначається розрахунковий напір H_v , а також H_{cv} з урахуванням статичної складової H_e у випадку використання насосного агрегата з гідромережею:

$$H_v = v^2 H_0 + v h_1 Q_v + h_2 Q_v^2; \quad (8)$$

$$H_{cv} = H_e + R_c Q_v^2, \quad (9)$$

де Q_v – продуктивність, m^3/c ; R_c – гідравлічний опір у мережі; h_1, h_2 – коефіцієнти апроксимації напірної характеристики вентилятора (насоса).

За виразами (7) – (9) в ОБ2 вираховується величина $H(Q)$, що порівнюється із заданим значенням $H_{зад}$. Сигнал похибки ΔH , який

подається на вхід пропорційно-інтегрального регулятора ПІ, а далі – до частотного перетворювача, є функцією задання частоти обертання.

Запропонована математична модель описує структуру поданого алгоритму і дозволяє проаналізувати стан системи та обчислювати основні технологічні параметри в системі «частотний перетворювач – асинхронний електродвигун – технологічна машина» без застосування давачів $H(Q)$.

Висновки

Розроблено структуру адаптивної системи керування електроприводом технологічних машин, що забезпечує підвищення його енергоефективності у широкому швидкісному діапазоні. Застосування способу бездавачової ідентифікації технологічних параметрів дає змогу підвищити надійність та швидкодію системи керування електроприводом, особливо під час її функціонування в агресивних та високотемпературних середовищах об'єктів керування, оскільки не потребує застосування додаткових кабельних ліній зв'язку давачів з апаратним контролером.

Список літератури

1. Костенко М.П. Электрические машины. Ч.2 / М.П. Костенко, Л.М. Пиотровский. – М.;Л.: Энергия, 1965. – 704 с.
2. Пат. 60176 Україна, МПК 7F01D 17/24. Спосіб керування технологічними параметрами турбомеханізмів / Корчемний М.О., Федорейко В.С., Понятишин В.З., Клендій П.Б., Нестеренко О.В., Рутило М.І. – № а2003021526; заявл. 21.02.2003; опубл. 15.09.2003, Бюл. № 9.
3. Петрушин В.С. Регулировочные характеристики асинхронного электродвигателя в частотном электроприводе при законах управления, обеспечивающих постоянство потокосцеплений / В.С. Петрушин // Электротехника і електромеханіка. – 2002. – №2. – С.53–55.
4. Рутило М. І. Моделирование регулируемого электропривода вентиляционных установок с адаптивной структурой управления [Электронный ресурс] / М. І. Рутило // Энергетика і автоматика. – 2011. – № 2 (8). – Режим доступу до журналу : http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/eia/2011_2/11rmiasd.pdf.
5. Marino R., Peresada S., Tomci P. Global adaptive output feedback control of induction motors with uncertain motor resistance, IEEE Trans-on Automatic Control, vol.44, no.5, 1999, pp. 967-983.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН ПО ЕГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ

Н.И. Рутыло

Проведен анализ существующих алгоритмов управления электроприводом технологических машин (ТМ) на предмет их энергоэффективности. Разработана структура адаптивного алгоритма для системы управления частотно-регулируемым электроприводом ТМ без датчиков технологических параметров.

Ключевые слова: технологическая установка, регулируемый электропривод, адаптивный алгоритм, система управления, вычислительный блок, датчик

ENERGY-EFFICIENT CONTROL OF ELECTRIC DRIVE TECHNOLOGICAL MACHINES BY ITS ENERGY PARAMETERS

M.I. Rutylo

The analysis of existing algorithms for controlling the electric drive technology machine for their energy efficiency. Created structure of adaptive algorithm for control system variable frequency drives technology machines without sensors of technological parameters.

Keywords: technological machine, electric drive adjustable, adaptive algorithm, the system control computer unit, sensor

УДК 356.24

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ РОБОЧИХ ПІДРАХУНКІВ ПРИ КАЛОРИМЕТРИЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

**В.Є. Василенков, кандидат технічних наук
e-mail: nni.elektrik@gmail.com**

Наведено дослідження технологічного процесу визначення теплотворної властивості палив. Обґрунтовано доцільність обов'язкового врахування поправок на утворення сірчаної, азотної кислот і прихованої теплоти пароутворення, що впливає на реалізацію теплоти в практичних умовах, менше ніж реалізація теплоти по бомбі.

Ключові слова: теплотворна властивість палива, калориметр, бомба, елементарний склад палива, спалювання палива

Теплотворна здатність палива може бути розрахована як сума даних про теплотворну здатність горючих елементів, що складають паливо. Однак визначення теплотворної здатності подібними методами дає значну розбіжність із реальною теплотворною здатністю, яка знаходиться методом калориметрування.

Мета досліджень – обґрунтування врахування поправок у технологічний процес визначення теплотворної властивості палив.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проведено згідно з нормативними документами щодо визначення теплотворної властивості палива і порядку її обрахунків.