

# ПРО ВПЛИВ НЕЧУТЛИВОСТІ ПЕРВИННИХ РЕГУЛЯТОРІВ АГРЕГАТІВ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ НА ПЕРВИННЕ РЕГУЛЮВАННЯ ЧАСТОТИ

Філатов О.Г., к.т.н., доц., Білокур В.О., студент  
НТУУ «КПІ», кафедра електричних станцій

**Вступ.** Суттєвий вплив на процес первинного регулювання частоти в електроенергетичних системах чинить зона нечутливості автоматичних регуляторів частоти обертання енергоблоків (агрегатів) електростанцій [1,2]. Ця зона необхідна для того, щоб не реагувати на невеликі випадкові відхилення навантаження в енергосистемі. В межах цієї зони (разом з неточністю локального вимірювання частоти) енергоблок не змінює свою потужність. Але при наявності зони нечутливості регулятора з'являється діапазон невизначеності в формуванні електричного навантаження агрегатів регулюючої електростанції, який буде впливати на якість первинного регулювання.

**Мета роботи.** Метою роботи є аналіз впливу зони нечутливості автоматичних регуляторів частоти обертання (АРЧО) турбін на реалізацію первинної регулюючої потужності енергоблоками (агрегатами) електростанції.

**Результати дослідження.** Необхідна первинна регулююча потужність в електроенергетичних системах має реалізовуватися з допомогою нормованого первинного регулювання спеціально виділеними електростанціями, які повинні забезпечити гарантований рівень якості первинного регулювання [1]. Нормоване первинне регулювання повинно утримувати квазістатичне відхилення частоти в межах  $\pm 0,2$  Гц. Необхідний для цього резерв потужності підтримується на електростанціях та енергоблоках нормованого первинного регулювання потужності. Первинне регулювання здійснюється зміною потужності енергоблока (агрегата) по статичній характеристиці, яка має зону нечутливості, що і викликає деяку невизначеність при реалізації резервної потужності. На рис. 1 зображена статична характеристика АРЧО агрегату з зоною нечутливості.

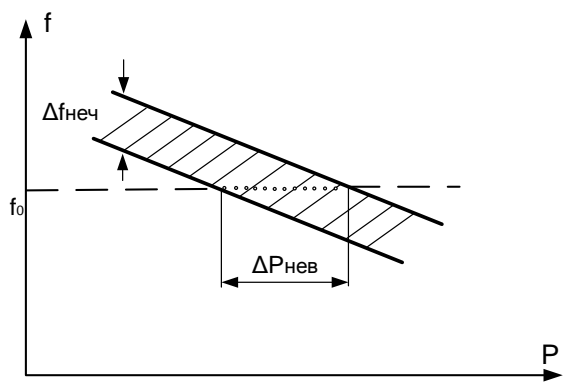


Рисунок 1 - Статична характеристика АРЧО з зоною нечутливості.

На рис. 1 дві паралельні лінії, які знаходяться на відстані одна від одної по вертикалі на величину зони нечутливості  $\Delta f_{неч}$ , обмежують діапазон можливих станів регулятора і агрегата. Стан характеризується частотою  $f_0$  та навантаженням  $P$ . В усталеному режимі при даній частоті робочі точки агрегату розміщені на лінії  $f = f_0$ , але можуть займати випадкові положення між вказаними

граничними лініями в діапазоні невизначеності  $\Delta P_{нев}$ . Діапазон невизначених значень навантаження агрегату з регулятором, який має зону нечутливості, прямо пропорційно залежить від цієї зони [2]:

$$\Delta P_{нев} = -\Delta f_{нев} / \sigma, \quad (1)$$

де  $\sigma$  - коефіцієнт статизму агрегату з АРЧО.

На енергоблоках нормованого первинного регулювання зона нечутливості не має перевищувати  $\pm 0,01$  Гц [1]. В реальних умовах ця зона може перевищувати це значення. Для того, щоб збільшити якість регулювання частоти, необхідно по можливості встановити якомога менший статизм. Але при меншому статизмі значно збільшується невизначеність навантаження агрегату. Тому на регуляторах, які мають значну нечутливість, необхідно встановлювати більший коефіцієнт статизму. Величина статизму на гідротурбінах зазвичай піддається оперативній зміні. Величина статизму на парових турбінах оперативній зміні не піддається і складає звичайно 0,04 – 0,05 (4 – 5%). Згідно (1), якщо реальна зона нечутливості буде досягати 0,1 Гц, то невизначеність навантаження буде складати 4 – 5 % від номінального значення.

Невизначеність навантаження впливає на величину первинної регулюючої потужності, яку агрегат може реалізувати в процесі первинного регулювання. Для аналізу впливу зони нечутливості автоматичних регуляторів частоти обертання (АРЧО) турбін на реалізацію первинної регулюючої потужності енергоблоками (агрегатами) електростанції була розроблена модель статичної характеристики АРЧО з зоною нечутливості, яка графічно має вигляд, наведений на рисунку 2.

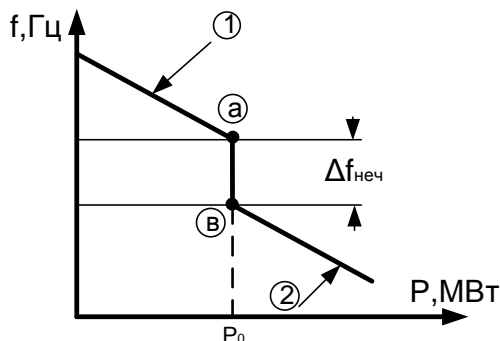


Рисунок 2 – Графічне зображення моделі статичної характеристики АРЧО з зоною нечутливості.

Згідно рисунку 2 роботу АРЧО можна визначити наступним чином:

1) В зоні нечутливості  $\Delta f_{нев}$  (вертикальна лінія a-b) початкова потужність агрегату  $P_0$  не змінюється і може бути вибрана довільно.

2) Точка (a) на графіку визначає граничну точку потужності, в якій АРЧО вступає

в дію при розгрузці агрегату з заданим коефіцієнтом статизму  $\sigma$  (лінія 1).

3) Точка (b) на графіку визначає граничну точку потужності, в якій АРЧО вступає в дію при навантаженні агрегату з заданим коефіцієнтом статизму  $\sigma$  (лінія 2).

На лініях 1 та 2 статичної характеристики АРЧО з зоною нечутливості  $\Delta f_{нев}$  (рисунок 2) регулювання здійснюється по формулі:

$$\Delta f^* + \sigma^* \cdot \Delta P^* = 0 \quad (2)$$

Для визначення регулюючої потужності в залежності від величини зони нечутливості  $\Delta f_{\text{неч}}$  та від розміщення початкової точки  $P_0$  була проведена серія відповідних розрахунків в програмному середовищі Mathcad.

На рисунку 3 приведені результати розрахунків при наступних вихідних умовах:  $P_{\text{НОМ}}=300$  МВт,  $P_0=300$  МВт,  $\sigma^*=0.04$  в.о., регулюючий діапазон потужності  $\Delta P_{\text{рег}}=\pm 30$  МВт ( $\pm 10\%$  від  $P_{\text{НОМ}}$ ), зона нечутливості агрегату  $\Delta f_{\text{неч}}=\pm 0.01$  Гц (відповідає нормативному показнику), відхилення частоти в системі  $\Delta f=-0.2$  Гц, початкова частота в системі  $f_0=50$  Гц. При цьому робоча точка агрегату переміщалася в зоні нечутливості  $|\Delta f_{\text{неч}}|=0.02$  Гц з кроком  $0.005$  Гц від точки (в) до точки (а) (рисунок 2) при номінальній частоті, тобто в сторону збільшення зони нечутливості при навантаженні агрегату.

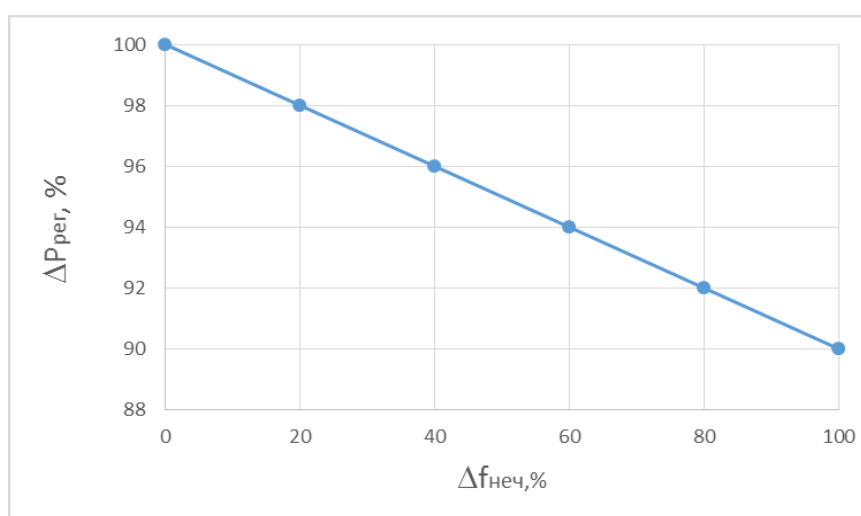


Рисунок 3 – Приклад розрахунку залежності регулюючого діапазону потужності агрегату від зони нечутливості.

На цьому рисунку:  $\Delta P_{\text{рег}}, \%$  - величина значення регулюючого діапазону (у відсотках по відношенню до заданого  $\Delta P_{\text{рег}}$ );  $\Delta f_{\text{неч}}, \%$  - величина значення нечутливості агрегату (у відсотках до повного початкового значення зони  $\Delta f_{\text{неч}}$ ). Точка 100 % на рисунку 3 відповідає точці (а) на рисунку 2.

**Висновки:** Збільшення зони нечутливості АРЧО та початкової потужності агрегата, призводить до зменшення регулюючого діапазону потужності  $\Delta P_{\text{рег}}$  агрегата. Для збільшення діапазону  $\Delta P_{\text{рег}}$  необхідно зменшувати величину зони нечутливості  $\Delta f_{\text{неч}}$  та з допомогою дії на механізм управління турбіною (МУТ) зменшувати початкову потужність агрегата.

#### Перелік посилань

1. Основні вимоги щодо регулювання частоти та потужності в ОЕС України. СПУ-Н ЕЕ ЯЕК 04.156:2009.- К.:ДП НЕК «Укренерго»,2009.
2. Баркан Я.Д., Орехов Л.А. Автоматизация энергосистем: Учеб. пособ. – М.: Высшая школа,1984. - 271с.