

ОДИН ЗІ СПОСОБІВ ОПТИМАЛЬНОГО ВТОРИННОГО РЕГУЛЮВАННЯ ЧАСТОТИ ТА ПОТУЖНОСТІ

Відповідно до вимог ENTSO-E [1] засоби первинного регулювання частоти усіх електроенергетичних систем (ЕЕС), які об'єднано (синхронізовано за частотою) з метою сумісного функціонування, мають брати негайну участь у ліквідації аварійного небалансу механічної і активної електричної потужностей – незалежно від того, де утворився небаланс. У подальшому баланс потужності в енергосистемі (сумарної механічної та електричної споживаної) на встановленому номінальному рівні частоти відновлюється шляхом активації і дії засобів вторинного автоматичного регулювання частоти і потужності (АРЧП) лише тієї ЕЕС, в котрій утворився такий небаланс. Ймовірні значення розрахункового небалансу можна визначити на основі статичних частотних характеристик (СЧХ) електроенергетичної системи ЕЕС [2].

Основним параметром первісних СЧХ [3] є коефіцієнт крутизни k , який кількісно характеризує (за знаком і відповідним кутом нахилу) СЧХ до осі частоти, що визначається значенням першої похідної по частоті функції $P_{\Sigma}(f)$ у режимній точці ЕЕС по частоті й потужності [4]: $k_T = dP_{\Sigma T}(f)/df$, $k_H = dP_{\Sigma H}(f)/df$. Або наближено, у відносних одиницях: $k = \Delta P_{\Sigma}(f)f_n/\Delta P_6$ (f_n – номінальне значення частоти, P_6 – базове значення потужності). Величини нахилів СЧХ входять до критеріїв стійкості усталених режимів енергосистеми [5, 3], й, відповідно, характеризують аперіодичну стійкість енергосистеми: точки дотику СЧХ визначають границю аперіодичної стійкості. Змінюючи склад генерувального обладнання і керуючи механічною потужністю в енергосистемі існує принципова можливість формувати нові СЧХ із бажаними параметрами.

Задачею засобів вторинного АРЧП окремої ізольованої енергосистеми є таке керування активними потужностями задіяних енергоблоків, за якого відхилення частоти, викликане небалансом потужності $P_{нб}$ й зрівноважене дією засобів первинного саморегулювання, буде усунуто із заданою точністю. Зокрема, відсутність відхилення частоти від номінальної у стаціонарному режимі після збурення й післядії системи вторинного АРЧП може бути забезпечено лише за умови рівності приросту механічної потужності ΔP_{BP} (P_{BP} – потужність вторинного регулювання) значенню небалансу потужностей з протилежним знаком: $\Delta P_{BP} = -P_{нб}$.

Різниця коефіцієнтів крутизни ($k_H - k_T$) первісних СЧХ характеристик ЕЕС $P_{\Sigma H}(f)$ і $P_{\Sigma T}(f)$ характеризує жорсткість режимів енергосистеми за частотою, зокрема у [2] одержано вираз для обчислення дефіциту механічної потужності для покриття небалансу у вигляді:

$$\Delta P_{BP} = -P_{нб} = (k_H - k_T)\Delta f = (k_H - k_T)(f - f_0), \quad (1)$$

беручи до уваги $\Delta f = f - f_0$, де f – поточне значення частоти ЕЕС у процесі регулювання, Гц; f_0 – планове значення частоти ЕЕС, фактично, уставка частоти, Гц.

За умови організації вторинного регулювання частоти за виразом (1) можливо отримати СЧХ експериментальним способом: в координатах «активна потужність енергосистеми–частота» отримаємо лінію, перпендикулярну осі частоти. Тобто, (1) є умовою підтримання частоти ЕЕС на рівні $f = f_n = \text{const}$, або законом астатичного регулювання частоти. У разі невиконання вимоги рівності $\Delta P_{BP} = -P_{нб}$ виконуватиметься регулювання зі статизмом, в тому числі з перекомпенсацією (від'ємним статизмом).

В роботі запропоновано спосіб розрахунку вторинних СЧХ ОЕС с наперед заданими властивостями [2], зокрема для здійснення широко використовуваного в процесі вторинного регулювання частоти регіональними ЕЕС режиму автоматичного регулювання перетоку (АРП) активної потужності. Однак зауважено, що показників оптимального вторинного регулювання можливо досягнути лише за умов суворого дотримання рівності коефіцієнтів підсилення за відхиленням частоти вторинних регуляторів реальним значенням коефіцієнтів жорсткості ЕЕС, котрі динамічно змінюються.

У нинішній практиці коефіцієнти підсилення контурів системи вторинного АРЧП за відхиленням частоти задаються незмінними. Це, беззаперечно, погіршує якість процесів вторинного АРЧП та в цілому призводить до зниження техніко-економічних показників режимів міжсистемних зв'язків ОЕС, а також збільшення питомих експлуатаційних витрат енергоблоків ТЕС, що беруть участь у процесах АРЧП.

Перелік посилань:

1. UCTE OH – Policy 1: Load-Frequency Control // UCTE OH Policy – Final Version. Approved by SC on 19 March 2009.
2. Сідоров А.Ф. Первичные статические частотные характеристики энергосистемы и вторичное регулирование частоты и перетоков мощности // Новини енергетики. – 2002. – № 11. – С. 59 – 63
3. Сідоров А.Ф. Статические характеристики энергосистем по частоте и их свойства // Технічна електродинаміка. – 2000. – №3. – С. 61-68.
4. Настанова СОУ-Н ЕЕ ЯЕК 04.156:2009. Основні вимоги щодо регулювання частоти та потужності в ОЕС України (затверджено 24.03.2009р.). – 54с.
5. Костюк О.М. Элементы теории устойчивости энергосистем. – К.: Наукова думка, 1983. – 296с.