

# ОСНОВНІ ПРОБЛЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ЧАСТОТИ ТА АКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В ОБ'ЄДНАНІЙ ЕНЕРГОСИСТЕМІ УКРАЇНИ

N.BUSLOVA, A.STELIUK, N.TIMOKHINA

## MAIN PROBLEMS OF LOAD-FREQUENCY CONTROL IN INTEGRATED POWER SYSTEM OF UKRAINE

**Анотація.** Розглянуто вимоги щодо регулювання частоти та активної потужності в енергооб'єднаннях країн Співдружності Незалежних Держав та ENTSO-E. Дотримання вимог ENTSO-E в об'єднаній енергосистемі (ОЕС) України надасть можливість приєднатися на паралельну роботу з енергооб'єднанням країн Центральної та Західної Європи, що, у свою чергу, дозволить вирішити проблему транзиту надлишкової потужності атомних електростанцій до цього енергооб'єднання. Проведено аналіз поточного стану системи автоматичного регулювання частоти та активної потужності в ОЕС України та вказані основні шляхи усунення проблем регулювання частоти та активної потужності.

**Ключові слова:** регулювання частоти та активної потужності в об'єднаній енергосистемі, система автоматичного регулювання частоти та активної потужності, перетік активної потужності.

**Аннотация.** Рассмотрены требования к регулированию частоты и активной мощности в энергообъединениях стран Содружества Независимых Государств и ENTSO-E. Выполнение требований ENTSO-E в объединенной энергосистеме Украины позволит подключиться на параллельную работу с энергообъединением стран Центральной и Западной Европы, что, в свою очередь, решит проблему транзита избыточной мощности атомных электростанций в данное энергообъединение. Выполнен анализ существующего состояния системы автоматического регулирования частоты и активной мощности в объединенной энергосистеме Украины и указаны основные пути решения проблем регулирования частоты и активной мощности.

**Ключевые слова:** регулирование частоты и активной мощности в объединенной энергосистеме, система автоматического регулирования частоты и активной мощности, переток активной мощности.

**Annotation.** Requirements of the load-frequency control in interconnections of Commonwealth of Independent States and ENTSO-E are considered. The compliance with requirements of ENTSO-E in the integrated power system (IPS) of Ukraine will enable to operate in parallel with this interconnection. It will enable to transfer surplus capacity of nuclear power plants to ENTSO-E. The analysis of the actual state of automatic generation control system of IPS of Ukraine is carried out. Besides the basic ways of the load-frequency control problem solution in IPS of Ukraine are defined.

**Key words:** load-frequency control, automatic generation control system, active power flow.

Автоматичне регулювання частоти та активної потужності відіграє визначальну роль у забезпеченні споживачів електричною енергією належної якості, а також в економічності та надійності функціонування електроенергетичних систем та їх об'єднань.

У теперішній час первинне регулювання частоти в ОЕС України здійснюється зміною потужності навантаження споживачів, а у вторинному регулюванні частоти бере участь Дніпровська гідроелектростанція (ГЕС) №1, яка підключена до системи автоматичного регулювання частоти та активної потужності (САРЧП).

Розглянемо вимоги щодо регулювання частоти, які діють в країнах Співдружності Незалежних Держав (СНД) та в енергооб'єднанні ENTSO-E (European Network of Transmission System Operators for Electricity).

Діючий у Російській Федерації і у більшості інших країн СНД міждержавний стандарт якості електроенергії у системах електропостачання загального призначення (Держстандарт 13109-97) визначає нормальне та граничне відхилення частоти ( $\pm 200$  мГц та  $\pm 400$  мГц відповідно). При цьому якість електроенергії відповідає вимогам стандарту, якщо сумарна тривалість відхилень частоти від номінальної понад допустимі  $\pm 200$  мГц протягом доби не перевищує 5% часу, а відхилення понад гранично допустимі  $\pm 400$  мГц зовсім відсутні [1,2].

В енергосистемах (ЕС) 16 держав Центральної та Західної Європи, що входять до енергооб'єднання ENTSO-E, усталене відхилення частоти від номінальної не повинно перевищувати  $\pm 200$  мГц [3, 4]. Ця вимога, серед інших, також розповсюджується на

енергооб'єднання, що приєднуються до ENTSO-E, оскільки при їх об'єднанні на паралельну роботу повинні бути однаковими не лише середні значення, але і середньоквадратичні відхилення (дисперсії) частоти. Для зниження необхідних запасів пропускної здатності міжсистемних зв'язків дисперсії мають бути не тільки однаковими, але і, по можливості, мінімальними.

Згідно з правилами і рекомендаціями щодо регулювання частоти і перетоків активної потужності, які діють в паралельно працюючих енергосистемах СНД і Балтії, загальне первинне регулювання частоти в ОЕС України необхідне для збереження енергопостачання споживачів і функціонування електростанцій при відхиленні частоти, що обумовлено виникненням небалансу активної потужності.

Вирішення питання паралельної роботи ОЕС України з енергооб'єднанням ENTSO-E надасть можливість одночасно розв'язати задачу щодо транзиту надлишкової потужності атомних електростанцій (АЕС) до цього об'єднання. Складність вирішення цієї проблеми полягає у тому, що надлишкова потужність АЕС повинна буде транспортуватись в ENTSO-E міждержавними лініями електропередачі (ЛЕП) Західної та Південно-Західної ЕС, тобто питання забезпечення високої якості регулювання частоти в ОЕС України буде вирішуватись самостійно, без допомоги ENTSO-E. Крім того, за існуючих методів регулювання частоти та у відповідності до головних положень щодо первинного та вторинного регулювання частоти, які діють в ENTSO-E та Єдиній енергетичній системі (ЄЕС) Росії, в ОЕС України потрібно провести комплексну модернізацію енергоблоків та систем їх управління фактично на всіх головних теплових електростанціях (ТЕС), що потребує значних капіталовкладень та суттєвих витрат часу. Так, згідно з Енергетичною стратегією України модернізацію енергоблоків та автоматичних систем керування реально було б здійснити до 2020 року [2], а це потребує постійного підтримання у гарячому резерві не менше 1000 МВт на ТЕС.

В теперішній час також розглядається альтернативний проект щодо об'єднання ОЕС України з ENTSO-E з використанням вставок постійного струму. З іншого боку, їх впровадження може досить негативно позначитись на показниках стійкості ОЕС України. Це обумовлено тим, що збільшення кількості енергоблоків АЕС та їх загальної потужності потребує проведення витратної модернізації системної автоматики у самій ОЕС.

При паралельній роботі ОЕС України з ЄЕС Росії регулювання частоти здійснюється Центральною координувальною системою автоматичного регулювання частоти та активної потужності ЄЕС Росії. САРЧП ОЕС України регулює узгоджений графік перетоків потужності на зв'язках з ЄЕС з коригуванням за частотою.

Останніми роками в ОЕС України склалися несприятливі умови для регулювання частоти та потужності як за структурою потужностей генерації, так і з автоматизації системи і об'єктів регулювання, що пов'язано з наступними чинниками [5]:

- інтенсивним будівництвом АЕС, блоки яких можуть працювати тільки в базових режимах;
- погіршенням якості вугілля і зниженням обсягів поставок газу і мазуту, що значно погіршує структуру обладнання, яке використовується, та низькою маневреністю працюючих блоків ТЕС;
- низьким рівнем автоматизації основних і допоміжних технологічних процесів, непрацездатністю або відсутністю головних регуляторів потужності основного технологічного паросилового обладнання на блоках ТЕС ОЕС України;
- відсутністю або моральним і фізичним старінням таких технічних засобів автоматичного регулювання, як регулятори швидкості турбоагрегатів і гідроагрегатів, пристрої групового розподілу активної потужності на ГЕС, загальностанційні системи автоматичного керування потужності на ТЕС;
- недостатньою часткою маневрових електростанцій в загальному виробітку електроенергії;
- затримкою та завершенням будівництва пікових потужностей на Дністровській та Ташлицькій гідроакумулюючих електростанціях.

З урахуванням вищенаведеного при роздільній роботі ОЕС України з ЄЕС Росії відхилення частоти в ОЕС можуть перевищувати допустимі значення. Підтримання частоти ОЕС України при роздільній роботі з ЄЕС Росії є дуже проблематичним, оскільки при цьому виникає небезпека пошкодження обладнання АЕС і ТЕС (в першу чергу для турбін і механізмів власних потреб станцій).

При незадовільному регулюванні сальдо перетоків активної потужності ОЕС України практично неможлива паралельна робота ОЕС України з енергосистемами сусідніх держав, де

вимоги до точності підтримки частоти дуже високі. Згідно з даними державного підприємства "Енергоринок" сальдо зовнішнього перетоку електроенергії ОЕС України за наступними періодами за жовтень 2010 року становило [6]:

- Україна - Росія – експорт 19,38 млн. кВт·год;
- Україна - Молдова – експорт 3,00 млн. кВт·год;
- Україна - Білорусь – експорт 160,00 млн. кВт·год;
- Україна - Східна Європа – експорт 227,72 млн. кВт·год.

На теперішній час в ОЕС України використовується САРЧП SCADA/AGC (Supervisory Control And Data Acquisition/Automatic generation control), яка призначена для регулювання сальдо перетоків активної потужності міждержавними лініями зв'язку при паралельній роботі ОЕС України з енергосистемами сусідніх держав, а також для регулювання частоти в ОЕС України у разі її ізольованої роботи шляхом автоматичної зміни генерації регулювальних станцій, які беруть участь у вторинному регулюванні частоти.

Узагальнений алгоритм роботи САРЧП ОЕС України SCADA/AGC наведений на рис.1 [7].

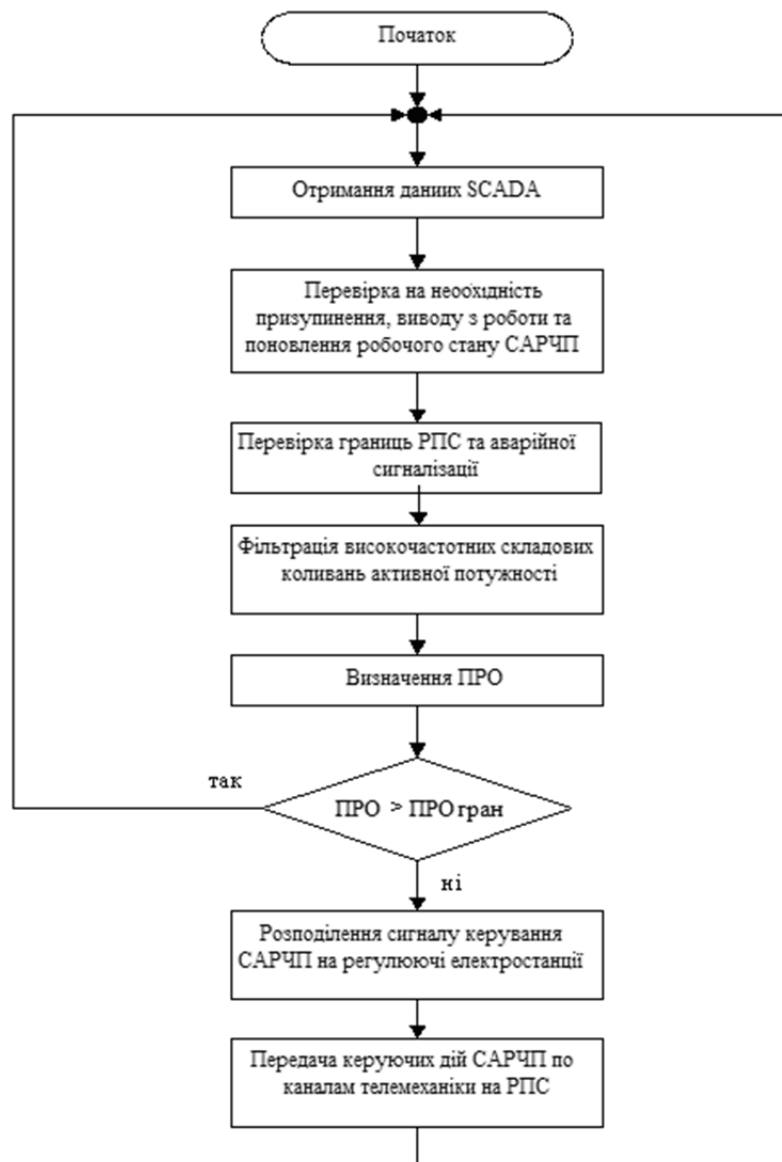


Рис.1. Блок-схема алгоритму роботи системи АРЧП ОЕС України

Система є централізованою – центральний регулятор (SCADA/AGC) встановлено у Державному підприємстві «Національна енергетична компанія “Укренерго”». ОЕС України (без

Бурштинського "острова") є одним районом регулювання. Керуючі дії від центрального регулятора передаються на регулювальні ГЕС, де приймаються і обробляються системами станційного керування "Centralog" і на станційному рівні розподіляються між гідроагрегатами (ГА) ГЕС. Час, який витрачається для виконання команди, що посилається від САРЧП ОЕС України на окрему регулювальну ГЕС, залежить від поточного стану ГА (генераторний режим, режим синхронного компенсатора, відключений стан), а також від перевідних операцій (включення/відключення, переведення в режим СК/генераторний режим). Як правило, період часу від моменту подачі команди від САРЧП до її відпрацювання ГА ГЕС складає 20...120 сек.

В теперішній час САРЧП ОЕС України знаходиться в постійній експлуатації в режимі автоматичного регулювання перетоку потужності з коригуванням за частотою з дією на ГА ДніпроГЕС-1, чим в значній мірі допомагає диспетчерському персоналу НЕК "Укренерго" забезпечити достатньо якісне регулювання сальдо перетоків потужності на зв'язках з ЄЕС/ОЕС. Крім того, до САРЧП також періодично можуть підключатись Кременчуцька, Дніпродзержинська, Каховська та Київська ГЕС.

Необхідно зазначити, що на надійність і якість роботи САРЧП ОЕС України впливає ряд чинників, серед яких, зокрема, можна виділити наступні:

- наявність стійкого інформаційного обміну даними між об'єктами управління і центральним регулятором;
- збір синхронізованих даних про перетоки активної потужності міждержавними ЛЕП з підстанцій (електростанцій), які розташовані поряд з міждержавними ЛЕП з циклічністю не більше 1...5 с.

На рис.1 прийняті наступні позначення: ПРО – помилка регулювання області; РПС – регулятор потужності станції.

В ОЕС України існує ряд проблем, пов'язаних з виконанням вимог щодо забезпечення надійної та якісної роботи САРЧП. Перш за все, є обмеженою кількість ГА ГЕС, які залучаються до автоматичного регулювання частоти в контурі САРЧП ОЕС України. Слід зазначити, що забезпечення якісного регулювання частоти потребує залучення не тільки додаткових ГА ГЕС, а й агрегатів теплових електростанцій.

При цьому необхідно постійно здійснювати супровід і модернізацію алгоритмів роботи станційних систем управління і системи SCADA/AGC з метою забезпечення заданої якості регулювання частоти і можливості самостійної роботи ОЕС України незалежно від ЄЕС Росії у разі виникнення міжсистемних аварій.

#### Література

1. Правила и рекомендации по регулированию частоты и перетоков. Основные технические требования к параллельно работающим энергосистемам стран СНГ и Балтии, 2007. – 22 с.
2. <https://ukrenergo.gov.ua>. СОУ-Н ЕЕ ЯЕК 04.156:2009 "Основні вимоги щодо регулювання частоти та потужності в ОЕС України. Настапова", 2009. – 56 с.
3. <https://entsoe.eu>. P1 – Policy 1: Load-frequency control and Performance. – 33 р.
4. <https://entsoe.eu>. Appendix 1: Load-frequency control and Performance. – 28 р.
5. Дубовський С.В. Автоматичне управління сучасними споживачами-регуляторами як засіб забезпечення стабільності частоти в ОЕС України на рівні вимог UCTE / С.В. Дубовський, Є.А. Ленчевський, С.А. Мартиненко // Проблеми загальної енергетики. – 2009. - №19. – С. 23-30.
6. <http://www.er.gov.ua>. ДП "Енергоринок": аналіз роботи ОЕС України за жовтень 2010 року.
7. Яндутьський О.С. Автоматичне регулювання частоти та перетоків активної потужності в енергосистемах: навч. посіб./ О.С. Яндутьський, А.О. Стелюк, М.П. Лукаш. - К.: НТУУ «КПІ», 2010. - 88с.