



УДК 681.5.165: 621.644

IMPROVEMENT OF THE GAS TEMPERATURE CONTROL SYSTEM IN FRONT OF THE HIGH-PRESSURE TURBINE OF THE GTK-10 GAS PUMPING UNIT

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУРИ ГАЗУ ПЕРЕД ТУРБИНОЮ ВИСОКОГО ТИСКУ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНОГО АГРЕГАТУ ТИПУ GTK-10

Zvarych H. / Зварич Г.Г.

ORCID: 0000-0002-7866-542X

Mateik H. / Матеїк Г.Д.

0000-0003-0286-389X

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas,

Ivano-Frankivsk, Karpatskaya, 15, 76019

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,

Івано-Франківськ, вул.Карпатська, 15, 76019

Анотація. У роботі розглядається необхідність підвищення ефективності та надійності роботи газоперекачувальних агрегатів, зокрема забезпечення оптимальних температурних параметрів, що впливають на працездатність турбіни. Основна увага приділена розробці сучасної автоматизованої системи контролю температури газу, яка враховує швидкі зміни технологічних умов та забезпечує адаптивне регулювання режимів роботи. Запропоновані підходи включають використання новітніх датчиків температури, алгоритмів адаптивного керування та систем моніторингу в реальному часі.

Ключові слова: газоперекачувальний агрегат, система контролю, мікропроцесорний контролер, температура газу, помпаж.

Вступ.

Від забезпечення надійної роботи газотранспортної системи залежить виконання Україною зобов'язань, щодо транспортну природного газу, тому важливим завданням є досягнення високої надійності роботи газоперекачувальних агрегатів (ГПА). ГПА здійснює перекачку газу шляхом його компримування. ГПА є складним технологічним об'єктом підвищеної небезпеки, з великою кількістю технологічних параметрів. Керування ГПА здійснюється системою автоматизованого керування (САК). Важливою складовою САК ГПА є система протиаварійного захисту. Від її роботи в аварійній ситуації залежить захист дорогого обладнання. З іншого боку система повинна запобігати аварійним зупинкам (АЗ) через несправність вимірювальних каналів, чи інших хибних тлумачень значень технологічних параметрів.

Розробка методів прогнозування передаварійних та аварійних режимів роботи ГПА є актуальною задачею, оскільки вони дозволять заощаджувати значні кошти на ремонт обладнання та підвищать стабільність роботи газотранспортної системи в цілому. Автоматичний аналіз динаміки технологічних параметрів в часі дозволить визначати тенденцію(схильність) окремого вузла ГПА до виходу з ладу та запобігати цьому шляхом проведення профілактичних робіт. Сфера застосування методів прогнозування наближення позаштатних ситуацій є досить широкою, особливо для САК, що керують технологічними об'єктами підвищеної небезпеки.



Тому метою роботи є створення удосконаленої системи контролю ТГ перед ТВТ шляхом додання нових можливостей, заміни елементної бази на мікропроцесорний контролер та створення програми для нього згідно розробленої структурної схеми керування. Контролер повинен відпрацьовувати абсолютні попереджувальні та аварійні уставки, а також аналізувати динаміку параметрів у часі.

Основний текст.

Аналіз останніх досліджень та публікацій [1÷3] показує, що дана проблема не повністю розв'язана через те, що при створенні нових САК основна увага приділяється їх апаратній частині. Тобто акцент робиться на тому, як найточніше, з найбільшою частотою виміряти сигнал, зберегти його в архіві, передати на інший рівень автоматизації, а не менш важливе питання про застосування сучасних алгоритмів аналізу сигналу розглядається не в повній мірі. Зазвичай в САК реалізують класичні контури регулювання та протиаварійного захисту, в той час як можливості контролерів дозволяють, крім того, аналізувати взаємозв'язки між параметрами технологічного процесу, їх вплив один на одного та на процес в цілому. Таким чином є можливість створення САК з якісно новим рівнем функціональності.

Конкретним прикладом, вище описаної проблеми є аналіз температури газу (ТГ) перед турбіною високого тиску (ТВТ) ГПА типу ГТК-10. Слабким місцем системи автоматичного керування (САК) типу СЦКУ на ГПА типу ГТК(ГТНР)-10 є підсистеми контролю температурних параметрів. До їх складу входять прилади КСМ2 для контролю температури підшипників турбіни і нагнітача та КСП2 для контролю ТГ перед ТВТ. Підсистема контролю ТГ перед ТВТ є надзвичайно важливою, оскільки при її відмові і виході параметра за дозвалені межі виникає ризик «спалити» лопатки ТВТ, що приводить до значних матеріальних та часових витрат на ремонт ГПА та зменшує кількість резервних ГПА на компресорній станції.

Існуюча система контролю має недоліки, характерні для аналогічних систем, побудованих на самопишучих потенціометрах та мостах з механічною комутацією сингалу, а саме: низька надійність обладнання (часті відмови), при відмові вимірювального каналу можливе хибне спрацювання аварійних захистів, архів даних(картограма) не дозволяє точно встановити час події, відсутність можливості включення приладу в систему централізованого збору та обробки інформації; необхідність періодичного обслуговування та потреба в витратних матеріалах.

На ГПА, які вводяться в експлуатацію в останні роки, дана проблема є не настільки гострою, в зв'язку з тим, що вони обладнані сучасними САК на базі мікропроцесорними контролерів, та навіть на них лише повторюються алгоритми, запроектовані технологами при виготовленні обладнання. Дані алгоритми передбачають захист обладнання при виході його технологічних параметрів за допустимі межі, при цьому відбувається АЗ ГПА (чи ввід його в «режим обмеження»). Пропонується реалізувати систему контролю ТГ перед ТВТ за схемою на рис.1.

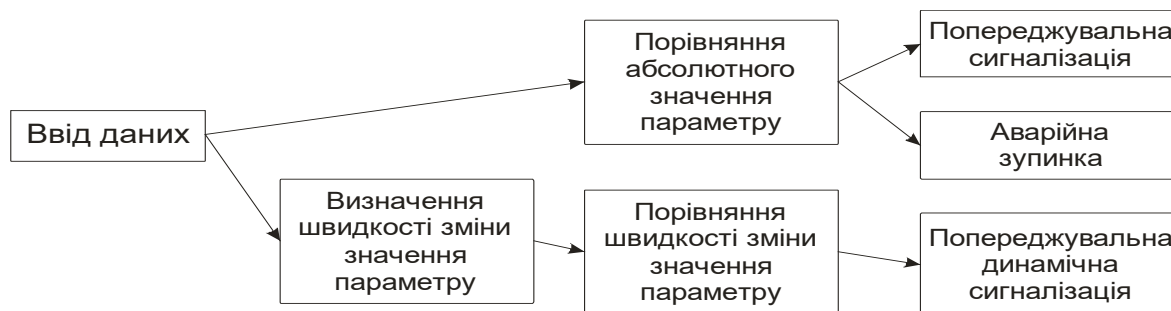


Рисунок 1 – Структура удосконаленої системи контролю температури газу перед ТВТ

Джерело: [1]

Для реалізації системи контролю ТГ перед ТВТ використаємо програмований контролер МІК-51 виробництва ТОВ «Мікрол» м. Івано-Франківськ [1]. Контролер МІК-51 це компактний багатофункціональний промисловий мікропроцесорний контролер, призначений для автоматичного регулювання і логічного керування технологічними процесами. Програмування контролера виконується по інтерфейсу за допомогою спеціального програмного забезпечення - візуального редактора FBD-програм АЛЬФА або за допомогою клавіш передньої панелі. Як мова програмування в системі реалізована мова функціональних блокових діаграм Function Block Diagram Система програмування реалізована відповідно до вимог стандарту Міжнародної Електротехнічної Комісії (МЕК) IEC 1131-3 і призначена для розробки прикладного програмного забезпечення збору даних і управління технологічними процесами, що виконуються на програмованих контролерах [4]. МІК-51 проводить обробку даних та їх передачу протоколом MODBUS-RTU на блок перетворення інтерфейсу БПІ-52, далі по інтерфейсу USB 2.0 дані поступають на робочу станцію (ПК) з OPC сервером. Це в свою чергу дозволяє проводити аналіз даних різними методами та порівнювати отримані результати без додаткових затрат часу на синхронізацію, обробку, та передачу даних.

Розглянемо програму у вигляді функціональних блоків (ФБ) (рис.1), розроблену для виконання поставленої задачі. З бібліотеки контролера використано наступні ФБ: AIN – аналоговий ввід, CMP – компаратор, DOT – дискретний вивід, DERIV – диференціювання з затримкою, ABS – модуль числа, USER – панель користувача.

Блоки AIN (1,2) обробляють дані апаратних аналогових ввідів контролера та предстеляють їх у програмі користувача. Блок AIN (12.1) видає числове значення, що відповідає температурі газу перед ТВТ, блок AIN(2) видає числове значення, що відповідає температурі оточуючого середовища, для проведення компенсації ЕРС холодного спаю термопар. Блок AIN має експоненціальний фільтр – для відсікання шумів високих частот, що забезпечує захист від імпульсних завад та хибного спрацювання АЗ, параметр tFLT – часова стала експоненціального фільтра. Вихід блока поступає на входи наступних блоків: CMP(2,3), DERIV(7), Компаратори CMP(3,5) відпрацьовують статичні абсолютні попереджувальну та аварійну уставки 820С° та 830С° відповідно. Сигнал попередження та аварії подається блоками дискретного виводу DOT (4,6)



в СЦКУ ГПА де спрацьовують відповідні реле ПТГ («Попередження за температурою газу») та АТГ (Аварія за температурою газу) [3]. Блок DERIV(7) визначає швидкість зміни параметру.

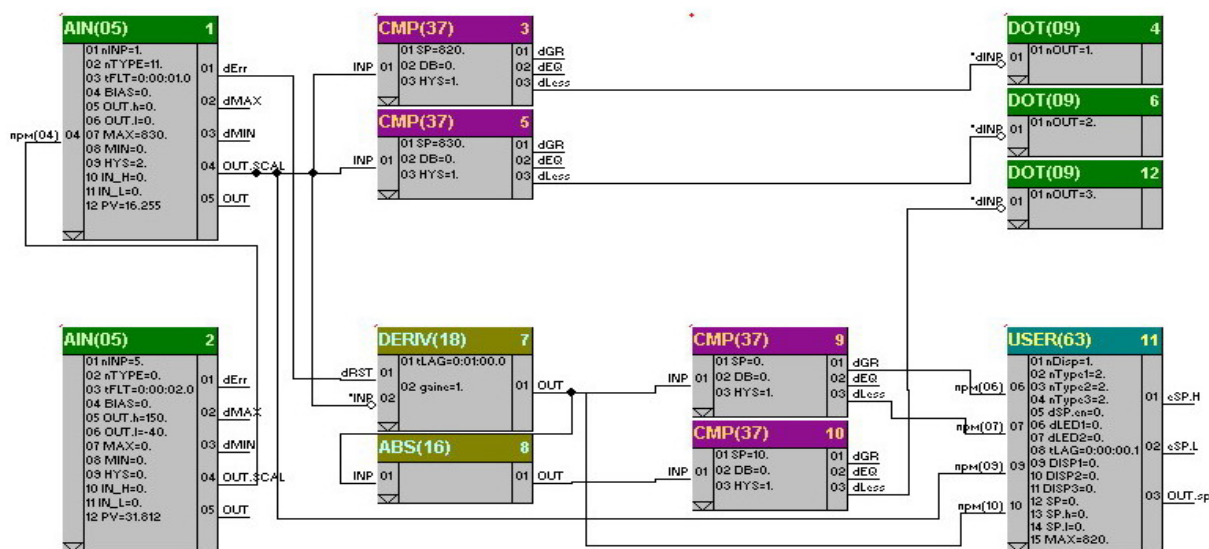


Рисунок 2 – Програма керування контролером МІК-51 у вигляді функціональних блоків [4]

Джерело: [2]

Швидкість зміни температури перед ТВТ аналізується компараторами CMP(9,10). Компаратор CMP(9) видає команду на дискретний вивід DOT (12), який сигналізує про те, що температура перед ТВТ змінюється з швидкістю більшою ніж задана. Даний вид попереджувальної сигналізації є новим, та дозволяє оперативному персоналу (ОП) вчасно реагувати на зміну режиму газопроводу. Під час зміни режиму газопроводу змінюється навантаження на нагнітач, що може привести до швидкої зміни ТГ перед ТВТ. Штатна система СЦКУ видає сигнал попередження при досягненні ТГ перед ТВТ 820С° і ОП не вистачає часу знизити оберти газотурбінного двигуна до моменту досягнення аварійної уставки. Використання запропонованої системи завдяки додатковій сигналізації, дозволить уникнути АЗ ГПА в описаній ситуації. Блок USER (11) відображає на передній панелі контролера поточну температуру газу перед ТВТ, швидкість її зміни за останню хвилину, а також світло діодами показує стан попереджувальних та аварійних каналів. На даний час система перебуває в дослідній експлуатації на ГПА ст.№3 КЦ-2 КС «Долина», у Долинському ЛВУМГ УМГ «Прикарпаттрансгаз». За час роботи вона зарекомендувала себе надійною і функціональною. На рис.3 представлено фото трендів екрану SCADA системи. Під час планової зупинки ГПА о 15 год 39 хв. пройшов легкий помпаж нагнітача, при цьому температура газу перед ТВТ різко зросла зі швидкістю 40 °С/хв. Система видала попередження «Перевищення швидкості зростання ТГ перед ТВТ» інженер зміни знизив оберти, чим припинив подальше зростання ТГ.



Рисунок 3 - Тренди SCADA системи під час зупинки ГПА

Джерело: [3]

Висновок.

Було розроблено систему контролю температури газу перед турбіною високого тиску. Це передбачає впровадження нових функціональних можливостей, заміну елементної бази на сучасний мікропроцесорний контролер, а також створення відповідного програмного забезпечення згідно з розробленою структурною схемою управління. Контролер повинен забезпечувати обробку абсолютних попереджувальних та аварійних уставок, а також здійснювати аналіз динаміки параметрів у реальному часі.

Література:

1. Парасюк Р.М. Реалізація ПІД-закону регулювання з випереджуючим впливом (FEED FORWARD) на базі мікропроцесорного контролера МІК-51 / Р.М. Парасюк, А. В. Слободян, Р. О. Йосипенко, В. Р. Процюк // Вісник Хмельницького національного університету. – 2005 – № 4. Ч.1, т.1. – С. 50-52.
2. Контролер багатофункціональний мікропроцесорний МІК-51. Інструкція з експлуатації ТОВ «Мікрол». – Івано-Франківськ. – 2012.–115с.
3. Ніщета В.В. Помпажні явища та їх вплив на моторесурс ГПА / В.В. Ніщета, О.В. Свістельник, А.І. Мамонов, В.О. Таргонський // Інформаційний огляд ДК «Укртрансгаз», 2006. – №3(39). – С.6-7.
4. Two-phase algorithm for nonlinear constraint problem: Nonlinear Programming 3/O.

Abstract. The paper considers an improved gas temperature control system in front of the high-pressure turbine of a gas pumping unit of the GTK-10 type. The relevance of the topic is due to the need to increase the efficiency and reliability of gas pumping units, ensure their stable operation and optimize energy consumption. The purpose of the research is to develop a modern automated gas temperature control system, which includes the implementation of new functionality, replacing the element base with a microprocessor controller, as well as creating specialized software according to the developed structural control scheme. The proposed system provides processing of absolute



warning and emergency settings, analysis of parameter dynamics in real time and adaptive adjustment of operating modes depending on changes in technological conditions. Expected results include increasing the energy efficiency of the unit, reducing operating costs, improving the diagnostics of emergency situations and increasing the turbine resource. The presented solutions have the prospect of scaling and implementation on other types of gas pumping units to optimize their operation and increase technical and economic indicators.

Key words: *gas pumping unit, control system, microprocessor controller, gas temperature, surge.*

Стаття відправлена: 24.11.2024 г.

© Матеїк Г. Д., Зварич Г. Г.