

КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТИСКУ У ЦИСТЕРНІ З РІДКОЮ ВУГЛЕКИСЛОТОЮ

І.В. Бадьорко, В.С. Ситніков

Національний університет «Одеська політехніка»

Анотація. Розглянута структурна схема системи автоматичного регулювання тиску у цистерні з рідкою вуглекислою при виготовленні ігристих та шампанських вин та отримана ефективність підприємством при впровадженні системи в робочий процес.

Ключові слова: Комп'ютерна система, автоматичне регулювання, виробництво.

Вступ

Виготовлення вина це традиційна частина української народної культури. На початку винороб збирає виноград і звичайнісіньким способом виробляє так зване базове вино - тихе вино (без бульбашок), але народні умільці на базі цього вина створили ігристе, яке користується більшим попитом. Перетворення тихого вина на ігристе це мистецтво [1].

Звичайно, якість базового вина впливає на якість ігристого. Винороби не даремно вважають, що вино на 80% створюється на виноградниках, і лише 20% роботи належить до виробництва. Саме тому для творців ігристих вин дуже важливо бачити, де і як росте виноград, який ляже в основу вин. Базове вино дає ігристому його первинний аромат: фруктові, квіткові, цитрусові ноти [2-4].

В Україні при виробництві шампанських та ігристих вин використовується вуглекислота для збереження продукту та транспортування його трубопроводами. На підприємства вуглекислота доставляється в автомобільних цистернах (ЦРВ) у рідкому вигляді [3]. Температура вуглекислоти в цистерні -50°C , початковий тиск 9 бар (0,9 МПа).

1. Аналіз стану використання рідкої вуглекислоти

Цистерни з рідкою вуглекислою знаходяться на вулиці і схильні до впливу атмосферних факторів. При підвищенні температури навколишнього середовища температура всередині цистерни зростає, і вуглекислота випаровується, перетворюючись з рідкої в газоподібну. Випаровування вуглекислоти призводить до підвищення тиску всередині цистерни. Усі цистерни обладнані запобіжною нержавіючою мембраною, розрахованою на тиск 25 Бар (2,5 МПа). При

перевищенні тиску мембрана вилітає та вміст цистерни (10 м^3) потрапляє в атмосферу. Щоб запобігти таким аварійним випадкам необхідно в міру зростання тиску стравлювати її.

При дослідженні ринку для пошуку вже готових рішень було встановлено, що країни Європи та США при виробництві шампанських та ігристих вин використовують азот замість вуглекислоти. Застосування азоту дозволило знизити робочий тиск з 6 Бар до 3 Бар, а також дозволило здешевити виробництво шампанських та ігристих вин у цих країнах. В Україні підприємства працюють за старою схемою на застарілому устаткуванні. Тому для переходу з вуглекислоти на азот потрібне велике капіталовкладення в підприємство. Власники підприємств вважають за краще вкладати кошти в модернізацію вже наявного у них робочого обладнання, при цьому продовжуючи випускати продукцію під час проведення робіт з модернізації. Оскільки на підприємствах України застаріле обладнання, основну роль у роботі відіграє людський фактор. Контроль за тиском в ЦРВ здійснює оператор, і при досягненні критичного тиску він відкриває кран і скидає вуглекислоту в атмосферу, замість того щоб вона йшла у виробництво.

2. Комп'ютерна система автоматичного регулювання тиском

Щоб уникнути аварійних випадків та викидів вуглекислоти в атмосферу, що порушує екологічний стан, а також своєчасно стравлювати тиск вуглекислоти у робочу магістраль, не перевищуючи заданого в ній тиску, встає завдання: розробити пристрій автоматичного регулювання тиску в ЦРВ на сучасному рівні.

Сучасний розвиток технічних систем на виробництві обумовлений концепцією Індустрія 4.0. Відповідно до цієї концепції системи та їх

апаратні та програмні компоненти повинні відповідати новим вимогам за мобільністю, гнучкістю, адаптивністю, пристосованістю до умов функціонування [5]. Для досягнення цього системи оснащуються великій кількістю датчиків, виконуючими механізмами, контролерами, апаратними та програмними компонентами обчислювальної техніки, які повинні працювати у реальному часі. Наявність бездротових мереж та хмарних технологій сприяє швидкому збору даних, які після первинної обробки відправляються до відповідного центру аналізу та прийняття рішення технологіями та технічним персоналом.

Відомо, що при використанні технологій штучного інтелекту ця робота може виконуватися на місці отримання інформації, але це не малі кошти. Включення до таких систем ще й блока когнітивного аналізу допомагає обрати більш вірне рішення [6, 7]. Подальший же розвиток подібних систем йде в напрямку гуманізації прийняття рішення та дружнього контакту з людиною, відповідно до концепції Індустрія 5.0 [8].

При розробці структурної схеми комп'ютерної системи необхідно проаналізувати вимоги виробництва, можливості власника, технічний стан устаткування та регламентуючи вимоги та правила безпеки [10-12].

До складу структурної схеми входять: цистерни з рідкої вуглекислоти (ЦРВ), датчики тиску та температури, резервна цистерна - ресивер для скидання вуглекислоти не в атмосферу, а для використання у виробництві, контролери комп'ютерної системи, рис.1 [13-16].

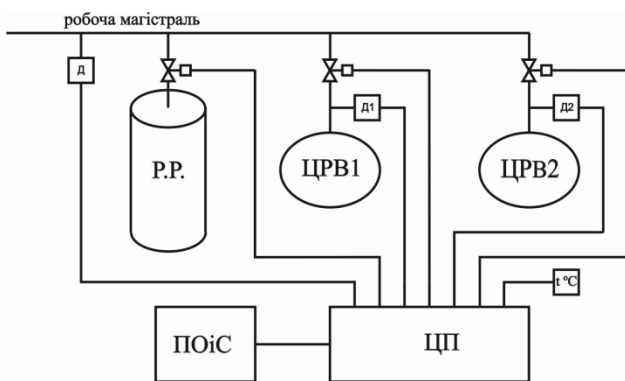


Рис.1. Структурна схема пристрою

автоматичного регулювання тиску у ЦРВ,

де Д - датчик тиску газоподібної вуглекислоти в робочій магістралі, Д1 - датчик тиску вуглекислоти в ЦРВ1, Д2 - датчик тиску вуглекислоти в ЦРВ2, РР - резервний ресивер, ЦРВ - цистерна з рідкою вуглекислотою, t °C - датчик температури навколишнього повітря,

ПоіС - панель оператора та сигналізації, ЦП - центральний процесор.

Слід відмітити, що ЦРВ це металева ємність об'ємом 10 м³, ізольована пінополіуретаном товщиною В=100 мм. Площа поверхні ЦРВ S_{ЦРВ} = 39,3 м². Коефіцієнт теплопровідності пінополіуретану $K = 0,024 \frac{\text{Дж}}{\text{м} \cdot \text{К} \cdot \text{с}}$.

Тепловий опір ЦРВ складає

$$R_{\text{ЦРВ}} = \frac{V}{K} = \frac{0,1}{0,024} = 4,17 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К} \cdot \text{с}}{\text{Дж}}$$

Енергія нагріву вуглекислоти Q температурою навколишнього повітря визначається наступним чином

$$Q = \frac{S_{\text{ЦРВ}} \cdot (T_{\text{НП}} - T_{\text{РВ}})}{R_{\text{ЦРВ}}} \cdot t, \quad (1)$$

де T_{НП} - температура навколишнього повітря, T_{РВ} - температура рідкої вуглекислоти у ЦРВ,

t - час, за який відбувається нагрів вуглекислоти.

Відповідно до рівняння Менделєєва-Клапейрона отримаємо зв'язок між тиском, об'ємом та температурою

$$p \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T, \quad (2)$$

де p - тиск у ЦРВ, V - об'єм ЦРВ, m - маса вуглекислоти у ЦРВ, M - молярна маса вуглекислоти, складає - $0,084 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$, R - універсальна газова постійна, яка складає - $8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$, T - температура вуглекислоти.

Підставляючи співвідношення (1) до рівняння (2) знайдемо залежність тиску в ЦРВ від температури навколишнього повітря та від часу впливу цієї температури на ЦРВ. Тоді, залежність тиску від температури навколишнього повітря та часу буде мати такий вигляд

$$p = \frac{S_{\text{ЦРВ}} \cdot (T_{\text{НП}} - T_{\text{РВ}})}{R_{\text{ЦРВ}} \cdot V} \cdot t, \quad (3)$$

Згідно до співвідношення (3), було отримано тиск, як функція від двох змінних $p = f(T_{\text{НП}}, t)$. Знаючи добову зміну температури можливо побудувати графік підвищення тиску у ЦРВ. Так, графік підвищення тиску у ЦРВ при зміні добової температури для серпня наведено на рис.2.

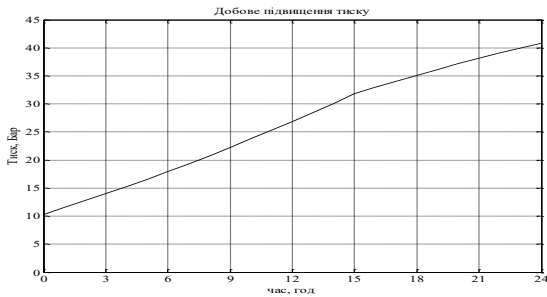


Рис.2. Добова зміна тиску в ЦРВ у серпні

З рис.2. бачимо, що у 7 годині необхідно відкривати клапан та стравлювати тиск з ЦРВ, оскільки інакше у 11 годині спрацює аварійне відкриття мембрани. Тоді, можливо показати роботу комп'ютерної системи автоматичного регулювання тиску у ЦРВ по досягненні критичного тиску.

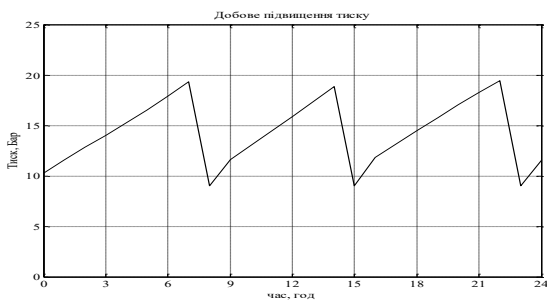


Рис.3. Графік автоматичного регулювання тиску в ЦРВ у серпні.

Аналогічно попереднім графікам, графіки на рисунках 4 та 5 відображають добову зміну тиску у ЦРВ від температури у січні та автоматичне регулювання тиску у ЦРВ по досягненню критичного тиску. З графіку на рис.4 бачимо, що у січні процес перетворення рідкої вуглекислоти у газоподібну вуглекислоту відбувається повільніше ніж у серпні. Тоді, відкриття клапану, що стравлює газоподібну вуглекислоту, відбувається рідше ніж у серпні, а це означає, що кількість газоподібної вуглекислоти, отриманою природним чином з рідкої вуглекислоти, може не вистачати для робочого режиму підприємства, і потребує додаткового перетворення вуглекислоти за допомогою газифікатора. Графік регулювання тиску у ЦРВ наведений на рис.5.

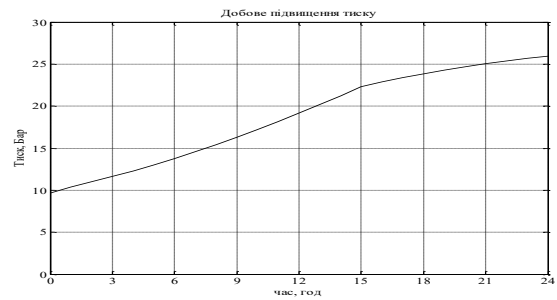


Рис.4. Добові зміни тиску у ЦРВ у січні

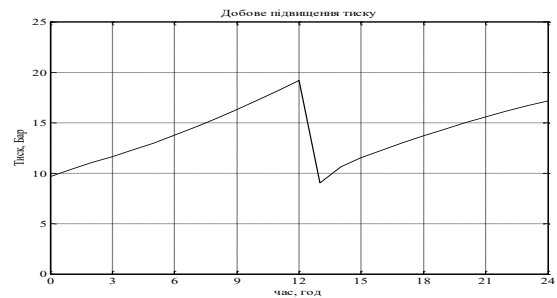


Рис.5. Графік автоматичного регулювання тиску у ЦРВ у січні

На рисунках 3 та 5 показано, що, знаючи прогноз температури та ввести ці дані у програму, дає змогу спрогнозувати підвищення тиску у ЦРВ, а тоді можна спланувати роботу підприємства з урахуванням економії енергоносіїв на перетворення вуглекислоти за рахунок природного перетворення.

Висновки

Виготовлення подібної комп'ютерної системи автоматичного регулювання тиску вуглекислоти у ЦРВ дозволило на підприємстві уникнути людського фактору, що виключило випадки аварійного спрацювання запобіжної мембрани, а також дало можливість знизити енерговитрати по перетворенню вуглекислоти на 30%.

Слід відмітити, що власника та виробників задовольнило використання такої конфігурації системи (без елементів штучного інтелекту) та економії енергоносіїв. Крім того, власник також відмовився і від програми прогнозування роботи підприємства від температури навколишнього середовища.

Список використаної літератури

1. Попова О. Игристое виноделие – украинские традиции <https://life.pravda.com.ua/society/2012/08/10/109751/>

2. Технологии создания игристых вин: классический метод – как он применяется в Украине? https://life.24tv.ua/ru/igristoe-vino-proizvodstvo-v-ukraine-igristoe-vino-i-shampanskoe-raznica_n1398794
3. Бутылочная технология игристых вин <https://garden-ua.com/bottle-technology-of-sparkling-wine/>
4. Лакарен К. Вино вопреки всему <https://ukrainer.net/krystof-lakaren-vyno-vopreky-vsemu/>
5. The Industry 4.0 Standards Landscape from a Semantic Integration Perspective Conference Paper (PDF Available) September 2017 with 4,699 Reads DOI: 10.1109/ETFA.2017.8247584 Conference: Conference: 2017 IEEE 22nd International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), At Limassol, Cyprus, available: https://www.researchgate.net/publication/318208930_The_Industry_4_0_Standards_Landscape_from_a_Semantic_Integration_Perspective
6. Industry 4.0: an overview. Conference Paper (PDF Available) · July 2018 with 7,147 Reads, available at: https://www.researchgate.net/publication/326352993_Industry_4_0_an_overview
7. Industry 4.0, available: <https://www.cognex.com/ru-ru/what-is/industry-4-0-machine-vision/development>.
8. Adel Amr. Future of industry 5.0 in society: human-centric solutions, challenges and prospective research areas. Journal of Cloud Computing volume 11, Article number: 40 (2022), available at: <https://journalofcloudcomputing.springeropen.com/articles/10.1186/s13677-022-00314-5>
- 9.
10. РД 26-4-87 Правила. Оборудование для безбаллонного обеспечения предприятий двуокисью углерода. Выбор и применение (с Изменением N 1). [Электронный ресурс], режим доступа: <https://meganorm.ru/Index2/1/4293816/4293816975.htm>
11. РТМ 26-303-78 Резервуары изотермические для сжиженного углекислого газа. Нормы и методы расчета. [Электронный ресурс], режим доступа: https://znaytovar.ru/gost/2/RTM_2630378_Izotermicheskie_re.html
12. Брусиловский С.А., Мельников А.И., Мержаниан А.А., Саришвили Н.Г. Производство Советского шампанского непрерывным способом – М.: Пищевая промышленность, 1977г. – 232 с.
13. Мартин Т. “Микроконтроллеры ARM7. Семейство LPC2000 компании Philips. Вводный курс” – М.: ДОДЕКА-XXI, 2006. – 240 с.
14. Редькин П.П. 32/16-битные микроконтроллеры ARM7 семейства AT91SAM7 фирмы Atmel. Руководство пользователя – М.: ДОДЕКА-XXI, 2008. – 699 с.
15. Баранов В.Н. Применение микроконтроллеров AVR: схемы алгоритмы программы. М.: ДОДЕКА-XXI, 2006 – 288 с.
16. Трамперт В. AVR-RISC Микроконтроллеры. М.: МК-Пресс, 2006 – 464 с..

AUTOMATIC CONTROL COMPUTER SYSTEM OF PRESSURE IN THE LIQUID CARBON DIOXIDE TANK

I.V. Badyorko, V.S. Sytnikov
Odesa Polytechnic National University

Abstract. *The article was reviewed the automatic control system structural diagram of pressure in the liquid carbon dioxide tank for the production of sparkling and champagne wines and was obtained the efficiency by the enterprise when the system is implemented in the work process are considered.*

Keywords: *Computer system, automatic regulation, production.*

Отримано 15.03.2023



Бадьорко Ігор Володимирович, Національний університет «Одеська політехніка», асистент кафедри комп'ютерних систем. Просп. Шевченка, 1, Одеса, Україна, E-mail: badyorko_i@ukr.net, тел. +38-050-531-72-58

Igor Badyorko, Odesa Polytechnic National University, assistant of the Computer Systems department, Shevchenko ave., 1, Odessa, Ukraine

ORCID ID: 0009-0004-2377-708X



Ситніков Валерій Степанович, Національний університет «Одеська політехніка», завідувач кафедри комп'ютерних систем, д.т.н., проф. Просп. Шевченка, 1, Одеса, Україна, E-mail: sitnikov@op.edu.ua, тел. +38-067-456-7165

Valerii Sytnikov, Odesa Polytechnic National University, Computer System Department Head, Dr. Eng. Sci., Prof., Shevchenko ave., 1, Odessa, Ukraine

ORCID ID: 0000-0003-3229-5096