

# РОЗДІЛ 1. КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИМИ СИСТЕМАМИ

## МОДЕЛЮВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ РЕГУЛЯТОРА ШВИДКОСТІ ОБЕРТАННЯ ТУРБИНИ

Марченко А.А., к.т.н., доцент, Кротов В.О., магістрант  
КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації енергосистем

**Вступ.** Проблема регулювання швидкості обертання ротора турбіни є дуже важливим питанням у наш час, оскільки зміна частоти у мережі, яка пов'язана зі швидкістю обертання ротора турбіни, несе за собою великий вплив як на окремі елементи, так і на енергомережу в цілому. Також, варто зауважити про власні потреби станції, у обслуговуванні якої міститься велика кількість насосів, дробильних машин для вугілля та інше обладнання, продуктивність якого тісно пов'язана зі зміною частоти в енергосистемі. Автоматичне регулювання частоти відіграє визначальну роль у забезпеченні споживачів електричною енергією належної якості, а також надійності функціонування електроенергетичних систем.

**Мета роботи.** Метою даної роботи є моделювання та дослідження регулятора швидкості обертання ротора турбоагрегату у середовищі MATLAB.

**Матеріали і результати досліджень.** Розглянемо структурну схему роботи турбоагрегату в енергосистемі та перейдемо до опису рівнянь та моделювання елементів енергосистеми [1, 2].

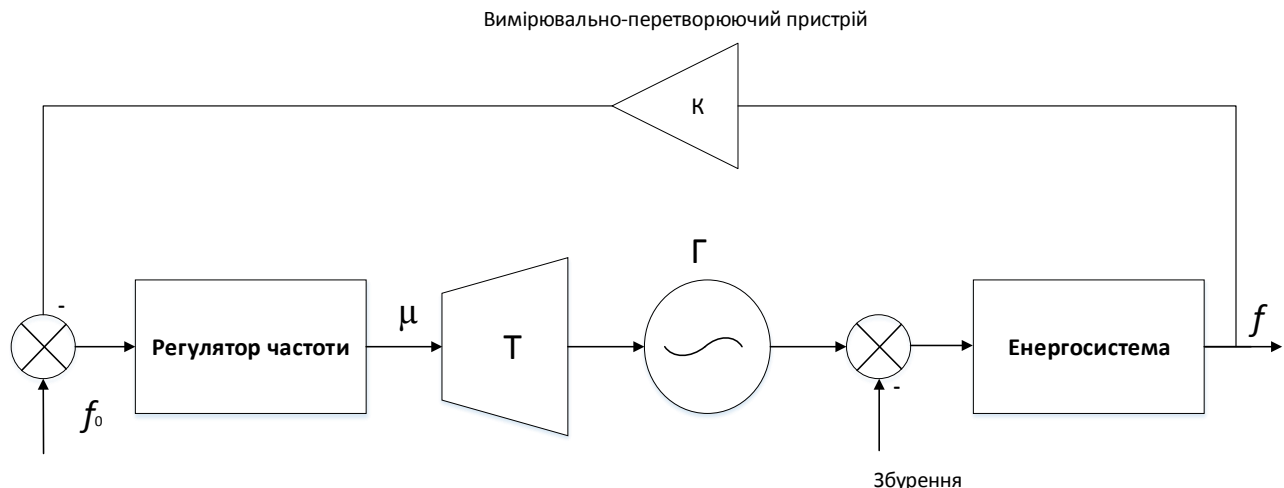


Рисунок 1 – Структурна схема роботи турбоагрегату в енергосистемі

На рис. 1 зображено основні компоненти: Т – турбіна, Г – генератор,  $f_0$  – уставки частоти.

## Рівняння елементів системи регулювання

### Турбіна

$$W(p) = \frac{P_m}{\mu} = \frac{1}{T_m p + 1} \quad (1)$$

де  $P_m$  – потужність турбіни,  $\mu$  – відкриття регулюючого органу,  $T_m$  – постійна часу турбіни, яка визначається запізненням в перетворенні енергії пари в механічну енергію [3].

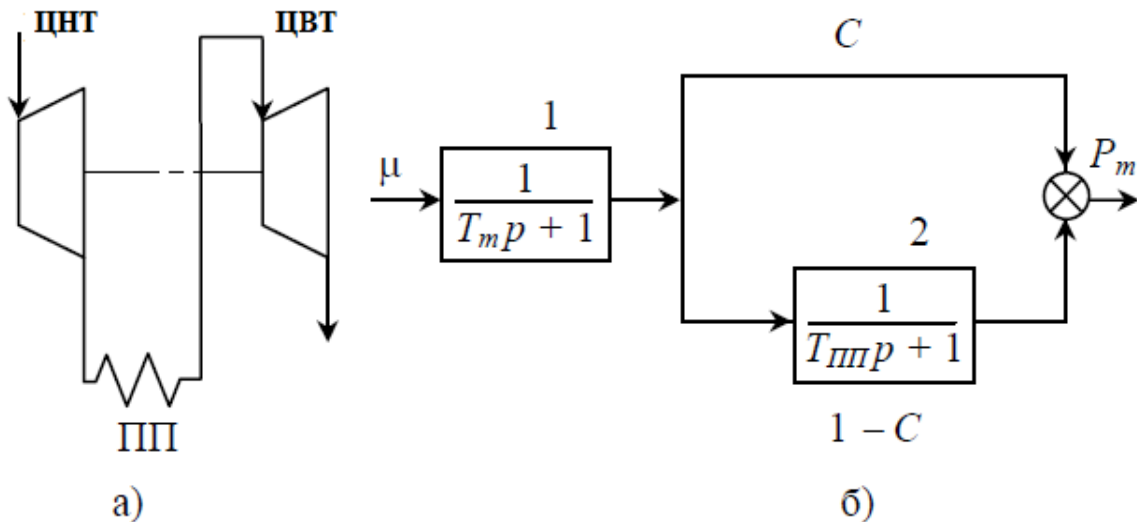


Рисунок 2 – Принципова (а) і структурна (б) схеми парової турбіни

### Енергосистема

$$W_{(p)} = \frac{\Delta f_s}{\Delta P_{m^*}} = \frac{1}{T_i p + k_n} \quad (2)$$

де,  $k_n$  – коефіцієнт регулюючого фактору навантаження [3]. Візьмемо значення з пропонуваного діапазону  $k_n = 1$ .

### Регулятор швидкості

На рис. 3 зображено регулятор швидкості турбіни з зворотнім зв'язком, який складається з двох частин:

- Вимірювально-перетворюючий пристрій( мертва зона та статизм)
- Основний механізм регулювання (серводвигун, обмежувач відкриття/закриття заслінки, підсилювач та обмежувач обертів двигуна)

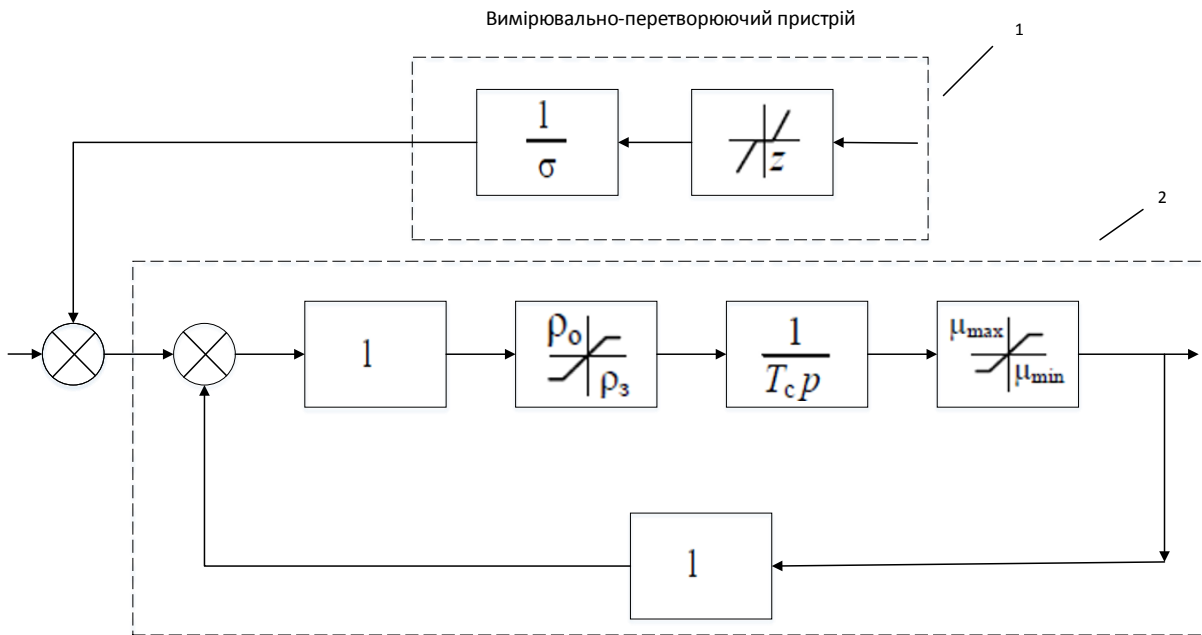


Рисунок 3 – Структурна схема регулятора швидкості турбіни з жорстким зворотним зв'язком

З огляду на всі компоненти, описані раніше на рис. 1-3, створено тестову модель турбоагрегату з енергосистемою рис. 4 у середовищі MATLAB\Simulink [4]. До її складу входять турбіна з регулятором, генератор, енергосистема.

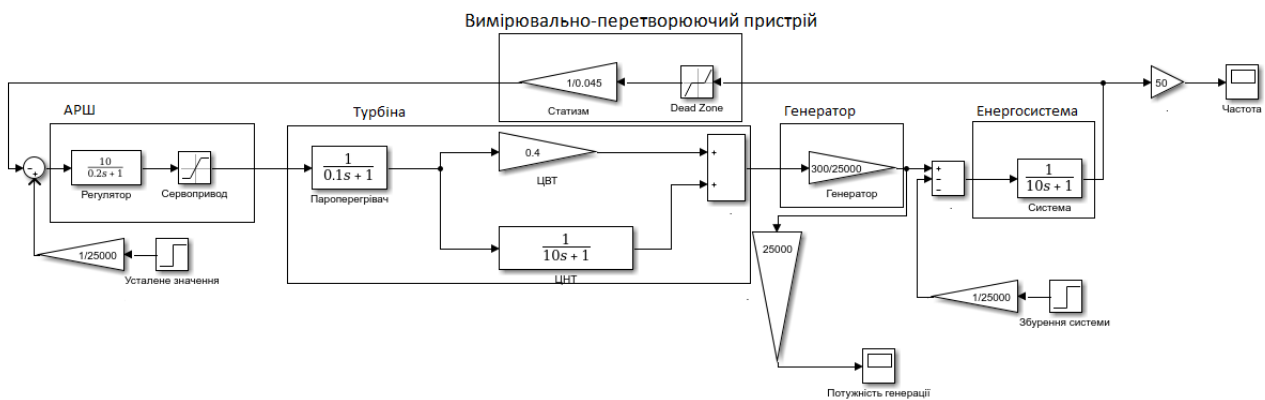


Рисунок 4 – Модель досліджуваного турбоагрегату з енергосистемою

Крутизна як співвідношення  $\frac{1}{\sigma}$ , де  $\sigma$  – статизм та мертва зона задається в загальному блоці «вимірювально-перетворюючий пристрій». При моделюванні проведено дослідження при зміні статизму в інтервалі від 2 до 10 % . Результати дослідження наведено на рис. 5

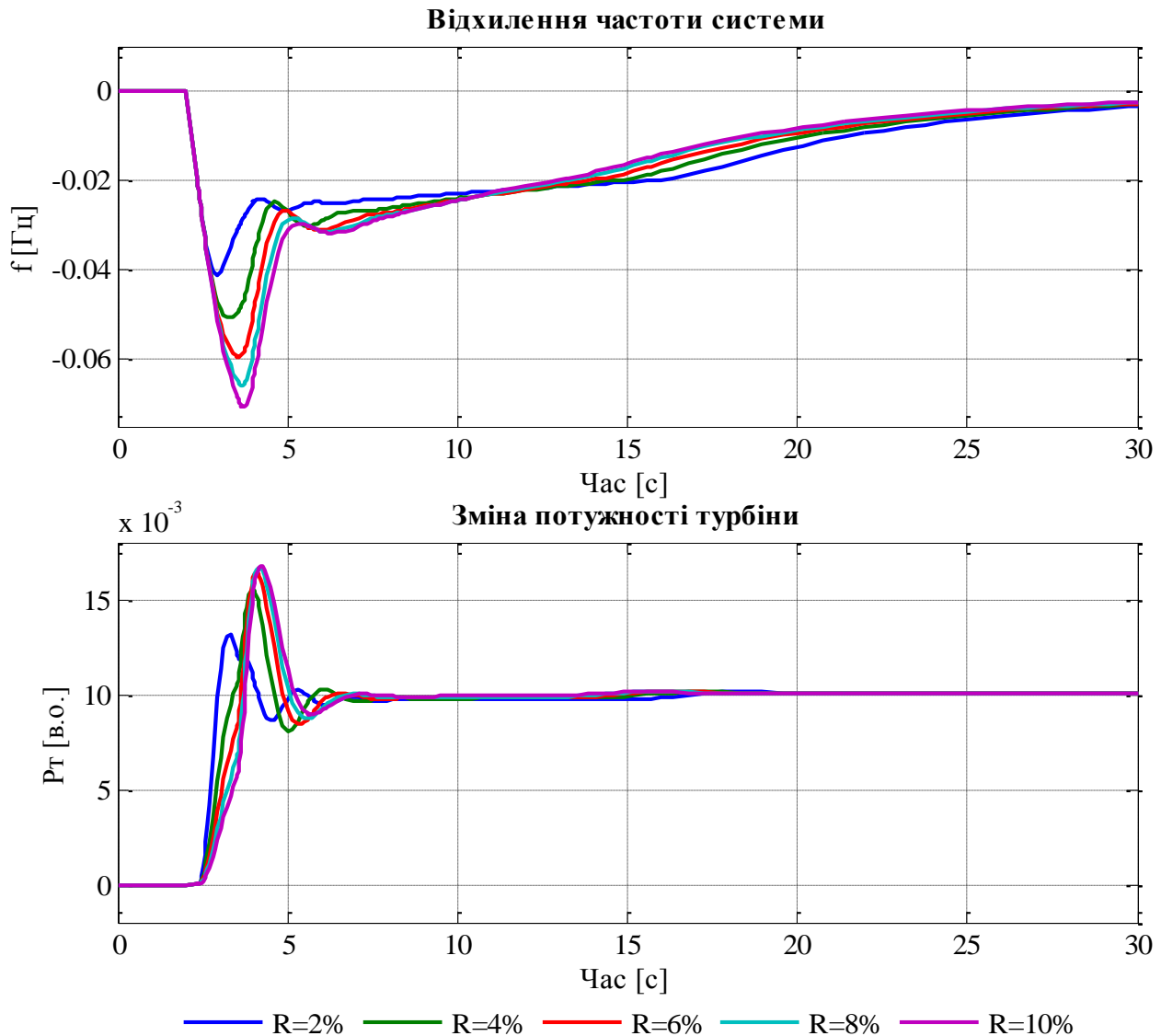


Рисунок 5 – Графіки зміни частоти системи та потужності турбіни при регулюванні частоти та варіаціях статизму

**Висновки.** Аналізуючи дані отриманні з побудованої моделі, можна стверджувати що збільшення частоти та потужності генерації тісно пов'язане з значенням статизму. Чим менше значення статизму тим система активніше реагує на збурення, але досягти малого значення статизму в реальних системах генератор-турбіна неможливо.

#### Перелік посилань

1. Iyengar, K. Dynamic Modeling and Control of Gas Turbines in Combined Cycle Power Plants / Iyengar, K., Rambabu, K., and Ydstie, E. B., - AIChE Annual Meeting, 2013.
2. C. Concordia and L. K. Kirchmayer, "Tie-line power & frequency control of electric power system: Part II," *AISE Trans*, III-A, vol. 73, pp. 133–146, Apr. 1954.
3. Меркурьев Г.В. Устойчивость энергосистем / Меркурьев Г.В., Шаргин Ю.М. – СПб. : «Центр подготовки кадров энергетики», 2006. – 350 с.
4. Дьяконов В.П. Matlab полный самоучитель / В.Дьяконов, В.Круглов-СПб : «MATLAB Simulink», 2001. - 475 с.