

# СИНТЕЗ РЕГУЛЯТОРА СТРУМУ ЗБУДЖЕННЯ ГЕНЕРАТОРА ВІТРОВОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ УСТАНОВКИ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

Здійснено моделювання системи керування вітровою енергетичною установкою з використанням теорії нечітких множин.

**Ключові слова:** вітрова установка, регулювання, струм збудження, нечіткий регулятор.

## Abstract

The wind power plant control system is modeled using fuzzy set theory

**Keywords:** wind setting, regulation, excitation current, fuzzy regulator

Математичне моделювання процесів в системах керування дозволяє значно спростити налагодження елементів системи регулювання, виходячи з критеріїв стійкої роботи [1]. При цьому рівняння, що входять до складу математичної моделі і якими описуються перехідні процеси в системі, повинні адекватно відображати фізичну сутність об'єкта дослідження. Диференціальні рівняння мають досить складну методику розв'язку та пошуку коренів [2], а тому їх прийнято аналізувати за допомогою передаточних функцій [1]. Відносно вітроенергетичної установки (ВЕУ) вказані висновки поширюються на автоматичний регулятор системи керування.

Розглянемо структурну схему регулятора системи автоматичного керування, яка запропонована в [3].

Автоматичне керування струмом збудження перетворювача енергії передбачається здійснювати в два прийоми. Так, при низькій швидкості обертання вітрового колеса пропонується використовувати математичну модель регулятора збудження з використанням нечіткої логіки, при високих швидкостях достатньо високі показники якості регулювання має ПІ-закон регулювання. Таким чином математична модель регулятора є сукупністю нечітких правил та ПІ-регулятора в рівнянні формування завдання за напругою для ВЕУ (1).

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta\omega = \begin{cases} |\omega_{\text{ном}} - \omega(t)| - k_v \cdot V_g(t), \text{ якщо } \frac{dV_g^k}{dt} < 0; \\ |\omega_{\text{ном}} - \omega(t)| + k_v \cdot V_g(t), \text{ якщо } \frac{dV_g^k}{dt} > 0; \end{cases} \\ U_{\text{зад}}(t) = \begin{cases} k_\omega \cdot \Delta\omega + \int_0^{2T} \Delta\omega dt; \text{ якщо } \omega_k > \omega_{\text{кр}}; \\ \text{fuzzy} \left( V_g, \frac{dV_g^k}{dt}, \omega_k, \omega_{\text{ном}} \right), \text{ якщо } \omega_k \leq \omega_{\text{кр}}; \end{cases} \\ \Delta U = U_{\text{зад}}(t) - (U(t) - k_I I_n(t)); \\ I_{\text{зб}}(t) = \left( k_u \cdot \Delta U + \int_0^T \Delta U dt \right) \cdot k_{\text{роб}}. \end{array} \right. \quad (1)$$

Запропонована структура системи керування ВЕУ суттєво нелінійна і викликана з однієї сторони дискретністю визначення методу формування регулюючого впливу на об'єкт, а з іншої нелінійністю характеристик вітрового колеса та електромеханічного перетворювача енергії. Тому проводити параметричну оптимізацію таких систем з застосуванням класичних методів (методу штрафних функцій, градієнтного спуску тощо) неможливо, а перевага надається дослідженню імітаційних моделей [4].

Комп'ютерне моделювання і дослідження стійкості системи, яка реалізує закон керування (1) проведено в пакеті прикладних програм MatLab. Розроблена модель системи керування представлена на рис. 1.

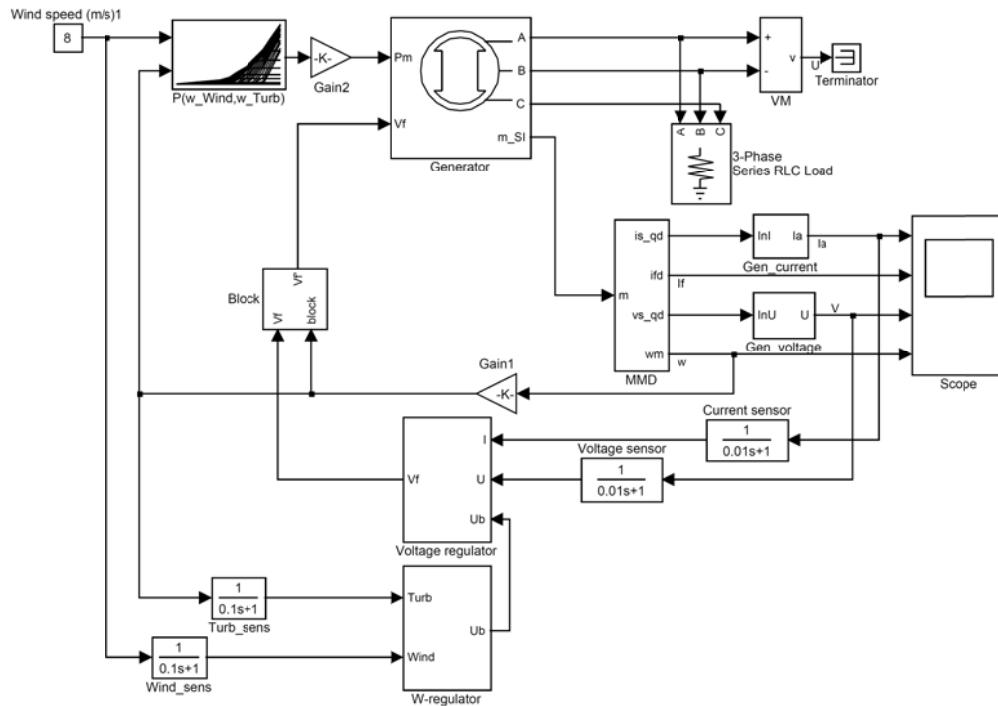


Рис. 1 — Модель системи автоматичного керування ВЕУ

Структурну схему моделі головного регулятора W-regulator системи керування у ППП MatLab зобразимо на рис. 2.

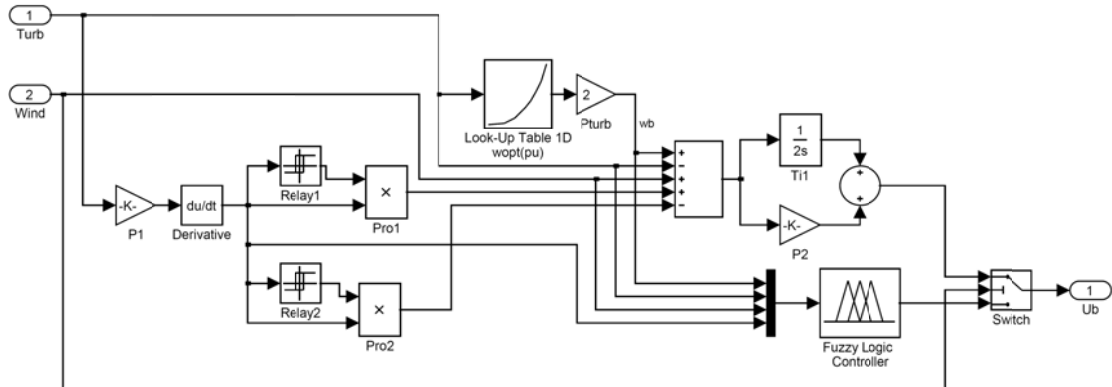
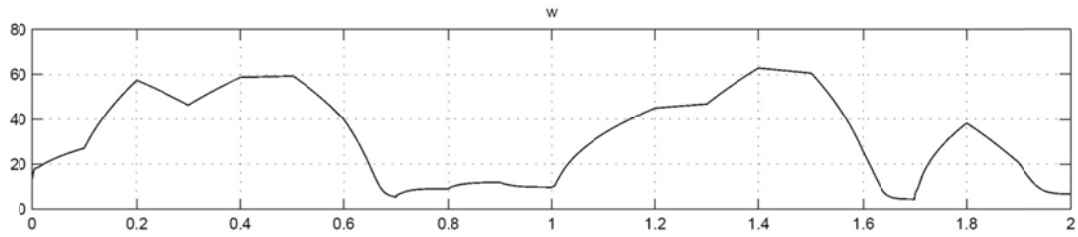
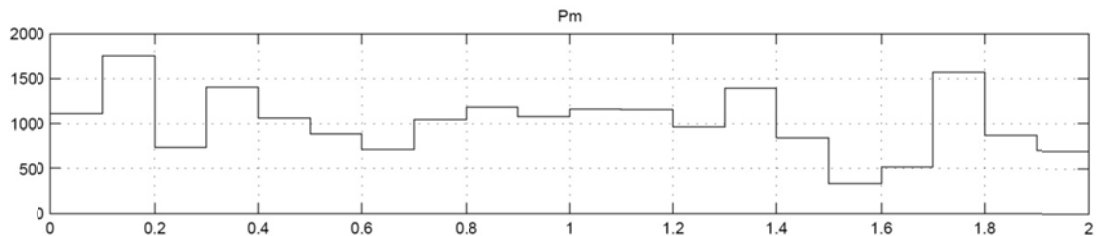


Рис. 2. Модель головного регулятора W-regulator системи керування

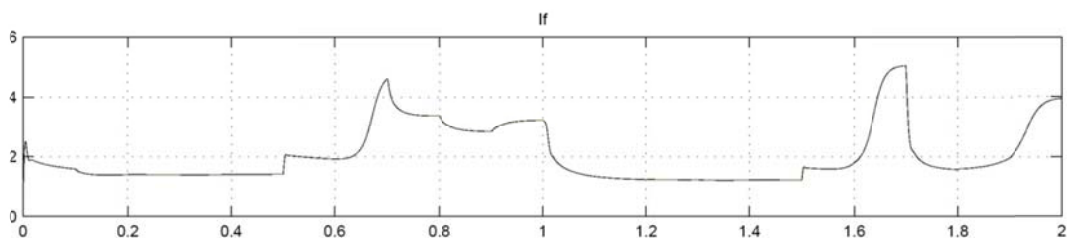
Регулюючий вплив визначається двома шляхами: за допомогою ПІ-регулятора та нечіткого регулятора Fuzzy Logic Controller. В структурі системи керування окремим блоком виділено елемент блокування збудження при максимальній (ураганній) швидкості вітру для запобігання пошкодженню перетворювача та обладнання, пов'язаного з ним. Результати моделювання системи керування ВЕУ приведено на рис. 3.



Графік зміни швидкості обертання вітроколеса



Графік зміни потужності



Графік зміни струму збудження

Рис. 3 — Перехідні процеси ВЕУ при збуреннях з боку вітру та навантаження

### Висновки

Комбіноване регулювання за допомогою ПІ-регулятора та нечіткого регулятора, які діють кожний в своєму діапазоні швидкостей вітру, суттєво поліпшує якість регулювання ВЕУ в цілому

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бесекерский В. А. Теория систем автоматического регулирования / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. — М.: Наука, 1975. — 768 с.
2. Бугров Я. С. Высшая математика: Учеб. для вузов: в 3 т. / Я. С. Бугров [под ред. В. А. Садовниченко] — М.: Дрофа, 2004. — Т. 2. — 511 с.
3. Система автоматичного керування електричною вітроенергетичною установкою з вертикальною віссю обертання / Мокін Б. І., Мокін О. Б., Жуков О. А. // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету імені Михайла Остроградського. — 2010 — №3 С. 20 – 24.
4. Жмак Егор Иванович. Регулирование напряжения в электроэнергетических системах на основе нечеткой логики : Дис. канд. техн. наук : 05.14.02 Новосибирск, 2004. — 120 с. РГБ ОД, 61:05-5/510.

**Жуков Олексій Анатолійович** — к.т.н., доцент, доцент кафедри електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [alex4444\\_2004@ukr.net](mailto:alex4444_2004@ukr.net)

**Zhukov Oleksiy A.** — Cand. Sci (Tech.), Associate Professor, Department of electromechanical systems automation in industry and transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [alex4444\\_2004@ukr.net](mailto:alex4444_2004@ukr.net)