

КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ ЗАСОБАМИ СИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА

Вступ. Закони регулювання статичних режимів незалежно від категорії навантаження двигуна обумовлені вимогами системи електропостачання, а саме: потребою реактивної потужності і коливаннями напруги у вузлах навантаження. Ці закони не включають похідних від контрольованих параметрів, оскільки від систем, що реалізують їх, не потрібна вельми висока швидкодія. Основні вимоги, яким вони мають задовольняти, це – якість регулювання (точність підтримки регульованого параметра) і надійність роботи [1].

Від системи регулювання динамічних режимів, якою забезпечують приводи з ударним навантаженням, вимагається також висока швидкодія і якість динаміки.

Постановка завдань дослідження. Метою досліджень і розробок є розроблення законів автоматичного регулювання реактивною потужністю синхронної машини, для чого необхідно:

- 1) підтримувати постійність $\cos \varphi$ двигуна;
- 2) підтримувати постійність реактивної потужності, яка виробляється двигуном;
- 3) підтримувати постійність напруги у вузлі навантаження;
- 4) підтримувати постійність $\cos \varphi$ вузла навантаження.

Матеріали дослідження.

У представленій роботі синхронний двигун розглядається, як елемент системи електропостачання промислового підприємства, який генерує або споживає реактивну потужність. Для виконання поставлених задач, необхідно визначити синхронний двигун, як ланку керування реактивною потужністю.

Загальновідомі вирази активної та реактивної потужності у лінійних колах з синусоїдними напругою та струмом (у першому наближенні можна вважати їх такими):

$$\begin{aligned} P &= m U_s I_s \cos \varphi = m U_s I_s \cos(\varphi_U - \varphi_I); \\ Q &= m U_s I_s \sin \varphi = m U_s I_s \sin(\varphi_U - \varphi_I), \end{aligned} \quad (1)$$

де P, Q – активна та реактивна потужність, відповідно; m – кількість фаз мережі; U_s – напруга мережі; I_s – струм мережі; φ_U – фаза напруги; φ_I – фаза струму.

Здійснюючи математичний опис синхронної машини в осях d-q [2] рівняння (1) набудуть вигляду:

$$\begin{aligned} P &= U_s \cos \varphi_U I_s \cos \varphi_I + U_s \sin \varphi_U I_s \sin \varphi_I = U_{sd} I_{sd} + U_{sq} I_{sq}; \\ Q &= U_s \sin \varphi_U I_s \cos \varphi_I - U_s \cos \varphi_U I_s \sin \varphi_I = U_{sq} I_{sd} - U_{sd} I_{sq}, \end{aligned} \quad (2)$$

де $U_{sd}, U_{sq}, I_{sd}, I_{sq}$ – напруга та струм статора вздовж осей d та q, відповідно.

Для здійснення керування реактивною потужністю слід виділити контури регулювання:

- 1) контур регулювання струму збудження:

Якщо не враховувати збурення по струму I_{sd} , то контур по збудженню матиме вигляд:

$$W_f = \frac{1}{T_f p + 1}, \quad (3)$$

T_f – стала часу обмотки збудження; p – оператор Лапласа.

- 2) контур струму статора.

Для цього систему рівнянь, яка описує електромагнітні процеси у синхронній машині представимо у вигляді

$$\left. \begin{aligned} \frac{p \cdot \Psi_{sd}}{\omega_{0 \text{ ел.б}}} &= -\sin \Theta - R_s I_{sd} + \omega_0 \Psi_{sq}; \\ \frac{s \cdot \Psi_{sq}}{\omega_{0 \text{ ел.б}}} &= \cos \Theta - R_s I_{sq} + \omega_0 \Psi_{sd}; \\ I_{sd} x_d &= \Psi_{sd} - I_f; \\ I_{sq} x_q &= \Psi_{sq}, \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

де Ψ_{sd}, Ψ_{sq} – потокозчеплення обмоток статора; $\omega_{0 \text{ ел.б}}$ – базова частота напруги живлення; ω_0 – синхронна швидкість; Θ – кут навантаження; R_s, x_d, x_q – активний та реактивні опори статора відповідно; I_f – струм збудження.

Розв'язавши систему (4) відносно $\Psi_{sd}, \Psi_{sq}, I_{sd}, I_{sq}$ та зневажаючи активним опором статора $R_s = 0$ передатна функція по контуру $I_f - I_{sd}$:

$$W_{If-Isd} = -\frac{1/x_d}{(p/\omega_{0ел.б.})^2 + 1} \quad (5)$$

Враховуючи рівняння (2) можна побачити, що при зневажанні збурюючими факторами передатна функція контуру «збудження – реактивна потужність» у відносних одиницях матиме вигляд (5).

Графіки перехідних процесів за реактивною потужністю у мережі живлення представлений на рис.1.

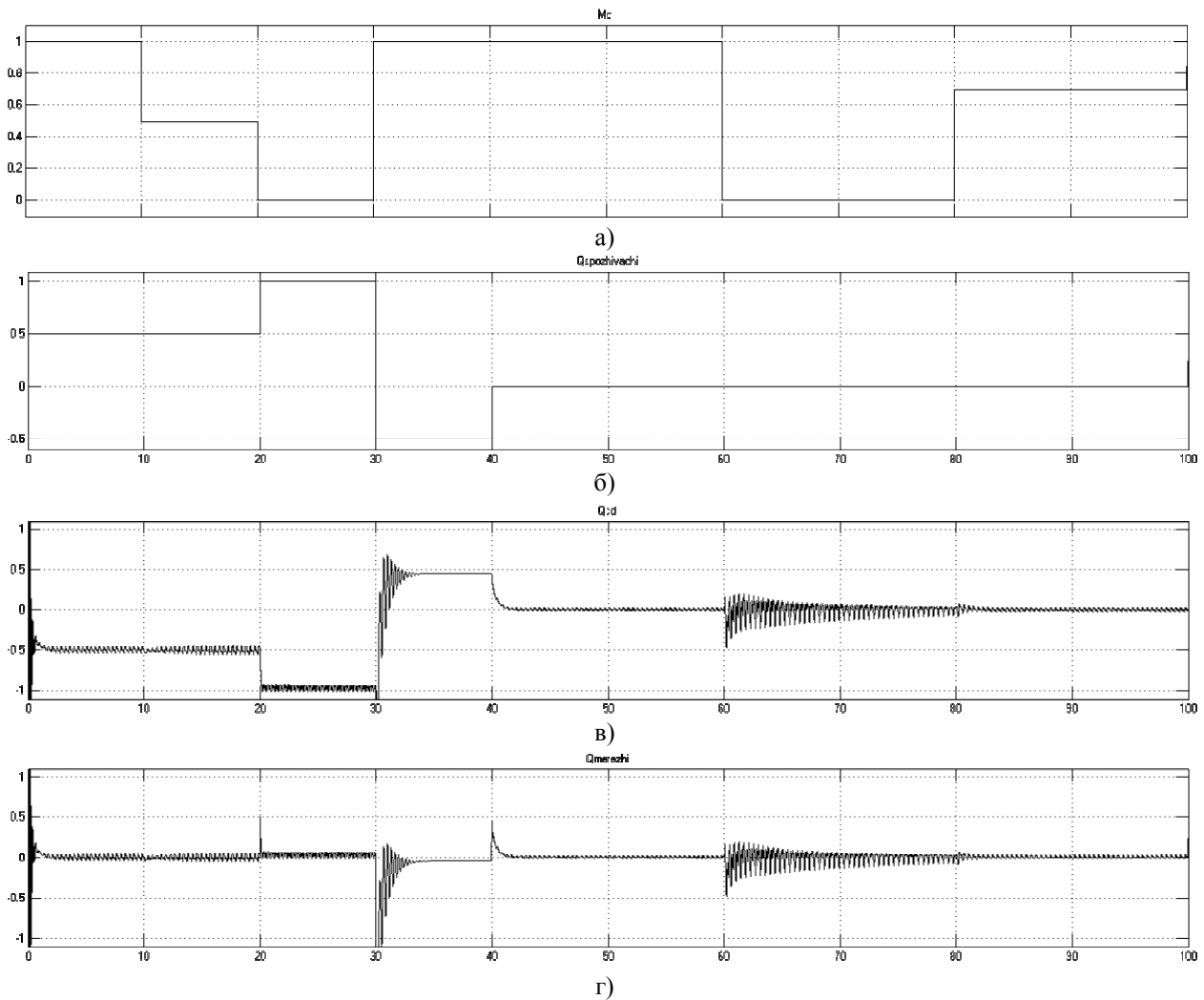


Рис. 1. Графіки зміни: моменту навантаження синхронного двигуна (а), реактивних потужностей споживачів (б), синхронного двигуна (в) та мережі (г)

Висновки.

Розроблена система керування синхронним двигуном забезпечує необхідний баланс реактивної потужності у мережі живлення, незважаючи на нестабільність неактивної складової потужності споживачів (збурюючий фактор з боку статора) та моменту навантаження (збурення з боку ротора).

ЛИТЕРАТУРА

1. Вершинин П.П. Применение синхронных электроприводов в металлургии / П.П. Вершинин, Л.Я. Хашпер. – М. : Металлургия, 1974. – 272 с.
2. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием/ Г.Г. Соколовский. – М.: «Академия», 2006. – 277 с.