

УДК 62-83

Д.О. Пшеничников, кандидат техн. наук,
Д.Г. Литвиненко, Т.Ю. Кунченко

МЕТОД НАСТРОЮВАННЯ РЕГУЛЯТОРА НЕЙТРОННОЇ ПОТУЖНОСТІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕНЕРГОБЛОКОМ АТОМНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

Анотація. Запропоновано метод настроювання регуляторів енергоблоку атомної електростанції на основі теорії оптимального балансу добротності й запасу стійкості за комплексним критерієм з використанням математичних моделей ядерного реактора, виконавчого механізму, регулятора нейтронної потужності та комп'ютерної технології автоматизованої побудови діаграм якості, яка скорочує терміни проектування й настроювання систем керування ядерних реакторів та витрати на їх реалізацію.

Д.О. Пшеничников, кандидат техн. наук,
Д.Г. Литвиненко, Т.Ю. Кунченко

МЕТОД НАСТРОЙКИ РЕГУЛЯТОРА НЕЙТРОННОЇ МОЩНОСТІ СИСТЕМИ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОБЛОКА АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Аннотация. Предложен метод настройки регуляторов энергоблока атомной электростанции на основе теории оптимального баланса добротности и запаса устойчивости по комплексному критерию с использованием математических моделей ядерного реактора, исполнительного механизма, регулятора нейтронной мощности и компьютерной технологии автоматизированного построения диаграмм качества, которая сокращает сроки проектирования и настройки систем управления ядерных реакторов и затраты на их реализацию.

D. A. Pshenichnikov, PhD,
D. G. Litvinenko, T. Yu. Kunchenko

REGULATOR ADJUSTING METHOD OF POWER CONTROL NEUTRON NUCLEAR POWER POWER

Abstract. The atomic station power unit regulators adjustment method is offered. It uses theory of optimum balance of Q -factor and stability and methods of parametrical optimization by complex criterion. It based on models of power unit, electric drive, neutron capacity regulator and quality diagrams automated construction computer technology. Using of method reduces terms and resources atomic station power unit local control systems design and adjustment.

При модернізації і створенні енергоблоків атомної електростанції (АЕС) особлива увага приділяється поліпшенню маневрених характеристик та підвищенню якості електроенергії, що виробляється. Дослідження у класі умовно стійких систем довели можливість постановки нетрадиційного мінімаксного завдання параметричної оптимізації за критерієм максимальної добротності й запасу стійкості, що збалансовано й гранично підвищує основні показники якості керування й понижує параметричну чутливість [1]. Алгоритм параметричної оптимізації регуляторів за цим критерієм реалізується в налагодженні безпосередньо на працюючій системі автоматичного керування (САК).

Метою роботи є розвиток методів підвищення якості керування локальних САК енергоблоку з реактором ВВЕР-1000 настроюванням параметрів їх регуляторів за комплексним критерієм максимальної добротності й запасу стійкості із зменшенням параметричної чутливості й спрощенням настроювання.

Модель реактора будується на підставі систем диференціальних рівнянь кінетики нейтронів і тепловідводу та має кінцевий вид, наведений в [3].

© Пшеничников Д.О., Литвиненко Д.Г.,
Кунченко Т.Ю., 2011

Схема моделювання на рис. 1 включає П-регулятор потужності (РМ), кроковий виконавчий

механізм і модель реактора.

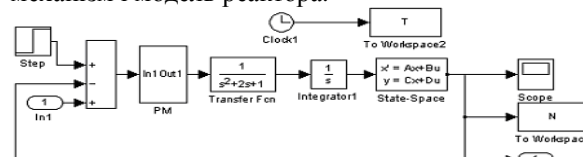


Рис. 1. Схема моделювання

Кроковий електромагнітний привод органа регулювання функціонує в режимі відпрацювання одиничних кроків. У цьому випадку передатна функція виконавчого механізму представляється коливальною ланкою зі сталими часу $T_1 = \chi$, $T_2 = 1/\delta$, де χ – постійна часу фази, δ – відносна електрорушійна сила (ЕРС) руху й для стартостопного керування приймають значення $\chi \leq 1$, $\delta \leq 0,6$ [2]. За результатами математичного моделювання обрані значення $\chi = \delta = 0,5$.

За схемою моделювання методом діаграм якості [1] побудована в тривимірному просторі керованих параметрів k , b і запасу стійкості поверхня перерегулювання σ (критерій запасу стійкості), наведена на рис.2.

Особливістю поверхні є існування характерного «яру», уздовж плоского «дна» якого з ухилом убик аперіодичних процесів пролягає просторова лінія максимальної добротності й запасу стійкості (МДС) з низькою параметричною чутливістю.

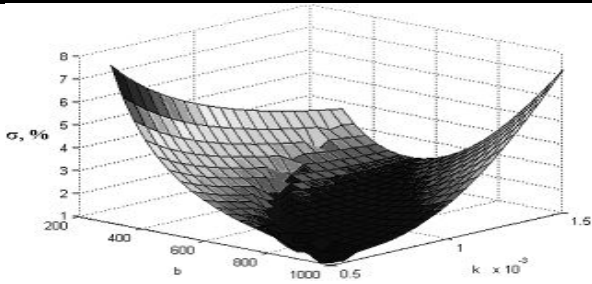


Рис. 2. Поверхня перерегулювання σ

На таких цільових функціях по їхніх перетинах можуть бути поставлені однопараметричні завдання безумовної оптимізації, рішення яких складуть геометричне місце точок ліній оптимальних настроювань параметрів b і k регуляторів за відповідними критеріями.

За знайденими топографічними картами «ярів» побудована діаграма якості керування системи в часовій області (рис.3). Дугоподібні ізолінії перерегулювання σ мають точки максимуму й проведена на них лінія МДС, позначена на діаграмі пунктиром, розташована точно уздовж дна «яру».

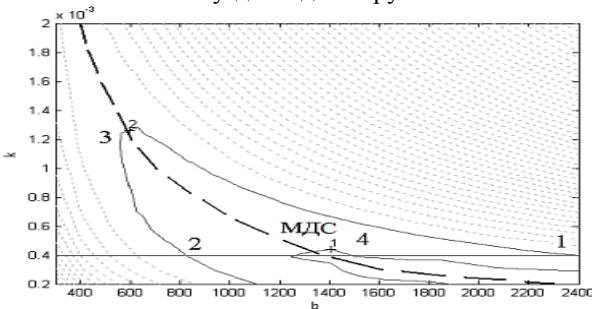


Рис.3. Діаграма якості керування

При торканні ізолінії заданого рівня добротності $k = 0,0004$ ізолінії заданого рівня запасу стійкості $\sigma = 1\%$ існує точка 1 лінії МДС, а при перетинанні ізолінії заданого рівня добротності з ізолінією рівня запасу стійкості $\sigma = 2\%$ існує область підвищеної добротності та стійкості (ПДС) сегментоподібної форми, позначена точками 1-2-3. Вона являє собою замкнуту область множини настроювань на більшу добротність і запас стійкості. У верхній точці відрізка 3 є максимум добротності. У нижній точці відрізка 4 – максимум запасу стійкості. Мінімальні значення запасу стійкості й добротності належать лівій 2 і правій 1 крайнім точкам області ПДС. Перехідні характеристики, що відповідають цим екстремальним точкам, показані на рис. 4.

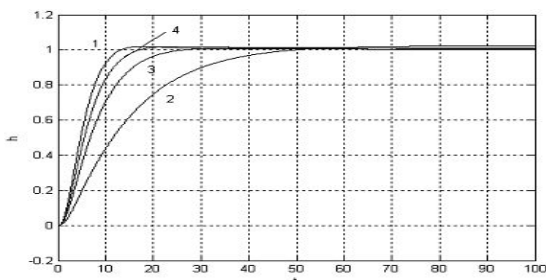


Рис.4. Перехідні характеристики

Аналіз цих характеристик показує, що відхилення від лінії МДС веде до збільшення перерегулювання, часу регулювання й числа коливань. Найкращі, збалансовані значення належать відрізку МДС. При цьому точка 3 відповідає максимуму добротності $k_{\text{макс}} = 1,3 \cdot 10^{-3}$ при значенні перерегулювання $\sigma_0 = 2\%$ початкового настроювання в точці 1 або 2, а точка 4 – мінімуму перерегулювання $\sigma_{\text{хв}} = 1\%$ при значенні добротності $k_0 = 0,4 \cdot 10^{-3}$ початкового настроювання. Сутність оптимального балансу добротності й запасу стійкості наочно розкривається на множині вкладених областей ПДС (область 1-2-3 і область біля точки 1, що обмежена ізолінією заданого рівня добротності $k = 0,0004$ і заданого рівня запасу стійкості $\sigma = 1\%$).

Таким чином, можлива оптимізація як на мінімум перерегулювання при вихідному значенні контурного коефіцієнта передачі, так і на максимум добротності при вихідному значенні запасу стійкості.

Список использованной литературы

1. Гуль А.И. Параметрическая оптимизация условно устойчивых электромеханических систем методом диаграмм качества управления / А.И. Гуль, Ю.Н. Кутовой, Т.Ю. Кунченко. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2009. – 104 с.
2. Ивоботенко Б.А. Проектирование шагового электропривода / Б.А. Ивоботенко, В.Ф. Козаченко. – М.: МЭИ, 1985. – 100 с.
3. Северин В. П. Математическое моделирование и оптимизация показателей качества систем автоматического регулирования реакторной установки / В.П. Северин // Ядерная и радиационная безопасность. – 2007. – Том 10. – Вып. 2. – С. 66–77.

Отримано 08.07.2011



Пшеничников
 Дмитро Олександрович,
 к.т.н., ст. наук. співр. каф. «Автоматизовані електромеханічні системи»
 НТУ «ХПІ»,
 тел. (057) 707-64-45,
 pshenich_dm@mail.ru



Литвиненко
 Дмитро Григорійович,
 аспірант каф. «Автоматизовані електромеханічні системи»
 НТУ «ХПІ»,
 тел. (057) 707-60-41,
 e-mail: dilitne@mail.ru



Кунченко
 Тетяна Юрійвна,
 ст. викл. каф. «Автоматизовані електромеханічні системи»
 НТУ «ХПІ»,
 тел. (057) 707-63-26
 medvedeva_14@mail.ru