



УДК 681.518.3:621.438.081

## ANALYSIS OF THE PROCESSES OF THE GAS TURBINE ELECTRICAL FUNCTIONING

### АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ГАЗОТУРБІННОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

Tolbatov A.V. / Толбатов А.В.

Ph.D., as.prof. / к.т.н., доцент

ORCID: 0000-0002-9785-9975

Smolyarov G.A. / Смоляров Г.А.

Ph.D., as. prof. / к.е.н., доцент

Yakovlev V.F. / Яковлев В.Ф.

Ph.D., prof. / к.т.н., проф.

Tolbatova O.O. / Толбатова О.О.

Sumy National Agrarian University,

Sumy, 160 Herasym Kondratiev, Sumy, 40021

Сумський національний аграрний університет,

Суми, вул. Герасима Кондратьєва, 160, 40021

Tolbatov V.A. / Толбатов В.А.

Ph.D, as.prof. / к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0002-6564-9658

Sumy state university,

Sumy, Rymkogo-Korsakova 2, 40007

Сумський державний університет,

м. Суми, Римського-Корсакова 2, 40007

**Анотація.** В статті проведено аналіз процесів функціонування нового об'єкта електроенергетики – газотурбінної електростанції як системи масового обслуговування, описано принципи її роботи та задачі функціонування її основних технічних систем.

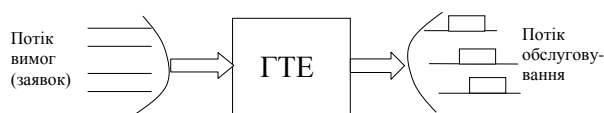
**Ключові слова:** газотурбінні електростанції, процес функціонування ГТЕ, потужність вироблення електроенергії, інформаційна технологія.

#### Вступ.

Енергетичні системи [1], [2], [3] відносять до класу складних технологічних систем. Сутність процесу функціонування газотурбінної електростанції (ГТЕ) полягає у перетворенні хімічної енергії газоподібного палива (в т.ч. біогазу з відновлювальних джерел) в електричну енергію, що видається споживачам. З технічної точки зору ГТЕ являє собою керований апаратно-програмний комплекс. Характеристиками процесу функціонування ГТЕ є потужність вироблення електроенергії, надійність роботи технічних підсистем, економічні показники експлуатації та ін. [4], [5], [6], [7].

#### Виклад основного матеріалу дослідження.

Ряд складних технічних систем, до яких відносять ГТЕ, при дослідженні їх роботи розглядають як системи масового обслуговування (СМО). Схема функціонування такої СМО:



**Рис. 1.** Процес функціонування ГТЕ як системи масового обслуговування



Дослідження ГТЕ як об'єкта класу СМО можливе у двох варіантах процесів функціонування [1], [2], [3], [4], [5], [6] які зазначимо як режими А і Б:

1. Режим А. Функціонування ГТЕ як одного з джерел електроенергії в єдиній енергосистемі. У такому режимі ГТЕ, як джерело малої потужності, працює з постійною в часі потужністю, при цьому потік вимог задовольняється без часової затримки. У цьому варіанті електростанція може містити декілька газотурбінних установок, що паралельно працюють.

2. Режим Б. Функціонування ГТЕ як автономного джерела електроенергії. У такому режимі потужність роботи ГТЕ є змінною в часі відповідно до потоку заяв споживачів. У цьому варіанті ГТЕ є автономною електростанцією зі змінним режимом навантаження для забезпечення електроенергією підприємств та житлових комплексів невеликих міст і селищ.

Під аналізом динаміки сигналів [1], [2], [4], [5], [6] розуміють сукупність процесів поточного, а іноді й довгострокового спостереження динаміки (виникнення, розвитку, змін) статистичних характеристик сигналів при дії перешкод на основі їх вимірювань, а саме при: аналізі процесів функціонування ГТЕ і визначенні сигналів контролю; розробці методу моделювання сигналів контролю параметрів функціонування ГТЕ; розробці математичних моделей сигналів і перешкод в інформаційних каналах ГТЕ, базуючись на фізичних процесах їх формування; імітаційному комп'ютерному моделюванні сигналів і перешкод та створенні відповідних баз даних; обробці результатів випробувань окремих вузлів та модулів ГТЕ; статистичній обробці даних вимірювань з метою оцінки ефективності управління роботою ГТЕ в різних режимах.

Для прикладу розглянемо роботу діючої ГТЕ потужністю 16 МВт (м. Суми, Україна). Очищене у повітроочисному пристрої від краплин вологи, снігу і пилу атмосферне повітря надходить у камеру згоряння газотурбінного двигуна НК-16СТ, у яку також подається паливний газ. Відбувається загоряння суміші, гарячі гази приводять в обертання турбіну двигуна. Турбіна через редуктор обертає ротор електрогенератора. Потужність, яка передана від двигуна на генератор, витрачається на вироблення електричної енергії.

Основні технічні характеристики ГТЕ: максимальна потужність приводного газотурбінного двигуна НК-16СТ – 19,2 МВт; номінальна електрична потужність електрогенератора – 16 МВт; розрахункова продуктивність ГТЕ з електроенергії – 134 млн. КВт•год/рік; режим роботи ГТЕ: а) годин за рік – 8160; б) днів роботи за рік – 340; в) годин на добу – 24.

Управління роботою ГТЕ [7] здійснюють її локальна система управління та діалогова система «оператор-характеристики роботи ГТЕ». ГТЕ є апаратно-програмною системою з великою кількістю підсистем, кожна з яких є об'єктом управління з належними йому інформаційно-вимірювальною підсистемою, локальною системою автоматичного керування, в яких використовуються сучасні інформаційні технології. На основі результатів проведеного аналізу ролі різних інформаційних сигналів, які відтворюють процеси функціонування ГТЕ були визначені такі сигнали, як сигнали контролю процесів функціонування ГТЕ: 1. Сигнал роботи є основним енергетичним продуктом функціонування ГТЕ і він формується на виході електрогенератора та



передається силовою енергетичною системою для використання. Відповідний інформаційний сигнал роботи електростанції формується засобами вимірювань із використанням електролічильників, передається каналами зв'язку, реєструється і накопичується у базі даних результатів роботи ГТЕ. 2. Вібраційне сигнальне поле комплексу газотурбінний двигун-електрогенератор формується дією значної кількості механізмів цього комплексу, а відповідний вібраційний інформаційний сигнал формується засобами вимірювань із використанням первинних вимірювальних перетворювачів – давачів прискорень. 3. Інформаційний сигнал управління регулятором подачі газу є одним з основних сигналів для забезпечення функціонування ГТЕ в заданому режимі, що формується в результаті порівняльного аналізу поточних у часі реальних даних вимірювань потужності роботи ГТЕ із заданим згідно з режимом графіком її вироблення. 4. В електронних системах передачі, перетворення, обробки інформаційних сигналів, які характеризують функціонування різних механізмів підсистем ГТЕ, формуються відповідні перешкоди, до яких традиційно відносять дробовий, тепловий та флікер-шуми, обумовлені тепловим шумом та дискретністю носіїв електричних зарядів.

#### **Висновки.**

1. Проведено аналіз процесів функціонування нового об'єкта електроенергетики – ГТЕ як системи масового обслуговування, описано принципи її роботи та задачі функціонування її основних технічних систем.

2. Результати аналізу інформаційного забезпечення роботи систем ГТЕ дозволили виділити сигнали контролю, які відображають основні процеси функціонування ГТЕ, що не були раніше використані для інформаційного забезпечення технологій і систем аналізу процесів функціонування та ефективної роботи ГТЕ, а саме: сигнали потужності роботи ГТЕ при заданих режимах; сигнали управління програмним регулятором подачі газу; вібраційні сигнали механічного комплексу газотурбінний двигун–електрогенератор; сигнали перешкод в електронних трактах систем вимірювань, передачі та обробки інформації; сигнали управління технологічним обладнанням.

3. Дослідження процесів функціонування ГТЕ проводились у двох заданих режимах роботи: режим А – функціонування ГТЕ як стабільного джерела електроенергії і відповідно стабільної потужності роботи в часі; режим Б – функціонування ГТЕ при змінній у часі (відповідно до заданого навантаження) потужності роботи.

#### **Література:**

1. Толбатов А.В. Інформаційна технологія аналізу динаміки процесів функціонування газотурбінної установки: автореф. дис. канд. техн. наук / А.В. Толбатов. – Вінниця, 2013. – 22 с.

2. Толбатов А.В. Методологія створення бази знань життєвого циклу автономних енергогенеруючих установок / А.В. Толбатов, В.А. Толбатов // Вісник Сумського державного університету. Техн. науки. – 2008. – №1. – С.140–146.

3. Мацюк О.В. Методологія статистичної обробки даних газоспоживання / О.В. Мацюк, М.В. Приймак, А.В. Толбатов // Розвідка та розробка нафтових і



газових рудовищ.–Івано-Франківськ, 2004.–№4.–С. 80–84.

4. Толбатов А.В. Розвиток та перспективи розширення предметної галузі використання інформаційної технології аналізу динаміки процесів функціонування газотурбінної електростанції / А.В. Толбатов, В.А. Толбатов // ScientificWorldJournal, Issue №14, Vol.3 (Yolnat PE, Minsk, 2017) – P.38–42.

5. Толбатов В.А. Научное окружение современного человека: Техника и технологии / [авт.кол.: И.Я.Львович, А.П.Преображенский, В.А.Толбатов, И.Ф.Червоный, О.Н.Чопоров и др.]. – Одесса: КУПРИЕНКО СВ, 2018 – 181 с.

6. Толбатов А.В. Инновационная наука, образование, производство и транспорт: Техника и технологии / Верховлюк А.М., Иванова Т.Н., Копей Б.В., Толбатов В.А., Толбатов А.В. и др. – Одесса: КУПРИЕНКО СВ, 2018 – 223 с.

7. Толбатов А.В. Удосконалення функціонування газотурбінної електростанції на основі інформаційної технології обробки даних при змінах навантажень / Г.А. Смоляров, А.В. Толбатов, В.Ф. Яковлев // Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. Технічні науки. Впуск 196 "Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України". – Харків: ХНТУСГ, 2018 – С. 83–85.

#### References:

1. Tolbatov A.V. Informacijna tehnologiya analizu dy`namiky` procesiv funkcionuvannya gazoturbinnoyi ustanovky` : avtoref. dy`s. kand. texn. nauk / A.V. Tolbatov.–Vinny`cya, 2013.– 22s.

2. Tolbatov A.V. Metodologiya stvorenniya bazy` znan` zhy`ttyevogo cy`klu avtonomny`x energogeneruyuchy`x ustanovok / A.V. Tolbatov, V.A. Tolbatov // Visny`k Sums`kogo derzhavnogo universy`tetu.Texn.nauky`.–2008.–№1.–S.140–146.

3. Masyuk O.V. Metodologiya staty`sty`chnoyi obrobky` dany`x gazospozhy`vannya / O.V. Masyuk, M.V. Pry`jmak, A.V. Tolbatov // Rozvidka ta rozrobka naftovy`x i gazovy`x rudovy`shh.–Ivano-Frankivs`k, 2004.–№4.–S. 80–84.

4. Tolbatov A.V. Rozvy`tok ta perspekty`vy` rozshy`rennya predmetnoyi galuzi vy`kory`stannya informacijnoyi tehnologiyi analizu dy`namiky` procesiv funkcionuvannya gazoturbinnoyi elektrostanciyi / A.V. Tolbatov, V.A. Tolbatov // ScientificWorldJournal, Issue №14, Vol.3 (Yolnat PE, Minsk, 2017) – P.38–42.

5. Tolbatov V.A. Nauchnoe okruzhenie sovremennogo cheloveka: Tehnika i tehnologii / [avt.kol. : I.Ya.Lvovich, A.P.Preobrazhenskiy, V.A.Tolbatov, I.F.Chervonyiy, O.N.Choporov i dr.]. – Odessa: KUPRIENKO SV, 2018 – 181 s.

6. Tolbatov A.V. Innovatsionnaya nauka, obrazovanie, proizvodstvo i transport: Tehnika i tehnologii / [avt.kol. : Verhovlyuk A.M., Ivanova T.N., Kopey B.V., Tolbatov V.A., Tolbatov A.V. i dr.]. – Odessa: KUPRIENKO SV, 2018 – 223 s.

7. Tolbatov A.V. Udoskonalennya funkcionuvannya gazoturbinnoyi elektrostanciyi na osnovi informacijnoyi tehnologiyi obrobky` dany`x pry` zminax navantazhen` / G.A. Smolyarov, A.V. Tolbatov, V.F. Yakovlev // Visny`k XNTUSG im. Petra Vasy`lenka. Texnichni nauky`. Vpusk 196 "Problemy` energozabezpechennya ta energozberezhennya V APK Ukrayiny` ". – Xarkiv: XNTUSG, 2018 – S. 83–85.

**Abstract.** The article analyzes the processes of functioning of a new object of electric power industry - gas turbine power station as a system of mass maintenance, describes the principles of its work and the tasks of functioning of its main technical systems.

**Key words:** gas turbine power plants, the functioning of the GTP, the power generation capacity, information technology.

© Толбатов А.В.