



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **163001** (13) **U**
(51) МПК (2026.01)
G01L 23/00
B01J 7/00

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки:	u 2025 06043	(72) Винахідник(и):	Абрамов Юрій Олексійович (UA), Кривцова Валентина Іванівна (UA), Михайлюк Андрій Олександрович (UA), Білецький Ігор Васильович (UA), Воронько Віталій Володимирович (UA)
(22) Дата подання заявки:	03.12.2025	(73) Володілець (володільці):	ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ О.М. БЕКЕТОВА, вул. Черноглазівська, 17, м. Харків, 61002 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності:	14.05.2026	(74) Представник:	Соклаков Антон Олександрович, реєстр. №506
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію:	13.05.2026, Бюл.№ 19		

(54) СПОСІБ КОНТРОЛЮ ГАЗОГЕНЕРАТОРА СИСТЕМИ ЗБЕРІГАННЯ ТА ПОДАЧІ ВОДНЮ

(57) Реферат:

Спосіб контролю газогенератора системи зберігання та подачі водню полягає в тому, що стрибкоподібно змінюють площу вихідного отвору газогенератора на апіорі задану величину та в два апіорі задані моменти часу, вимірюють величини прирощення тиску в порожнині газогенератора, що обумовлені зміною площі його вихідного отвору. При цьому контролюють швидкість зміни тиску в порожнині газогенератора, на інтервалах часу, які обмежують апіорі заданими моментами часу. Вимірюють інтеграли від прирощення тиску в порожнині газогенератора, що обумовлені зміною площі його вихідного отвору. В момент досягнення швидкості зміни тиску в порожнині газогенератора такої величини, що дорівнює нулю, вимірюють величину прирощення тиску в порожнині газогенератора, що обумовлено зміною площі його вихідного отвору. Результат контролю визначають за допомогою критеріїв:

$$|K_N - \Delta P(T)F_0^{-1}| \leq \varepsilon_1;$$

$$|\tau_N - \Delta P_1^{-1}[\Delta P(T)(t_i - \tau_0) - I_i]| \leq \varepsilon_2, i = 1, 2;$$

$$|\tau_{0N} - \tau_0| \leq \varepsilon_3;$$

$$\tau_0 = [\Delta P(T)(\Delta P_1 t_2 - \Delta P_2 t_1) - I_2 \Delta P_1 + I_1 \Delta P_2] \cdot [\Delta P(T)(\Delta P_1 - \Delta P_2)]^{-1},$$

де K_N , τ_N , τ_{0N} - номінальні значення інтегральних параметрів газогенератора - відповідно, коефіцієнта передачі, постійної часу та часу запізнення; t_i - апіорі задані моменти часу ($i=1,2$); F_0 - апіорі задана величина стрибкоподібної зміни площі вихідного отвору газогенератора; ΔP_1 , ΔP_2 - величини прирощення тиску в порожнині газогенератора, що обумовлені зміною площі його вихідного отвору, в апіорі задані моменти часу t_1 та t_2 , відповідно; I_1 , I_2 - інтеграли від прирощення тиску в порожнині газогенератора, що обумовлені зміною площі його вихідного отвору, на інтервалах часу, які обмежені апіорі заданими моментами часу t_1 та t_2 , відповідно; $\Delta P(T)$ - величина прирощення тиску в порожнині газогенератора, що обумовлено зміною площі його вихідного отвору, в момент часу T , який відповідає досягненню швидкості зміни тиску в

UA 163001 U

порожнині газогенератора такої величини, що дорівнює нулю; ε_i - i -те мале апіорі задане число ($i = \overline{1,3}$).

Корисна модель належить до галузі одержання, зберігання та подачі водню за допомогою систем, до складу яких входить газогенератор.

Відомий спосіб контролю газогенератора системи зберігання та подачі водню [1], який полягає в тому, що змінюють площу вихідного отвору газогенератора у вигляді прямокутного імпульсу із апіорі заданими амплітудою та тривалістю, величину якої вибирають такою, щоб в газогенераторі закінчились перехідні процеси, вимірюють інтеграл від тиску в порожнині газогенератора протягом часу, який співпадає із подвійною тривалістю зміни площі вихідного отвору газогенератора, а результат контролю визначають згідно із критерієм.

Недоліком такого способу є велика тривалість, яка складає 6÷8 постійних часу газогенератора.

Відомий спосіб контролю газогенератора системи зберігання та подачі водню [2], який полягає в тому, що стрибкоподібно змінюють площу вихідного отвору газогенератора, в апіорі заданий момент часу вимірюють величини тиску в порожнині газогенератора і швидкість його зміни, а результат контролю визначають за допомогою критерію:

$$|\tau_0[KF_0 - P(t_0V^{-1})]| \leq \varepsilon, \quad (1)$$

де τ_0 - номінальна величина постійної часу газогенератора; K - коефіцієнт передачі газогенератора; F_0 - величина стрибкоподібної зміни площі вихідного отвору газогенератора; $P(t_0)$, V - тиск та швидкість його зміни в порожнині газогенератора в апіорі заданий момент часу t_0 ; ε - мале апіорі задане число.

Недоліком такого способу є низька достовірність контролю газогенератора системи зберігання та подачі водню, що обумовлена використанням як параметрів, які контролюються, лише одного із трьох параметрів газогенератора - його постійної часу.

Найбільш близьким до заявленої корисної моделі є спосіб контролю газогенератора системи зберігання та подачі водню [3], який вибраний за найближчий аналог. Даний відомий спосіб полягає в тому, що стрибкоподібно змінюють площу вихідного отвору газогенератора на апіорі задану величину, в два апіорі заданих моменти часу вимірюють величини прирощення тиску в порожнині газогенератора, що обумовлені зміною площі його вихідного отвору, а також величини швидкостей зміни тиску в порожнині газогенератора, а результат контролю визначають за допомогою критеріїв:

$$|\tau_0 - [\Delta P(t_2) - \Delta P(t_1)][V(t_1) - V(t_2)]^{-1}| \leq \varepsilon_1; \quad (2)$$

$$|K_0 - [V(t_1)\Delta P(t_2) - V(t_2)\Delta P(t_1)]F_0[V(t_1) - V(t_2)]^{-1}| \leq \varepsilon_2; \quad (3)$$

де τ_0 , K_0 - номінальні значення постійної часу та коефіцієнта передачі газогенератора відповідно; t_1 , t_2 - апіорі задані моменти часу; F_0 - апіорі задана величина стрибкоподібної зміни площі вихідного отвору газогенератора; $\Delta P(t_1)$, $\Delta P(t_2)$ - величини прирощення тиску в порожнині газогенератора в апіорі задані моменти часу; $V(t_1)$, $V(t_2)$ - величини швидкостей зміни тиску в порожнині газогенератора в апіорі задані моменти часу; ε_1 , ε_2 - малі апіорі задані числа.

Недоліком такого способу є низька достовірність контролю газогенератора системи зберігання та подачі водню, що обумовлено визначенням результату його контролю із використанням не всіх інтегральних параметрів газогенератора.

Корисна модель спрямована на вирішення задачі по підвищенню достовірності контролю газогенератора системи зберігання та подачі водню за рахунок використання при визначенні результату контролю всіх його інтегральних параметрів.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі контролю газогенератора системи зберігання та подачі водню, який полягає в тому, що стрибкоподібно змінюють площу вихідного отвору газогенератора на апіорі задану величину та в два апіорі заданих моменти часу вимірюють величини прирощення тиску в порожнині газогенератора, що обумовлені зміною площі його вихідного отвору, додатково контролюють швидкість зміни тиску в порожнині газогенератора, на інтервалах часу, які обмежують апіорі заданими моментами часу, вимірюють інтеграли від прирощення тиску в порожнині газогенератора, що обумовлені зміною площі його вихідного отвору, в момент досягнення швидкості зміни тиску в порожнині газогенератора такої величини, що дорівнює нулю, вимірюють величину прирощення тиску в порожнині газогенератора, що обумовлено зміною площі його вихідного отвору, а результат контролю визначають за допомогою критеріїв:

$$|K_N - \Delta P(T)F_0^{-1}| \leq \varepsilon_1; \quad (4)$$

$$|\tau_N - \Delta P_i^{-1}[\Delta P(T)(t_i - \tau_0) - I_i]| \leq \varepsilon_2, i = 1; 2; \quad (5)$$

$$|\tau_{0N} - \tau_0| \leq \varepsilon_3; \quad (6)$$

$$\tau_0 = [\Delta P(T)(\Delta P_1 t_2 - \Delta P_2 t_1) - I_2 \Delta P_1 + I_1 \Delta P_2] [\Delta P(T)(\Delta P_1 - \Delta P_2)]^{-1}, \quad (7)$$

де K_N , τ_N , τ_{0N} - номінальні значення інтегральних параметрів газогенератора – відповідно, коефіцієнта передачі, постійної часу та часу запізнення; t_1 - апіорі задані моменти часу ($i=1,2$); F_0 - апіорі задана величина стрибкоподібної зміни площі вихідного отвору газогенератора; $\Delta P(t_1)$, $\Delta P(t_2)$ - величини прирощення тиску в порожнині газогенератора, що обумовлені зміною площі його вихідного отвору, в апіорі задані моменти часу t_1 та t_2 , відповідно; I_1 , I_2 - інтеграли від прирощення тиску в порожнині газогенератора, що обумовлені зміною площі його вихідного отвору, на інтервалах часу, які обмежені апіорі заданими моментами часу t_1 та t_2 , відповідно; $\Delta P(T)$ - величина прирощення тиску в порожнині газогенератора, що обумовлено зміною площі його вихідного отвору, в момент часу T , який відповідає досягненню швидкості зміни тиску в порожнині газогенератора такої величини, що дорівнює нулю; ε_i - i -те мале апіорі задане число ($i=1,3$).

Спосіб контролю газогенератора системи зберігання та подачі водню здійснюється наступним чином.

Стрибкоподібно змінюють площу $F(t)$ вихідного отвору газогенератора на апіорі задану величину F_0

$$F(t) = F_0 I(t), \quad (8)$$

де $F_0 = \text{const}$; $I(t)$ - функція Хевісайда від часу t .

Наслідком такої зміни площі $F(t)$ буде прирощення тиску $\Delta P(t)$ в порожнині газогенератора, яке має опис в наступному вигляді:

$$\Delta P(t) = K F_0 \left[1 - \exp\left(-\frac{t - \tau_0}{\tau}\right) \right] \mathcal{U}(t - \tau_0), \quad (9)$$

де K , τ , τ_0 - інтегральні параметри газогенератора (коефіцієнт передачі, постійна часу та час запізнення, відповідно).

Швидкість зміни тиску $U(t)$ в порожнині газогенератора згідно з (9) визначається за допомогою виразу:

$$U(t) = \frac{d\Delta P(t)}{dt} = K F_0 \tau^{-1} \exp\left(-\frac{t - \tau_0}{\tau}\right) \mathcal{U}(t - \tau_0). \quad (10)$$

Швидкість зміни тиску $U(t)$ в порожнині газогенератора контролюють, а в апіорі задані моменти часу t_1 та t_2 вимірюють величини прирощення тиску $\Delta P_1 = \Delta P(t_1)$ та $\Delta P_2 = \Delta P(t_2)$ в порожнині газогенератора. На інтервалах часу, які обмежені апіорі заданими моментами часу t_1 та t_2 , вимірюють інтеграли I_1 та I_2 від прирощення тиску $\Delta P(T)$ в порожнині газогенератора.

Ці інтеграли описуються виразами:

$$I_i = \int_0^{t_i} \Delta P(t) dt = \int_{\tau_0}^{t_i} \Delta P(t) dt = K F_0 (t_i - \tau_0) - \tau \Delta P_i; \quad i = 1, 2, \quad (11)$$

із яких витікає співвідношення:

$$\tau = \Delta P_1^{-1} [K F_0 (t_1 - \tau_0) - I_1] = \Delta P_2^{-1} [K F_0 (t_2 - \tau_0) - I_2]. \quad (12)$$

Згідно з (12) для параметра τ_0 має місце вираз:

$$\tau_0 = [K F_0 (\Delta P_1 t_2 - \Delta P_2 t_1) - I_2 \Delta P_1 + I_1 \Delta P_2] \cdot [K F_0 (\Delta P_1 - \Delta P_2)]^{-1}. \quad (13)$$

В момент часу $t=T$, якому відповідає досягнення швидкості зміни тиску в порожнині газогенератора нульової величини, вимірюють величину прирощення тиску $\Delta P(T)$ в порожнині газогенератора. При $U(T)=0$ буде мати місце:

$$\Delta P(T) = K F_0, \quad (14)$$

внаслідок чого параметр K визначається виразом:

$$K = \Delta P(T) F_0^{-1}. \quad (15)$$

Для параметрів τ та τ_0 будуть мати місце вирази:

$$\tau = \Delta P_1^{-1} [\Delta P(T)(t_1 - \tau_0) - I_1] = \Delta P_2^{-1} [\Delta P(T)(t_2 - \tau_0) - I_2]; \quad (16)$$

$$\tau_0 = [\Delta P(T) \Delta P_1 t_2 - \Delta P_2 t_1] - I_2 \Delta P_1 + I_1 \Delta P_2 \cdot [\Delta P(T)(\Delta P_1 - \Delta P_2)]^{-1}. \quad (17)$$

Вирази (15) - (17) використовуються для формування критеріїв для визначення результату контролю газогенератора системи зберігання та подачі водню, які мають вигляд:

$$|K_N - \Delta P(T) F_0^{-1}| \leq \varepsilon_1; \quad (18)$$

$$|\tau_N - \Delta P_1^{-1}[\Delta P(T)(t_i - \tau_0) - l_i]| \leq \varepsilon_2, i = 1, 2; \quad (19)$$

$$|\tau_{0N} - \tau_0| \leq \varepsilon_3; \quad (20)$$

де τ_0 визначається виразом (17); K_N , τ_N , τ_{0N} - номінальні значення параметрів газогенератора; ε_1 - i -те мале апіорі задане число ($i = \overline{1, 3}$).

Газогенератор системи зберігання та подачі водню повністю характеризується трьома інтегральними параметрами - коефіцієнтом передачі K , постійною часу τ та часом запізнення τ_0 . Результат контролю газогенератора, як це витікає із (17) - (20), визначається із використанням всіх його трьох інтегральних параметрів, внаслідок чого має місце підвищення достовірності контролю газогенератора системи зберігання та подачі водню.

Таким чином, контроль швидкості зміни тиску в порожнині газогенератора, вимірювання інтегралів від прирощення тиску в порожнині газогенератора, що обумовлені зміною площі його вихідного отвору, на інтервалах часу, які обмежують апіорі заданими моментами часу, вимірювання в момент досягнення швидкості зміни тиску в порожнині газогенератора такої величини, що дорівнює нулю, величини прирощення тиску в порожнині газогенератора, що обумовлено зміною площі його вихідного отвору, а також використання критеріїв (17) - (20), забезпечують підвищення достовірності контролю газогенератора системи зберігання та подачі водню.

Джерела інформації:

1. Патент України №143087, МПК G01L 23/00, B01J 7/00, 2020.
2. Патент України №152531, МПК G01L 23/00, B01J 7/00, 2023.
3. Патент України №157640, МПК G01L 23/00, B01J 7/00, 2024.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб контролю газогенератора системи зберігання та подачі водню, який полягає в тому, що стрибкоподібно змінюють площу вихідного отвору газогенератора на апіорі задану величину та в два апіорі задані моменти часу, вимірюють величини прирощення тиску в порожнині газогенератора, що обумовлені зміною площі його вихідного отвору, який **відрізняється** тим, що контролюють швидкість зміни тиску в порожнині газогенератора, на інтервалах часу, які обмежують апіорі заданими моментами часу, вимірюють інтеграли від прирощення тиску в порожнині газогенератора, що обумовлені зміною площі його вихідного отвору, в момент досягнення швидкості зміни тиску в порожнині газогенератора такої величини, що дорівнює нулю, вимірюють величину прирощення тиску в порожнині газогенератора, що обумовлено зміною площі його вихідного отвору, а результат контролю визначають за допомогою критеріїв:

$$|K_N - \Delta P(T)F_0^{-1}| \leq \varepsilon_1;$$

$$|\tau_N - \Delta P_1^{-1}[\Delta P(T)(t_i - \tau_0) - l_i]| \leq \varepsilon_2, i = 1, 2;$$

$$|\tau_{0N} - \tau_0| \leq \varepsilon_3;$$

$$\tau_0 = [\Delta P(T)(\Delta P_1 t_2 - \Delta P_2 t_1) - l_2 \Delta P_1 + l_1 \Delta P_2] \cdot [\Delta P(T)(\Delta P_1 - \Delta P_2)]^{-1},$$

де K_N , τ_N , τ_{0N} - номінальні значення інтегральних параметрів газогенератора - відповідно, коефіцієнта передачі, постійної часу та часу запізнення; t_i - апіорі задані моменти часу ($i = \overline{1, 2}$); F_0 - апіорі задана величина стрибкоподібної зміни площі вихідного отвору газогенератора; ΔP_1 , ΔP_2 - величини прирощення тиску в порожнині газогенератора, що обумовлені зміною площі його вихідного отвору, в апіорі задані моменти часу t_1 та t_2 , відповідно; l_1 , l_2 - інтеграли від прирощення тиску в порожнині газогенератора, що обумовлені зміною площі його вихідного отвору, на інтервалах часу, які обмежені апіорі заданими моментами часу t_1 та t_2 , відповідно; $\Delta P(T)$ - величина прирощення тиску в порожнині газогенератора, що обумовлено зміною площі його вихідного отвору, в момент часу T , який відповідає досягненню швидкості зміни тиску в порожнині газогенератора такої величини, що дорівнює нулю; ε_i - i -те мале апіорі задане число ($i = \overline{1, 3}$).