

ДОСЛІДЖЕННЯ СПІЛЬНОЇ РОБОТИ ТЕПЛОВИХ ТА ГІДРАВЛІЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ У СКЛАДІ СИСТЕМИ АРЧП ОЕС УКРАЇНИ

Яндутьський О.С., Лукаш М.П., Стелюк А.О.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

kafedra_ae@mail.ru

The paper deals with the automatic generation control (AGC) system of the integrated power system of Ukraine in the event of joint operation of the heat and hydroelectric power plants. Two cases are studied: parallel operation with Russian power system as well as isolated operation of Ukrainian power system. The fuzzy AGC-system is also studied. It is shown that the use of the fuzzy AGC-system leads to the improvement of the transient process quality.

Автоматичне регулювання частоти та активної потужності відіграє визначну роль в забезпеченні споживачів електричною енергією належної якості, а також економічності та надійності функціонування енергосистеми країни. Сучасний стан системи автоматичного регулювання частоти та активної потужності (САРЧП) не можна вважати задовільним, оскільки регульовальний діапазон гідравлічних електростанцій (ГЕС) є недостатнім для забезпечення якісного регулювання частоти, а для блоків теплових електростанцій (ТЕС), які залучаються до цього процесу в ручному режимі, відсутні дослідження відносно їх застосування в складі САРЧП.

В багатьох країнах, у тому числі в Росії, провадяться системні дослідження зі залученням енергоблоків ТЕС до роботи в складі САРЧП, що дозволить істотно розширити регульовальний діапазон цієї системи. При використанні сучасних систем регулювання це призведе до покращення показників якості регулювання, без чого неможлива паралельна робота об'єднаної енергосистеми (ОЕС) України з енергооб'єднанням УСТЕ.

У зв'язку з цим, є актуальним визначення властивостей САРЧП у разі спільної участі в процесах регулювання частоти енергоблоків ТЕС і ГЕС, при цьому особлива увага повинна приділятися дослідженню показників якості до стійкості станційних (блочних) частин САРЧП. Однією з цілей дослідження є також вивчення динаміки САРЧП регульовальних станцій з позиції забезпечення умов, які викладені в [1].

Для дослідження роботи САРЧП найкращим є математичне моделювання, яке дозволяє дослідити вплив зміни параметрів системи на якість регулювання в різних, в тому числі граничних, режимах.

Дослідження процесів регулювання частоти та активної потужності на моделі САРЧП виконано для режиму паралельної роботи ОЕС України з Єдиною енергетичною системою (ЄЕС) Росії. У першому дослідженні системний регулятор САРЧП ОЕС України працює в режимі автоматичного регулювання перетоку з коригуванням за частотою (АРПЧ), а ЄЕС Росії – в режимі автоматичного регулювання частоти (АРЧ). У другому – виконано моделювання роботи САРЧП ОЕС України в режимі АРЧ (випадок автономної роботи ОЕС України). З метою спрощення моделювання і аналізу результатів прийmemo, що в ОЕС України для вторинного регулювання частоти на ГЕС виділений гідроагрегат потужністю 117 МВт, на ТЕС – турбоагрегат потужністю 300 МВт, а окрему генеруючу частину енергосистеми віднесемо до еквівалентної групи нерегульованих турбін. В якості небалансу потужності розглядалося стрибкоподібне збільшення потужності навантаження на 80 МВт. В цьому випадку відхилення перетока активної потужності міжсистемною лінією зв'язку буде обумовлено небалансом активної потужності в ОЕС України. Приймаючи до уваги, що потужність споживання ЄЕС Росії в декілька разів більша потужності споживання ОЕС України, а також те, що небаланс активної потужності виникає тільки в ОЕС України, в подальшому буде достатньо розглядати тільки модель ОЕС України [2].

При розробці моделі також були прийняті до уваги наступні припущення: генератори на ТЕС і ГЕС замінюються одним еквівалентним генератором, навантаження прикладене до валу генератора і не враховуються втрати в мережі [2,3].

З урахуванням вищевикладеного розроблена модель САРЧП ОЕС України, структурна схема якої наведена на рис. 1, де прийняті позначення:

АРП – автоматичний регулятор потужності енергоблоку, який реалізує пропорційно-інтегральний (ПІ) закон регулювання з жорстким налаштуванням каналів (на ГЕС – це ГРАП – станційний груповий регулятор активної потужності);

АРШ – автоматичний регулятор швидкості турбіни;

ГТ – гідравлічна турбіна;

$K_{ГЕС}^{АРЧП}$ – коефіцієнт, який визначає участь ГЕС у вторинному регулюванні частоти та активної потужності;

$K_{п}^{ГЕС}$ – коефіцієнт підсилення частотного каналу ГРАП ГЕС;

$K_{п}^{АРШ}$ – коефіцієнт підсилення частотного каналу АРШ;

$K_{ГЕС}$ – коефіцієнт, який визначає відношення потужності гідротурбіни до потужності споживання ОЕС України;

$\Delta P_{ГТ}^{ГЕС}$ – зміна потужності, яку розвиває гідротурбіна, відносно поточного навантаження ГТ;

МУТ- механізм управління турбіною;

ПТ – парова турбіна;

$K_{\text{ТЕС}}^{\text{АРЧП}}$ - коефіцієнт, який визначає участь ТЕС у вторинному регулюванні частоти та активної потужності;

$K_n^{\text{ТЕС}}$ - коефіцієнт підсилення частотного каналу АРП енергоблока ТЕС;

$K_{\text{ТЕС}}$ – коефіцієнт, який визначає відношення потужності парової турбіни ТЕС до потужності споживання ОЕС України;

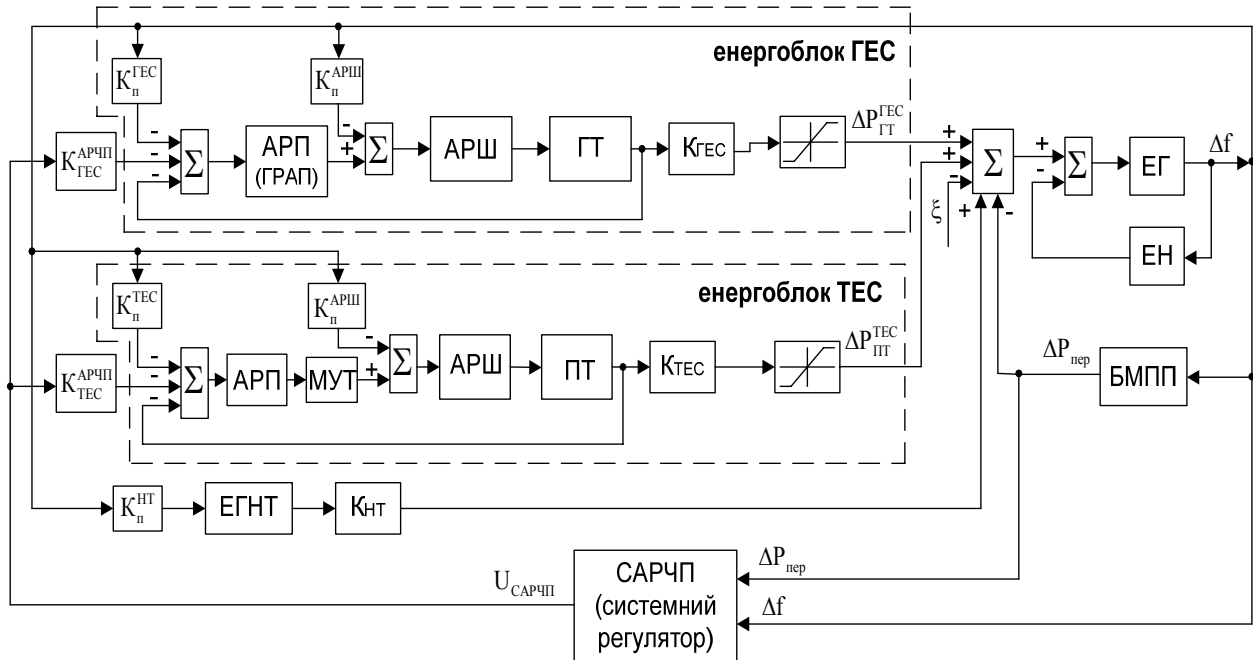


Рисунок 1 - Структурна схема моделі САРЧП з регульовальними енергоблоками ТЭС і ГЭС

$\Delta P_{\text{ПТ}}^{\text{ТЕС}}$ - зміна потужності, яку розвиває парова турбіна, відносно поточного навантаження парової турбіни;

EGHT – еквівалентна група нерегульованих турбін;

K_n^{HT} - коефіцієнт підсилення частотного каналу еквівалентної групи нерегульованих турбін;

K_{HT} – коефіцієнт, який визначає відношення потужності EGHT до потужності споживання ОЕС України;

ξ - небаланс активної потужності в енергосистемі (стрибокподібне збільшення навантаження);

EG – еквівалентний генератор;

EN- еквівалентне навантаження;

Δf - відхилення частоти в енергосистемі;

БМПП – блок моделювання перетоку активної потужності;

$\Delta P_{\text{пер}}$ - зміна перетоку активної потужності еквівалентною міжсистемною лінією зв'язку;

$U_{\text{САРЧП}}$ - керуюча дія від системного регулятора САРЧП на регульовальні станції.

Моделі окремих елементів системи наведені в [2-4].

В останній час для побудови цифрових регуляторів широко використовується апарат нечіткої логіки, який дозволяє виконувати адаптивне управління в умовах неповноти та неточності вихідних даних і не потребує ідентифікації моделі. Незважаючи на те, що сучасні розробки систем автоматичного управління виконуються на цифровій базі, регулювання частоти та активної потужності здійснюється за допомогою типового ПІ-закону. З урахуванням вищевикладеного, були проведені дослідження роботи САРЧП з нечітким на основі алгоритму Мамдані та типовим ПІ-регулятором (з жорстким налаштуванням параметрів) на рівні системного регулятора для двох вищевказаних режимів роботи: АРПЧ та АРЧ.

Моделювання САРЧП виконано з використанням програмного пакету MatLab версії R2007b.

Результати моделювання для наступних випадків наведені на рис. 2-4: крива 1 – з типовим системним ПІ-регулятором, крива 2 – з нечітким системним ПІ-регулятором, крива 3 – з типовим системним ПІ-регулятором, який працює в режимі АРЧ, крива 4 – з нечітким системним ПІ-регулятором, який працює в режимі АРЧ.

З наведених результатів випливає, що використання нечіткого системного ПІ-регулятора у порівнянні з класичним ПІ-регулятором з жорстким налаштуванням параметрів покращує показники якості регулювання: зменшує час протікання перехідного процесу в 1,3-1,5 рази, збільшує швидкість зміни потужності регульованих електростанцій (при цьому зміна потужності генерації ГЭС супроводжується незначним переулюванням).

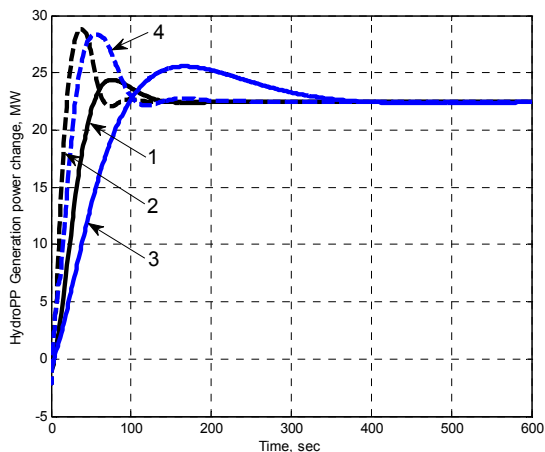


Рисунок 2 - Зміна потужності гідротурбіни ГЕС

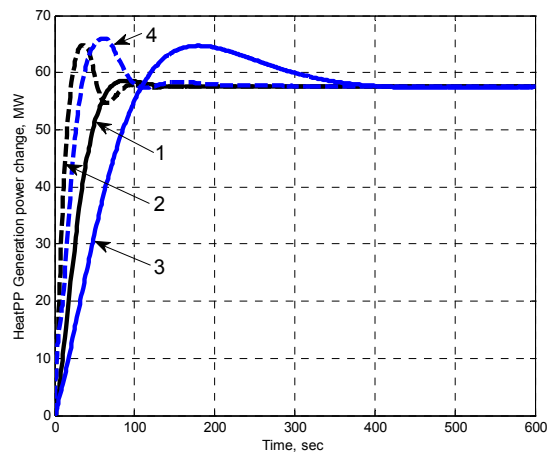


Рисунок 3 - Зміна потужності парової турбіни ТЕС

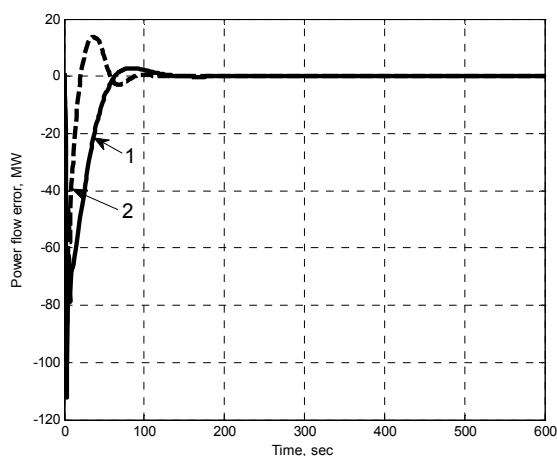


Рисунок 4 - Зміна перетока активної потужності еквівалентною лінією зв'язку

У випадку ізолюваної роботи ОЕС України, як видно на рис. 2 і 3, спостерігається збільшення як перегулювання потужності генерації регульовальних електростанцій на 14%, так і часу протікання перехідного процесу в 2,5-3 рази. Аналіз кривих перехідного процесу, які представлені на цих рисунках, свідчить про те, що режим АРПЧ для національної САРЧП забезпечує покращення показників якості регулювання у порівнянні з ізолюваною роботою ОЕС України.

ЛИТЕРАТУРА

1. www.so-cdu.ru. Системные технические требования к энергоблокам тепловых электростанций, выделяемых для участия в нормированном первичном и автоматическом вторичном регулировании, 10 с.
2. Стернинсон Л.Д. Переходные процессы при регулировании частоты и мощности в энергосистемах. – М.: Энергия, 1975. – 216 с.
3. Алексеев С.В., Копылов И.Б., Машанский А.М. Описание энергообъединения как объекта управления режимом по частоте и активной мощности // Электричество. – 1980. – № 12. – С. 23-30.
4. Яндульский А.С., Стелюк А.О., Бондаренко Ю.Н. Моделирование системы АРЧМ ОЭС Украины при регулировании перетока // Технічна електродинаміка. – 2002. – № 7 (спеціальний випуск). – С. 76-80.

Рекомендовано д.т.н. Сивокобиленко В.Ф.