

## Автоматизація прогнозування обсягу виробництва електроенергії газотурбінною станцією

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

Запропоновано використовувати нечітку модель для прогнозування обсягу електроенергії, яке виробляється газотурбінною установкою комбінованого типу. Розроблена схема автоматизації прогнозування та підібрані відповідні сенсори.

**Ключові слова:** газотурбінна установка, прогнозування виробництва електроенергії, нечітка модель.

**Abstract.** A fuzzy model-based forecasting of the electric power production of combined gas turbine is proposed. Schema of automating the forecasting with relevant sensors is developed

**Keywords:** forecasting, combined gas turbine, power generation, fuzzy model

Розглядається виробництво електроенергії газотурбінною станцією комбінованого циклу, яка відноситься до середнього розміру з потужністю 50-300 МВт. На станціях з газовими турбінами комбінованого циклу електрична енергія виробляється газовими турбінами і спільною паровою турбіною. На одному валу з турбіною знаходиться генератор, який за рахунок обертання ротора виробляє електричний струм. Проходячи через газову турбіну (ГТ), продукти згоряння віддають лише частину своєї енергії і на виході з ГТ, коли їхній тиск вже близький до зовнішнього і робота не може бути ними вже виконана, все це мають високу температуру. З виходу газової турбіни продукти згоряння потрапляють в паросилову установку, в котел-утилізатор, де при нагріванні води утворюється пара. Температура продуктів згоряння є достатньою для того, щоб довести пару до стану, необхідного для використання в паровій турбіні (температура димових газів близько 500°C дозволяє отримувати перегріту пару при тиску близько 100 атмосфер). Парова турбіна приводить у дію другий електрогенератор (схема multi-shaft) [1]

Для того щоб дослідити, як саме веде себе газотурбінна установка при різних показниках повітря, та яким чином можна ефективно виробляти електроенергію нам необхідно отримати з неї показники, які впливають на ефективність виробленої енергії та знаходяться поза межами установки. У нашому випадку це показники температури навколишнього середовища, атмосферного тиску, відносної вологості повітря на вході, та показання тиску технологічної пари на виході. Такі експериментальні дані наведені в [2].

Для отримання показників з сенсорів розроблено програмне забезпечення на базі Arduino Uno та мови програмування C++. При виборі датчиків враховано граничний діапазон значень та умови роботи. Для отримання показників, таких як, температура і вологість навколишнього середовища обрано сенсор DHT-22, який проводить вимірювання температури від -40 до 80°C з точністю 0.5°C, та вологість 0-100% з похибкою 2-5% [3]. Для вимірювання атмосферного тиску обрано датчик BME280. Цей датчик є покращеною версією датчика BMP180 і відрізняється від нього меншими розмірами, зниженим енергоспоживанням, високою точністю роботи та наявністю точного заводського калібрування. Для вимірювання температури та тиску використаної пари було використано модуль MAX6675 з термопарою типу K який вимірює температуру від -20°C до +185°C. Для зчитування тиску було вибрано специфікацію Zerone 200 psi, серед схожих з тиском 30, 100, 200, 300, 500 psi, бо орієнтовний тиск у цьому модулі складає приблизно 150 psi [4].

Як альтернативний варіант передбачено отримання кліматичних показників з метеостанцій. При цьому можна отримувати дані не лише у реальному часі, а і використовувати прогнози, тим самим прогнозувати обсяг виробленої енергії на певний період.

Після підключення до середовища динамічного моделювання складних технічних систем та інструменту для модельно-орієнтованого проектування Matlab Simulink – Arduino UNO та ПЗ з

зчитування даних метеорологічних умов ми провели тестування системи. Як модель прогнозування використана нечітка бази знань Мамдані із 4-х правила. За даними з [2] сформована навчальна та тестова вибірки і проведено навчання моделі. Результати тестування показали добру збіжність модельних та експериментальних даних. Результати роботи, можна використовувати не лише для прогнозування виробництва електроенергії, але і для діагностики процесу його виробництва. Якщо матиме місце велике відхилення модельних показників від реальних, це можна розглядати як сигнал, що потрібно провести діагностику, знайти відповідь на питання чому обсяг виробленої електроенергії суттєво відрізняється від очікуваного.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Парогазовая установка [Електронний ресурс] — Режим доступу:  
<http://wikiorg.ru/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%B3%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F%D1%83%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D0%B0>
2. Tüfekci P. Prediction of full load electrical power output of a base load operated combined cycle power plant using machine learning methods // International Journal of Electrical Power & Energy Systems, Volume 60, 2014, P. 126-140.
3. Датчик вологості та температури DHT22 [Електронний ресурс] — Режим доступу:  
<https://arduino.ua/prod301-datchik-vlajnosti-i-temperatyri-dht22>
4. Pressure Transducer Sender Sensor, 1/8NPT Thread Stainless Steel Pressure Transducer for Oil Fuel Air Water(200PSI) [Електронний ресурс] — Режим доступу:  
<https://www.amazon.com/Pressure-Transducer-Sender-Sensor-Stainless/dp/B07KK6J3BH?th=1>

**Плющев Дмитро Олександрович** – студент 4 курсу, групи 2АКІТ-18б, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця. e-mail – [Pdima007@gmail.com](mailto:Pdima007@gmail.com)

**Штовба Сергій Дмитрович** - доцент кафедри комп'ютерних систем управління, д.т.н., професор, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [shtovba@vntu.edu.ua](mailto:shtovba@vntu.edu.ua)

**Plushchev Dmytro Oleksandrovich** - 4th year student, 2ACIT-18b group, faculty of intelligent information technologies and automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia. E-mail – [Pdima007@gmail.com](mailto:Pdima007@gmail.com)

**Shtovba Serhiy Dmytrovich**- associated professor at Computer Control Systems Department, DrSc, Professor Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [shtovba@vntu.edu.ua](mailto:shtovba@vntu.edu.ua)