



УДК 681.518.3:621.438.081

РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ МОНІТОРИНГУ СИГНАЛІВ ОСНОВНИХ ПРОЦЕСІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ГАЗОТУРБІННОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

Смоляров Г.А., к.е.н.,

Толбатов А.В., к.т.н.

Сумський національний аграрний університет

Телефон: 0955001918, 0507103757.

Анотація - функціонування газотурбінних електростанцій потребує оптимального управління технологічним процесом і режимами роботи, що можливо на основі сучасних підходів з застосуванням інформаційних технологій. Дослідження дозволили уточнити основні параметри функціонування системи управління та принципи вибору інформаційної технології моніторингу сигналів основних процесів та запропонувати комплекс моделей інформаційних сигналів.

Ключові слова: газотурбінна електростанція, управління, моніторинг, інформаційна технологія.

Постановка проблеми. Утворення на сільських територіях сучасних великих тваринницьких ферм та птахофабрик приводить до накопичення біомаси, яку раціонально використовувати для синтезу біогазу. Цей ресурс дає можливість впровадження автономних газотурбінних електростанцій (ГТЕ), ефективність функціонування яких залежить від вирішення багатьох проблем, однією з яких є задача оптимального управління технологічним процесом і режимами роботи, що є складним завданням, рішення якого можливо тільки на основі сучасних підходів з застосуванням інформаційних технологій.

Аналіз останніх досліджень. Практика показує, що в більшості випадків реалізація інформаційних технологій носить стихійний характер, автоматизуються випадковим чином лише деякі процеси функціонування ГТЕ. Проте надзвичайно важливо мати стратегію їх реалізації, що автоматизувати і якими засобами. Неоптимальний вибір алгоритму управління ГТЕ може принести значні збитки та ускладнити процес впровадження або ж заставити переорієнтовувати, а в гіршому випадку, переробляти всю існуючу систему управління ГТЕ [1 – 10].

Як показали дослідження впровадження систем управління на основі сучасних інформаційних технологій дозволить підвищити ефе-



ктивність функціонування газотурбінної електростанції (ГТЕ) за рахунок оптимальної автоматизації процесів управління.

Мета статті. В процесі експлуатації ГТЕ виникає необхідність використання електростанції в новому режимі – автономної роботи. Таким чином, виникає практична необхідність наряду з функціонування ГТЕ в традиційному режимі максимальної потужності вироблення електроенергії, забезпечити вироблення електроенергії в автономному режимі. З цією метою проведені дослідження можливості застосування новітніх інформаційних технологій в управлінні ГТЕ

Основні матеріали дослідження. В основі системи автоматичного управління ГТЕ покладені інформаційні сигнали (ІС), які відповідають вимірюванням, контролю і діагностики параметрів та характеристик роботи підсистем електростанції. Ці ІС та результати обробки, протоколи випробувань зберігаються в пам'яті, складають інформаційне забезпечення (ІЗ) і разом з технічними та програмними засобами забезпечують беззупинний режим функціонування системи автоматичного управління. Дана система на основі програмного забезпечення реалізує інформаційну технологію процесу управління ГТЕ. Отже, для підвищення ефективності функціонування ГТЕ необхідно впровадження сучасної підсистеми моніторингу на базі інформаційних технологій, що можливе на основі формалізації процесів вимірювання, контролю і діагностики параметрів та характеристик роботи підсистем електростанції на основі математичного моделювання з застосуванням детермінованих і випадкових функцій, як одновимірних, так і багатовимірних.

Для забезпечення ефективної роботи ГТЕ в процесі експлуатації її система управління повинна контролювати наступні параметри функціонування:

- сигналів основних процесів функціонування ГТЕ;
- потужності процесу вироблення електроенергії;
- напруги процесу вироблення електроенергії;
- вібраційного сигналу «газова турбіна-електрогенератор»;
- перешкод інформаційних сигналів основних процесів функціонування ГТЕ;

На основі результатів проведених досліджень при обґрунтуванні вибору інформаційної технології моніторингу сигналів основних процесів функціонування ГТЕ [10] запропоновані наступні принципи:

1. Принцип узгодженості забезпечує реалізацію таким чином, що часткове знання роботи окремих складових інформаційної технології дає уяву про системність дій в цілому.

2. Принцип відповідності і ортогональності, тобто в інформаційну технологію включені лише ті завдання і функції, які відповідають суттєвим вимогам та є незалежними.



3. Принцип економічності і повноти означає, що в інформаційній технології не має дублювання функцій, а введені функції, з врахуванням технологічних і економічних обмежень, максимально повно відповідають потребам впровадження ІТ-технологій в промислове виробництво.

4. Принцип відкритості вимагає відповідність стандартам (в тому числі: міжнародним, державним, промисловим та фактично діючим), сумісність з іншими системами, універсальність (можливість з мінімальними витратами перенести технологію на нову технічну платформу) та масштабованість.

При цьому вся множина ІС поділена на два класи. До першого класу відносяться сигнали, які забезпечують виконання задач: обробки технологічної інформації; оперативного представлення інформації; формування бази даних вимірюваних значень і стану технологічних параметрів виконавчих механізмів, архіву; передачі інформації на центральний диспетчерський пункт електричних мереж. До другого класу відносяться сигнали, які забезпечують виконання задач: оперативного контролю і керування основними і допоміжними системами; автоматичного регулювання основних технологічних параметрів ГТЕ; автоматичного пуску установки по сигналах оператора; аварійної зупинки установки як по сигналам захисту, так і по команді оператора; автоматичної підтримки заданих режимів роботи генератора.

Сучасні інформаційні технології базуються на використанні двох основних складових:

- нових сучасних апаратурних рішеннях та їх технічної реалізації;
- нових моделей та методів інформаційного забезпечення.

Застосування будь-якої з таких складових, як правило, не дає необхідного підвищення ефективності функціонування ГТЕ. Тому у більшості випадків тільки спільне використання одночасно двох складових дає необхідний ефект.

У даній роботі досліджується апаратний комплекс – газотурбінна електростанція вироблення електроенергії. В процесі експлуатації ГТЕ виникла необхідність використання електростанції в новому режимі – автономної роботи. Таким чином виникла практична необхідність впровадити ряд інформаційних технологій для забезпечення вироблення електроенергії в автономному режимі.

Зупинимось більш детально на обґрунтуванні моделей інформаційних сигналів функціонування ГТЕ у вказаних двох режимах:

- а) в системі електромережі;
- б) автономного енергозабезпечення.

В якості основних моделей для інформаційних сигналів процесу потужності вироблення електроенергії та вібраційного сигналу «газо-



ва турбіна-електрогенератор», а також завод в електронних системах передачі, вимірювань та обробки інформаційних сигналів запропоновано використовувати модель лінійного випадкового процесу виду і вказані всі переваги такого використання

$$\xi(\omega, t) = \int_0^{\infty} \varphi(\tau, t) \eta'(\omega, \tau) d\tau, \quad (1)$$

де $\varphi(\tau, t)$ – імпульсна перехідна функція лінійного формуючого фільтра;
 $\eta'(\omega, \tau)$ – відповідний випадковий процес білого шуму.

При розв'язку широкого кола практичних задач клас лінійних випадкових процесів включає різні комбінації з не випадковими функціями [4 – 6]. Така комбінація буде використана при обґрунтуванні математичних моделей процесу потужності вироблення електроенергії конкретної ГТЕ в указаних режимах.

Режим А. При роботі досліджуваної ГТЕ в системі електромереж на основі результатів робіт [1 – 3] будемо використовувати в класі лінійних випадкових процесів періодичний з періодом $T_0=24$ години процес виду

$$\zeta(\omega, t) = c(t) + \xi(\omega, t), \omega \in \Omega, t \in T, \quad (2)$$

де $c(t)$ - періодична з періодом $T_0=24$ години детермінована функція;

$\xi(\omega, t)$ - стаціонарний лінійний випадковий процес, для якого має місце виконання статистичної гіпотези ергодичності відносно математичного сподівання.

При обґрунтуванні моделі (2) були використані результати попередньої статистичної обробки даних вимірювань добових реалізацій потужності вироблення електроенергії.

Режим Б. При роботі досліджуваної ГТЕ в автономному режимі модель потужності вироблення електроенергії описується у вигляді

$$v(\omega, t) = \zeta(\omega, t) \cdot z(\omega_1, t), \omega = (\omega, \omega_1), t \in T, \quad (3)$$

де $\zeta(\omega, t)$ - випадковий процес виду (2) – періодичний з періодом $T_0=24$ години лінійний випадковий процес;

$z(\omega_1, t)$ - випадковий процес управління потужністю вироблення електроенергії.

Випадковий процес $z(\omega_1, t)$ має загальний вид, конкретизація якого в кожному випадку є специфічною і визначається характером



об'єкту споживання електроенергії. До загальних властивостей процесу $z(\omega_1, t)$ належать наступні:

- процес $z(\omega_1, t)$ є нормованим, тобто його область значень $z(\omega_1, t) \in (0, 1)$;
- в моделі (3) процес $z(\omega_1, t)$ є безрозмірним.

В якості прикладу процесу $z(\omega_1, t)$ можна використати результати роботи [3], в якій вирішується завдання математичного моделювання на основі статистичних методів обробки даних вимірювань в задачах моніторингу електронавантаження електроспоживача.

Для обґрунтування моделі напруги процесу вироблення електроенергії наведемо математичну модель напруги виробленої ГТЕ електроенергії на основі аналізу результатів праць [7 – 9] у вигляді виразу

$$U(\omega, t) = \{(A_0 + \xi_1(\omega))\cos[2\pi(f_0 + \xi_2(\omega)t + \xi_3(\omega))]\}, \omega \in \Omega, t \in T, \quad (4)$$

де відповідні випадкові величини характеризують випадковий характер зміни: $\xi_1(\omega)$ - амплітуди, $\xi_2(\omega)$ - частоти, $\xi_3(\omega)$ - початкової фази.

На основі використання моделі (4) характеристики якості виробленої електроенергії визначаються методами статистичної обробки даних вимірювань.

Для обґрунтування моделі **вібраційного сигналу «газова турбіна-електрогенератор»** опишемо такий інформаційний сигнал стаціонарним лінійним випадковим процесом виду

$$\xi(\omega, t) = \int_0^{\infty} \varphi(t - \tau)\eta'(\omega, \tau)d\tau, \quad (5)$$

Моделі перешкод інформаційних сигналів основних процесів функціонування ГТЕ також описуються стаціонарними лінійними випадковими процесами виду (5) для кожного конкретного виду перешкод обґрунтування виду ядра $\varphi(t)$ - як імпульсної перехідної функції формуючого лінійного з постійними в часі параметрами фільтру, а також характеристики породжуючого стаціонарного білого шуму $\eta'(\omega, t)$.

Висновки

Проведені дослідження, показали, що формалізація процесів вимірювання, контролю і діагностики параметрів та характеристик роботи підсистем ГТЕ на основі математичного моделювання дозволяє вдосконалити управління ГТЕ.

Наведені математичні моделі підтверджують можливість управління функціонуванням ГТЕ, а реалізація запропонованих моделей створить певну послідовність дій, при виконанні якої отримаємо необхідну інформацію щодо моніторингу сигналів основних процесів



роботи ГТЕ, що підвищить ефективність її експлуатації.

Список використаних джерел

1. *Толбатов А. В.* Інформаційний моніторинг газотурбінних електростанцій / *А. В. Толбатов* // IX Міжнародна науково-технічна конференція “АВІА-2009”. – К. : НАУ, 2009. – С. 3.70–3.72.
2. *Толбатов А. В.* Аналіз перетворень електронних сигналів у лінійних і нелінійних трактах інформаційного моніторингу функціонування газотурбінної електростанції / *А. В. Толбатов* // X Міжнародна науково-технічна конференція “АВІА-2011”. – К. : НАУ, 2011. – С. 3.52–3.55.
3. *Толбатов А. В.* Моніторинг інформаційних процесів як складова частина функціонування газотурбінної електростанції / *А. В. Толбатов* // Комп’ютерний моніторинг та інформаційні технології : матеріали V науково-технічної конференції. – Донецьк : ДонНТУ, 2009. – С. 374–376.
4. *Толбатов А. В.* Аналіз графіків енергонавантажень електростанцій за даними спостережень / *А. В. Толбатов* // Тези науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студентів фізико-технічного факультету. – Суми : СумДУ, 2005. – С. 69–71.
5. *Толбатов А. В.* Система управління газотурбінної електростанцією на базі обладнання GE Fanuc / *А. В. Толбатов* // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – Хмельницький, 2008. – № 1. – С. 72–75.
6. *Толбатов А. В.* Методологія створення бази знань життєвого циклу автономних енергогенеруючих установок / *А. В. Толбатов, В. А. Толбатов* // Вісник Сумського державного університету. Серія Технічні науки. – 2008. – № 1. – С. 140–146.
7. *Марченко Н. Б.* Статистичний аналіз процесу вироблення електроенергії автономними газотурбінними електростанціями / *Н. Б. Марченко, А. В. Толбатов, Т. Л. Щербак* // Моделювання та інформаційні технології : зб. наук. праць / ПІМЕ НАН України. – К. : ПІМЕ НАН України, 2012. – Вип. 64. – С. 14–21.
8. *Толбатов А. В.* Стохастична ритмічна модель навантаження енергогенеруючих установок / *А. В. Толбатов, В. Д. Черв’яков, Т. Л. Щербак* // Вісник національного технічного університету “ХПІ”. Тематичний випуск “Нові рішення в сучасних технологіях”. – Харків : НТУ “ХПІ”, 2005. – № 57. – С. 104–112.
9. *Толбатов А. В.* Методологія створення автоматизованих систем керування / *А. В. Толбатов, В. Д. Черв’яков, Т. Л. Щербак* // Вісник Сумського державного університету. Серія Технічні науки. – 2005. – № 9 (81). – С. 124–130.
10. *Черв’яков В. Д.* Елементи інформаційної технології обробки даних при функціонуванні газотурбінної електростанції /



В. Д. Черв'яков, В. А. Толбатов, А. В. Толбатов // Контроль і управління в складних системах (КУСС–2012) : тези доповідей XI Міжнародної конференції (Вінниця, 9–11 жовтня 2012 року). – Вінниця : ВНТУ, 2012. – С. 109–110.

**РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ
МОНИТОРИНГА СИГНАЛОВ ОСНОВНЫХ
ПРОЦЕССОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
ГАЗОТУРБИННОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ**

Смоляров Г.А., Толбатов А.В.

Аннотация - функционирование газотурбинных электростанций требует оптимального управления технологическим процессом и режимами работы, что возможно на основе современных подходов с применением информационных технологий. Исследования позволили уточнить основные параметры функционирования системы управления и принципы выбора информационной технологии мониторинга сигналов основных процессов, разработать комплекс моделей информационных сигналов.

**INFORMATION TECHNOLOGY DEVELOPMENT
MONITORING SIGNALS BASIC PROCESSES
OPERATION POWER GAS TURBINE**

G. Smolyarov, A. Tolbatov

Summary

Functioning gas turbine power requires optimum process control and operating modes that perhaps based on modern approaches to using information technology. Studies have clarified the basic parameters of the system management and information technology choice principles monitor signals of the basic processes and the complex of models of information signals.