



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **123603** (13) **U**
(51) МПК (2018.01)
G01L 23/00
B01J 7/00

МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

<p>(21) Номер заявки: u 2017 11529</p> <p>(22) Дата подання заявки: 24.11.2017</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 26.02.2018</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 26.02.2018, Бюл.№ 4</p>	<p>(72) Винахідник(и): Абрамов Юрій Олексійович (UA), Борисенко Віталій Григорович (UA), Кривцова Валентина Іванівна (UA)</p> <p>(73) Власник(и): НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ, вул. Чернишевського, 94, м. Харків, 61023 (UA)</p>
---	---

(54) СПОСІБ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГАЗОГЕНЕРАТОРА СИСТЕМИ ЗБЕРІГАННЯ ТА ПОДАЧІ ВОДНЮ

(57) Реферат:

Спосіб контролю технічного стану газогенератора системи зберігання та подачі водню полягає в тому, що змінюють площу вихідного отвору газогенератора за синусоїдальним законом і в режимі, що встановився, вимірюють різницю фаз між тиском в порожнині газогенератора та площею його вихідного отвору. При цьому вимірюють різницю фаз між тиском в порожнині газогенератора та площею його вихідного отвору для кожної із апріорі заданих частот, кількість яких є такою, що перекриває увесь робочий діапазон, і є фіксованою величиною, результати вимірювань порівнюють із апріорі заданими величинами, а технічний стан газогенератора системи зберігання та подачі водню визначають відповідно до критерію

$$|\varphi(\omega_i) - \varphi_i| \leq \varepsilon, i = \overline{1, n},$$

де $\varphi(\omega_i)$ - різниця фаз між тиском в порожнині газогенератора та площею його вихідного отвору на апріорі заданій частоті ω_i ; φ_i - апріорі задана величина $\varphi(\omega_i)$; ε - задане мале число; i - число апріорі заданих значень частоти ω_i , кількість яких є фіксованою величиною n .

UA 123603 U

Корисна модель належить до області зберігання та подачі водню за допомогою систем, до складу яких входить газогенератор, і яка може бути використана для визначення технічного стану таких газогенераторів.

Відомий спосіб контролю технічного стану газогенератора системи зберігання та подачі водню, який полягає в тому, що в процесі генерації водню контролюють величину тиску в порожнині газогенератора системи зберігання та подачі водню, порівнюють цю величину із апіорі заданою величиною, а результат порівняння використовують для формування результату контролю технічного стану газогенератора системи зберігання та подачі водню [1, стор. 13-14].

Недоліком цього способу контролю технічного стану газогенератора системи зберігання та подачі водню є те, що його технічний стан визначається без урахування динамічних властивостей газогенератора.

Найбільш близьким до способу, що заявляється, є спосіб контролю технічного стану газогенератора системи зберігання та подачі водню, який полягає в тому, що змінюють площу вихідного отвору газогенератора за синусоїдальним законом у часі із частотою, величину якої обирають такою, що є зворотною до величини постійної часу газогенератора, вимірюють різницю фаз між тиском в порожнині газогенератора та площею його вихідного отвору, а результат контролю технічного стану газогенератора визначають із використанням критерію [2].

Недоліком такого способу контролю технічного стану газогенератора системи зберігання та подачі водню є те, що він розповсюджується лише на газогенератори, процеси в яких описуються моделлю у вигляді передаточної функції аперіодичної динамічної ланки.

В основу корисної моделі покладено розв'язання задачі стосовно здійснення контролю технічного стану газогенератора системи зберігання та подачі водню, процеси в якому мають опис у вигляді сукупності передаточних функцій форсуючої ланки, яка не є стійкою, а також двох аперіодичних ланок. Такий математичний опис мають газогенератори, зокрема, на основі гідро реагуючих складів.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі контролю технічного стану газогенератора системи зберігання та подачі водню, який полягає в тому, що змінюють площу вихідного отвору газогенератора за синусоїдальним законом і в режимі, що встановився, вимірюють різницю фаз між тиском в порожнині газогенератора та площею його вихідного отвору для кожної із апіорі заданих частот, кількість яких є такою, що перебиває увесь робочий діапазон, і є фіксованою величиною, результати вимірювань порівнюють із апіорі заданими величинами, а технічний стан газогенератора системи зберігання та подачі водню визначають відповідно до критерію

$$|\varphi(\omega_i) - \varphi_i| \leq \varepsilon, i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

де $\varphi(\omega_i)$ - різниця фаз між тиском в порожнині газогенератора та площею його вихідного отвору на апіорі заданій частоті ω_i ; φ_i - апіорі задана величина $\varphi(\omega_i)$; ε - задане мале число; i - число апіорі заданих значень частоти ω_i , кількість яких є фіксованою величиною n . Величини апіорі заданих значень різниць фаз між тиском в порожнині газогенератора та площею його вихідного отвору вибирають такими, що дорівнюють $-\frac{i\pi}{4}$, де $i = \overline{1, 5}$, а величини частот зміни площі вихідного отвору газогенератора вибирають у вигляді коренів рівнянь алгебри

$$i = 1; 5,$$

$$\omega_i^3 \prod_{k=1}^3 \tau_k - \omega_i^2 (\tau_1 \tau_2 + \tau_1 \tau_3 + \tau_2 \tau_3) - \omega_i \sum_{k=1}^3 \tau_k + 1 = 0; \quad (2)$$

$$i = 2, \quad \omega_2^2 (\tau_1 \tau_2 + \tau_1 \tau_3 + \tau_2 \tau_3) - 1 = 0; \quad (3)$$

$$i = 3, \quad \omega_3^3 (\tau_1 \tau_2 + \tau_1 \tau_3 + \tau_2 \tau_3) + \omega_3 \sum_{k=1}^3 \tau_k - 1 = 0; \quad (4)$$

$$i = 4, \quad \omega_4^2 \prod_{k=1}^3 \tau_k - \sum_{k=1}^3 \tau_k = 0, \quad (5)$$

де τ_1, τ_2, τ_3 - постійні часу газогенератора; ω_1, ω_5 - перший позитивний корінь та другий позитивний корінь першого рівняння алгебри відповідно ($\omega_1 < \omega_5$).

На фіг. 1 наведений графік амплітудно-фазової частотної характеристики (АФЧХ) газогенератора, який побудовано на комплексній площині, де зображено: $\text{Re}W(j\omega)$, $\text{Im}W(j\omega)$ - відповідно дійсна та уявна частини АФЧХ $W(j\omega)$; $\varphi(\omega_i)$ - фазова частотна характеристика (ФЧХ) - різниця фаз між тиском в порожнині газогенератора та площею його вихідного отвору на частоті ω_i ; $\omega_{1\div 5}$ - частота, яка відповідає величинам ФЧХ, що дорівнюють відповідно $-\frac{i\pi}{4}$, де $i = \overline{1,5}$.

На фіг. 2 наведені графіки для дійсної частотної характеристики $N(\omega)$ - залежність 1, та для уявної частотної характеристики $M(\omega)$ - залежність 2 газогенератора. На фіг. 3 наведені графіки залежності для ФЧХ $\varphi(\omega)$ газогенератора, а також залежності $\varphi_i = -\frac{i\pi}{4}$, де $i = \overline{1,5}$. Точкам 1÷5 відповідають корені рівнянь алгебри вигляду

$$\varphi(\omega_i) + \frac{i\pi}{4} = 0, \quad i = \overline{1,5} \quad (6)$$

Запропонований спосіб контролю технічного стану газогенератора системи зберігання та подачі водню здійснюється наступним чином.

Апріорі задають набір частот ω_i , $i = \overline{1,n}$, який перебиває робочий діапазон частот газогенератора системи зберігання та подачі водню. Для кожної частоти ω_i апріорі визначають величину різниці фаз φ_i між тиском $P(t)$ в порожнині газогенератора та площею $F(t)$ його вихідного отвору - величину фазової частотної характеристики газогенератора на цій частоті.

Величину φ_i визначають наступним чином. Внаслідок того, що передаточна функція газогенератора має вигляд

$$W(S) = L[P(t)[F(t)]^{-1}] = K(1 - \tau_1 S)[(1 + \tau_2 S)(1 + \tau_3 S)]^{-1}, \quad (7)$$

де L - оператор інтегрального перетворення Лапласа; K - коефіцієнт передачі τ_1, τ_2, τ_3 - постійні часу, то для φ_i буде мати місце

$$\varphi_i = \arg W(j\omega_i) \quad i = \overline{1,n}. \quad (8)$$

В (8) $W(j\omega_i)$ - амплітудно-фазова частотна характеристика газогенератора на частоті ω_i ; j - уявна одиниця.

Для виразу $W(j\omega_i)$ - згідно з (7) має місце

$$W(j\omega) = W(S = j\omega) = K(1 - j\omega\tau_1)[(1 + j\omega\tau_2)(1 + j\omega\tau_3)]^{-1} = M(\omega) + jN(\omega) \quad (9)$$

де $M(\omega)$, $N(\omega)$ - відповідно дійсна частотна характеристика та уявна частотна характеристика газогенератора, що мають вигляд

$$M(\omega) = \left[1 - \omega^2(\tau_1\tau_2 + \tau_1\tau_3 + \tau_2\tau_3)\right] \times \left[1 + \omega^2(\tau_2^2 + \tau_3^2 + \omega^2\tau_2^2\tau_3^2)\right]^{-1}; \quad (10)$$

$$N(\omega) = \left[\omega(\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 - \omega^2\tau_1\tau_2\tau_3)\right] \times \left[1 + \omega^2(\tau_2^2 + \tau_3^2 + \omega^2\tau_2^2\tau_3^2)\right]^{-1}. \quad (11)$$

Із урахуванням (10) та (11) для (8) можна записати

$$\begin{aligned} \varphi_i = \varphi(\omega_i) &= \arg W(j\omega_i) = \arctan \left[\frac{N(\omega_i)}{M(\omega_i)} \right]^{-1} = \\ &= -\arctan \left[\frac{\omega_i \left(\sum_{k=1}^3 \tau_k - \omega_i^2 \prod_{k=1}^3 \tau_k \right)}{\left[1 - \omega_i^2(\tau_1\tau_2 + \tau_1\tau_3 + \tau_2\tau_3)\right]} \right]^{-1}. \quad (12) \end{aligned}$$

Після визначення параметрів ω_i та φ_i на кожній частоті ω_i , вимірюють різницю фаз $\varphi(\omega_i)$ (див. фіг. 1) між тиском $P(t)$ в порожнині газогенератора та площею $F(t)$ його вихідного отвору, результати вимірювань порівнюють із величинами φ_i , що визначені відповідно до виразу (12), а технічний стан газогенератора системи зберігання та подачі водню визначають відповідно до критерію

$$|\varphi(\omega_i) - \varphi_i| \leq \varepsilon, \quad i = \overline{1,n}, \quad (13)$$

де ε - задане мале число.

Характер зміни залежності $W(j\omega)$ - фіг. 1, а також залежностей $M(\omega)$ та $N(\omega)$ - фіг. 2, дозволяє конкретизувати вибір параметрів ω_i та φ_i . Якщо параметри ω_i , вибрати такими, що їм будуть відповідати умови $|M(\omega_i)| = |N(\omega_i)|$, або $M(\omega_i) = 0$, або $N(\omega_i) = 0$, то (12) буде трансформовано до вигляду

$$\varphi_i = -\frac{i\pi}{4}, \quad i = \overline{1,5}. \quad (14)$$

5 Таким умовам, відповідно до виразів (10) та (11), будуть відповідати рівняння алгебри відносно величини параметрів ω_i , що мають вигляд

$$i = 1,5, \quad \omega_i^3 \prod_{k=1}^3 \tau_k - \omega_i^2 (\tau_1 \tau_2 + \tau_1 \tau_3 + \tau_2 \tau_3) - \omega_i \sum_{k=1}^3 \tau_k + 1 = 0, \quad (15)$$

$$i = 2, \quad \omega_2^2 (\tau_1 \tau_2 + \tau_1 \tau_3 + \tau_2 \tau_3) - 1 = 0;$$

$$i = 3, \quad \omega_3^3 (\tau_1 \tau_2 + \tau_1 \tau_3 + \tau_2 \tau_3) + \omega_3 \sum_{k=1}^3 \tau_k - 1 = 0;$$

$$i = 4, \quad \omega_4^2 \prod_{k=1}^3 \tau_k - \sum_{k=1}^3 \tau_k = 0.$$

10 На фіг. 3 наведена графічна інтерпретація для розв'язання системи (15)÷(18) відносно параметрів ω_i , $i = \overline{1,5}$, де точкам 1÷5 відповідають корені цієї системи. При цьому величина ω_1 є першим позитивним коренем рівняння (15), а величина ω_5 є другим позитивним коренем рівняння (15). Крім того, $\omega_1 < \omega_5$.

15 Графіки на фіг. (1÷3) наведені для $K = 1,33 \text{ кг}(\text{м}^3 \text{с}^{-2})^{-1}$; $\tau_1 = 7,9 \text{ м} \cdot \text{с}$; $\tau_2 = 6,5 \text{ м} \cdot \text{с}$; $\tau_3 = 14,4 \text{ м} \cdot \text{с}$, що є характерним для газогенераторів такого типу [1].

20 Таким чином, вимір різниці фаз між тиском в порожнині газогенератора та площею його вихідного отвору на апіорі заданих частотах, що перекривають увесь діапазон робочих частот газогенератора, порівняння результатів вимірів із апіорі заданими величинами, дозволяє забезпечити контроль технічного стану газогенератора системи зберігання та подачі водню, процеси в яких мають опис, який відрізняється від тих, що описується передаточною функцією лише аперіодичної ланки.

Джерела інформації:

25 1. Абрамов Ю.А. Пожаровзрывоопасность систем хранения и подачи водовода на основе гидрореагирующих составов /Ю.А. Абрамов, Р.В. Корниенко, В.И. Кривцова. - Харьков, АГЗУ, 2005. - 114 с.

2. Патент України № 119845, МПК G01L 23/00, B01J 7/00, 2017.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

30 1. Спосіб контролю технічного стану газогенератора системи зберігання та подачі водню, який полягає в тому, що змінюють площу вихідного отвору газогенератора за синусоїдальним законом і в режимі, що встановився, вимірюють різницю фаз між тиском в порожнині газогенератора та площею його вихідного отвору, який **відрізняється** тим, що вимірюють різницю фаз між тиском в порожнині газогенератора та площею його вихідного отвору для кожної із апіорі заданих частот, кількість яких є такою, що перекриває увесь робочий діапазон, і є фіксованою величиною, результати вимірювань порівнюють із апіорі заданими величинами, а технічний стан газогенератора системи зберігання та подачі водню визначають відповідно до критерію

$$|\varphi(\omega_i) - \varphi_i| \leq \varepsilon, \quad i = \overline{1,n},$$

40 де $\varphi(\omega_i)$ - різниця фаз між тиском в порожнині газогенератора та площею його вихідного отвору на апіорі заданій частоті ω_i ; φ_i - апіорі задана величина $\varphi(\omega_i)$; ε - задане мале число; i - число апіорі заданих значень частоти ω_i , кількість яких є фіксованою величиною n .

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що величини апіорі заданих значень різниць фаз між тиском в порожнині газогенератора та площею його вихідного отвору вибирають такими, що

дорівнюють $-\frac{i\pi}{4}$, де $i = \overline{1,5}$, а величини частот зміни площі вихідного отвору газогенератора вибирають у вигляді коренів рівнянь алгебри

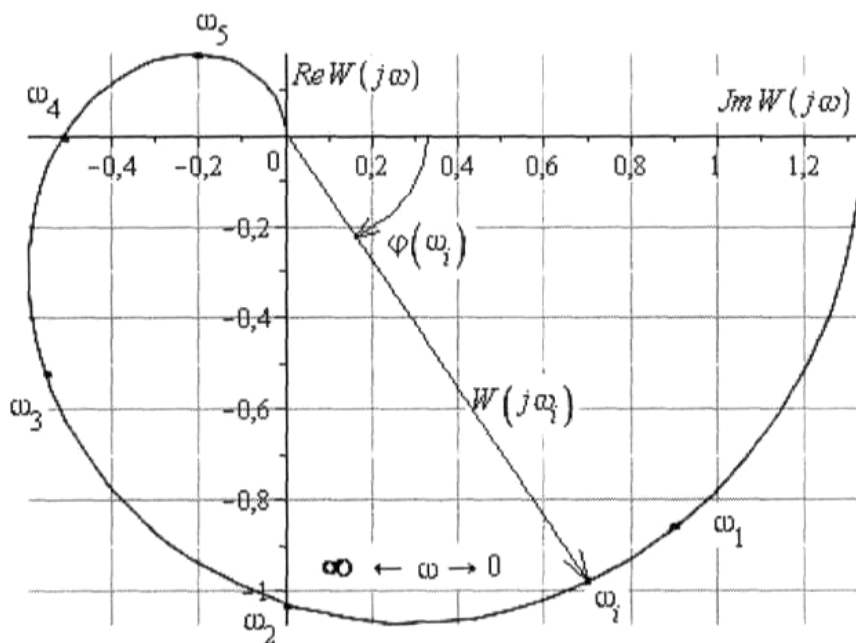
$$i = 1; 5, \quad \omega_i^3 \prod_{k=1}^3 \tau_k - \omega_i^2 (\tau_1 \tau_2 + \tau_1 \tau_3 + \tau_2 \tau_3) - \omega_i \sum_{k=1}^3 \tau_k + 1 = 0;$$

$$i = 2, \quad \omega_2^2 (\tau_1 \tau_2 + \tau_1 \tau_3 + \tau_2 \tau_3) - 1 = 0;$$

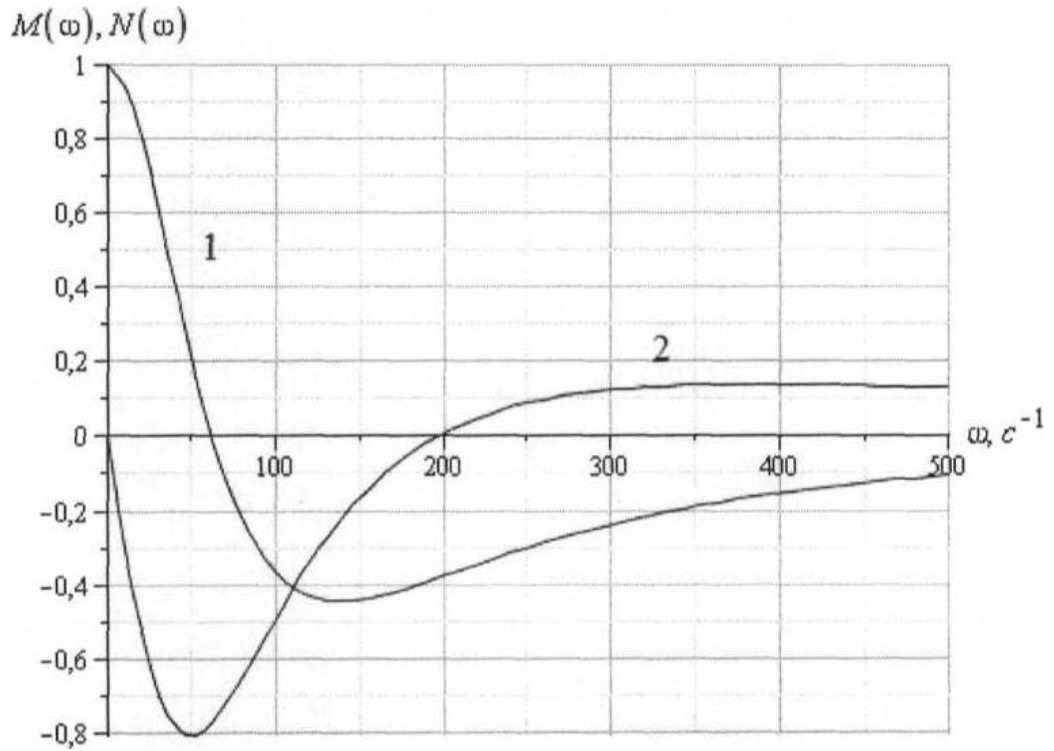
$$5 \quad i = 3, \quad \omega_3^3 (\tau_1 \tau_2 + \tau_1 \tau_3 + \tau_2 \tau_3) + \omega_3 \sum_{k=1}^3 \tau_k - 1 = 0;$$

$$i = 4, \quad \omega_4^2 \prod_{k=1}^3 \tau_k - \sum_{k=1}^3 \tau_k = 0,$$

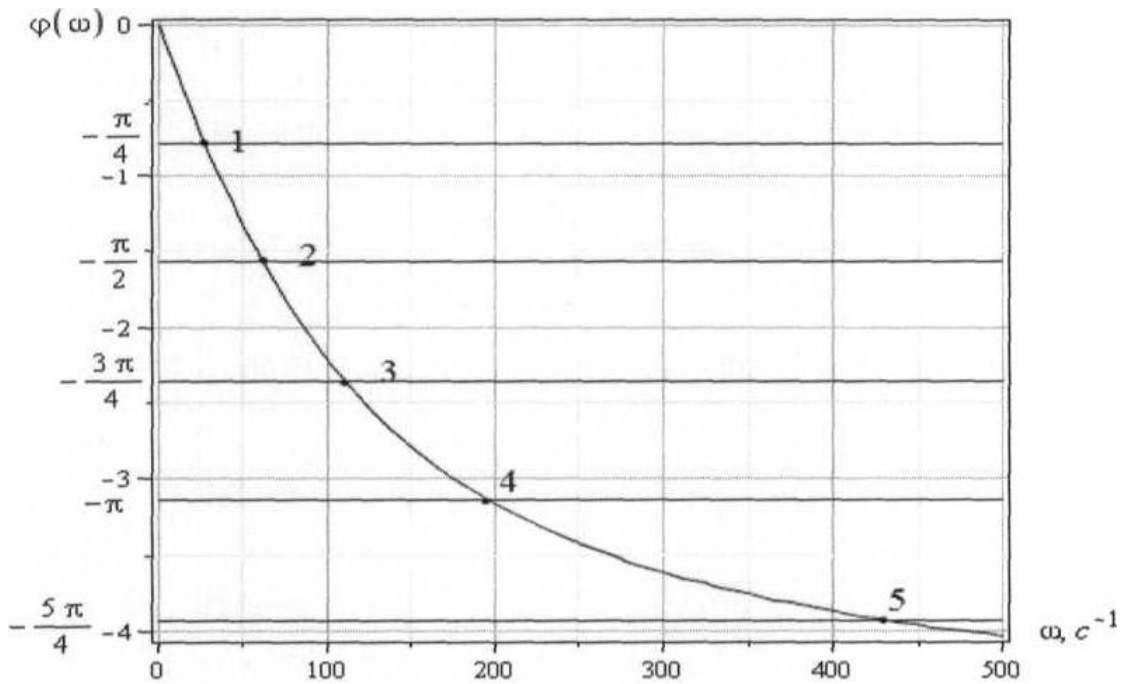
де τ_1, τ_2, τ_3 - постійні часу газогенератора; ω_1, ω_5 - перший позитивний корінь та другий позитивний корінь першого рівняння алгебри відповідно ($\omega_1 < \omega_5$).



Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3

Комп'ютерна верстка Л. Литвиненко

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601