

МЕТОД МОДЕЛЮВАННЯ СИГНАЛІВ КОНТРОЛЮ ФУНКЦІОНУВАННЯ ГАЗОТУРБІННОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ РОЗРОБКИ НОВИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Проведено розробку методу моделювання сигналів контролю функціонування газотурбінної установки (ГТУ). Отримані результати використання базових положень методу моделювання сигналів контролю процесів функціонування ГТУ використовувалися для вирішення задачі формування сигналу управління програмним регулятором подачі палива (газу) за експериментальними даними вимірювання потужності роботи ГТУ і температури зовнішнього повітря. Результати аналізу моделювання сигналів контролю процесів функціонування досліджуваної системи дають можливість розробляти нові інформаційні технології.

Ключові слова: газотурбінна установка, інформаційна технологія, інформаційне забезпечення, інформаційний канал, сигнал контролю, програмний регулятор.

A.V. TOLBATOV

Sumy National Agrarian University

CONTROL SIGNALS MODELING METHOD OF THE GAS TURBINE PLANT FUNCTIONING FOR NEW INFORMATION TECHNOLOGIES DEVELOPMENT

The control signals modeling method of the gas turbine plant (GTP) functioning has been developed. The results of the GTP operations control signals modeling have been used to form control signal of the fuel (gas) supply software controller based on the experimental data of the GTP capacity and outside temperature. New information technologies can be developed based on the results of the control signals modeling method.

Key words: gas turbine power plant, information technology, information supply, information channel, control signal, software controller.

Вступ

За останній період у вирішенні проблем енергетики все більшу роль відіграють об'єкти малої енергетики – автономні електростанції малої потужності. Розвиток таких електростанцій відбувається більш інтенсивно порівняно з розвитком традиційних потужних електростанцій. Це обумовлено рядом факторів, а саме: більш високим коефіцієнтом корисної дії, більш короткими часовими термінами будівництва, використанням типових конструкцій та модулів при створенні електростанцій, кращими екологічними показниками.

Енергетичні системи відносять до класу складних технологічних систем. Такому ж загальному визначенню відповідають і газотурбінні установки (ГТУ). Сутність процесу функціонування ГТУ полягає у перетворенні хімічної енергії газоподібного палива в електричну енергію, що видається споживачам. З технічної точки зору ГТУ являє собою керований апаратно-програмний комплекс. Характеристиками процесу функціонування ГТУ є потужність вироблення електроенергії, надійність роботи технічних підсистем, економічні показники експлуатації та ін. [1, 2].

Постановка задачі

Базові положення методу моделювання сигналів вимірювального контролю, результати розробки моделей потужності роботи ГТУ та перехід в інформаційних каналах системи управління ГТУ, процесу формування сигналу управління програмним регулятором подачі газу дають можливість сформулювати в цілому метод моделювання досліджуваних сигналів і визначити послідовні етапи його використання.

Основна частина

Створення інформаційної технології аналізу динаміки процесів функціонування такого складного енерготехнологічного об'єкта, як ГТУ, потребує насамперед розробки методу побудови конструктивних моделей сигналів вимірювального контролю параметрів поточного стану технічних підсистем даного об'єкта і техніко-економічних характеристик функціонування об'єкта в цілому.

Необхідність розробки методу моделювання інформаційних сигналів контролю процесів функціонування ГТУ обумовлена такими обставинами:

- відомі методи моделювання інформаційних сигналів не враховують одночасної дії великої кількості випадкових факторів при формуванні сигналів, які відтворюють основні характеристики процесу функціонування ГТУ;
- для основного сигналу – потужності роботи ГТУ характерні нестационарність, періодичність і випадковість дії внутрішніх та зовнішніх факторів;
- відомі методи неповною мірою використовують експериментальні дані вимірювань досліджуваних сигналів.

Тому для розробки методу моделювання інформаційних сигналів контролю функціонування ГТУ прийняті такі базові положення [3–5]:

- метод повинен базуватися на використанні основ теорії випадкових процесів, математичної статистики, теорії вимірювань та цифрової обробки сигналів при розв'язуванні конкретних задач моделювання досліджуваних сигналів;
- під час аналізу динаміки досліджуваних сигналів необхідно використовувати експериментальні

дані вимірювань цих сигналів;

- розроблені моделі сигналів повинні бути адаптовані до специфіки режимів роботи конкретної ГТУ та враховувати особливості кліматичної зони її застосування;
- при використанні методу створюється інформаційне забезпечення як сукупність даних зі статистичної обробки сигналів, комп'ютерного моделювання їх реалізацій і використання результатів досліджень для формування відповідних сигналів управління ГТУ.

Під аналізом динаміки сигналів функціонування ГТУ 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 [6–11]:

- аналізі процесів функціонування ГТУ і визначенні сигналів контролю;
- розробці методу моделювання сигналів контролю параметрів функціонування ГТУ;
- розробці математичних моделей сигналів і перешкод в інформаційних каналах ГТУ, 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 ГТУ;
- статистичній обробці даних вимірювань з метою оцінки ефективності управління роботою ГТУ в різних режимах.

Розробка методу моделювання сигналів контролю функціонування ГТУ.

1. Предметні галузі використання методу моделювання сигналів контролю, які відтворюють процеси функціонування ГТУ, є областями досліджень технічних систем, у першу чергу складних апаратно-програмних комплексів.

2. Сутність методу моделювання сигналів контролю процесів функціонування ГТУ може бути подана таким комплексом його положень:

2.1. До класу моделей досліджуваних сигналів, розробка яких базується на результатах статистичного аналізу динаміки, даних вимірювань сигналів, належать випадкові функції, число аргументів яких більше за два. Такі функції в теорії випадкових функцій мають назву випадкових полів. Загальний клас випадкових полів конкретизується для даного методу виконанням таких умов:

- випадкова функція $\xi_t(\omega, t)$ при всіх інших фіксованих аргументах має математичне сподівання $\mathbf{M} \{ \xi_t(\omega, t) \}$, так званий тренд, як періодичну функцію часу t :

$$\mathbf{M} \{ \xi_t(\omega, t) \} = \mathbf{M} \left\{ \xi_{t+T_0}(\omega, t+T_0) \right\}, \quad (1)$$

- для даного випадку період $T_0 = 24$ години і визначається циклічним обертанням Землі навколо своєї осі;

- випадкова функція $\xi_{T^0}(\omega, T^0)$ при всіх інших фіксованих аргументах має математичне сподівання як функцію температури T^0C зовнішнього повітря при функціонуванні ГТУ;

- найбільш складна модель потужності роботи ГТУ описується випадковою функцією $\xi(\omega, T^0, t)$, де дія всіх інших стохастичних факторів еквівалентно визначається випадковими подіями $\omega \in \Omega$ з простору елементарних подій Ω ;

- на основі розробки моделі потужності роботи ГТУ визначається процес формування сигналу управління програмним регулятором подачі газу.

2.2. При статистичному аналізі даних вимірювань сигналів контролю функціонування ГТУ використовується ряд способів реалізації методів статистичної обробки часових рядів:

- статистична обробка даних вимірювань як реалізацій нестационарних періодичних випадкових процесів. При обчисленні статистичних оцінок математичного сподівання, дисперсії, одновимірної щільності розподілу ймовірностей (гістограм) як функцій часу використовується спосіб усереднення ансамблю реалізацій при фіксованому часі;

- на основі використання методу статистичних гіпотез про однорідність статистик і відповідних статистичних критеріїв прийняття рішень для даного випадку t -критерію Стьюдента і F -критерію Фішера із загального обсягу даних вимірювань формуються синхронізовані за часом реалізації, які належать одному періодичному нестационарному процесу;

- для функціонального опису отриманих статистичних оцінок, у першу чергу математичного сподівання, використовується метод найменших квадратів як відповідний метод апроксимації отриманих експериментальних даних;

- для кожного сигналу контролю процесів функціонування ГТУ обчислюється довірчий інтервал із заданою ймовірністю, як правило, $p=0,95$ для визначеного закону розподілу.

2.3. Загальна математична модель потужності роботи ГТУ розробляється на основі виконання положень 2.1 і 2.2 у вигляді складової випадкової функції

$$\xi(\omega, T^0, t) = \sum_{j=1}^m \eta_j(\omega, T_j^0, \Delta t_j, t), t \in [0, nT_0] \quad (2)$$

тобто є випадковою функцією трьох аргументів (змінних), а саме ω - випадкової події з простору випадкових подій $\omega \in \Omega$; часу t , заданого на інтервалі спостереження $t \in [0, nT_0]$, і температури $T^o C \in [T_{\min}^o, T_{\max}^o]$, де, враховуючи кліматичні зони України та СНД, $T^o C \in [-40^o C, 40^o C]$.

2.4. На основі моделі експериментальних даних вимірювань, прогнозованих добових значень потужності роботи розробляється алгоритм формування сигналу управління програмним регулятором подачі газу.

2.5. Для сигналів контролю процесів функціонування ГТУ визначаються довірчі інтервали із заданою ймовірністю для забезпечення апаратно-програмних операцій.

3. Структурна схема реалізації методу моделювання сигналів контролю процесів функціонування ГТУ наведена на рис. 1.

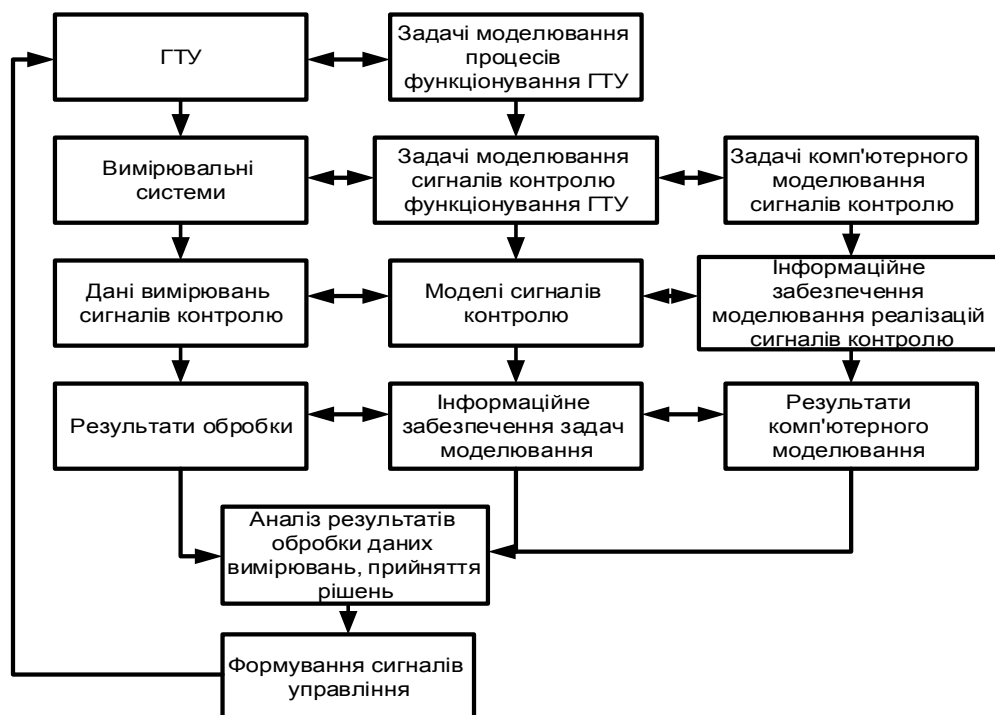


Рис. 1. Структурна схема реалізації методу моделювання сигналів контролю процесів функціонування ГТУ

4. На основі методу моделювання сигналів контролю функціонування для конкретної діючої ГТУ створюється відповідне інформаційне забезпечення інформаційної технології аналізу динаміки процесів її функціонування для забезпечення надійної та ефективної роботи у заданих режимах та різних кліматичних зонах.

5. Наведемо послідовність етапів використання методу моделювання сигналів контролю функціонування досліджуваної системи.

Етап 1. За результатами аналізу процесів функціонування системи визначається перелік сигналів контролю, які відтворюють основні процеси, визначаються фактори впливу на функціонування системи.

Етап 2. На основі використання вимірювальних засобів формуються бази даних вимірювань значень сигналів контролю, за необхідності формуються бази даних вимірювань особливих факторів впливу.

Етап 3. Розробляється програма попередньої статистичної обробки даних вимірювань кожного конкретного сигналу контролю з метою визначення класу моделі сигналу і функціональних залежностей від основних факторів його формування.

Етап 4. Розробляється модель сигналу контролю, визначаються її основні характеристики, розробляються алгоритми, програмне забезпечення статистичної обробки даних вимірювань сигналу з метою експериментального підтвердження його характеристик.

Етап 5. На основі отриманих результатів статистичної обробки даних вимірювань сигналу контролю приймається рішення про адекватність моделі експериментальним даним.

Враховуючи високу вартість природного газу та дефіцит електроенергії в Україні при впровадженні на діючий ГТУ запропанованого автором методу моделювання сигналів контролю функціонування установки з розробкою новітніх інформаційних технологій та відповідного апаратно-програмного забезпечення газотурбінна установка матиме можливість працювати на біогазі який є відновлювальним джерелом, а сировини для його видобутку вдосталь у сільгосподарствах.

Висновки

Подані базові положення розробленого методу моделювання інформаційних сигналів контролю процесів функціонування ГТУ з урахуванням нестационарності у часі, добової періодичності та випадкового

характеру впливу багатьох факторів.

Результати аналізу моделювання сигналів контролю процесів функціонування досліджуваної системи дають можливість розробляти нові інформаційні технології для забезпечення надійної та ефективної роботи системи.

Література

1. Толбатов А.В. Алгоритм формування сигналу управління програмним регулятором подачі палива для газотурбінної установки / А.В. Толбатов // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. Хмельницький.-2014.-№4 С.64-67.
2. Гордеев В. И. Расчеты электропотребления с применением теории массового обслуживания / В. И. Гордеев, Э. И. Славенко // Электричество. – 1987. – № 5. – С. 31–35.
3. Дубовой В. М. Модели прийняття рішень в управлінні розподіленими динамічними системами : монографія / В. М. Дубовой, О. О. Ковалюк. – Вінниця : Універсум-Вінниця, 2008. – 185 с.
4. Дубовой В. М. Оптимізація підсистем збору даних АСУТП в умовах комбінованої невизначеності : монографія / В. М. Дубовой, О. Д. Никитенко. – Вінниця : Універсум-Вінниця, 2011. – 169 с.
5. Дубовой В. М. Використання методу оцінювання в задачах інваріантного управління / В. М. Дубовой, Т. О. Голубева // Вісник ВПІ. –2007. – № 1. – С. 5–9.
6. Марченко Н. Б. Статистичний аналіз процесу вироблення електроенергії газотурбінними електростанціями / Н. Б. Марченко, А. В. Толбатов, Т. Л. Щербак // Електроніка та системи управління. – К. : НАУ, 2012. – № 2. – С. 130–137.
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 / ІПМЕ НАН України. – К. : ІПМЕ НАН України, 2012. – Вип. 64. – С. 14–21.
8. Толбатов А. В. Передумови створення інтегрованого інформаційного середовища для промислових підприємств / А. В. Толбатов, В. А. Толбатов, С.В. Толбатов // Матеріали та програма науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студентів факультету електроніки та інформаційних технологій. – Суми : Вид-во СумДУ, 2010. – С. 42–43.
9. 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.
10. Толбатов А. В. Формування сигналу управління регулятором подачі газу за даними вимірювання потужності вироблення електроенергії / А. В. Толбатов // Матеріали та програма науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студентів факультету електроніки та інформаційних технологій. – Суми : Вид-во СумДУ, 2010. – С. 48.
11. Толбатов А. В. Задачі аналізу функціонування автоматизованої системи управління технологічним процесом / А. В. Толбатов // Тези науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студентів фізико-технічного факультету. – Суми : СумДУ, 2003. – С. 53–55.

References

1. Tolbatov A.V. Alhorytm formuvannya syhnalu upravlinnya prohramnym rehulyatorom podachi palyva dlya hazoturbinoi ustanovky / A.V. Tolbatov // Vymiryval'na ta obchyslyval'na tekhnika v tekhnolohichnykh protsesakh. Khmel'nyts'kyy.-2014.-№4 S.64-67.
2. Gordeev V. I. Raschety elektropotrebleniya s primeneniem teorii massovogo obsluzhivaniya / V. I. Gordeev, E. I. Slavenko // Elektrichestvo. – 1987. – № 5. – S. 31–35.
3. Dubovoy V. M. Modeli pryynyattya rishen' v upravlinni rozpodilenyi dynamichnyimi systemami : monohrafiya / V. M. Dubovoy, O. O. Kovalyuk. – Vinnytsya : Universum-Vinnytsya, 2008. – 185 s.
4. Dubovoy V. M. Optymizatsiya pidsystem zboru danykh ASUTP v umovakh kombinovanoi nevyznachenosti : monohrafiya / V. M. Dubovoy, O. D. Nykytenko. – Vinnytsya : Universum-Vinnytsya, 2011. – 169 s.
5. Dubovoy V. M. Vykorystannya metodu otsinyuvannya v zadachakh invariantnoho upravlinnya / V. M. Dubovoy, T. O. Holubyeva // Visnyk VPI. –2007. – № 1. – S. 5–9.
6. Marchenko N. B. Statystychnyy analiz protsesu vyroblenniya elektroenerhiyi hazoturbinnymi elektrostantsiyami / N. B. Marchenko, A. V. Tolbatov, T. L. Shcherbak // Elektronika ta systemy upravlinnya. – K. : NAU, 2012. – № 2. – S. 130–137.
7. Marchenko N. B. Statystychnyy analiz protsesu vyroblenniya elektroenerhiyi avtonomnyimi hazoturbinnymi elektrostantsiyami / N. B. Marchenko, A. V. Tolbatov, T. L. Shcherbak // Modelyuvannya ta informatsiyni tekhnolohiyi : zb. nauk. prats' / IPME NAN Ukrainy. – K. : IPME NAN Ukrainy, 2012. – Vyp. 64. – S. 14–21.
8. Tolbatov A. V. Peredumovy stvorenniya intehrovanoho informatsiynoho sere dovishcha dlya promyslovykh pidpryyemstv / A. V. Tolbatov, V. A. Tolbatov, S.V. Tolbatov // Materialy ta prohrama naukovy-tekhnichnoyi konferentsiyi vykladachiv, spivrobitnykiv, aspirantiv i studentiv fakul'tetu elektroniky ta informatsiynykh tekhnolohiy. – Sumy : Vyd-vo SumDU, 2010. – S. 42–43.
9. Tolbatov A. V. Informatsiynyy monitorynh hazoturbinnnykh elektrostantsiy / A. V. Tolbatov // IX Mizhnarodna naukovy-tekhnichna konferentsiya “AVIA-2009”. – K. : NAU, 2009. – S. 3.70–3.72.
10. Tolbatov A. V. Formuvannya syhnalu upravlinnya rehulyatorom podachi hazu za danymi vymiryuvannya potuzhnosti vyroblenniya elektroenerhiyi / A. V. Tolbatov // Materialy ta prohrama naukovy-tekhnichnoyi konferentsiyi vykladachiv, spivrobitnykiv, aspirantiv i studentiv fakul'tetu elektroniky ta informatsiynykh tekhnolohiy. – Sumy : Vyd-vo SumDU, 2010. – S. 48.
11. Tolbatov A. V. Zadachi analiza funktsionirovaniya avtomatizirovannoy sistemy upravleniya tehnologicheskim protsessom / A. V. Tolbatov // Tezi naukovy-tekhnichnoyi konferentsiyi vykladachiv, spivrobitnikiv, aspirantiv i studentiv fiziko-tekhnichnoho fakultetu. – Sumy : SumDU, 2003. – S. 53–55.

Рецензія/Peer review : 22.1.2015 р.

Надрукована/Printed :24.1.2015 р.

Стаття рецензована редакційною колегією