

## АДАПТИВНЕ УПРАВЛІННЯ І СИНТЕЗ РЕГУЛЯТОРІВ СИСТЕМ ЗБУДЖЕННЯ СИНХРОННИХ ГЕНЕРАТОРІВ

**Колесніченко А.Б., к.т.н., ст. викладач, Жакун П.В., магістрант**  
*КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електричних станцій*

**Вступ.** Розробка системи автоматичного управління (САУ) синхронним генератором (СГ), яка забезпечує необхідний рівень якості електричної енергії і стабілізацію режимних параметрів СГ, є актуальним завданням в контексті розвитку концепції так званих активно-адаптивних мереж, відомих в світовій практиці як *Smart Grids* (Розумні Мережі), застосування енергозберігаючих технологій та підвищення рівня безпеки і сталого функціонування систем передачі змінного електричного струму. Окремою задачею синтезу системи автоматичного управління СГ є побудова алгоритму функціонування регулятора, здатного адаптуватися до зовнішніх збурень і шумів, які неодмінно виникають в контурах САУ. Технічна реалізація такого регулятора, який зберігає точність і якість керування при змінних параметрах об'єкта, стає можливою з використанням систем адаптивного управління.

**Постановка задачі.** Запропонувати модель і технічну реалізацію САУ для підвищення точності і якості управління синхронним генератором як динамічною системою зі змінними параметрами (параметрична невизначеність) з урахуванням перебудови характеру руху СГ при незначних змінах цих параметрів (біфуркаційні процеси).

**Матеріали дослідження.** Адаптивне управління - сукупність методів теорії автоматичного керування, що дозволяють синтезувати системи, які мають можливість змінювати параметри або структуру регулятора в залежності від зміни параметрів об'єкта управління та/або зовнішніх збурень, що діють на цей об'єкт. У технічних системах з непрогнозованою (хаотичною) поведінкою зазвичай виникають біфуркаційні процеси, які, в свою чергу, спричиняють небажані якісні зміни динаміки САУ і, як наслідок, її нестійкість. Використання адаптивних регуляторів має на меті забезпечення стійкості та обмеження області непрогнозованості (хаотичності) технічних систем, тому цей підхід слід вважати доцільним. Наразі є певний прогрес у розробці адаптивних систем автоматичного управління, в тому числі в електроенергетичній галузі. Однак моделі і алгоритми, що використовуються [1], не завжди пристосовані до реальних об'єктів, де практично відсутня можливість змін структури регуляторів і залишається лише варіант введення додаткових сигналів управління. Варто зазначити, що розробку адаптивних стратегій, як правило, супроводжує проблема отримання повного вектора стану керованого об'єкта.

Алгоритми адаптивного управління можуть бути реалізованими у відповідності до двох основних структур, а саме: 1) адаптивної системи з еталонною моделлю (АСЕМ) і 2) адаптивної системи з налаштованою моделлю (АСНМ). В обох структурах використовуються неузгодженості між вихідними сигналами об'єкта і моделі, що в подальшому опрацьовуються для параметричних налаштувань та/або формування адаптуючих сигналів.

Для технічного об'єкта, який має обмежену невизначеність, частіше використовують адаптивну систему типу АСНМ [2], яка представлена на рис. 1.

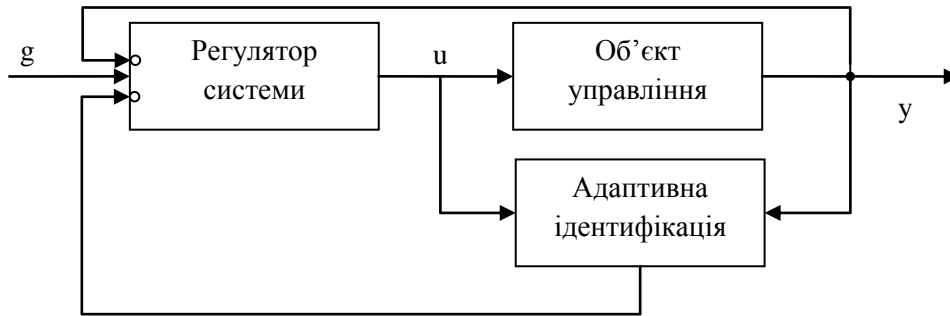


Рисунок 1 – Адаптивна система управління з налаштованою моделлю (АСНМ)

Використаємо традиційну модель об'єкта управління:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= Ax + Bu = A_0x + B_0u + (A - A_0)x + (B - B_0)u, \\ y &= Cx, \end{aligned} \tag{1}$$

де  $x = x(t)$  –  $n$ -мірний вектор стану;

$u = u(t)$  –  $m$ -мірний вектор управління;

$y$  –  $p$ -мірний вектор вимірювань,  $p \leq n$ ;

$A, B$  – матриці з обмеженими елементами (в загальному випадку залежні від  $x, u, t$ );

$C$  – постійна матриця вимірювань;

$A_0, B_0$  – лінеаризовані матриці  $A, B$  в режимній точці.

Якщо позначити

$$\sigma = (A - A_0)x + (B - B_0)u,$$

то модель (1) буде мати вигляд

$$\dot{x} = A_0x + B_0u + \sigma.$$

Застосуємо ідентифікаційний підхід для синтезу закону адаптивного управління згідно з [2].

Пропонується наступна модель ідентифікатора станів:

$$\dot{\tilde{x}} = A_0\tilde{x} + B_0u + GC(x - \tilde{x}) + z, \tag{2}$$

де матриця  $G$  формується за умовою стійкості матриці  $A_H = (A_0 - GC)$ , оскільки  $A_0$  може містити власні значення з додатньою дійсною частиною.

Прийmemo

$$u = g + \mu,$$

де  $\mu = \mu(t)$  - адаптивний закон управління;

$g = g(t)$  - зовнішнє збурення.

Тоді модель (1) буде мати вигляд

$$\dot{x} = A_0x + B_0g + B_0\mu + \sigma. \tag{3}$$

Оцінка ефективності моделі (2) - (3) адаптивного алгоритму АСНМ проведена в [3] за допомогою пакета Matlab/Simulink на основі порівняльного аналізу динамічних процесів в СГ. Варіант технічної реалізації (рис. 2) передбачає використання адаптивного регулятора, що підключається паралельно до штатної системи АРЗ.

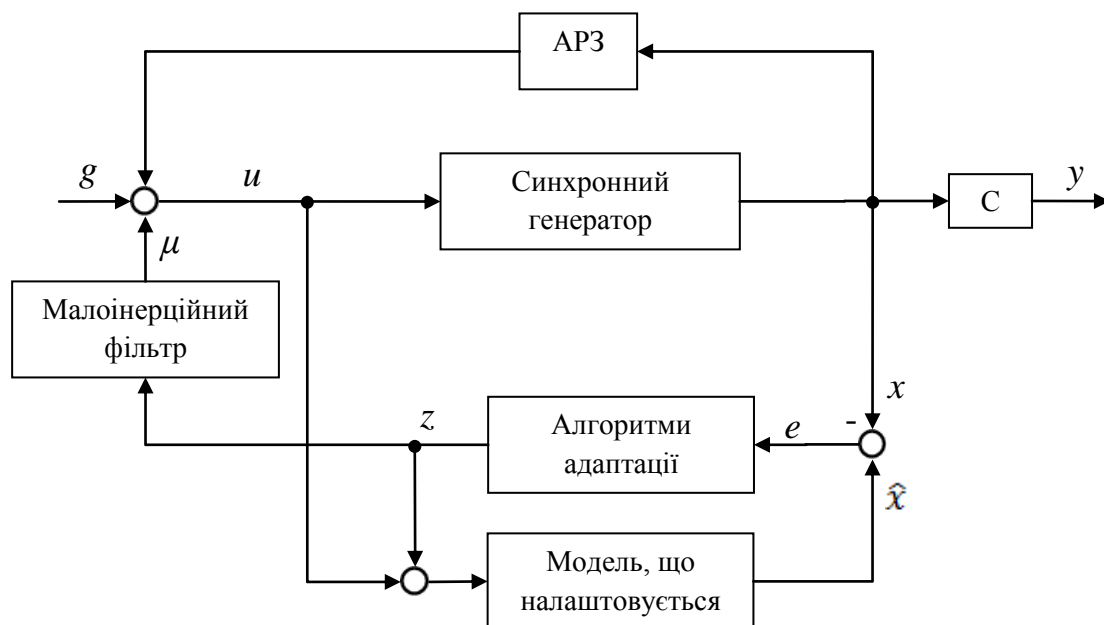


Рисунок 2 – Блок-схема технічної реалізації адаптивного алгоритму (АСНМ)

**Висновок.** Запропоновані модель адаптивного управління і технічна реалізація САУ з використанням структури АСНМ можуть бути рекомендовані для керування динамічним об'єктом з обмеженою невизначеністю, зокрема, синхронним генератором, для стабілізації його параметрів, а також характеристик експлуатаційних і перехідних режимів.

#### Перелік посилань

1. Пшихопов В.Х., Медведєв М.Ю., Шевченко В.А. Базовые алгоритмы адаптивного управления синхронным генератором с эталонной моделью // Инженерный вестник Дона, 2015, №4.
2. Борцов Ю.А., Поляхов Н.Д., Путов В.В. Электромеханические системы с адаптивным и модальным управлением. - Л: Энергоатомиздат, 1984.-216 с.
3. Поляхов Н. Д., Ха Ань Туан. Улучшение динамических характеристик синхронного генератора на основе адаптивного управления // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Выпуск 1, январь – февраль 2014.