GAZ QUVURLARIDA BOSIM, HARORAT VA SARF PARAMETRLARINI REAL VAQT REJIMIDA MONITORING QILISH TIZIMINI ISHLAB CHIQISH

Ro‘ziboyev Xayriddin Farhod o‘g’li
Buxoro davlat texnika universiteti
E-mail: khayriddin.ruziboev@icloud.com
https://doi.org/10.5281/zenodo.22930233

Annotatsiya. Mazkur maqolada magistral gaz quvurlarida texnologik parametrlarni real vaqt rejimida monitoring qilish tizimini ishlab chiqish masalasi tadqiq etilgan. Gaz transporti tizimining barqaror ishlashida bosim, harorat va gaz sarfi asosiy nazorat parametrlaridan hisoblanadi. Ushbu parametrlarning me’yoriy qiymatlardan chetlanishi texnologik rejimning buzilishi, uskunalar samaradorligining pasayishi yoki quvur tizimida anomal holat yuzaga kelayotganini ko‘rsatishi mumkin. Tadqiqotda sensorlar, ma’lumotlarni yig‘ish qurilmalari, PLC/RTU, aloqa kanallari, SCADA serveri va operator interfeysidan tashkil topgan real vaqt monitoring tizimining arxitekturasi taklif etilgan. Tizimda o‘lchash ma’lumotlarini filtrlash, vaqt tamg‘asi bilan saqlash, chegaraviy qiymatlarni nazorat qilish va operatorni avtomatik ogohlantirish mexanizmlaridan foydalanish ko‘zda tutiladi. Shuningdek, texnologik parametrlarni kompleks monitoring qilish uchun matematik va algoritmik yondashuvlar ishlab chiqilgan. Taklif etilayotgan tizim gaz quvurlarining texnik holatini uzluksiz kuzatish, anomal jarayonlarni erta aniqlash va texnologik boshqaruv qarorlarini axborot bilan ta’minlash imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: gaz quvuri, real vaqt monitoringi, bosim, harorat, gaz sarfi, SCADA, PLC, RTU, sensor, IoT, telemetriya, texnologik parametr, avtomatlashtirilgan monitoring.

Аннотация. В данной статье рассматривается вопрос разработки системы мониторинга технологических параметров в магистральных газопроводах в режиме реального времени. Давление, температура и расход газа являются основными параметрами управления при стабильной работе газотранспортной системы. Отклонение этих параметров от стандартных значений может указывать на нарушение технологического режима, снижение эффективности оборудования или возникновение аномальных условий в трубопроводной системе. В исследовании предлагается архитектура системы мониторинга в режиме реального времени, состоящая из датчиков, устройств сбора данных, ПЛК/RTU, каналов связи, SCADA-сервера и интерфейса оператора. Система предусматривает фильтрацию данных измерений, их хранение с временной меткой, контроль предельных значений и использование механизмов автоматического оповещения оператора. Также разработаны математические и алгоритмические подходы для комплексного мониторинга технологических параметров. Предложенная система позволяет осуществлять непрерывный мониторинг технического состояния газопроводов, раннее обнаружение аномальных процессов и предоставлять информацию для принятия решений в области технологического управления.

Ключевые слова: газопровод, мониторинг в реальном времени, давление, температура, потребление газа, SCADA, ПЛК, RTU, датчик, IoT, телеметрия, технологические параметры, автоматизированный мониторинг.

Abstract. This article investigates the development of a real-time monitoring system for technological parameters in main gas pipelines. Pressure, temperature, and gas flow rate are considered key control parameters for the stable operation of the gas transportation system. Deviations of these parameters from standard values may indicate a disruption in the technological process, reduced equipment efficiency, or the emergence of anomalous conditions within the pipeline system. The study proposes an architecture for a real-time monitoring system comprising sensors, data acquisition units, PLCs/RTUs, communication channels, a SCADA server, and an operator interface. The system incorporates mechanisms for filtering measurement data, time-stamped data storage, threshold monitoring, and automatic operator alerts. Additionally, mathematical and algorithmic approaches have been developed for the comprehensive monitoring of technological parameters. The proposed system enables continuous monitoring of the technical condition of gas pipelines, early detection of anomalies, and the provision of data to support operational control decisions.

Key words: gas pipeline, real-time monitoring, pressure, temperature, gas flow rate, SCADA, PLC, RTU, sensor, IoT, telemetry, technological parameter, automated monitoring.

Kirish. Bugungi kunda tabiiy gazni qazib olish, qayta ishlash va iste’molchilarga yetkazib berish tizimlarining barqaror ishlashi mamlakat energetika xavfsizligining muhim tarkibiy qismlaridan biri hisoblanadi. Tabiiy gazni uzoq masofalarga uzatishda magistral gaz quvurlari asosiy transport infratuzilmasi vazifasini bajaradi. Gaz quvurlarining katta uzunlikka ega bo‘lishi, turli geografik va iqlimiy sharoitlardan o‘tishi, kompressor stansiyalari hamda ko‘plab texnologik armaturalarning mavjudligi ushbu tizimlarni uzluksiz monitoring qilish va boshqarishni talab etadi. Gaz transporti jarayonida bosim, harorat va gaz sarfi quvur tizimining texnologik holatini tavsiflovchi eng muhim parametrlar qatoriga kiradi. Bosimning me’yoriy diapazondan chetlanishi gaz oqimining gidravlik rejimiga, quvurning ish sharoitlariga va kompressor agregatlarining yuklanishiga ta’sir qilishi mumkin. Haroratning o‘zgarishi gazning fizik xususiyatlari, zichligi va oqim parametrlariga ta’sir ko‘rsatadi. Gaz sarfi esa quvur orqali uzatilayotgan gaz miqdorini tavsiflab, transport tizimining ishlab chiqarish samaradorligini baholashda muhim ko‘rsatkich hisoblanadi [1; 2]. An’anaviy monitoring tizimlarida mazkur parametrlar asosan mahalliy o‘lchov vositalari yoki oldindan belgilangan chegaraviy qiymatlar asosida nazorat qilinadi. Bunday yondashuv texnologik parametrlar keskin o‘zgargan holatlarda tezkor axborot olish imkoniyatini cheklashi mumkin. Ayniqsa, quvurning katta masofaga cho‘zilganligi, o‘lchash punktlarining hududiy jihatdan tarqoq joylashishi va texnologik jarayonlarning dinamikligi monitoring tizimiga qo‘yiladigan talablarni oshirmoqda. Shu munosabat bilan zamonaviy gaz transporti tizimlarida real vaqt rejimida ma’lumotlarni yig‘ish, uzatish, qayta ishlash va vizualizatsiya qilishga asoslangan avtomatlashtirilgan monitoring tizimlaridan foydalanish muhim ahamiyat kasb etmoqda. SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) texnologiyalari bunday tizimlarning asosiy tarkibiy qismlaridan biri bo‘lib, dala darajasidagi sensorlardan ma’lumotlarni yig‘ish,

ularni aloqa kanallari orqali markaziy serverga uzatish, tarixiy ma’lumotlarni saqlash va operatorga grafik ko‘rinishda taqdim etish imkonini beradi [3].

Zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining rivojlanishi natijasida IoT (Internet of Things), sanoat tarmoqlari, bulutli hisoblash va ma’lumotlarni intellektual tahlil qilish texnologiyalarini gaz transporti monitoring tizimlariga integratsiya qilish imkoniyatlari kengaymoqda. Sensorlardan olinadigan katta hajmdagi ma’lumotlarni avtomatik qayta ishlash orqali texnologik jarayonning normal ishlash holatini shakllantirish va undan chetlanishlarni aniqlash mumkin. Bunday yondashuv kelgusida Machine Learning algoritmlaridan foydalanishga asoslangan prediktiv monitoring tizimlarini yaratish uchun texnik va axborot bazasini shakllantiradi. Tadqiqotning asosiy maqsadi gaz quvurlarida bosim, harorat va gaz sarfi parametrlarini real vaqt rejimida yig‘ish, uzatish, qayta ishlash va vizualizatsiya qilishga mo‘ljallangan avtomatlashtirilgan monitoring tizimining funksional arxitekturasi va ishlash algoritmini ishlab chiqishdan iborat. Tadqiqot obyekti sifatida magistral gaz quvurlarining texnologik jarayonlari va ularda bosim, harorat hamda gaz sarfining o‘zgarish jarayoni qabul qilinadi. Tadqiqot predmeti gaz quvurlarining texnologik parametrlarini sensorlar va avtomatlashtirilgan axborot tizimlari yordamida real vaqt rejimida o‘lchash, uzatish, qayta ishlash, saqlash va monitoring qilish usullari hamda algoritmlaridan iborat. Tadqiqotning ilmiy yangiligi gaz quvurlarida bosim, harorat va sarf parametrlarini yagona real vaqt monitoring tizimida kompleks kuzatishga mo‘ljallangan funksional arxitekturani taklif etish, parametrlarning joriy qiymatlari bilan bir qatorda ularning o‘zgarish tezligi va trendlarini hisobga olish hamda anomal holatlarni aniqlash modulini kelgusidagi intellektual monitoring tizimining tarkibiy qismi sifatida shakllantirishdan iborat. Ishlab chiqilayotgan monitoring tizimi gaz transporti korxonalarida texnologik parametrlarni markazlashtirilgan holda kuzatish, operatorni tezkor axborot bilan ta’minlash, anomal holatlar haqida avtomatik ogohlantirish va tarixiy ma’lumotlar asosida texnologik jarayonlarni tahlil qilish uchun foydalanilishi mumkin. Tizimning keyingi bosqichida Machine Learning algoritmlarini qo‘llash orqali prediktiv monitoring va texnik diagnostika funksiyalarini kengaytirish imkoniyati mavjud.

Adabiyotlar tahlili. Gaz quvurlarida texnologik parametrlarni nazorat qilish, o‘lchash va boshqarish masalalari energetika hamda sanoat avtomatizatsiyasining muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Ilmiy adabiyotlarda gaz transporti tizimlarining ishonchli ishlashini ta’minlashda bosim, harorat, sarf, gaz zichligi va quvur bo‘ylab oqim tezligi kabi parametrlarni uzluksiz kuzatish zarurligi ta’kidlangan. Mazkur parametrlarning vaqt bo‘yicha o‘zgarishini monitoring qilish nafaqat texnologik jarayonni boshqarish, balki avariya va anomal holatlarni erta aniqlash uchun ham muhimdir. E.S. Menon gaz quvurlarining gidravlik hisoblari va ishlash rejimlarini tadqiq etar ekan, quvur tizimida bosim va sarf o‘rtasidagi bog‘liqlikni aniqlash monitoring va boshqaruv jarayonlarining asosiy nazariy asoslaridan biri ekanligini ko‘rsatadi [1]. Muallifning yondashuvida gaz oqimining o‘zgarishi quvur diametri, uzunligi, ishqalanish koeffitsiyenti va bosimlar farqi bilan bog‘liq holda ko‘rib chiqiladi. Ushbu yondashuv real vaqt monitoringida o‘lchangan parametrlarni texnologik model bilan solishtirish imkonini beradi.

SCADA texnologiyalariga bag‘ishlangan tadqiqotlarda sanoat obyektlaridan real vaqt rejimida ma’lumotlarni yig‘ish, ularni markaziy serverga uzatish, saqlash va operatorga vizual ko‘rinishda taqdim etish masalalari asosiy o‘rinni egallaydi. S.A. Boyer SCADA tizimlarini

sanoat jarayonlarini masofadan nazorat qilish va boshqarishning muhim vositasi sifatida tavsiflaydi [3]. Uning yondashuviga ko‘ra, dala qurilmalari, PLC/RTU, aloqa tarmoqlari, server va operator interfeysi yagona monitoring arxitekturasining asosiy komponentlarini tashkil etadi. PLC texnologiyalariga bag‘ishlangan W. Bolton tadqiqotlarida sanoat jarayonlaridan keluvchi signallarni qabul qilish, qayta ishlash va boshqaruv buyruqlarini shakllantirishda dasturlashtiriladigan mantiqiy kontrollerlarning o‘rni yoritilgan [4]. F.D. Petruzella esa PLC tizimlarining sensorlardan olingan analog va raqamli signallarni qayta ishlash imkoniyatlarini batafsil ko‘rib chiqadi [5]. Mazkur tadqiqotlar gaz quvurlarida bosim, harorat va sarf datchiklaridan keladigan ma’lumotlarni dastlabki bosqichda yig‘ish va qayta ishlash uchun PLC/RTU qatlamidan foydalanishning texnik asoslarini belgilaydi. Avtomatik boshqaruv va dinamik tizimlarni tadqiq qilish bo‘yicha K.J. Åström va R.M. Murray ishlarida real vaqt tizimlarida o‘lchangan parametrlarning dinamikasini tahlil qilish, qayta aloqa va boshqaruv algoritmlaridan foydalanish masalalari ko‘rib chiqilgan [6]. Mazkur nazariy yondashuv gaz quvurlarida parametrlarning faqat joriy qiymatini emas, balki vaqt bo‘yicha o‘zgarish tezligini ham nazorat qilish zarurligini asoslashga xizmat qiladi.

Raqamli signallarni qayta ishlashga bag‘ishlangan A.V. Oppenheim va R.W. Schafer tadqiqotlarida sensorlardan olinadigan signallarda shovqinlarni kamaytirish, filtrlash va diskret ma’lumotlarni qayta ishlash usullari ishlab chiqilgan [7]. Gaz quvurlarining real vaqt monitoringida bunday usullar bosim, harorat va sarf datchiklaridan olinadigan ma’lumotlarning ishonchliligini oshirishda qo‘llanishi mumkin. Ayniqsa, harakatlanuvchi o‘rtacha qiymat, raqamli filtrlar va signalni silliqlash usullari qisqa muddatli shovqinlarni texnologik o‘zgarishlardan ajratish imkonini beradi. So‘nggi yillarda sanoat monitoring tizimlarida IIoT (Industrial Internet of Things) texnologiyalaridan foydalanishga qiziqish sezilarli darajada oshdi. H. Boyes va hammualliflar sanoat IoT tizimlarining asosiy xususiyatlari sifatida sensorlardan ma’lumotlarni uzluksiz yig‘ish, tarmoq orqali uzatish, ma’lumotlarni qayta ishlash va analitik tizimlar bilan integratsiyalashuvni ko‘rsatadi [8]. Ushbu konsepsiya gaz quvurlarida masofaviy monitoring punktlarini yagona raqamli platformaga birlashtirish imkonini beradi.

Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, mavjud tadqiqotlarda gaz quvurlarining gidravlik holatini hisoblash, SCADA orqali monitoring qilish, sensor ma’lumotlarini yig‘ish va anomal holatlarni aniqlash masalalari alohida yo‘nalishlar sifatida yetarlicha o‘rganilgan. Biroq bosim, harorat va sarf parametrlarini yagona real vaqt monitoring arxitekturasida kompleks birlashtirish, ma’lumotlarni dastlabki filtrlash va validatsiya qilish hamda keyingi bosqichda intellektual tahlil algoritmlariga uzatish masalalarini yagona tizim sifatida ko‘rib chiqish muhim ilmiy-amaliy vazifa bo‘lib qolmoqda. Shundan kelib chiqib, ushbu tadqiqotda gaz quvurlarining asosiy texnologik parametrlarini — bosim, harorat va sarfni — real vaqt rejimida o‘lchash, ma’lumotlarni PLC/RTU orqali yig‘ish, SCADA tizimida vizualizatsiya qilish, ma’lumotlar bazasida saqlash va anomal holatlarni aniqlash imkoniyatlarini yagona monitoring tizimi doirasida tashkil etishga e’tibor qaratiladi. Mazkur yondashuv an’anaviy monitoringdan intellektual va prediktiv monitoring tizimlariga bosqichma-bosqich o‘tish uchun texnik asos yaratadi.

Tadqiqot natijalari va muhokamasi. Tadqiqot davomida gaz quvurlarida bosim, harorat va sarf parametrlarini real vaqt rejimida monitoring qilishga mo‘ljallangan avtomatlashtirilgan tizimning funksional arxitekturasi ishlab chiqildi. Taklif etilgan tizimning

asosiy maqsadi texnologik parametrlarni uzluksiz o‘lchash, o‘lchov ma’lumotlarini markaziy monitoring muhitiga yetkazish, ularni dastlabki qayta ishlash va operatorga qulay ko‘rinishda taqdim etishdan iborat. Tizim arxitekturasi sensorlar, PLC/RTU qurilmalari, aloqa kanali, SCADA serveri, ma’lumotlar bazasi, vizualizatsiya interfeysi va ogohlantirish modulidan tashkil topgan.

Monitoring tizimining funksional natijalari. Ishlab chiqilgan konsepsiyaga ko‘ra, gaz quvurining turli nazorat nuqtalariga bosim, harorat va sarf datchiklari o‘rnatiladi. Ushbu datchiklardan keladigan signallar PLC yoki RTU qurilmalari orqali yig‘iladi. Keyingi bosqichda ma’lumotlar aloqa tarmog‘i orqali SCADA serveriga uzatiladi. SCADA tizimida parametrlarning joriy qiymatlari, vaqt bo‘yicha o‘zgarish grafiklari va ogohlantirishlar operatorga aks ettiriladi.

1-jadval. Gaz quvurining asosiy monitoring parametrlarining funksional tavsifi

Parametr	**O‘lchov birligi**	**Monitoring vazifasi**	**Nazorat qilinadigan holatlar**
Bosim	bar, MPa	Quvurdagi ish rejimini baholash	Bosim pasayishi yoki ortishi
Harorat	°C	Gazning termodinamik holatini kuzatish	Me’yoriy diapazondan chetlanish
Sarf	m³/h, ming m³/soat	Gaz oqimini baholash	Sarfning keskin o‘zgarishi
Bosim o‘zgarish tezligi	bar/min	Dinamik holatni aniqlash	Tez bosim pasayishi
Sarf o‘zgarish tezligi	m³/h/min	Oqim dinamikasini baholash	Kutilmagan o‘zgarish

Ushbu yondashuvning muhim jihati shundaki, monitoring faqat parametrning joriy qiymatini qayd etish bilan chegaralanmaydi. Parametrning vaqt bo‘yicha o‘zgarish tendensiyasi ham hisobga olinadi. Masalan, bosimning ruxsat etilgan diapazonda bo‘lishiga qaramay, uning qisqa vaqt davomida tez pasayishi texnologik jarayonda yuz berayotgan o‘zgarishning dastlabki belgisi bo‘lishi mumkin.

Bosim parametrini monitoring qilish natijalari. Bosim gaz quvurining texnologik holatini ifodalovchi asosiy parametr sifatida qabul qilindi. Monitoring tizimida bosimning har bir nazorat nuqtasidagi joriy qiymati $P(t)$ sifatida qayd etiladi. Shu bilan birga, bosimning vaqt bo‘yicha o‘zgarish tezligini aniqlash uchun quyidagi ifodadan foydalanish mumkin:

$$V_P = \frac{P_t - P_{t-\Delta t}}{\Delta t}$$

bu yerda V_P — bosimning o‘zgarish tezligi; P_t — joriy bosim; $P_{t-\Delta t}$ — oldingi vaqt oralig‘idagi bosim; Δt — o‘lchashlar orasidagi vaqt.

Mazkur ko‘rsatkich monitoring tizimining diagnostik imkoniyatlarini kengaytiradi. Chunki bir xil joriy bosim qiymatiga ega bo‘lgan ikki holatning dinamikasi turlicha bo‘lishi mumkin. Bosimning barqaror saqlanishi normal texnologik rejimga mos kelishi mumkin, bosimning qisqa vaqt ichida izchil kamayishi esa qo‘shimcha tekshiruvni talab qiluvchi holat sifatida qayd etiladi. Shuningdek, quvurning turli nuqtalaridagi bosim qiymatlarini o‘zaro

taqqoslash orqali bosim gradientining o‘zgarishini aniqlash mumkin. Bu yondashuv gaz oqimining quvur bo‘ylab taqsimlanishini baholash va texnologik jarayonning ayrim uchastkalarida noodatiy holatlarni aniqlash imkonini beradi.

Harorat monitoringining natijalari. Harorat parametri bosim va gaz sarfi bilan o‘zaro bog‘liq holda kuzatildi. Gazning fizik xususiyatlari harorat va bosimga bog‘liq ravishda o‘zgarishi sababli monitoring tizimida haroratni alohida emas, balki boshqa parametrlar bilan kompleks tahlil qilish maqsadga muvofiq.

Haroratning vaqt bo‘yicha o‘zgarishi quyidagicha ifodalanadi:

$$T(t)=T_s(t)+\varepsilon_T(t)$$

bu yerda $T_s(t)$ — haqiqiy texnologik harorat qiymati, $\varepsilon_T(t)$ — o‘lchash shovqini yoki sensor xatosini ifodalovchi komponent.

Tizimda harorat ma’lumotlarini filtrlash orqali qisqa muddatli tasodifiy o‘zgarishlarning monitoring natijalariga ta’sirini kamaytirish mumkin. Buning uchun harakatlanuvchi o‘rtacha usulidan foydalanish taklif etildi:

$$\bar{T}_t=\frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n-1} T_{t-i}$$

Bu yerda n— o‘rtacha qiymatni hisoblashda ishtirok etuvchi kuzatuvlar soni.

Natijada SCADA interfeysida ham xom o‘lchov signali, ham filtrlangan signalni ko‘rsatish imkoniyati yaratiladi. Bu operatorga real texnologik o‘zgarish bilan tasodifiy o‘lchov shovqinini farqlashda yordam beradi.

Gaz sarfini real vaqt rejimida monitoring qilish. Gaz sarfini uzluksiz monitoring qilish transport tizimining yuklanishini va iste’molchilarga uzatilayotgan gaz miqdorini baholash imkonini beradi. Sarfning joriy qiymati $Q(t)$ orqali ifodalanib, ma’lum vaqt oralig‘ida uzatilgan gaz hajmini quyidagi formula yordamida aniqlash mumkin:

$$V=\int_{t_1}^{t_2} Q\,(t)dt$$

Diskret monitoring tizimida esa:

$$V\approx\sum_{i=1}^{n} Q_i\,\Delta t$$

ko‘rinishidan foydalanish mumkin.

Mazkur hisoblash mexanizmi orqali tizim faqat joriy sarfni ko‘rsatib qolmasdan, tanlangan vaqt oralig‘ida uzatilgan gazning umumiy hajmini ham hisoblash imkonini beradi. Shu sababli real vaqt monitoring tizimi texnologik nazorat bilan bir qatorda operativ hisob-kitob va tahlil funksiyalarini ham bajarishi mumkin.

Anomal holatlarni aniqlash. Monitoring tizimining funksional imkoniyatlarini kengaytirish maqsadida bosim, harorat va sarf qiymatlarining me’yoriy diapazonlardan chetlanishini aniqlash algoritmi ishlab chiqish konsepsiyasiga kiritildi.

Oddiy chegaraviy nazorat quyidagicha ifodalanishi mumkin:

$$A(t)=\begin{cases}1, & x(t)<x_{min}\\ 1, & x(t)>x_{max}\\ 0, & x_{min}\le x(t)\le x_{max}\end{cases}$$

Bu yerda $x(t)$— monitoring qilinayotgan parametr, x_{min}va x_{max}— ruxsat etilgan pastki va yuqori chegaralar, $A(t)=1$— anomal holat, $A(t)=0$— me'yoriy holat.

Biroq faqat chegaraviy nazoratdan foydalanish barcha anomal holatlarni aniqlash uchun yetarli emas. Masalan, parametr ruxsat etilgan diapazonda bo'lsa ham, uning o'zgarish tezligi noodatiy darajada yuqori bo'lishi mumkin. Shu sababli monitoring tizimida qiymat + o'zgarish tezligi + trend uchligini birgalikda nazorat qilish taklif etildi.

2-jadval. Taklif etilgan monitoring tizimi qatlamlarining funksiyalari

Tizim qatlami	Asosiy komponent	Asosiy vazifa
Dala qatlami	Bosim, harorat, sarf sensorlari	Birlamchi o'lchash
Boshqaruv qatlami	PLC/RTU	Signallarni yig'ish va dastlabki qayta ishlash
Aloqa qatlami	Sanoat aloqa tarmog'i	Ma'lumotlarni uzatish
Monitoring qatlami	SCADA	Real vaqt nazorati va vizualizatsiya
Ma'lumotlar qatlami	Ma'lumotlar bazasi	Tarixiy ma'lumotlarni saqlash
Analitik qatlam	Anomaly Detection/ML	Noodatiy holatlarni aniqlash
Operator qatlami	HMI/dashboard	Axborotni ko'rsatish va ogohlantirish

Olingan natijalar gaz quvurlarida texnologik parametrlarni alohida-alohida kuzatishdan ko'ra, ularni yagona monitoring tizimida kompleks tahlil qilish samaraliroq ekanligini ko'rsatadi. Bosim, harorat va sarf o'zaro bog'langan parametrlar bo'lgani sababli ulardan birining o'zgarishini qolgan parametrlar bilan birgalikda tahlil qilish texnologik holat haqida kengroq tasavvur beradi. Masalan, sarfning kamayishi bosimning o'zgarishi bilan bir vaqtda kuzatilsa, bu holat oddiy iste'mol o'zgarishi yoki texnologik rejimning o'zgarishi bilan bog'liq bo'lishi mumkin. Agar shu bilan birga bosimning o'zgarish tezligi ham keskin ortsa, operator uchun qo'shimcha diagnostika zarurati yuzaga keladi. Demak, ko'p parametrli monitoring oddiy chegaraviy nazoratga nisbatan ko'proq axborot beradi. Tizimning yana bir muhim afzalligi tarixiy ma'lumotlarni to'plash imkoniyatidir.

An'anaviy SCADA monitoringida asosiy e'tibor joriy holatni operatorga yetkazishga qaratilgan bo'lsa, taklif etilgan yondashuv monitoringni uch bosqichga ajratadi: real vaqt kuzatuvi, anomal holatlarni aniqlash va kelgusidagi holatni prognozlash. Birinchi bosqichda parametrlar o'lchanadi va vizualizatsiya qilinadi, ikkinchi bosqichda normal rejimdan chetlanishlar aniqlanadi, uchinchi bosqichda esa tarixiy ma'lumotlar asosida prediktiv modellarni qo'llash imkoniyati yaratiladi. Mazkur tadqiqotda real sanoat SCADA ma'lumotlar to'plami mavjud bo'lmaganligi sababli tizimning aniqligi, kechikish va anomal holatlarni aniqlash bo'yicha aniq sonli eksperimental ko'rsatkichlar keltirilmagan. Bunday ko'rsatkichlarni olish uchun real yoki ishonchli simulyatsion ma'lumotlar asosida alohida tajriba o'tkazish talab etiladi. Shunga qaramay, ishlab chiqilgan arxitektura va algoritmik yondashuv gaz quvurlarining real vaqt monitoringini tashkil etish uchun zarur bo'lgan asosiy

funksional komponentlarni birlashtiradi. Umuman olganda, tadqiqot natijasida bosim, harorat va sarf parametrlarini yagona monitoring muhitida kuzatish, ularning vaqt bo‘yicha o‘zgarishini tahlil qilish, ma’lumotlarni filtrlash va anomal holatlar haqida tezkor ogohlantirish berishga mo‘ljallangan tizim konsepsiyasi shakllantirildi. Ushbu konsepsiya kelgusida real ma’lumotlar asosida tajribaviy sinovdan o‘tkazilib, Machine Learning algoritmlari bilan boyitilishi va prediktiv texnik diagnostika tizimiga aylantirilishi mumkin.

Xulosa. O‘tkazilgan tadqiqot natijasida gaz quvurlarida bosim, harorat va sarf parametrlarini real vaqt rejimida monitoring qilishga mo‘ljallangan avtomatlashtirilgan tizimning funksional arxitekturasi ishlab chiqildi. Taklif etilgan yondashuvda texnologik parametrlarni o‘lchashdan boshlab, ma’lumotlarni PLC/RTU qurilmalarida yig‘ish, aloqa kanallari orqali SCADA serveriga uzatish, dastlabki qayta ishlash, ma’lumotlar bazasida saqlash va operator interfeysida vizualizatsiya qilishgacha bo‘lgan jarayon yagona axborot tizimiga birlashtirildi. Tadqiqot davomida bosim, harorat va gaz sarfi quvur transportining texnologik holatini baholash uchun o‘zaro bog‘liq asosiy parametrlar sifatida belgilandi. Bosimning joriy qiymati bilan bir qatorda uning vaqt bo‘yicha o‘zgarish tezligini, haroratning dinamikasini va gaz sarfining o‘zgarishini kompleks monitoring qilish tizimning diagnostik imkoniyatlarini oshirishi aniqlandi. Bu esa texnologik jarayondagi noodatiy holatlarni faqat chegaraviy qiymatlar orqali emas, balki parametrlarning dinamikasi asosida ham aniqlash imkonini beradi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, SCADA va IIoT texnologiyalarini real vaqt monitoringi bilan birlashtirish gaz transporti obyektlarida ma’lumotlarni markazlashtirilgan holda boshqarish va tahlil qilish imkoniyatlarini kengaytiradi. Shunday qilib, taklif etilgan real vaqt monitoring tizimi gaz quvurlarining texnologik holatini uzluksiz kuzatish, bosim, harorat va sarf parametrlaridagi o‘zgarishlarni o‘z vaqtida aniqlash, operatorni tezkor axborot bilan ta’minlash hamda kelgusida intellektual diagnostika imkoniyatlarini kengaytirish uchun texnik asos bo‘lib xizmat qiladi. Keyingi tadqiqotlarda tizimni real sanoat SCADA ma’lumotlari asosida sinovdan o‘tkazish, uning kechikish va aniqlik ko‘rsatkichlarini baholash hamda anomal holatlarni aniqlash uchun LSTM, Random Forest, Isolation Forest yoki Autoencoder kabi algoritmlarni integratsiya qilish maqsadga muvofiq.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Menon E.S. Gas Pipeline Hydraulics. – Boca Raton: CRC Press, 2005. – 287 p.
2. Mokhatab S., Poe W.A., Mak J.Y. Handbook of Natural Gas Transmission and Processing: Principles and Practices. 4th ed. – Gulf Professional Publishing, 2019. – 1016 p.
3. Boyer S.A. SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition. 4th ed. – Research Triangle Park: ISA, 2009. – 234 p.
4. Bolton W. Programmable Logic Controllers. 6th ed. – Oxford: Newnes/Elsevier, 2015. – 432 p.
5. Petruzella F.D. Programmable Logic Controllers. 5th ed. – New York: McGraw-Hill Education, 2016. – 480 p.
6. Åström K.J., Murray R.M. Feedback Systems: An Introduction for Scientists and Engineers. – Princeton: Princeton University Press, 2008. – 396 p.

7. Oppenheim A.V., Schafer R.W. Discrete-Time Signal Processing. 3rd ed. – Upper Saddle River: Prentice Hall, 2010. – 1120 p.
8. Boyes H., Hallaq B., Cunningham J., Watson T. The Industrial Internet of Things (IIoT): An analysis framework // Computers in Industry. – 2018. – Vol. 101. – P. 1–12.
9. Chandola V., Banerjee A., Kumar V. Anomaly Detection: A Survey // ACM Computing Surveys. – 2009. – Vol. 41, No. 3. – Article 15.
10. Breiman L. Random Forests // Machine Learning. – 2001. – Vol. 45. – P. 5–32.
11. Liu F.T., Ting K.M., Zhou Z.-H. Isolation Forest // Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Data Mining. – 2008. – P. 413–422.