

marketability. Concerning the technical specification, there is hardly any long term experience available yet and OEM knowledge can often only be considered as indicative. It is therefore important to verify the available information with respect to real-world operating situations. First testings of the electric scooter have shown the need of a precise range prediction. The hilly roads in Reutlingen lead to a high power consumption which results, especially while driving with partially discharged batteries, in a considerable breakdown of the battery voltage. This pretends an almost empty battery, although its capacity is still sufficient for driving several kilometers. An additional problem is the charger's lack of protection against environmental influences, which does not allow for outdoor charging.

#### REFERENCES

1. Guarnieri, Massimo (2011): When Cars Went Electric, Part One [Historical]. In *IEEE Ind. Electron. Mag* 5 (1), pp. 61–62.
2. Thomas Helfrich (2011): Lohner Porsche Elektromobil - Seiner Zeit voraus. Available online at <http://www.autowallpaper.de/Wallpaper/Porsche/Lohner-Porsche-Elektromobil/Lohner-Porsche-Elektromobil.htm>, updated on 6/05/2011, checked on 7/06/2011.
3. Oscar van Vliet; Anne Sjoerd Brouwer; Takeshi Kuramochi; Machteld van den Broek; André Faaij (2011): Energy use, cost and CO<sub>2</sub> emissions of electric cars. In *Journal of Power Sources* 196 (4), pp. 2298–2310.
4. Christian Thiel; Adolfo Perujo; Arnaud Mercier (2010): Cost and CO<sub>2</sub> aspects of future vehicle options in Europe under new energy policy scenarios. In *Energy Policy* 38 (11), pp. 7142–7151.
5. Reed T. Doucette; Malcolm D. McCulloch (2011): Modeling the CO<sub>2</sub> emissions from battery electric vehicles given the power generation mixes of different countries. In *Energy Policy* 39 (2), pp. 803–811.
6. Der neue Mitsubishi i-MiEV (2011). Available online at <http://www.imiev.de/>, updated on 31/03/2011, checked on 30/05/2011.
7. Roadster Features and Specifications | Tesla Motors (2011). Available online at <http://www.teslamotors.com/roadster/specs>, updated on 30/05/2011, checked on 30/05/2011.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Ткачовим В.В.  
Надійшла до редакції 21.05.11*

УДК 622.691.4.052.012

© М.І. Горбійчук, І.В. Щупак

### **КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНИХ АГРЕГАТІВ**

Зроблено обґрунтування вибору методу розбиття просторів показників технічних станів окремих вузлів газоперекачувальних агрегатів на класи із застосуванням штучних нейронних мереж, удосконалено метод побудови меж між класами, розроблено відповідне програмне забезпечення, яке інтегроване в існуючу систему контролю та управління газоперекачувальними агрегатами природного газу.

Сделано обоснование выбора метода разбивки пространств показателей технических состояний отдельных узлов газоперекачивающих агрегатов на классы с применением искусственных нейронных сетей, усовершенствован метод построения границ между классами, разра-

ботано соответствующее программное обеспечение, которое интегрировано в существующую систему контроля и управления газоперекачивающими агрегатами природного газа.

The ground is done of choice of method of laying out of spaces of indexes of technical states of separate knots of the aggregates gazoperekachivayushih over on classes with the use of artificial neuron networks, a method is improved of construction of scopes between classes, the proper software is developed, which is integrated in the existing checking system and management by the aggregates gazoperekachivayushimi over of natural gas.

**Постановка задачі.** Технічне діагностування передбачає визначення технічного стану об'єкта із заданою точністю. Якщо об'єктом діагностування є газоперекачувальний агрегат (ГПА), то для визначення його технічного стану широко застосовують штучні нейронні мережі. У роботі [1] нейронні мережі використані для виявлення відмов лопаток газових турбін.

Автори роботи [2] розробили інтелектуальну комп'ютерну програму діагностування продуктивності газової турбіни з використанням штучних нейромереж. Аналіз відмов ГПА можна проводити, використовуючи метод аналізу шляху газу [3]. До інших методів діагностування можна віднести аналіз масел і шлаків, моніторинг вібрації та моніторинг залишкового ресурсу газової турбіни.

Ефективний контроль технічного стану ГПА можна забезпечити, об'єднавши декілька методів, що у своїй сукупності забезпечать найбільш обумовлений і ймовірний результат.

Таким чином, метою даної роботи є розроблення методології, спираючись на яку можна було б оцінювати технічний стан не тільки окремих вузлів, але й його технічний стан у цілому.

**Вирішення задачі.** Суть методу, що розглядається у наступному. Для певної частини чи вузла ГПА формуються показники їх технічного стану. З плином часу ці сформовані показники змінюють своє значення внаслідок деградації робочих органів ГПА. Якщо побудувати простори параметрів технічних станів, то значення таких параметрів утворять класи, які будуть відповідати різним станам окремих вузлів чи частинам ГПА. Допустимо, що кожний вузол чи частина характеризується  $s_i^{(j)}$  станами ( $i$  - номер стану;  $j$  - номер вузла чи частини ГПА), які у просторі параметрів утворюють певні класи. Присвоїмо кожному класу певний рейтинг  $r_i^{(j)}$ , значення якого будуть характеризувати технічний стан вузла чи частини ГПА. Нехай у певний момент часу параметри, що характеризують технічний стан вузла чи частини ГПА, у просторі технічних станів відображаються точкою  $\bar{P}^{(j)}$ . У певний період експлуатації ГПА кожній точці  $\bar{P}^{(j)}$  поставимо у відповідність певний рейтинг  $r^{(j)}$ . Тоді інтегральна оцінка технічного стану ГПА буде визначатись наступним чином:

$$R = r_i^{(1)} + r_k^{(2)} + \dots + r_l^{(M)},$$

де  $M$  - кількість агрегатів (вузлів) ГПА;  $i \in \{1, 2, \dots, N_1 - 1\}$ ;  $k \in \{1, 2, \dots, N_2 - 1\}$ ; ...;  $l \in \{1, 2, \dots, N_M - 1\}$ ;  $N_j, j = \overline{1, M}$  - кількість класів у просторі технічних станів  $j$ -го агрегату (вузла) ГПА.

Останній клас  $N^{(j)}$  відповідає передаварійному стану одному із вузлів (частині) ГПА. Якщо точка  $\bar{P}^{(j)}$ ,  $j = \overline{1, M}$ , яка характеризує технічний стан вузла  $j$  (частини), попадає в клас  $N_j$ , то стан ГПА у цілому вважається передаварійним.

Якщо тепер технічний стан ГПА охарактеризувати  $K_q$  градаціями (наприклад, «нормальний», «задовільний», «передаварійний»), то при виконанні умови

$$R_{min}^{(q)} \leq R < R_{max}^{(q)},$$

де  $R_{min}^{(q)}$ ,  $R_{max}^{(q)}$  - нижня і верхня межі  $K_q$  градації, технічний стан ГПА відносно до  $K_q$  - градації.

Площина ознак вибраного вузла агрегату розбита на певне число класів за допомогою нейронної мережі Кохонена. Границі між класами проводились за допомогою роздільних кривих, структура і параметри яких визначались за допомогою генетичних алгоритмів [4].

Програмне забезпечення задачі контролю технічного стану газоперекачувальних агрегатів оформлене у вигляді програмного модуля, в який інтегровано цілий ряд програм, які написані алгоритмічними мовами MatLab, Excel та Delphi. У програмному модулі всі програми об'єднані інтегратором, який написаний на об'єктно-орієнтованій мові Delphi. Він дає змогу отримати об'єктне вікно в Citect, у якому відображається інформація про стан ГПА у реальному часі.

Синтез структурної схеми системи контролю технічних станів ГПА здійснено на базі типових структур систем контролю вібрації та автоматизованої системи управління технологічними процесами [5]-[8] (рис. 1).

На нижньому рівні системи контролю технічних станів ГПА є два джерела отримання інформації – це давачі технологічних параметрів та вібродавачі.

Сигнали від давачів технологічних параметрів поступають до програмованих логічних контролерів (GE FANUC 90-70 і 90-30), які з'єднані між собою мережею Genius межах компресорної станції. Вони призначені для збору та попередньої обробки інформації. Обробка та видача інформації, яка через пристрій реєстрації поступає до бази даних, за допомогою пакета прикладних програм. Для програмування використовуються графічні мови LD (Ladder Diagram) або FBD (Functional Block Diagram), які охоплює стандарт IEC 1131-3 [9].

Графічна мова «Діаграма кіл» (LD) є стандартизованим варіантом класу мов релейно-контактних схем. Логічні вирази у цій мові описуються у вигляді реле. У силу своїх обмежених можливостей мова доповнена такими елементами як таймерами, лічильниками, комутаторами та ін. [10].

Альтернативною мовою мові LD є графічна мова «Діаграма функціональних блоків» (FBD). Елементи цієї мови виглядають як функціональні блоки, які певним чином з'єднані між собою, що робить FBD мову зручною для написання прикладних програм [11].

В доповнення до цих двох основних мов у IEC 1131-3 визначені [11] елементи мови SFC «Схема послідовних функцій» - «кроки», «переходи» та «блоки операцій». В IEC 1131-3 визначені також дві стандартні мови «Список команд» (IL) та «Структурований текст» (ST).

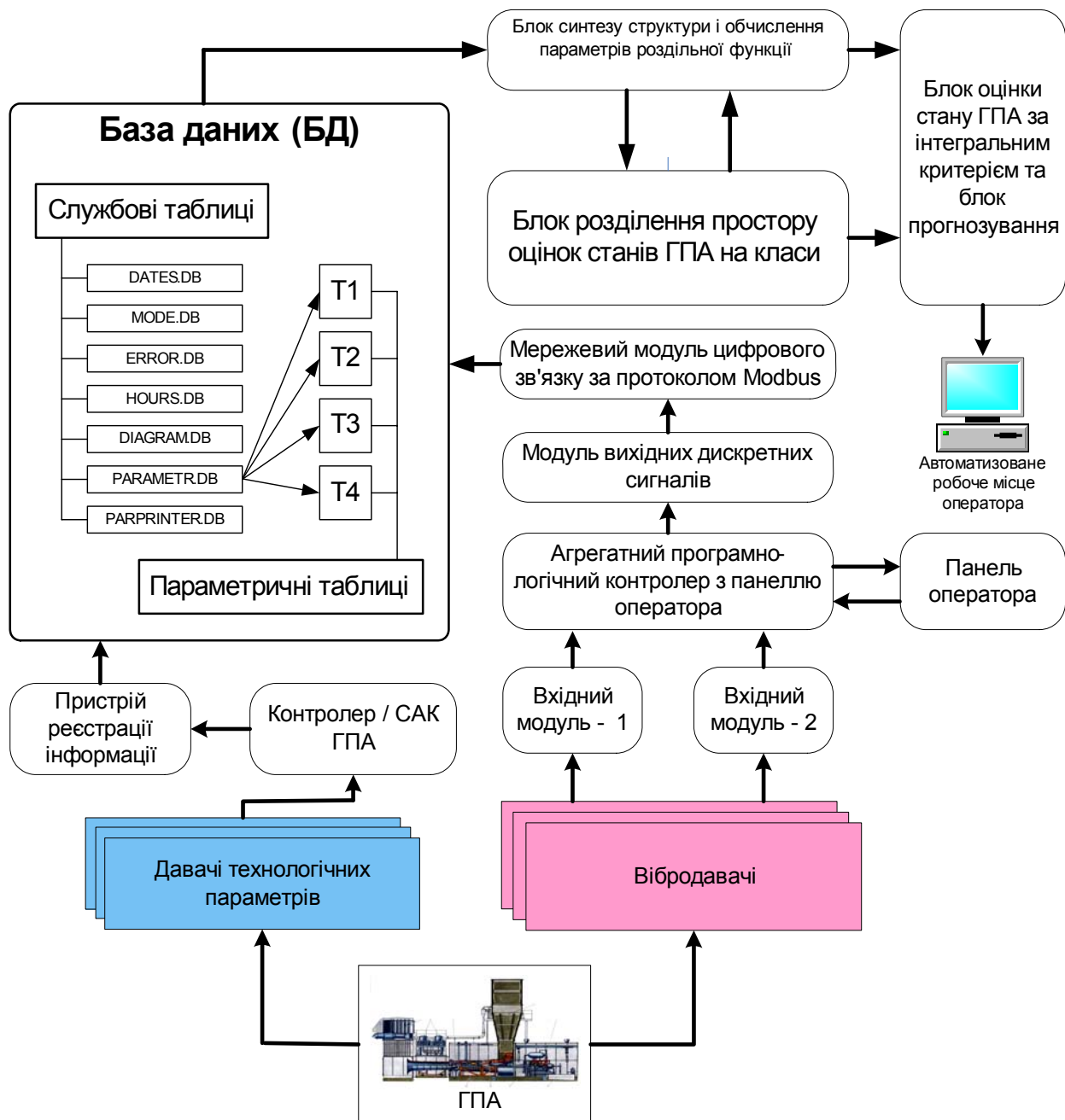


Рис. 1. Структурна схема системи контролю технічних станів ГПА

Крім того стандарт передбачає багатий набір стандартних функцій, блоків синхронізації станів; диференціювання переднього і заднього фронтів та ін. Таким чином, програмні можливості з обробки інформації є достатніми для організації контролю такого складного об'єкта як ГПА.

Група вібрдавачів (рис. 1) забезпечує контроль таких параметрів як вібропереміщення ротора нагнітача у районі опорного підшипника, віброшвидкість корпусу компресора низького тиску, СКЗ віброшвидкості корпусу силової турбіни, осьовий зсув ротора нагнітача, вібропереміщення ротора нагнітача в районі упорного підшипника і СКЗ віброшвидкості корпусу камери згорання.

Сигнали від вібрдавачів поступають на вхідні модулі 1 і 2, де вони перетворюються в стандартні сигнали постійного та змінного струмів.

Агрегатний програмно-логічний контролер сприймає сигнали від модулів 1 і 2 і через модуль вихідних дискретних сигналів посилає до бази даних. Ця передача інформації забезпечується цифровим інтерфейсом RS 485 з протоколом Modbus RTU.

Мережевий модуль може бути створений на базі промислового комп'ютера [6] з використанням спеціальної карти АЦП (аналогово-цифрове перетворення), який взаємодіє з сервером цехового рівня по мережі Ethernet (протокол TCP/IP).

На верхньому операторському рівні (рис. 1) відбувається ідентифікація технічного стану ГПА за допомогою блоків розділення просторів станів, синтезу структури і обчислення параметрів роздільної функції та блоку оцінки стану ГПА за інтегральним критерієм. Операторський рівень може бути побудований на базі промислового комп'ютера з прикладним програмним забезпеченням, яке інтегровано в SCADA-систему.

Інформація, яка отримана від давачів технологічних параметрів та від вібродавачів, відображається засобами візуалізації на автоматизованому робочому місці оператора за допомогою базового програмного забезпечення Citect та обмінюється з прокладними програмами, що розроблені для компресорної станції та окремих агрегатів.

На рівні диспетчера ЛВУ, крім штатного, розроблене додаткове програмне забезпечення задачі контролю технічного стану газоперекачувальних агрегатів та прогнозування їх техніко-екологічних показників (рис. 1) у вигляді окремого програмного модуля, що легко інтегрується в існуючий програмний пакет.

Прикладна програма забезпечує функції вибору та візуалізацію інформації на екрані монітору автоматизованого робочого місця. За допомогою функціональних клавіш, що розміщені на оглядовому відеокадрі, можна викликати відеокадри мнемосхем, параметрів, графіків, подій, щоденників та ін.

Програмне забезпечення задачі контролю технічного стану газоперекачувальних агрегатів та прогнозування їх техніко-екологічних показників оформлене у вигляді програмного модуля контролю і прогнозування (ПМКП), в який інтегровано цілий ряд програм, які написані алгоритмічними мовами MatLab, Excel та C#.

У програмному модулі всі програми об'єднані інтегратором, який написаний на об'єктно-орієнтованій мові C#. Він дає змогу отримати об'єктне вікно в Citect, у якому відображається інформація про стан ГПА у реальному часі.

ПМКП забезпечує реалізацію наступних функцій:

- збір та обробку даних від давачів технологічних параметрів та від вібродавачів;
- відображення значень контрольованих параметрів;
- візуалізація в реальному часі інформації про стан газоперекачувальних агрегатів та їх компонентів;
- розрахунок інтегрального показника технічного стану ГПА та якісна оцінка його стану;
- прогнозування значень концентрацій та потужностей викидів продуктів згорання на виході із ГПА.

Взаємодію прикладного програмного забезпечення та ПМКП відтворює структурна схема, яка показана на рис 1.

Інформація від давачів технологічних параметрів поступає до контролерів, які формують масиви даних і передають їх на пристрій реєстрації інформації (ПРІ) (рис. 1), в якому отримана інформація записується в архіви для збереження значень виміряних технологічних параметрів кожного із ГПА. Із ПРІ інформація поступає до бази даних (БД); сюди ж через вхідні модулі 1 і 2, апаратно-логічний контролер, модуль вихідних дискретних сигналів та через мережний модуль цифрового зв'язку поступає інформація від вібродавачів. БД формує сукупність таблиць, які умовно можна поділити на два типи:

- *службові*, що містять інформацію про структуру самої БД, призначення таблиць, перелік параметрів, які вимірюються, тощо.
- *параметричні*, що включають у себе масив значень певного параметру, виміряного у певні моменти часу.

Під'єднання до БД здійснюється за допомогою стандартного механізму з'єднання ODBC (open database connectivity – відкритий зв'язок з базами даних), що забезпечує доступ до даних незалежно від типу джерела, з яким відбувається взаємодія.

Реалізація ODBC у Microsoft Foundation Class (MFC) здійснюється через використання класів бази даних (CDatabase), сукупності записів (CRecordset) та представлення записів (CRecordView). Клас CDatabase є абстракцією з'єднання з базою даних ODBC. Перед тим як використовувати інші класи і методи бази даних, необхідно ініціювати сам об'єкт CDatabase.

Отже, з'єднання із кожною із таблиць БД відбувається за допомогою механізму ODBC шляхом виклику методу OpenEx класу CDatabase.

Переміщення по записах таблиці реалізується за допомогою методу MoveNext() класу CRecordset. При досягненні кінця таблиці метод IsEOF() цього ж класу повертає значення TRUE. Альтернативою IsEOF() є метод GetRecordCount, що повертає число записів у таблиці, з якою зв'язаний об'єкт класу CRecordset.

Таким чином, розроблений програмний модуль ПМКП дає змогу у діалоговому режимі оцінити технічний стан ГПА.

**Висновки.** Розроблений метод інтегральної оцінки технічного стану ГПА, суть якого полягає у тому, що площина ознак, які характеризують технічний стан елементу чи вузла ГПА, розбивається на ряд областей, кожній із яких присвоюється певний ранг. Сума таких рангів буде визначати інтегральний показник технічного стану ГПА. Зроблено обґрунтування вибору методу розбиття просторів показників технічних станів окремих вузлів ГПА на класи із застосуванням штучних нейронних мереж. Удосконалено метод побудови меж між класами, який на відміну від відомих, дає змогу визначити не тільки параметри роздільних функцій, але й її оптимальну структуру на основі вибраного критерію та із застосуванням теорії генетичних алгоритмів. Розроблено відповідне програмне забезпечення, яке інтегроване в існуючу систему контролю та управління газоперекачувальними агрегатами природного газу.

### Список літератури

1. Angelakis C. A A Neural Network-based Method for Gas Turbine Blading Fault Diagnosis / C. Angelakis, E. N. Loukis, A. D. Pouliezios, G. S. Stavrakakis // International Journal of Modelling and Simulation – 2001. – Vol. 21, No. 1. – p. 51-60.
2. Kong C. Intelligent performance diagnostics of a gas turbine engine using user-friendly interface neural networks / C. Kong, J. Ki, M. Kang, S. Kho // Aircraft Engineering and Aerospace Technology. – 2004. - Vol. 76 Iss: 4. - pp.391 – 397.
3. Urban L. A. Gas Path Analysis Applied to Turbine Engine Condition Monitoring / Urban L. A. // J. of Aircraft. - 1973. - Vol. 10, No. 7. – p. 37 – 46.
4. Горбійчук М. І. Синтез функцій класифікації на основі генетичних алгоритмів / М. І. Горбійчук, С. Т. Самуляк, І. В. Щупак // Штучний інтелект. – 2010. - № 2. – С. 24 – 31.
5. Система управління газоперекачиваючими агрегатами // Електронний ресурс: <http://turbunist.ru/modules.php?name=New&file&sid=14> – 5 с.
6. Стационарная система мониторинга и диагностирования компрессорного цеха // Электронный ресурс: <http://kotris.kiev.ua/category/ssmd-kc/> - 3 с.
7. Горбійчук М. І. Мікропроцесорна система оптимального керування компресорними станціями / М. І. Горбійчук, М. І. Когутяк, Є. О. Ковалів // Вісник технологічного університету Поділля. – 2003. – Том 1. Технічні науки. – С. 41 – 44.
8. Столлингс В. Компьютерные системы передачи данных: [пер. с англ. А. В. Высоцкого, А. В. Назаренко под ред. А. В. Высоцкого] / В. Столлингс. – 6-е изд. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. – 928 с.
9. Programmable controllers - programming languages: IEC 1131-3 // Электронный ресурс: <http://www.chipmaker.ru/files/file/1886/> - 242 с.
10. Зюбин В. Е. К пятилетию стандарта IEC 1131-3. Итоги и перспективы / В. Е. Зюбин // Приборы и системы управления. – 1999. – №1. – С. 64 – 71.
11. Христенсен Джеймс Х. Знакомство со стандартом на языки программирования PLC: IEC 1131-3 (МЭК 1131-3) / Джеймс Х. Христенсен // Электронный ресурс: <http://www.asutp.ru/?p=600256>. – 6 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Ткачевим В.В.  
Надійшла до редакції 14.06.11*

УДК 622.6-52

© В. В. Ткачев, П. Ю. Огеенко, А. В. Лозовягин

## **ДЕЦЕНТРАЛИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КАНАЛА СВЯЗИ В СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ НА БАЗЕ CAN ТЕХНОЛОГИЙ**

Рассмотрена актуальность развития децентрализованных систем управления. Сделан анализ недостатка полевой шины CAN при высокой информационной нагрузке канала связи. Предложено выполнять распределение пропускной способности канала связи для гарантирования передачи сообщений с низким приоритетом. Сделаны выводы по полученным в ходе экспериментов данным.

Розглянуто актуальність розвитку децентралізованих систем керування. Виконано аналіз недоліку польової шини CAN при високій інформаційній навантаженості каналу зв'язку. Запропоновано виконувати розподіл пропускної здібності каналу зв'язку для гарантування передачі повідомлень з низьким пріоритетом. Зроблено висновки за отриманими у ході експериментів даними.

The actuality of development of decentralized control systems is considered. The disadvantage of CAN field bus with high information load of the communication channel is analyzed. The allocation of communication channel bandwidth usage is proposed to guarantee transmitting of low priority messages. Conclusions are made about data obtained during the experiments.