

# МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ЧАСТОТИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ НА РЕЖИМИ РОБОТИ АСИНХРОННИХ ГЕНЕРАТОРІВ ВІТРОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ

Шевченко І.С., аспірант, Денисюк П.Л., к.т.н., доц.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра відновлюваних джерел енергії

**Вступ.** Використання в якості генераторів вітрових електричних станцій (ВЕС) асинхронних машин вимагає додаткових досліджень впливу частоти електроенергетичної системи (ЕЕС) на їх режими роботи.

**Метою роботи** є визначення впливу частоти на режими роботи асинхронних генераторів (АГ) вітрової електричної станції ВЕС розподільної мережі ЕЕС.

**Результати дослідження.** Для визначення впливу частоти ЕЕС на режими роботи АГ проведемо дослідження впливу частоти на величини їх паспортних даних, які використовуються для визначення коефіцієнтів в диференціальних рівняннях, що описують моделі асинхронних машин. Для цього використаємо статичну модель асинхронної електричної машини, активну  $P_i$  реактивну  $Q_i$  потужність якої можна описати рівняннями [1, 2]:

$$P_i = \frac{U_j^2 \beta(s)}{\alpha(s)^2 + \beta(s)^2},$$
$$Q_i = \frac{U_j^2 \alpha(s)}{\alpha(s)^2 + \beta(s)^2},$$

де  $U_j$  — модуль напруги вузла  $j$  ЕЕС підключення асинхронної машини;  $\alpha(s) = x_s'' + N/(1+s^2T_1^2) + M/(1+s^2T_2^2)$  — реактивна складова повного опору асинхронної машини в функції ковзання;  $\beta(s) = sNT_1/(1+s^2T_1^2) + sMT_2/(1+s^2T_2^2)$  — активна складова повного опору асинхронної машини в функції ковзання;  $x_s''$ ,  $N$ ,  $M$ ,  $T_1$ ,  $T_2$  — параметри заступної схеми АГ визначені з використанням методики [2] за паспортними даними;  $s$  — ковзання ротора асинхронної машини:

$$s = s - \Delta s,$$

де  $\Delta s = 1 - f_1/f_n$  — коефіцієнт, який враховує зміну частоти  $f_1$  по відношенню до номінальної  $f_n$ .

Задаємося режимом АГ, коли момент вітрової турбіни (ВТ) описується незалежною величиною для частоти 50 Гц:

$$m_0(s) = 1.$$

В якості прикладу були розраховані режими АГ потужністю 1600 кВт

(4А3М-2500/6000УХЛ4), параметри заступної схеми якого визначені з використанням методики [2] на основі паспортних даних. Результати розрахунку параметрів заступної схеми АГ для частоти 50 Гц показані в табл. 1.

На рис. 1, рис. 2, рис. 3 та рис. 4 показані розраховані в *Mathcad*, для 50 Гц і 49 Гц, графіки залежності активної потужності  $P(s)_{f=50,00}$ ,  $P_1(s)_{f=49,00}$  повного струму  $I(s)_{f=50,00}$ ,  $I_1(s)_{f=49,00}$  і моменту опору  $m_0(s)$  в функції ковзання.

Таблиця 1 – Параметри заступної схеми асинхронної машини

Параметри	$x'_s$	$N$	$M$	$T_1$	$T_2$
Значення	0,2	5,28	0,02	653,8	0,521

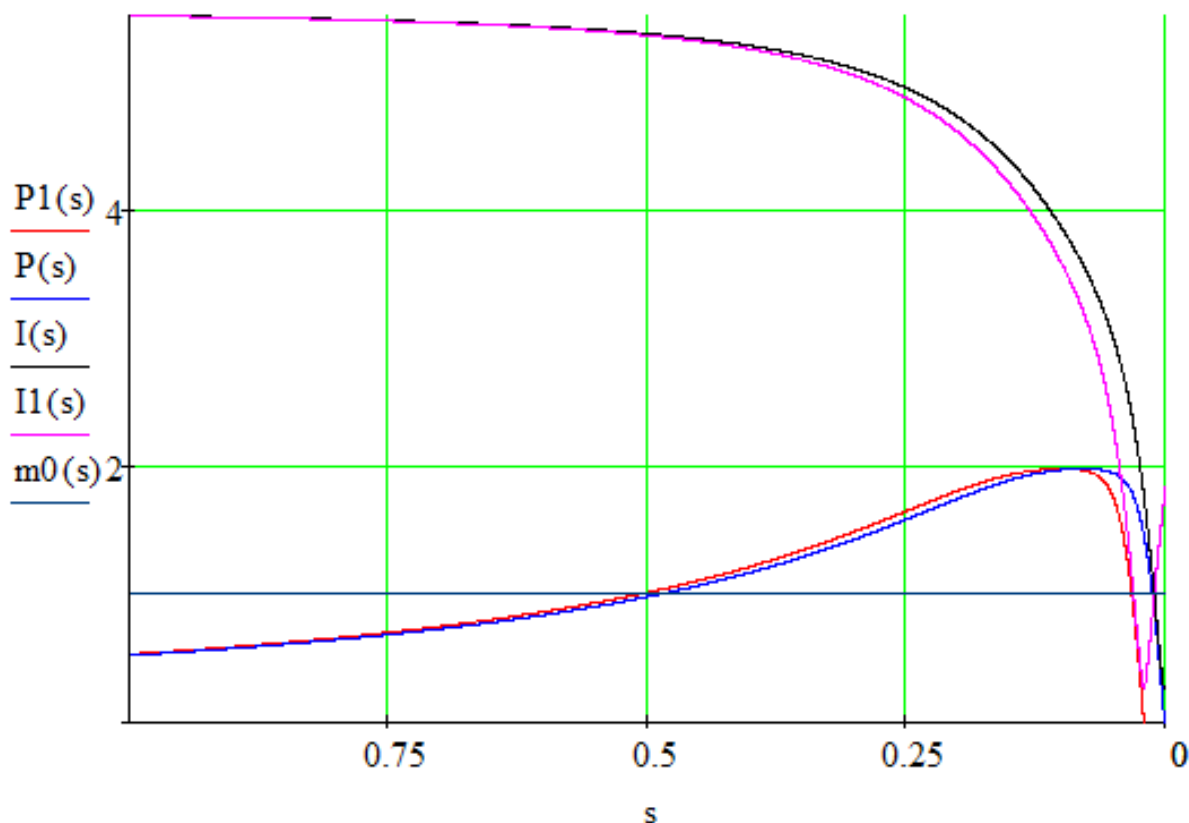


Рисунок 1 – Залежності активної потужності  $P(s)_{f=50,00}$ ,  $P_1(s)_{f=49,00}$  повного струму  $I(s)_{f=50,00}$ ,  $I_1(s)_{f=49,00}$  і моменту опору  $m_0(s)$  асинхронної машини в функції ковзання

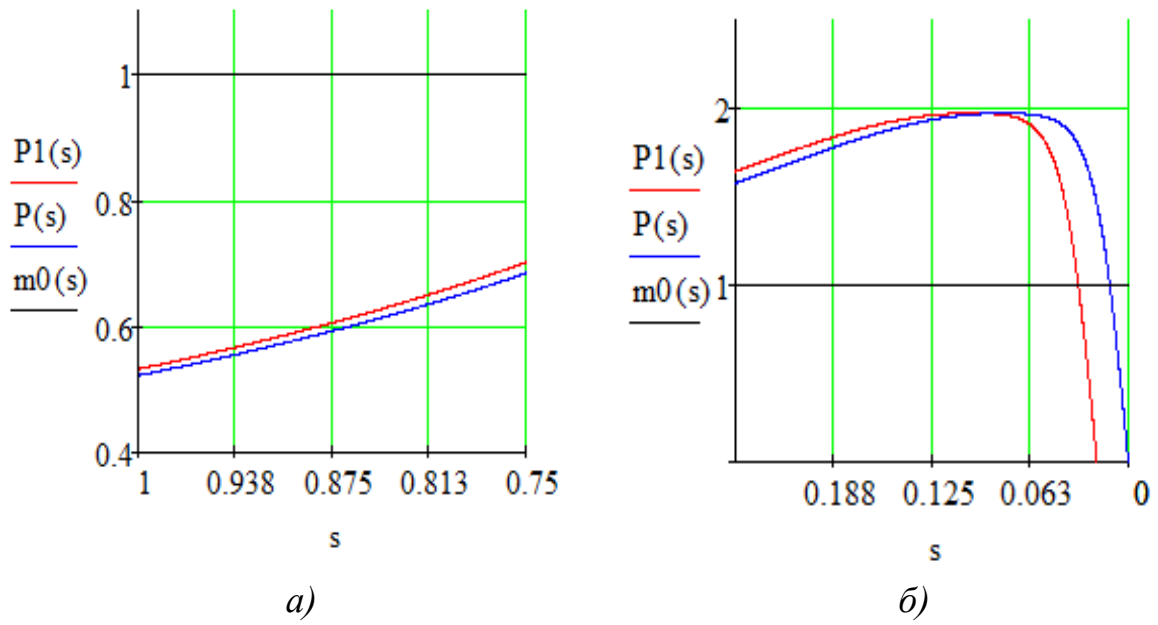


Рисунок 2 – Зближені графіки залежності активної потужності  $P(s)_{f=50,00}$ ,  $P_1(s)_{f=49,00}$  і моменту опору  $m_0(s)$  асинхронної машини в функції ковзання

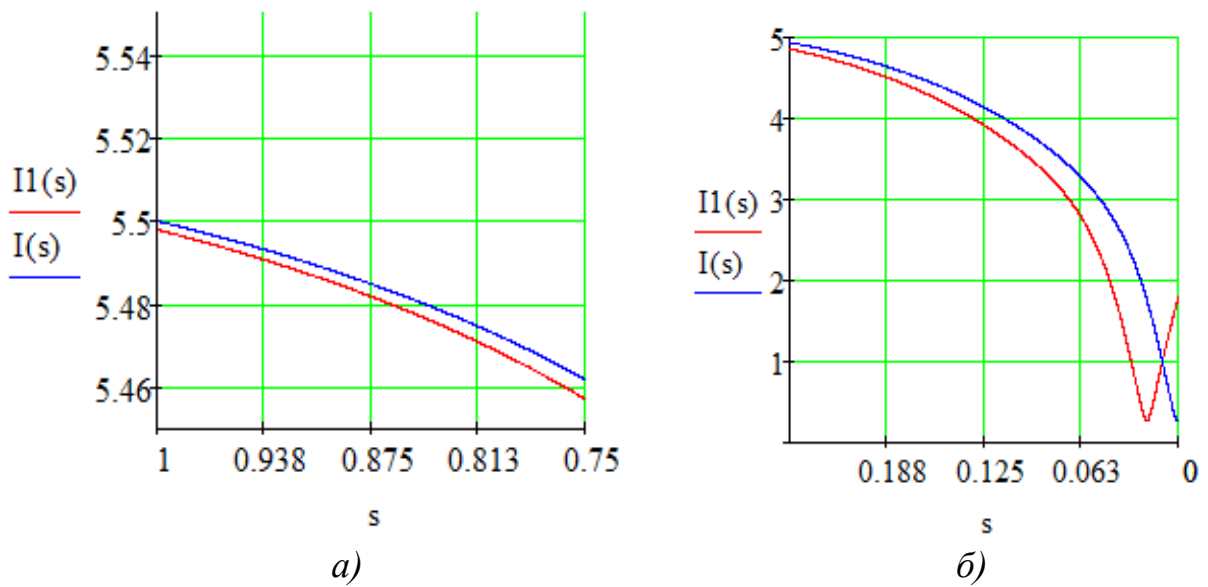


Рисунок 3 – Зближені графіки залежності повного струму  $I(s)_{f=50,00}$ ,  $I_1(s)_{f=49,00}$  асинхронної машини в функції ковзання

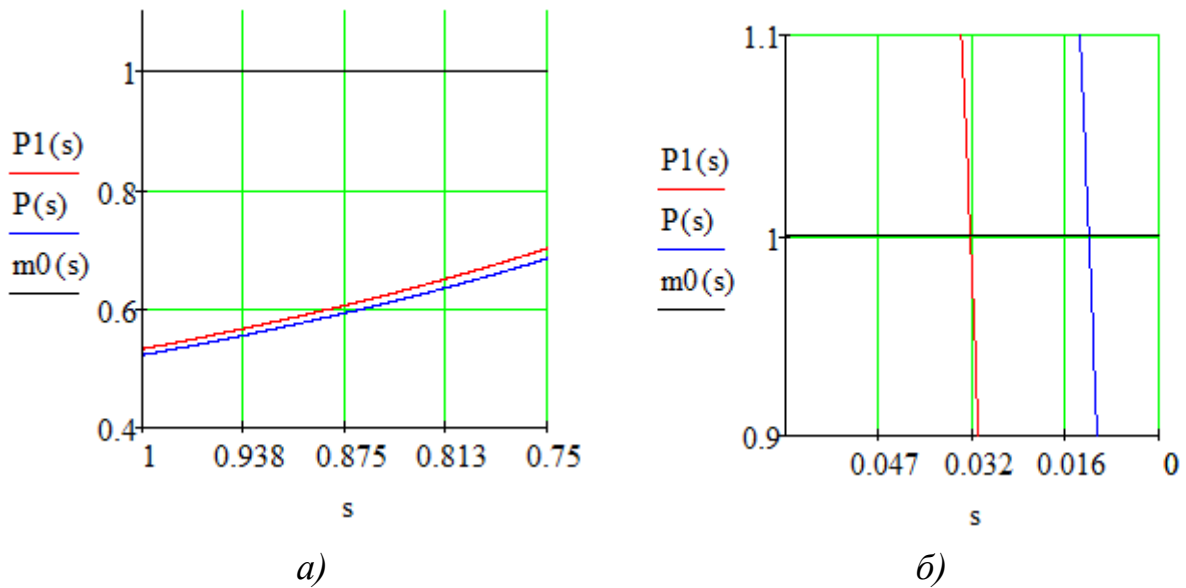


Рисунок 4 – Зближені графіки залежності активної потужності  $P(s)_{f=50,00}$ ,  $P_1(s)_{f=49,00}$  і моменту опору  $m_0(s)$  асинхронної машини в функції ковзання

Аналіз графіків активної потужності  $P_1(s)_{f=49,00}$ , повного струму  $I_1(s)_{f=49,00}$  і моменту опору  $m_0(s)$  асинхронної машини в функції ковзання дав можливість визначити паспортні дані АГ для частоти 49 Гц (табл. 2).

Таблиця 2 – Паспортні дані АГ для частот 50 Гц (номінальна) і 49 Гц

Паспортні дані	Кратність пускового струму $k_D$	Кратність максимального моменту $b_H$	Кратність пускового моменту $m_K$	$\cos \varphi$	Ковзання ротора $s_H$
Значення для 50 Гц	5,5	2,0	0,54	0,87	0,00533
Значення для 49 Гц	5,51	2,0	0,52	0,92	0,02533

З графіків видно, що паспортні дані асинхронної машини для частоти 49 Гц відрізняються від отриманих для номінальної, що вимагає уточнення параметрів заступної схеми  $x_s'', N, M, T_1, T_2$  за якими буде моделюватися режим АГ в умовах, коли частота напруги в ЕЕС відрізняється від номінальної.

Використовуючи паспортні дані для 49 Гц та 50 Гц на рис.5, рис.6 показано розрахунок перехідного режиму розподільної мережі при зниженні напруги на зв'язку з ЕЕС до  $0.5 \cdot U_c$  на 20 секунд.

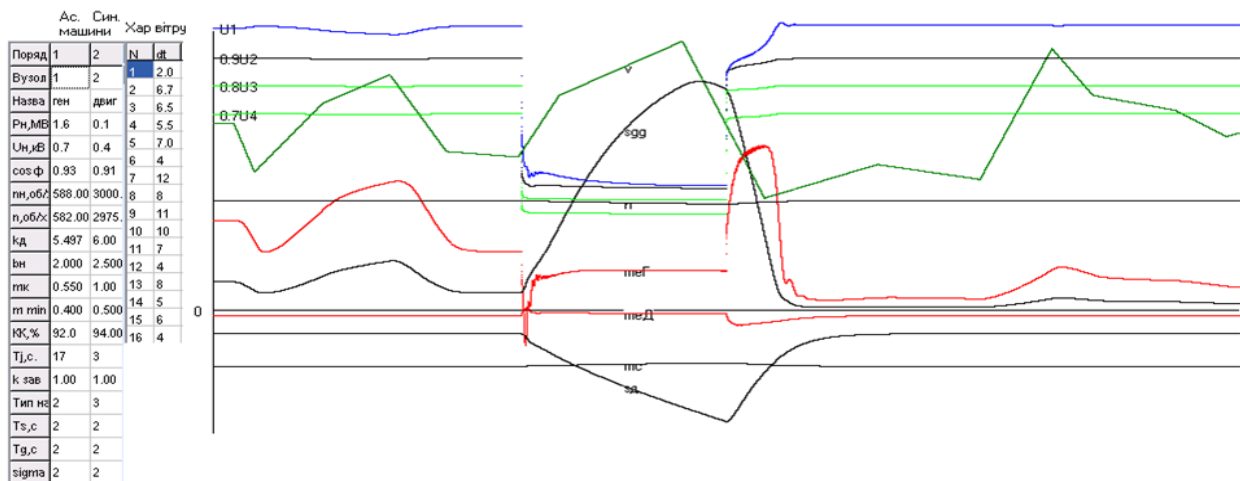


Рисунок 5 – Розрахунок перехідного режиму розподільної мережі для 49 Гц при зниженні напруги на зв'язку з ЕЕС до  $0.5 \cdot U_c$  на 20 секунд

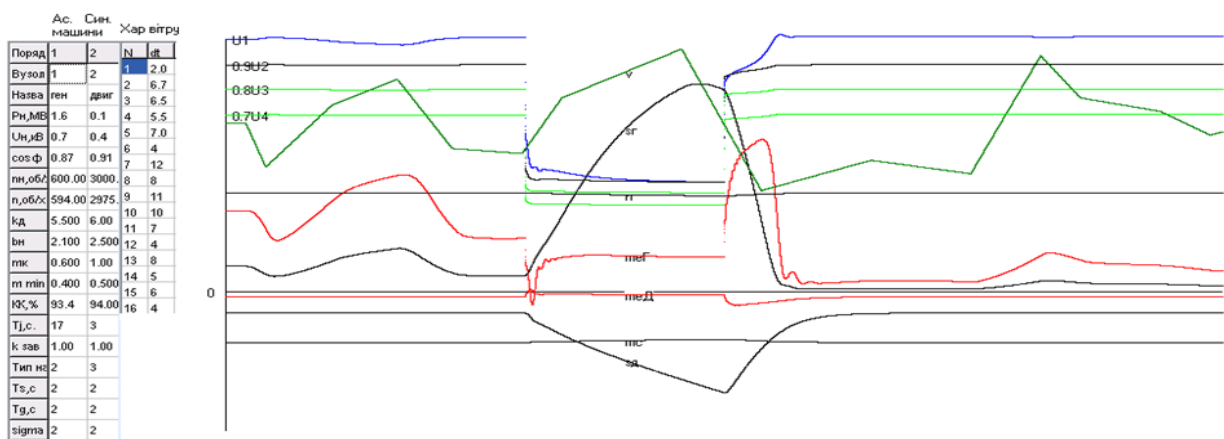


Рисунок 6 – Розрахунок перехідного режиму розподільної мережі для 50 Гц при зниженні напруги на зв'язку з ЕЕС до  $0.5 \cdot U_c$  на 20 секунд

**Висновки.** Модель асинхронної машини для частоти, що відрізняється від номінальної, вимагає уточнення коефіцієнтів в диференційних рівняннях, що описують перехідний процес електричної машини. Таке уточнення можна отримати, коли брати в якості паспортних даних електричної машини паспортні дані отримані по характеристиках для даної зміненої частоти. Алгоритм такий як і для 50 Гц. Методика уточнення режиму АГ для даної частоти вимагає відповідного перерахунку коефіцієнтів диференційних рівнянь, що описують перехідні процеси електричної машини.

#### Перелік посилань

1. Н. В. Костерев Моделирование и динамика атомных электростанций при возмущениях в энергосистеме. / К.: Вицашк., 1986 -168 с.
2. Н. В. Костерев, П. Л. Денисюк. Оценивание параметров асинхронной машины//Моделирование и расчет на ЦВМ режимов энергетических систем. / К.: Наукова думка, 1977. – С. 66-75.