

МОДЕЛЮВАННЯ ПУСКУ ВИСОКОВОЛЬТНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГУНА НАСОСНО-ПЕРЕКАЧУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ ПРИ ЖИВЛЕННІ ЧЕРЕЗ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ЧАСТОТИ

Курсон О.І., к.т.н., доцент, Сальник Д.Г., магістрант
 НТУУ «КПІ», кафедра автоматизації енергосистем

Вступ. Проводиться моделювання пуску асинхронного двигуна при прямому включенні та живленні через частотний перетворювач по схемі STEP-UP. Для моделювання застосовувався програмний комплекс PowerFactory.

Мета роботи. Визначити вплив застосування частотного перетворювача на енергетичні показники пуску асинхронного двигуна.

Матеріали і результати досліджень. Отримані пускові характеристики підтверджують ефективність застосування частото-регульованого приводу насосних агрегатів.

Одним із шляхів підвищення ефективності систем електропостачання насосно-перекачувальних станцій є впровадження частото-регульованих асинхронних приводів, виконаних по схемі “Step up” [1,2] (рисунок 1).

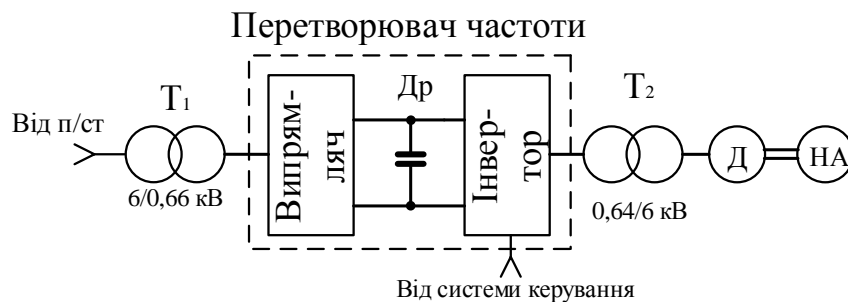


Рисунок 1 – Функціональна схема перетворювача частоти

Достатньо повно асинхронний двигун моделюється схемою заміщення, приведеною на рисунку 2.

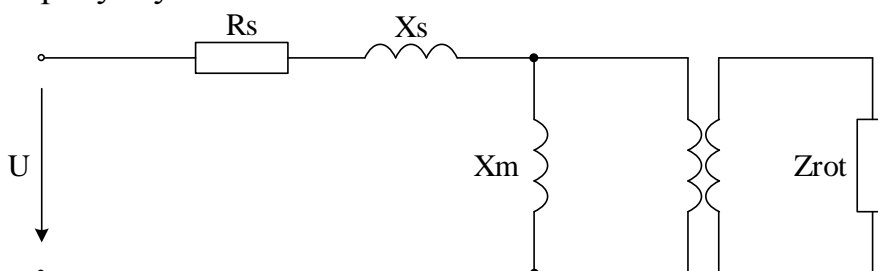


Рисунок 2 – Схема заміщення асинхронного двигуна

Напруга статора описується наступним рівнянням [3]:

$$\underline{u}_S = \left(r_S + j \frac{\omega_{Ref}}{\omega_N} x'' \right) \underline{i}_S + \frac{x''}{\omega_N} \frac{d\underline{i}_S}{dt} + j \frac{\omega_{Ref}}{\omega_N} \underline{\psi}'' + \frac{d\underline{\psi}''}{\omega_N dt}, \quad (1)$$

де r_S – активний опір статора, x'' - реактивний опір, що містить складові опорів статора і ротора, i_S – струм статора, ψ'' – надперехідний потік, що визначається за формулою:

$$\underline{\psi}'' = k_{SR}^T \cdot \psi_R, \quad (2)$$

де k_{SR}^T – коефіцієнт, який враховує витіснення в роторі, ψ_R – потокозчеплення ротора.

Рівняння механічної складової моделі:

$$J \dot{\omega}_R = M_E - M_m, \quad (3)$$

де J – інерція, $\dot{\omega}_R$ – кутове прискорення ротора, M_E – електромагнітний момент, M_m – механічний момент навантаження і втрат.

Перетворюючі трансформатори T_1 і T_2 моделюються схемою заміщення, що зображена на рисунку 3.

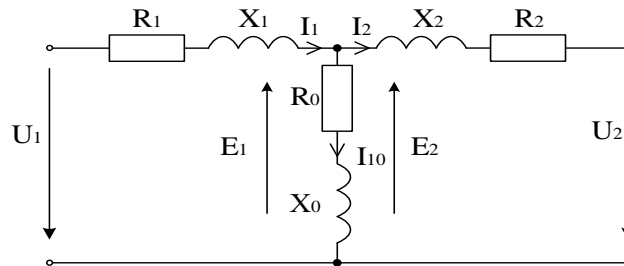


Рисунок 3 – Схема заміщення трансформаторів T_1 і T_2

Модель трансформатора базується на рівняннях[4]:

$$\begin{aligned} U_1 &= -E_1 + I_1(R_1 + jX_1) \\ E_2 &= U_2 + I_2(R_2 + jX_2), \\ I_1 &= I_{10} + I_2 \frac{1}{k_{TP}} \end{aligned} \quad (4)$$

де U_1 , I_1 , E_1 , R_1 , X_1 та U_2 , I_2 , E_2 , R_2 , X_2 – відповідно напруга, струм, ЕРС, активний та реактивний опори первинної та вторинної обмоток, I_{10} – струм намагніченості, k_{TP} – коефіцієнт трансформації T_1 і T_2 .

Модель перетворювача містить у собі випрямляч, інвертор та зглажувальний активно-ємнісний фільтр.

В якості прикладу розглядався асинхронний двигун типу ВАОВ2-560-800-6. Отримані пускові характеристики у результаті моделювання приведені на рисунку 4

Треба відмітити, що споживання під час пуску зменшується, а час розгону двигуна від моменту його включення до моменту, коли ротор досягає номінальної частоти обертання збільшується. Останнє визначається збільшенням прискорення ротора під час пуску завдяки зменшенню електромагнітного моменту:

$$t_{\text{пуск}} = \frac{\omega_H}{a_{cp}}, \quad a_{cp} = \frac{d\omega_2}{dt} = \frac{M - M_{cm}}{J}, \quad (5)$$

де $t_{\text{пуск}}$ – час пуску АД (с), ω_H – номінальна кутова швидкість двигуна (с^{-1}), a_{cp} – середнє кутове прискорення під час пуску (с^{-2}), M – електромагнітний момент двигуна (Н*м); M_{ct} – статичний момент навантаження (з урахуванням механічних втрат в двигуні) (Н*м); J – інерція обертючих мас (двигуна і насоса).

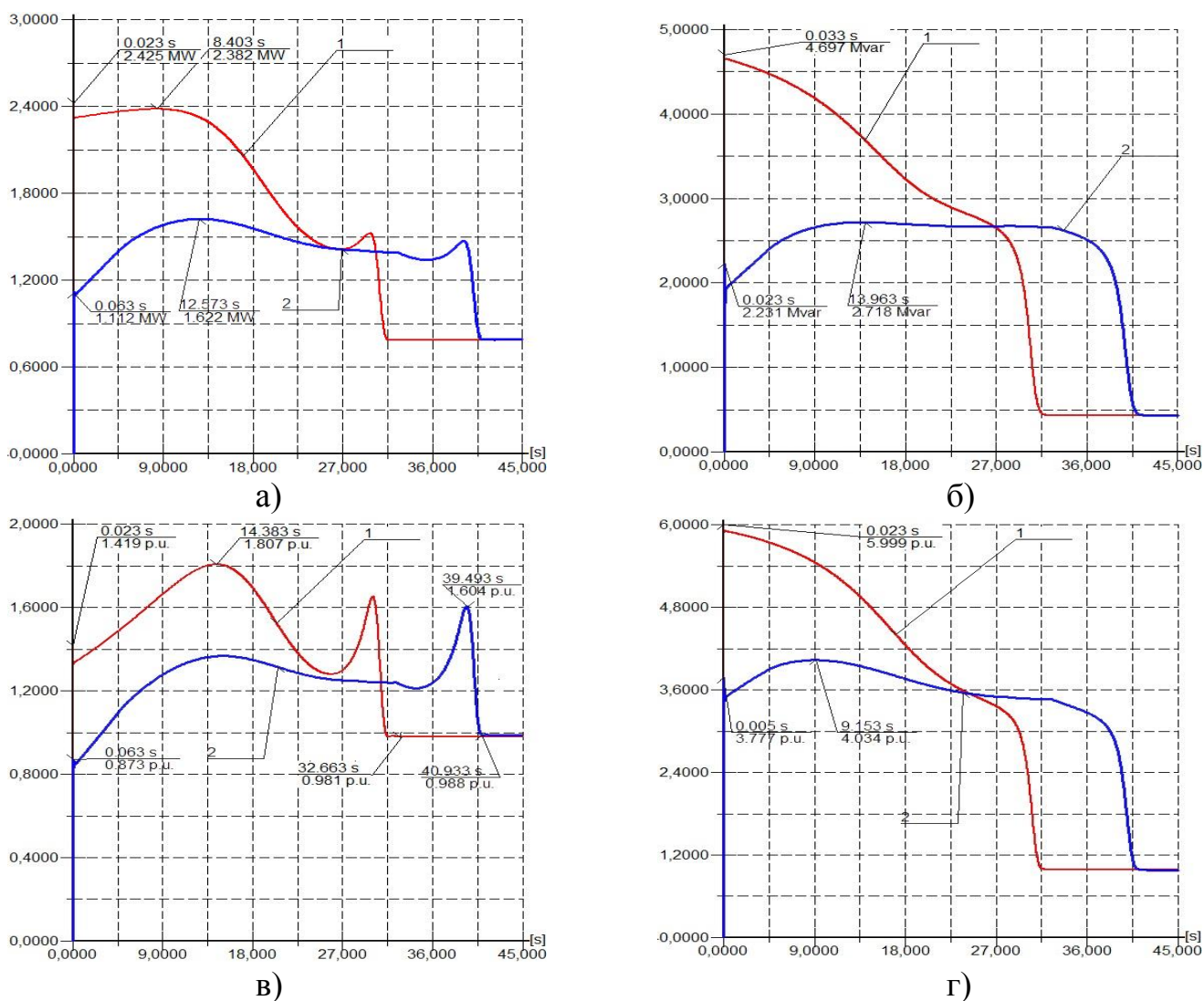


Рисунок 4 – Пускові характеристики активної і реактивної потужності (а, б), струму та моменту у в.о. (в, г) двигуна при підключенні до шин підстанції: 1 – Пряме включення; 2 – включення через ПЧ

Висновки: Пуск асинхронного двигуна через частото-регулюючий перетворювач дозволяє зменшити, у порівнянні з прямим пуском, пусковий струм, споживання реактивної потужності. Забезпечується плавний пуск і зменшується імовірність появи гідроударів у магістралі.

Перелік посилань

1. Курсон О.І., Сальник Д.Г. Підхід до підвищення ефективності електропостачання насосно-перекачувальних станцій нафтопровідного транспорту, "Сучасні проблеми електроенергетехніки та автоматики", Київ; НТУУ "КПІ" – 408 с.
2. Шабанов В. А., Кабаргина О. В. Порівняння методів регулювання режимів нафтопроводів по споживаній електроенергії – Ставропіль: СевКавГТУ, 2010. - 417 с.
3. Induction Machine.: [TechRef ElmAsm]. – Germany, DigSILENT GmbH. V2.1, 2010. - 21 с.
4. Two-Winding Transformer (3-Phase):. [TechRef ElmAsm]. – Germany, DigSILENT GmbH. V2.1, 2010. - 38 с.