

# ДОЦІЛЬНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ПРОВІДНОГО АГРЕГАТУ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРВИННОГО РЕГУЛЮВАННЯ ЧАСТОТИ

**Рябченко К. О., магістрант**

*КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра відновлюваних джерел енергії*

**Вступ.** Регулювання частоти і потужності в енергосистемі має виконувати функцію відновлення балансу потужності та стабілізувати її частоту. В більшості сучасних енергосистем світу задача регулювання частоти підрозділяється на три взаємопов'язані автоматичні і оперативні завдання: первинне, вторинне та третинне регулювання. Первинне регулювання частоти забезпечує стабільність частоти, тобто утримання відхилень частоти в допустимих межах при порушенні загального балансу потужності в будь-якій частині об'єднання і за будь-якої причини. Первинне регулювання розпочинається протягом декількох секунд як спільна дія всіх учасників паралельної роботи і здійснюється за допомогою автоматичного регулювання швидкості обертання турбіни [1].

Первинне регулювання частоти в системі – це процес регулювання поточних відхилень частоти в нормальному режимі роботи системи, що полягає в одночасній зміні потужності генераторів і споживачів системи з метою відновлення вихідного значення частоти.

**Мета роботи.** Метою роботи є визначення доцільності застосування методу провідного агрегату для моделювання процесу первинного регулювання частоти.

**Виклад основного матеріалу.** Як відомо, по частоті судять про відповідність генеруємої і споживаної потужності. Її підтримка залежить безпосередньо від дотримання балансу. Для цього служби, що займаються енергетичними режимами, складають планові графіки навантажень. Корекція відхилення від планового графіка доручається спеціальним станціям. Відмінність методів регулювання частоти полягає в тому, як буде задаватися однозначність розподілу навантаження між агрегатами. Для цього вводять величину потужності в регулювальний закон, яку повинен буде прийняти агрегат. Існує два методи - регулювання по миттєвому (сигнал заданої величини записується в регулювальному законі в явному вигляді) і інтегрального відхилення частоти (сигнал заданої потужності виявляється за допомогою інтегрального відхилення частоти системи) [2].

Регулювання по миттєвому відхиленню включає наступні методи:

- метод ведучого агрегату;
- метод провідною станції;
- метод уявних статичних характеристик.

Оскільки первинне регулювання частоти здійснюють за допомогою регуляторів швидкості зі статичними характеристиками, то навіть при неістотному порушенні балансу активних потужностей, але викликаючи зміну частоту на величину більшу за значення нечутливості, система автоматичного

регулятора швидкості не може забезпечити повернення в електричній системі рівня номінальної частоти. За допомогою статичних характеристик розглянемо суть первинного регулювання частоти (рис. 1).

На рис. 1 приведено залежності СПГ з номером 1 для випадку, коли турбоагрегат має автоматичний регулятор швидкості і з номером 2 для випадку коли турбоагрегат не має пристрою регулювання швидкості. По якимось причинам навантаження в системі зменшилось і новий баланс активних потужностей відбувся при частоті  $f_1$  (є автоматичний регулятор швидкості) і частоті  $f_2$  (немає автоматичного регулятора швидкості). З рис. 1 витікає, що система автоматичного регулятора швидкості турбіни забезпечує менше відхилення від номінального значення. Тобто,  $\Delta f = f_2 - f_1$  якраз забезпечує система автоматичного регулятора швидкості турбоагрегату. З аналізу рис. 1 також випливає, що первинне регулювання частоти в системі при використанні регуляторів швидкості турбін із статичними характеристиками не може забезпечити підтримання рівня номінальної частоти. Щоб виконати цю вимогу, використовують вторинне регулювання частоти [3].

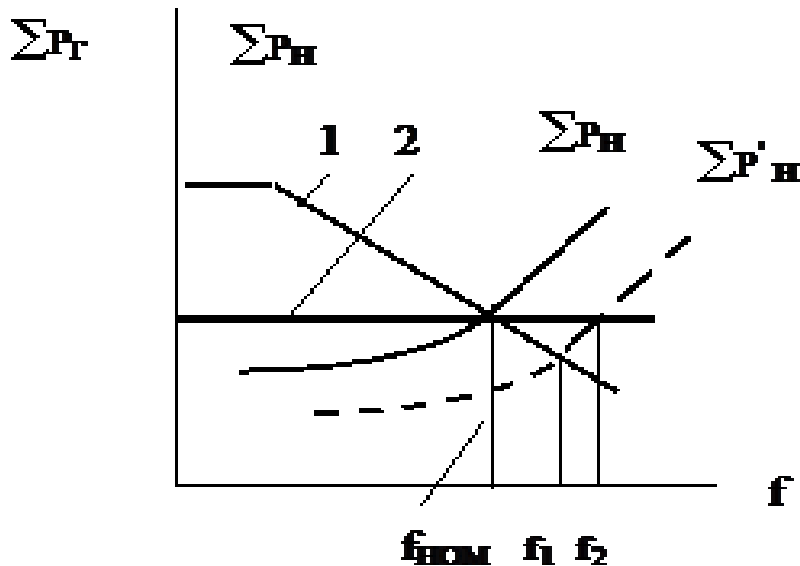


Рисунок 1 – Суть первинного регулювання частоти

Для дослідження процесу регулювання частоти необхідно проаналізувати перехідні процеси при виникненні в енергосистемі збурень, що призводять до відхилення частоти, та наявність і вплив на режим відповідних резервів потужності для забезпечення первинного, вторинного і третинного регулювання частоти. Специфікою таких досліджень є неможливість проведення натурних експериментів та необхідність застосування для цього моделювання режимів енергосистем. Питанню моделювання режимів ЕЕС увагу приділяли багато фахівців.

Математична модель процесу зміни частоти в енергосистемі при виникненні збурень повинна враховувати особливості структурної будови системи, наявність та характеристики окремих засобів та систем автоматичного регулювання режимами роботи тощо. Найбільш універсальними засобами для

моделювання є пакети прикладних програм MatLab, Mathcad, Mathematica, Eureka, Maple та ін. [4].

Енергетична система як об'єкт моделювання в середовищі MatLab Simulink являє собою сукупність пов'язаних загальним режимом роботи блоків генерування, передачі та споживання електроенергії, які враховують властивості, специфіку будови й функціонування кожної частини енергосистеми, а також особливості, які характерні системі в цілому при роботі енергооб'єднання в різних режимах.

В методі провідного агрегату один з агрегатів енергосистеми (ведучий) налаштовується по астатичному закону, при цьому інші агрегати по статичному. Спираючись на формулу

$$s = \frac{\Delta f}{\Delta P};$$

і умови запису характеристик, маємо:

- для ведучого агрегату:

$$\Delta f = 0;$$

- для других агрегатів:

$$\begin{cases} \Delta f + S_1 * \Delta P_1 = 0 \\ \Delta f + S_2 * \Delta P_2 = 0 \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ \Delta f + S_n * \Delta P_n = 0 \end{cases};$$

енергосистема буде астатичною, так як в ній присутній один агрегат з астатичною характеристикою. Отже, незалежно від коливань величини навантаження, частота даної системи буде дорівнювати номінальному значенням (50 Гц), за умови, що навантаження коливається в діапазоні регулювання провідного агрегату. Для спрощення, було прийнято, що всі генератори однакові, і налаштовані на статичну характеристику. Переводимо їх, тоді в нормальному режимі провідний агрегат прийме навантаження  $P_{A1}$ , а еквівалентний генератор  $P_{E1}$ .

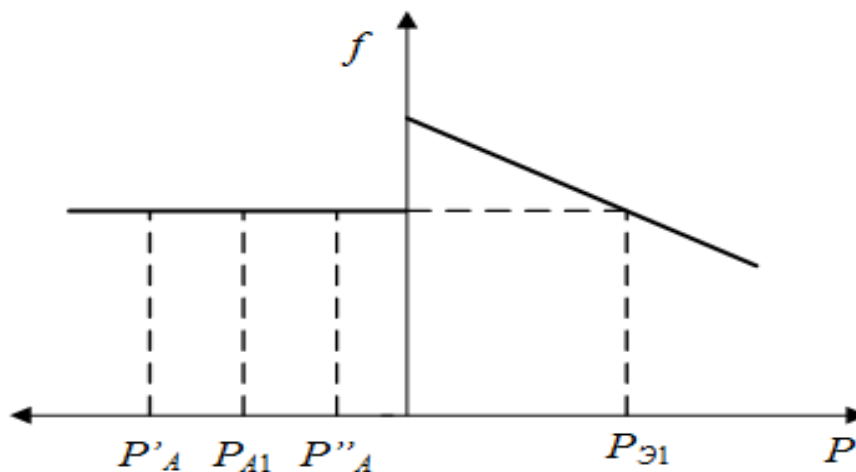


Рисунок 2 – Регулювання по методу провідного агрегату

З рис. 2 видно, що зміна навантаження в тут чи іншу сторону не спричинить за собою просідання або підвищення частоти. Ця зміна прийме тільки ведучий генератор. Режим роботи еквівалентного агрегату збережеться.

**Висновки.** Первинне регулювання не забезпечує постійне значення частоти енергосистеми, так як має статизм (нерівномірність регулювання). Коригування рівня частоти енергосистеми після проведення первинного регулювання здійснюється вторинним регулюванням, здійснюваним по команді диспетчера або автоматично. Вторинне регулювання дозволяє досягти номінального рівня частоти. Вторинне регулювання здійснюється шляхом зміни видаваної потужності відведених електростанцій для відновлення резерву первинного регулювання. Внаслідок ліквідуються зміни режиму, і встановлюється баланс потужності. При вторинному регулюванні додатково збільшується впуск енергоносія в турбіну, її потужність зростає, а статична характеристика переміщається паралельно самій собі. Відповідно переміщається і статична характеристика еквівалентного генератора. Для відновлення первинних і вторинних резервів регулювання проводиться оперативне коректування балансу потужності в енергосистемі, що є третинним регулюванням [5].

Метод провідного агрегату може використовуватися в маленьких енергосистемах, в яких потужності одного агрегату вистачить для погашення непланових змін навантаження. Також даний метод можна застосовувати для отримання наближених оцінок характеру процесу первинного регулювання частоти.

#### Перелік посилань

1. «ДОСЛІДЖЕННЯ ЧАСТОТИ В ОЕС УКРАЇНИ З УРАХУВАННЯМ ВИМОГ ENTSO-E», - 2018-2019 /Автор невідомий/ - С. 5. Режим доступу: <https://events.pstu.edu/konkurs-energy/wp-content/uploads/sites/2/2019/03/%D0%A7%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%82%D0%B0.pdf>
2. Павлов Г. М., Меркур'єв Г. В. «Автоматика енергосистем»: Видання Центру підготовки кадрів РАО «ЄЕС Росії», Санкт-Петербург, 2001.
3. Регулювання частоти в електричних системах [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://forca.com.ua/knigi/navchannya/regulyvannya-chastoti-v-elektrichnih-sistemah.html>
4. Лазарєв Ю. Ф. MATLAB і моделювання динамічних систем. Навчальний посібник. Глава 4. Засоби взаємодії Matlab з Simulink. - Київ: НТУУ «КПІ», 2009. - 63 с.
5. Регулирование частоты в энергосистеме / Дегтярев Е.А./ ВЕСТНИК НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ № 1(37). Том 1. 2018. – С. 17-18.