

DOI: 10.31319/2519-2884.43.2023.9

УДК 62-556:621.313.37

Хмельницький Є.Д., к.т.н., доцент, ORCID: 0000-0002-8605-4960,

e-mail: khmell2020@gmail.com

Азізов Теймур, здобувач третього (доктор філософії) рівня,

e-mail: azizov.t2000@gmail.com

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

Khmelnitskyi Evgen, Candidate of technical sciences, Associate Professor of the Department of Electrical Engineering and Electromechanics

Azizov Teymur, Postgraduate Student

Dniprovsky State Technical University, Kamianske

ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ХІМІЧНОГО ПІДПРИЄМСТВА ЗА УМОВИ УЗГОДЖЕННЯ РОБОТИ ЕЛЕКТРИЧНИХ ЗАХИСТІВ І ТЕХНОЛОГІЧНОЇ АВТОМАТИКИ

У статті розглядається робота систем автоматики з керування технологічним процесом очистки коксового газу. Підприємство забезпечено надійним електропостачанням, так як живиться від двох незалежних джерел по ЛЕП-150 кВ, а також генераторів власної ТЕЦ. Основний об'єм коксового газу надходить від власних коксових батарей. Однак, стабільність технологічного процесу визначається не тільки постачанням електроенергії та сировини. Як свідчить досвід роботи, необхідною умовою є надійна робота систем технологічної автоматики і захисту окремих дільниць цеху, робота яких керується операторами за параметрами: температури, тиску, об'ємом подачі реагентів. Аналіз показує, що порушення технологічного процесу відбуваються у разі виходу з ладу електроприводів насосів, вентиляторів і засувок. Таким чином, ми маємо багатопараметричну систему, яка до останнього часу не мала єдиного центру керування, тому забезпечити і узгодити роботу кожної дільниці на оптимальному рівні можливості не було. Ситуація змінилася коли була впроваджена система автоматичного контролю і керування «РАДИКАЛ».

Ключові слова: коксовий газ; технологічна автоматики; електричний привод; система «РАДИКАЛ».

The article examines the operation of automation systems for controlling the technological process of cleaning coke gas. The enterprise is provided with a reliable power supply, as it is powered by two independent sources of 150 kV power lines, as well as generators of its own CHPP. The main volume of coke gas comes from our own coke batteries. However, the stability of the technological process is determined not only by the supply of electricity and raw materials. As work experience shows, a necessary condition is the reliable operation of technological automation systems and the protection of individual parts of the workshop, the work of which is controlled by operators according to parameters: temperature, pressure, volume of supply of reagents. The analysis shows that violations of the technological process occur in the event of failure of electric drives of pumps, fans, and valves. Thus, we have a multi-parameter system, which until recently did not have a single control center, so it was not possible to ensure and coordinate the operation of each station at the optimal level. The situation changed when the "RADICAL" automatic control and management system was introduced.

Keywords: coke gas; technological automation; electric drive; "RADICAL" system.

Постановка проблеми

Коксохімічне виробництво характеризується безперервністю процесів, великими обсягами виробництва і різноманітністю номенклатури продукції. Технологічні процеси протікають в умовах високих температур, агресивних і вибухонебезпечних середовищ. Ці експлуатаційні особливості вимагають високої надійності устаткування, яка може бути забезпечена за умови

його якісного виготовлення і монтажу та висококваліфікованого обслуговування. Тому процес інтенсифікації виробництва повинен супроводжуватись постійним удосконаленням приладів контролю за ходом технологічних процесів [1, 6].

Розглянемо процеси, які відбуваються в основному технологічному обладнанні. Абсорбери — призначені для очистки коксового газу від сірководню та вуглекислоти водним розчином моноетаноламіну (МЕА). Подача коксового газу з колектора й розчину моноетаноламіну в абсорбер повинні строго контролюватись, оскільки порушення пропорції одного з компонентів призводить до «захливання» апарату, у результаті чого порушується увесь технологічний процес очистки. Після абсорбера чистий коксовий газ проходить додаткову очистку в електрофільтрах і направляється споживачу (частково).

Відгінні колони — призначені для проведення процесу десорбції, тобто відділення моноетаноламіну з коксового газу. Кислі гази із насиченого розчину видаляються під дією парогазової суміші й пари. У нижній частині колони розташовані кип'ятильники. Робочі параметри обладнання: у колоні № 1 — тиск 1,2 атм; температура регенерації — 124°; у колоні № 2 — тиск 0,69 атм; температура — 106°—124°, які необхідно строго підтримувати на необхідному рівні. Так, зниження тиску призводить до попадання сірководню у приміщення насосної станції і може утворювати з повітрям вибухонебезпечну суміш, а збільшення тиску зруйнувати саму колону.

Вакуум-перегінний куб — призначений для розгонки важко-регенерованих солей розчину МЕА. Параметри суміші: тиск до 0,6 атм, температура 160°—190°. З вакуум-куба після процесу розгонки видаляється залишок для приготування інгібітора корозії. Як бачимо, робота технологічного обладнання визначається значним тиском, високою температурою та можливістю виникнення небезпечних ситуацій у разі порушень технологічного процесу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Вище розглянута робота абсорбера і вказана причина порушення техпроцесу — це «захливання» апарату у разі невідповідності пропорції між об'ємами розчину МЕА і коксового газу, а також несправність засувки. Несправність засувки виникає з механічних причин або відказу електропривода.

Процес прояви «захливання» контролює оператор дільниці і запобігати цьому можна, якщо є система автоматичного регулювання подачі реагентів. Однак, асинхронні електродвигуни насосів не мають пристроїв регулювання обертів, тому оператор може короткочасно зупинити роботу дільниці.

Робота відгінної колони забезпечується насосами з подачі насиченого розчину МЕА та пари на кип'ятильники. Контроль процесу у колоні полягає в підтримці належного рівня розчину, тому що невиконання цієї вимоги може призвести до небажаних наслідків. Дану операцію також виконує оператор дільниці, а не система автоматики.

Наступний процес — це спалювання сірководневого газу у печі, що може супроводжуватись викидами сірководню у довкілля. Як наслідок — зупинка для дегазації з наступною заміною засувки противибухової панелі. Особливої уваги заслуговує робота газодувної станції з п'яти електромашин потужністю 800 кВт і обертами 3000 об/хв. Кожний нагнітач має складну систему захистів, що забезпечує його надійну роботу.

Таким чином, аналіз порушень техпроцесу свідчить, що одна з основних причин, це відсутність автоматичної системи контролю і керування протікаючих процесів у апаратах, а також відсутність можливості усунення відхилень від норми без зупинки обладнання. Тому при побудові карти селективності для релейних захистів, необхідно враховувати специфіку роботи технологічного обладнання [2, 5].

Формулювання мети дослідження

Аналіз причин і наслідків порушень технологічного процесу очистки коксового газу, а також специфіки роботи хімічного обладнання дозволяє сформулювати основну мету дослідження — це визначення напрямку робіт з підвищення контролю за стабільністю протікаючих процесів за умови узгодження функціонування електричних захистів і технологічної автоматики (АСР).

Виклад основного матеріалу

1. Робота схеми сигналізації. На підприємстві є сигналізація різного типу, яка при правильному налагодженні забезпечує запобігання аварій та нещасних випадків. Схеми технологі-

чної сигналізації забезпечують одночасну подачу світлового і звукового сигналу, а також повторність спрацьовування виконавчого механізму сигналізації. Крім електричних схем, у якості технологічних застосовуються і пневматичні апарати сигналізації і регулювання, що має велике значення при установці сигналізаторів у вибухонебезпечних приміщеннях.

Значну роль у розвитку пневмоавтоматики визначив перехід від агрегатного принципу побудови систем автоматики до елементного, коли новий пневматичний пристрій комбінується з пневмоелементами універсального призначення. Тобто була застосована «Універсальна система елементів промислової автоматики» (УСЕПА). На елементах УСЕПА побудовані типові ланки безперервної дії, які дозволяють складати різні перетворювачі сигналів: дроселі, суматори, посилювачі, інтегратори та ін. Найбільш поширені пневморегулятори типів ПР2.8, ПР3.21, ПР3.31. При надійній роботі пневморегуляторів вкажемо на основні несправності, а саме: зміщення контрольної точки; зміщення виходу при зміні діапазону дроселювання більш припустимого, а також негерметичність сопла, що відключає реле. Пневмоапаратура потребує також кваліфікованого персоналу при установці і настроюванні.

2. Аналіз роботи регулюючих органів АСР. Регулюючі органи (РО) — це ланки виконавчих пристроїв, призначених для регулювання витрат реагентів, енергії або інших величин з метою забезпечення заданого режиму роботи об'єкта. У технологічних процесах різних ділянок цеху найбільш поширені дросельні регулюючі органи, до яких відносяться: регулюючі клапани, поворотні засувки, шибери і крани. Крім дросельних РО у цеху застосовані електродвигуни з регулюванням обертів та гідромуфти. Безперервний технологічний процес потребує регулюючих клапанів різних конструкцій — одно- і двосідлових та діафрагмових.

Технічні параметри РО наведені у ДСТУ-356-87, а загальні вимоги визначаються фізико-хімічними властивостями регулюємого середовища. Відмови поворотних засувок бувають у тих випадках, коли у коксовому газі або насиченому розчині виділяються тверді частинки, що призводить до поломки засувки або неповному її закритті. Ми фіксували і такі випадки, коли обертовий момент електродвигуна не перевищував реактивного моменту диску засувки і моменту тертя у підшипниках, як потребує ДСТУ 12769-89 для важких умов роботи.

Особливої уваги заслуговує вибір регулюючого органу на дільниці мокрого каталізу (МК), де виробляється сірчана кислота. На цій дільниці не можна застосовувати регулюючі клапани із звичайних матеріалів і сальниковим ущільненням. На дільниці необхідно застосувати безсальникові регулюючі клапани з рухомою гнучкою діафрагмою, а внутрішня стінка клапанів футерована кислото-стійкою емаллю. Застосування таких приладів забезпечить надійну роботу даної дільниці [4].

3. Робота і керування виконавчими механізмами. У системах АСР в якості виконавчих механізмів (ВМ) розповсюджені електромагнітні приводи та електродвигуни. Електромагнітні приводи типів ЕВ-1 та ЕВ-2 розраховані на тривале проходження струму у котушках, що може призвести до випадкового спрацьовування механізму при відключенні напруги. Електромагнітні приводи типу ЕВ-3 працюють більш надійно, оскільки розраховані на короткочасний режим роботи.

Електродвигуни різних типів застосовують для керування багатооборотними запірними і регулюючими органами. Основна вимога до системи керування — це забезпечення своєчасної зупинки електродвигуна при повному виконанні завдання. З цією метою такі електродвигуни мають кінцеві вимикачі типів УКВ-4 або ВП-4. Така конструкція забезпечує сигналізацію проміжного положення ВМ та виключає механічну поломку механізму. У разі відказу кінцевого вимикача для безпечної роботи електропривода треба здійснити включення у схему реле максимального струму або електромеханічної муфти обертового моменту: стопоріння двигуна викликає збільшення споживаного струму та його відключення автоматом. Стабільність протікання техпроцесу забезпечують АПВ електричного обладнання та автоматика АВР електродвигунів і електрофільтрів.

Також зафіксовані випадки: зниження напруги на введеннях 6 кВ на 8—10 % від номінального значення, два випадки короткочасного відключення напруги на I секції шин підстанції МС-1, п'ять випадків к.з. в електродвигунах. Однак, найчастіше ненормальний режим — перевантаження — спостерігався в асинхронних електроприводів на різних дільницях. У разі

спрацьовування пристроїв захисту (РЗА) від перевантаження з витримкою часу у 100–160 с подавався сигнал оператору. Оператор абсорбера зменшував подачу розчину або збільшував подачу коксового газу. Якщо дії оператора не мали успіху, короткочасно припинялася робота апарата. Аналогічні дії виконував оператор відгінних колон, керуючись показаннями приладів тиску і температури.

Типова рекомендація при зниженні напруги — це регулювання трансформатором або включення у роботу батареї конденсаторів (БСК). Однак, у нашому випадку здійснити ці рекомендації неможливо, бо цеховий трансформатор живить десятки електродвигунів, а батарея статичних конденсаторів відсутня. У той же час з точки зору підвищення коефіцієнта потужності мережі, доцільно встановити регульовану БСК. Відносно можливості регулювання обертів електродвигунів на ділянках абсорбера, відгінних колон та мокрого каталізу доцільно живлення асинхронних двигунів здійснити від перетворювачів частоти. Рекомендація витратна, однак збитки при порушення технологічного процесу значно більші [6].

Найбільш наочним позитивним прикладом взаємодії пристроїв РЗА та протиаварійної автоматики можна продемонструвати на контролі роботи турбогазоводок; структурна схема параметрів, що контролюються, наведена на рис. 1.

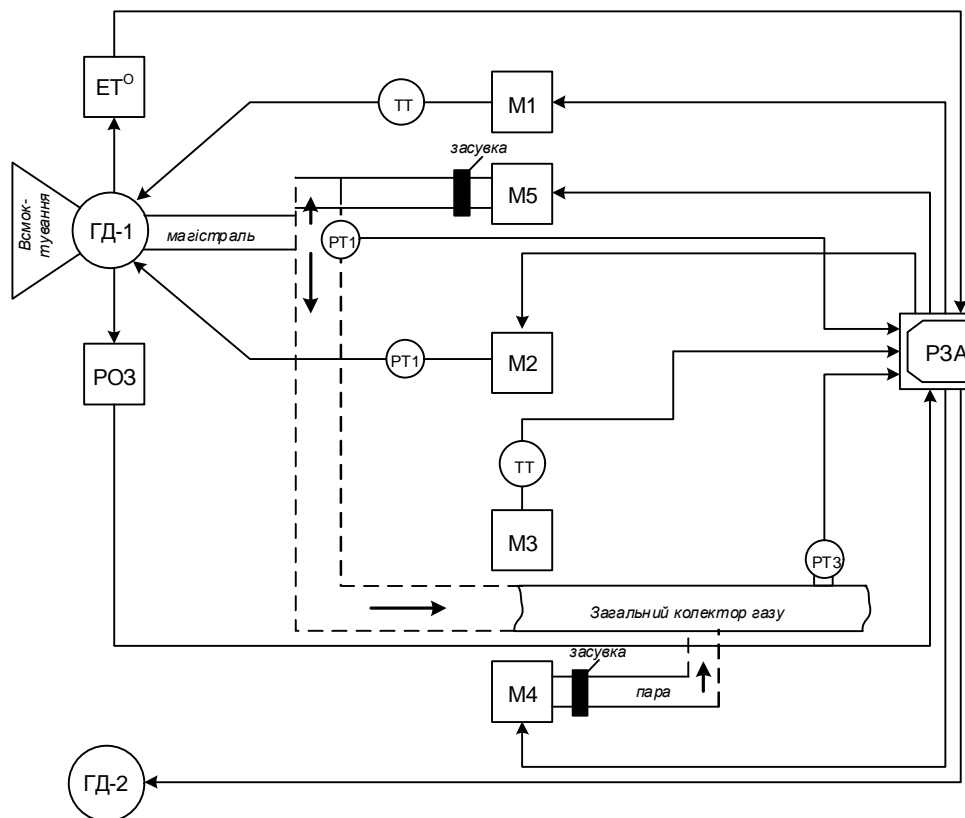


Рис. 1. Схема контролюємих параметрів газодувки

На схемі вказані: М1 — двигун вентилятора обдуву; М2 — двигун маслонасосу; М3 — двигун подачі охолодженої води; КТ — електроконтактний термометр; РТ-1 — датчик тиску масла у підшипниках; РТ-3 — датчик тиску коксового газу у колекторі; РОЗ — реле зсуву ротора; М4 – двигун засувки подачі пари; М5 — двигун байпасної засувки; ГД-1 — робоча, ГД-2 — резервна газодувки. Електрична схема газодувки має наступні блокування не можна запустити двигун: без включення обдуву, маслонасосу і подачі охолоджуючої води; датчик РТ-2 керує роботою байпасної засувки у разі виникнення помпажу; у разі зсуву ротора на 0,20 мм подається сигнал, при зсуві до 0,30 мм двигун виключається. Така складна система захистів доцільна для відповідальних електромашин, електродвигуни на інших ділянках таких захистів не мають, а

контролюються операторами. Однак, не можна завжди покладатися на людський фактор, тому запропоновано у цеху очистки коксового газу застосувати автоматизовану систему керування і контролю (АКК) типу «РАДИКАЛ». Комплекс «РАДИКАЛ» підтримує хід технологічного процесу на оптимальному рівні, одночасно виконує операції контролю критичних параметрів. «РАДИКАЛ» має дворівневу структуру: АКК нижнього рівня забезпечує оперативне керування технологічними лініями, АКК вишого рівня — це центральний диспетчерський пункт, де поточна інформація аналізується оператором-технологом і оператором-енергетиком [7].

Застосування автоматизованого комплексу «РАДИКАЛ» дало значний економічний ефект: подача коксового газу на ТЕЦ збільшилась на 4 %, тобто на 5,2 млн. куб м, що дозволило збільшити власне виробництво електроенергії на 780 млн кВт-год та виробництво сірчаної кислоти на 5 % (тобто на 400 т). Додатковий ефект забезпечило скорочення штату операторів дільниць на 12 чоловік. Однак, основний ефект визначився підвищенням надійності роботи технологічного устаткування.

Висновки

Проведений аналіз показав, що підприємство має значні збитки з порушень технологічного процесу. Основна доля порушень техпроцесу визначається недостатньою роботою електричних захистів і технологічної автоматики, а у деяких випадках і неможливістю операторів дільниць вести оптимальний техпроцес. Ненадійна робота електроприводів технологічного обладнання визначається його перевантаженням, яке у деяких випадках не може бути ліквідовано оператором дільниці, що призводить до відключення двигуна і зупинки техпроцесу. Тому актуальним залишається застосування регулююмого електропривода. Введення в роботу автоматизованої системи керування і контролю типу «РАДИКАЛ» значно зменшило кількість порушень техпроцесу, підвищило надійність роботи технологічного обладнання і дало значний економічний ефект.

Список використаної літератури

1. Малий Є.І. Проектування та розрахунки устаткування коксохімічних заводів: навчальний посібник. Дніпропетровськ: НМетАУ, 2009. 82 с.
2. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування: Підручник. 2-ге вид., перероб. і доп. К.: Либідь, 2007. 656 с.
3. Широкий Д.К., Куриленко О.Д. Оптимальні настройки промислових систем регулювання. Вид-во «Вища школа», 1975. 264 с.
4. Пушкар М.С., Проценко С.М. Проектування систем автоматизації [Текст]: навч. Посібник. Д.: Національний гірничий університет, 2013. 268 с.
5. Автоматика и управление в технических системах / Отв.ред. С.В. Емельянов, В.С. Михалевиц. К.: Вища школа, 1992. кн.3. Б.Ф. Фомин, В.В. Яковлев. 191 с.
6. Бобух А.О. Автоматизовані системи керування технологічними процесами: Навч. посібник. Харків: ХНАМГ, 2006. 185 с.
7. Автоматизированные системы управления технологическими процессами. Идентификация и управление / Под ред. проф. В.И. Салыгин. Харьков: Вища шк., 1976. 180 с.

INCREASE OF PRODUCTIVITY OF THE CHEMICAL ENTERPRISE TERMS OF COORDINATION OF WORK OF ELECTRICAL PROTECTION AND TECHNOLOGICAL AUTOMATION

Abstract

The coke oven gas purification workshop is connected to the main workshops of the coke-chemical production plant. In our warehouse, we have a large amount of electrical and chemical equipment that operates in a continuous mode. Analysis of the disruption of the technological process shows that one of the main reasons is the absence of an automatic control system and control of the flowing processes in the devices, as well as the possibility of reducing the quality of care from the

norm without interruption. Iadnannya. Therefore, when creating a selectivity map for relay controllers, it is necessary to take into account the specifics of the technological equipment. The installation of the automated complex "RADICAL" gave a significant economic effect: the supply of coke oven gas to the thermal power plant increased by 4 %, or by 5.2 million cubic meters, which allowed an increase in the production of electricity by 780 million kW-year and generation acid by 5 % (total for 400 tons). An additional effect was ensured by the reduction of the staff of operators to 12 people. However, the main effect was due to the increased reliability of the technological installation. The analysis showed that the production process causes significant disruption to the technological process. The main share of disruption to the technical process is due to the insufficient operation of electrical controls and technological automation. The introduction of an automated treatment and control system of the "RADICAL" type into the robot significantly changed the level of disruption to the technical process, increased the reliability of the technological equipment of the robot and gave a significant economic effect.

References

- [1] Maliy Ye.I. (2009) Proektuvannia ta rozrakhunky ustatkuvannia koksokhimichnykh zavodiv [Design and calculations of the equipment of coke chemical plants]: navchalnyi posibnyk. Dnipropetrovsk: NMetAU, 2009. 82 p.
- [2] Popovych M.H., Kovalchuk O.V. (2007) Teoriia avtomatychnoho keruvannia [Theory of automatic control]: Pidruchnyk. 2-he vyd., pererob. i dop. K.: Lybid, 2007. 656 p.
- [3] Shyrokyi D.K., Kurylenko O.D. (1975) Optymalni nastroiiky promyslovykh system rehuliuвання [Optimum settings of industrial control systems]. Vyd-vo «Vyshcha shkola», 1975. 264 p.
- [4] Pushkar M.S., Protsenko S.M. (2013) Proektuvannia system avtomatyzatsii [Design of automation systems] [Tekst]: navch. Posibnyk. D.: Natsionalnyi hirnychiy universytet, 2013. 268 p.
- [5] Avtomatyka i upravlenye v tekhnicheskyykh systemakh [Automation and control in technical systems]. Otv.red. S.V. Emelianov, V.S. Mykhalevych. K.: Vyshcha shkola, 1992. kn.3 B.F. Fomyn, V.V. Yakovlev. 191 p.
- [6] Bobukh A.O. (2006) Avtomatyzovani systemy keruvannia tekhnolohichnymy protsesamy [Automated control systems for technological processes]: Navch. posibnyk. Kharkiv: KhNAMH, 2006. 185 p.
- [7] Avtomatyzirovannye systemy upravleniia tekhnolohicheskimi protsessami. Identyfikatsiia i upravlenye [Automated process control systems. Identification and management] / Pod red. prof. V.Y. Salyhy. Kharkov: Vyshcha shk., 1976. 180 p.

Надійшла до редколегії 06.11.23.