

ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ЗМІННОГО СТРУМУ ДЛЯ ДИFUЗІЙНОГО АПАРАТУ ЦУКРОВОГО ЗАВОДУ

Стаднік Микола Іванович д.т.н., професор
Рубаненко Олена Олександрівна к.т.н., доцент
Румар Віталій Володимирович магістрант
Вінницький національний аграрний університет
Stadnik M.
Rubanenko O.
Rumar V.
Vinnitsia National Agrarian University

Анотація: *приведена можливість заміни двигуна постійного струму на асинхронний двигун змінного струму.*

Ключові слова: *цукрове виробництво, дифузійний апарат, дифузійний процес, двигун змінного струму.*

Постановка проблеми

На даний момент в електроприводі дифузійного апарату використовуються двигуни постійного струму які потребують значних витрат на своє обслуговування та ремонт.

Мета дослідження

Метою даної роботи є підвищення техніко-економічних показників та надійності функціонування колонної дифузійної установки (КДУ) цукрового заводу за рахунок заміни двигуна постійного струму на асинхронний двигун змінного струму.

Виклад основного матеріалу

Процес отримання соку дифузійним способом полягає в протиточному висолодженні нарізаної стружки цукрового буряку гарячою водою. При цьому цукроза і частина нецукрів поступово переходять у воду, як наслідок їх вміст в стружці знижується, а в воді збільшується.

Дифузія цукру відбувається в бурякопереробному відділенні цукрового заводу, де основним обладнанням є дифузійний апарат. Найбільш поширеними є дифузійні апарати похилого типу.

При розгляданні дифузійного апарату з його прилеглими агрегатами було виділено його основні характеристики та параметри які необхідні для його оптимальної роботи а саме:

- повне проходження стружки вздовж апарату 70-80 хв.,
- мінімальна швидкість обертання 0,4 об/хв;
- максимальна швидкість обертання 1,2 об/хв;
- температура всередині дифузійного апарату 58-74⁰С;
- швидкість обертання двигуна 1470 об/хв;
- середня споживана двигуном потужність складає приблизно 90кВт;

Для зміни швидкості в межах від 0,4 до 1,2 обертів на хвилину є необхідність використання механічного редуктора з передатним понижувальним числом 1 до 250. При цьому мінімальна швидкість обертання валу двигуна постійного струму складає 0,4 оберта за хвилину зі збереженням його механічних властивостей. Як правило, у випадку роботи двигуна в системі привода дифузії, його максимальна кількість обертів обмежується і не перевищує 1500 об/хв

Продуктивність дифузійного апарату залежить від питомого навантаження, швидкості переміщення стружки і складає близько 2,500т стружки за добу.

На даний момент використовують електроприводи з двигунами постійного струму. Перевагою цих двигунів є те що в них відносно легко регулювати частоту обертання.

Основні недоліки існуючих електроприводів постійного струму дифузійного апарату:

- низька ступінь захисту електродвигуна;
- низька заводостійкість;
- великі розміри
- складність в налаштуванні;
- нестабільність параметрів;



- регулярне технічне обслуговування;
- середній рівень надійності.

Всі перераховані вище недоліки, є наслідком двох основних проблем:

- Низький ступінь захисту двигунів постійного струму, які експлуатуються у важких кліматичних умовах з присутністю агресивних середовищ (пари аміаку, сірки). Все це призводить до їх значного зносу і передчасного виходу з ладу.
- Якість і надійність застосовуваних тристорних перетворювачів вже не відповідає сучасним вимогам.

Асинхронний двигун є найбільш масовим електричним двигуном.

До переваг асинхронних двигунів можна віднести такі якості:

- простота конструкції та експлуатації;
- надійність у роботі та відносна простота ремонту;
- менша вага, габаритні розміри та вартість.

В електроприводах робочих машин найбільше часто застосовуються асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором серій 4А, 4АМ та АИ, що мають такі граничні номінальні параметри:

- номінальна потужність: при напругах 220, 380, 660 В від 0,025 до 400 кВт; при напругах 6,10 кВ від 500 до 8000 кВт;
- синхронні частоти обертання: 500, 600, 750, 1000, 1500, 3000 об/хв.

Ці двигуни знайшли застосування у всіх галузях господарства. Частота обертання ротора асинхронного двигуна визначається, як відомо, виразом:

$$n=60f(1-s)/p(1)$$

f – частота напруги живлення, Гц;

s – ковзання;

p – число пар полюсів.

З якого випливає, що частоту обертання асинхронних двигунів можна регулювати зміною будь-якої з трьох величин: ковзання, частоти струму в статорі або кількості пар полюсів в обмотці статора.

В даний час завдяки розвитку силової перетворювальної техніки створені і серійно випускаються різні види напівпровідникових перетворювачів частоти, що визначило випереджальний розвиток і широке застосування частотно-регульованого асинхронного електропривода. Основними перевагами цієї системи регульованого електропривода є:

- плавність регулювання і висока жорсткість механічних характеристик, що дозволяє регулювати швидкість в широкому діапазоні;
- економічність регулювання, обумовлена тим, що двигун працює з малими величинами абсолютного ковзання, і втрати в двигуні не перевищують номінальних.

Розглянемо можливість використання асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором в складі приводу:

- потужність 90 кВт;
- оберти 1500 об/хв;
- діапазон регулювання швидкості 3 (0,4 об/хв. -1,2 об/хв.).

Механічні характеристики

Схема заміщення фази асинхронного двигуна при частотному керуванні приведена на рисунку 1.

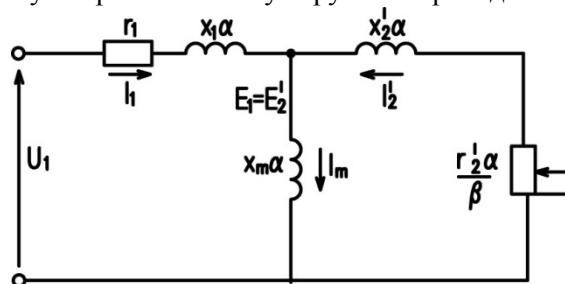


Рис. 1. Схема заміщення фази асинхронного двигуна при частотному управлінні

Відносна частота статора – відношення частоти струму статора до її номінального значення

f_{1n} .



$$\alpha = f_1 / f_{1н} \tag{1.2}$$

Параметр абсолютного ковзання, абовідносна частота ротора - відношення абсолютного ковзання $\Delta\omega$ до синхронної швидкості при номінальній частоті

$$\beta = \Delta\omega / \omega_{1н} = f_2 / f_{1н} \tag{1.3}$$

Параметр β використовується замість ковзання S та зв'язаний з (1.2) ним відношенням

$$s = \Delta\omega / \omega_1 = f_2 f_{1н} / f_1 f_{1н} = \beta / \alpha \tag{1.4}$$

Коефіцієнт розсіювання відповідно для статора і ротора:

$$\tau_1 = x_1 / x_m \tag{1.5}$$

$$\tau_2 = x_2' / x_m \tag{1.6}$$

Загальний коефіцієнт розсіювання:

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 + \tau_1 \tau_2 \tag{1.7}$$

Крім того, з ціллю спрощення формул введені слідуєчі позначення:

$$b = r_1 (1 + \tau_2) \tag{1.8}$$

$$c = x_m \tau \tag{1.9}$$

$$d = r_1 / x_m \tag{1.10}$$

Електрична енергія ε_1 зі значеннями U і f перетворюється в механічний обертовий рух, характеризується моментом $M_{Ди}$ і кутовою частотою обертання $\omega_{Ди}$. Залежність вихідних параметрів модулів ПЕВ_i від вхідних описується системою рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} M_{Ди} = \frac{m_1 U_1^2}{\omega_{1н}} \frac{r_2' \beta}{(b^2 + c^2 \alpha^2) \beta^2 + 2r_1 r_2' \alpha \beta + (d^2 + e^2 \alpha^2) r_2'^2} \\ \omega_{Ди} \equiv f_1 \end{array} \right\} i = 1, 2 \tag{1.11}$$

З використанням виразів системи 1.10, побудовані механічні характеристики двигуна, представлені на рисунку 2.

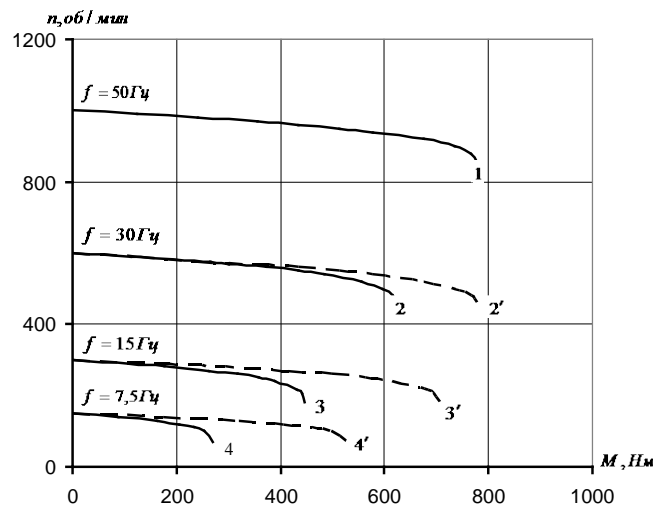


Рис. 2. Механічні характеристики двигуна при частотному регулюванні
1, 2, 3, 4 - для закону регулювання $U / f = const$; 2', 3', 4' - для закону регулювання, що забезпечує збільшення навантажувальної здатності двигуна

Щоб порахувати максимальний момент та реалізовану перевантажувальну здатність приводу використовуємо формулу:



$$M_{\max} = \frac{m_1 U_1^2}{2\omega_{1н}} \frac{1}{r_1 \alpha \pm \sqrt{(b^2 + c^2 \alpha^2)(d^2 + e^2 \alpha^2)}}, \quad (1.12)$$

Розглянемо діапазон регулювання швидкості

Стійкий момент приводу може розраховуватися за формулою:

$$M_y(\alpha) = \frac{M_k(\alpha)}{1 + 3\nu_c} \quad (1.13)$$

де $M_k(\alpha)$ – критичний момент електродвигуна;

$\alpha = f_1 / f_{1ном}$ – відносна частота напруги (струму) статора;

f_1 – частота напруги (струму) статора;

$f_{1ном} = 50$ Гц.

В роботі [1] пропонується формула для визначення значень критичного моменту асинхронного електродвигуна на будь-який штучної характеристики:

$$M_{к0}(\alpha) = \frac{m_1 \cdot U_{1нф}^2 \cdot \gamma^2}{2 \cdot \omega_{1ном}} \cdot \frac{1}{r_1 \alpha + \sqrt{(b^2 + c^2 \alpha^2)(d^2 + e^2 \alpha^2)}} \quad (1.14)$$

де $U_{1нф}$ – фактичне значення напруги обмотки двигуна при $f_{1ном} = 50$ Гц;

$m_1 = 3$ – число фаз статора;

$\omega_{1ном}$ – номінальне значення кутової частоти обертання;

$\gamma = U_1 / U_{1нф}$ – відносне значення напруги на статорі;

U_1 – напруга на статорі;

$\tau_1 = x_1 / x_0$ – коефіцієнт розсіювання статора;

$\tau_2 = x_2 / x_0$ – коефіцієнт розсіювання ротора;

$\tau = \tau_1 + \tau_2 + \tau_1 \tau_2$ – загальний коефіцієнт розсіювання;

В такому випадку закон регулювання напруги має вигляд

$$\gamma = \sqrt{\frac{r_1 \alpha + \sqrt{(b^2 + c^2 \alpha^2)(d^2 + e^2 \alpha^2)}}{r_1 + \sqrt{(b^2 + c^2 \alpha^2)(d^2 + e^2 \alpha^2)}}}, \quad (1.15)$$

Зазвичай приймається розімкнута система управління по закону частотного регулювання $U_1 / f_1 = \text{const}$ (або $\gamma = \alpha$) при регулюванні вниз від номінальної частоти ($\alpha < 1$). При $\alpha > 1$ приймається закон регулювання $U_1 = \text{const}$. Ефективне застосування більш складних замкнутих систем управління (як скалярних, так і векторних) істотно ускладнюється. Для побудови залежності $M_k(\alpha)$ для зазначеного вище керування в формулі 1.12 слід приймати $\gamma = \alpha$ при $\alpha < 1$ і $\gamma = 1$ при $\alpha > 1$. На рис.3 наведені графіки залежностей $M_k(\alpha)$ і $M_y(\alpha)$ для параметрів приводу .

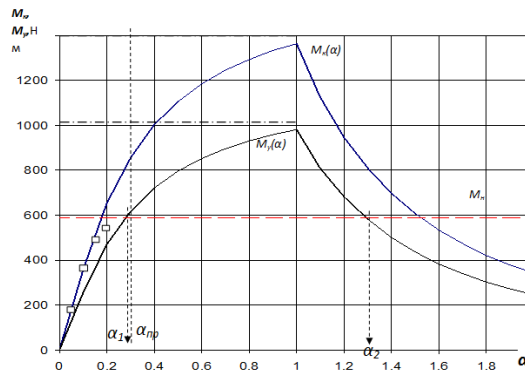


Рис. 3. Критичний і стійкий момент

На рис. 4 приведено значення номінального моменту M_n приводу (пунктирна лінія), який, як відомо, визначається з умови допустимого нагріву двигуна в тривалому режимі при номінальній частоті живлення (тобто $\alpha = 1$). При цьому в першому наближенні прийнято, що величина допустимого по нагріванню моменту в розглянутому діапазоні регулювання не залежить від частоти живлення (або від α).

Точки перетину кривої $M_y(\alpha)$ з лінією M_n визначають межі діапазону регулювання α_1 і α_2 , в якому стійкий момент приводу перевищує номінальний.

В даному випадку $\alpha_1 = 0,28$; $\alpha_2 = 1,28$, тобто номінальний момент двигуна може бути реалізований при частотах живлення від 14 до 64 Гц. Отримані граничні значення α повинні



відповідати мінімальній і максимальній робочій швидкості механізму. Діапазон регулювання складає - 4,57, що перевищує – 3. Дані значення відповідають нашому діапазону отже ми можемо використовувати даний електропривод в дифузійному апараті.

Висновки

Асинхронні двигуни змінного струму простіше обслуговувати, вони дешевші та компактніші. Аналіз показує, що діапазон регулювання складає до 4,57, що задовольняє нашим вимогам. Отже в системі приводу дифузійного апарату можливо використовувати асинхронний двигун з короткозамкненим ротором, що дозволить підвищити надійність, знизити вартість, спростити експлуатацію та знизити витрати на та ремонт.

Список літератури

1. Чиликин М.Г. *Общий курс электропривода: Учебник для вузов. – 6-е изд., доп. перераб / М.Г. Чиликин, А.С. Сандлер. М.: – Энергоиздат, 1981. – 576 с., ил.*
2. Ключів В.І. *Електропривід та автоматизація загальнопромислових механізмів: підручник для вузів / В.І. Ключів, В.М. Терехов. – М.: Енергія, 1980. – 360 с., 3 іл.*
3. Солодовников В.В. *Основы теории та элементы систем автоматического регулирования / В.В. Солодовников, В.М. Плотников, А.В. Яковлев. – М. Машинобудування, 1985 – 536с.*
4. Алиев Р.А. *Методы интеграции в системах управления производством / Р.А. Алиев. – М.: Энергопромиздат, 1989. - 330 с.*

References

1. Chilikin M.G. *Obshchiy kurs elektroprivoda: Uchebnik dlya vuzov. - 6-ye izd, dop., ipererab / M.G. Chilikin, A.S. Sandler. M. : - Energoizdat, 1981. - 576 s,*
2. Klyuchiv V.I. *Elektropryvid ta avtomatyizatsiya zahalnopromislovikh mekhanizmiv: pidruchnyk dlya vuziv / V.I. Klyuchiv, V.M. Terekhov. - M.: Enerhiya, 1980. -. 360 s, 3 il.*
3. Solodovnykov V.V. *Osnovy teorii ta elementy system avtomatichnoho rehulyuvannya / V.V. Solodovnykov, V.M. Plotnikov, A.V. Yakovlyev. - M. Mashynobuduvannya, 1985 - 536s*
4. Aliyev R.A. *Metody integratsii v sistemakh upravleniya proizvodstvom / R.A. Aliyev. - M. : Energopromizdat, 1989. - 330 s.*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА ДЛЯ ДИФфуЗИОННОГО АППАРАТА САХАРНОГО ЗАВОДА

Аннотація: приведена возможность замены двигателя постоянного тока на асинхронный двигатель переменного тока.

Ключевы е слова: сахарное производство, диффузный аппарат, диффузный процесс, двигатель переменного тока.

THE USE OF AC MOTORS FOR DIFFUSION FACILITY SUGAR FACTORY

Summary: the possibility of replacing the DC motor in the AC induction motor.

Keywords: sugar production, diffuse the device, a diffuse process, the AC motor.