УДК 614.84:661.96 **DOI: 10.33042/2522-1809-2025-1-189-362-367**

Ю.О. Абрамов[1], В.І. Кривцова[1], А.О. Михайлюк[2]

[1]Національний університет цивільного захисту України, Черкаси, Україна
[2] Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

ВИБІР МОДЕЛЕЙ ГАЗОГЕНЕРАТОРА СИСТЕМИ ЗБЕРІГАННЯ ТА ПОДАЧІ ВОДНЮ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ОПЦІЇ ЙОГО КОНТРОЛЮ

Обгрунтована апроксимація передаточної функції газогенератора системи зберігання та подачі водню у вигляді двох мультипликативних складових – запізнюючої та аперіодичної динамічних ланок. Показана доцільність використання перехідної функції такого газогенератора при визначенні його часових параметрів. Відмічається, що велична методичної похибки при визначенні цих параметрів може бути забезпечена на рівні, який не перевищує 0,4 %.

Ключові слова: *газогенератор, передаточна функція, часові характеристики, параметри контролю.*

Постановка проблеми

Розвиток енергетичних систем пов'язаний із використанням водневих систем [1], до яких відносяться системи одержання, зберігання та подачі водню на основі твердотільних з'єднань [2]. В [3] звертається увага на те, що існують достатньо серйозні проблеми із безпекою технологій водневих систем, які розділяються на безпеку, пов'язану із властивостями водню, і на безпеку, пов'язану із експлуатацією водневих систем. Зокрема, під час зберігання, транспортування та застосування водню вплив різних факторів, таких як пошкодження матеріалу, дефекти конструкції, помилки суб'єктивного характеру, зовнішні зіткнення та удари, можуть призвести до появи пожежовибухонебезпечнх ситуацій. Внаслідок цього виникає необхідність в реалізації комплексу організаційно-технічних заходів по забезпеченню безпечної експлуатації водневих систем. Однією із проблем при цьому є обгрунтування характеристик систем, які забезпечують необхідний рівень пожежовибухонебезпеки водневих систем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

В [4] відмічається, що вирішальною при запобіганні пожеж в водневих системах є ефективна оцінка ризиків. В [5] із використанням моделі Байеса (BN) визначається ризик пожежі та вибуху і показано, що при великих пошкодженнях водневої системи ймовірність вибуху може досягати 0,87. Особливістю визначення ризиків є те, що у переважній більшості випадків кількісна оцінка ризиків (QRA) здійснюється теоретичним шляхом із використанням методів чисельного моделювання. Прикладом такого підходу є аналіз пожежної небезпеки автомобілів на паливних елементах за допомогою методу, який поєднує аналіз режиму та ефекту відмов (FMEA) з матрицею ризику [6]. В [7] при одержанні оцінки ризиків розриву резервуарів для водню використовується рейтинг вогнестійкості (FRR) резервуара із воднем. В [8] в якості показників ризиків стосовно до бортових систем зберігання та подачі водню використовуються вартість людського життя на одну пожежу транспортного засобу та річний рівень смертності на транспортний засіб, але не використовуються показники, які характеризують можливість появи пожежовибухонебезпечних ситуацій. В [9] та [10] надається відповідь на питання стосовно того «що буде, якщо», але відсутня відповідь на питання стосовно ймовірності появи умов, що ведуть до вибухів резервуарів систем зберігання та подачі водню. В [11] показано, що ймовірність появи горючого середовища в системі зберігання та подачі водню може бути визначена із використанням ймовірностей безвідмовної роботи її елементів, основним із яких є газогенератор. В цьому випадку виникає необхідність у визначенні величин параметрів моделей функціональних елементів системи зберігання та подачі водню. Визначення величин цих параметрів реалізується за допомогою опції контролю як системи, так і її елементів [12], що потребує наявності математичних моделей, які адекватно описують процеси в системі зберігання та подачі водню.

Мета та завдання дослідження

Метою роботи є обгрунтування вибору математичних моделей газогенератора системи зберігання та подачі водню для реалізації опції його

 © Ю.О. Абрамов, В.І. Кривцова, А.О. Михайлюк

контролю як складової алгоритму забезпечення заданого рівня пожежобезпеки такої системи.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні задачі:

- обгрунтувати вибір моделі передаточної функції газогенератора системи зберігання та подачі водню;
- обгрунтувати доцільність використання перехідної функції газогенератора системи зберігання та подачі водню для визначення його параметрів при реалізації опції контролю.

Виклад основного матеріалу

Передаточна функція газогенератора системи зберігання та подачі водню має вираз [13]

$$W(p) = k(1-\tau_1 p)[(\tau_2 p+1)(\tau_3 p+1)]^{-1}, \quad (1)$$

де k – коефіцієнт передачі; τ_i – і-та постійна часу. Характерними величинами часових параметрів τ_i є

$$\tau_1 = 7{,}9 \text{ мс};\ \tau_2 = 6{,}5 \text{ мс};\ \tau_3 = 14{,}4 \text{ мс}; \quad (2)$$

Внаслідок того, що τ_1 << 1,0 с, вираз (1) можна переписати наступним чином

$$W_1(p) = k\exp(-p\tau_1)[(\tau_2 p+1)(\tau_3 p+1)]^{-1}, \quad (3)$$

де враховано співвідношення

$$\exp(-p\tau_1) = 1-\tau_1 p. \quad (4)$$

Мультипликативну складову передаточної функції (3), тобто

$$B(p) = [(\tau_2 p+1)(\tau_3 p+1)]^{-1}, \quad (5)$$

можна апроксимувати виразом

$$D(p) = (\tau p+1)^{-1}, \quad (6)$$

де τ – еквівалентна постійна часу газогенератора системи зберігання та подачі водню, яка підлягає визначенню.

Для визначення параметра τ скористаємось виразами

$$B_2 = \sum_{k=0}^{2}(-1)^{k+2}B^k(0)B^{(2-k)}(0)(k!(2-k)!)^{-1}; \quad (7)$$

$$D_2 = \sum_{k=0}^{2}(-1)^{k+2}D^k(0)D^{(2-k)}(0)(k!(2-k)!)^{-1}; \quad (8)$$

в яких

$$B^k(0) = \frac{d^k B(0)}{dp^k};\ D^k(0) = \frac{d^k D(0)}{dp^k}. \quad (9)$$

Величина параметра τ визначається за умови

$$B_2 = D_2. \quad (10)$$

Внаслідок того, що

$$B^1(0) = 1;\ B^2(0) = \tau;\ B^3(0) = 0; \quad (11)$$

$$D^1(0) = 1;\ D^2(0) = \tau_2+\tau_3;\ D^3(0) = \tau_2\tau_3,$$

згідно (10) маємо

$$\tau = (\tau_2^2+\tau_3^2+\tau_2\tau_3)^{0,5}. \quad (12)$$

Для характерних величин параметрів τ_2 та τ_3, наведених в (2), величина τ складає 18,5 мс.

При такому підході еквівалентом передаточної функції (3) буде передаточна функція у вигляді

$$W_2(p) = k\exp(-p\tau_1)D(p) = k\exp(-p\tau_1)(\tau p+1)^{-1}, \quad (13)$$

де параметр τ_1 трактується як час запізнення газогенератора системи зберігання та подачі водню.

Слід зазначити, що в [14] передаточна функція газогенератора (1) апроксимована виразом

$$W_3(p) = k(\tau_0 p+1)^{-1}, \quad (14)$$

де еквівалентна постійна часу τ_0 визначається за умови

$$\tau_0^{-1} = \tau_3^{-1}+0{,}5(\tau_2^{-1}-\tau_1^{-1}). \quad (15)$$

При характерних величинах параметрів τ_i згідно (2) τ_0 = 12,0 мс, що суттєво відрізняється від величини τ. Але слід відзначити, що величина параметра τ_0 визначалась в [14] із використанням критерія, який доставляє мінімум похибки відхилення між амплітудно-частотними характеристиками газогенератора із передаточними функціями (1) та (14). Величина цієї похибки не

перевищувала 3,5 %, що відкривало можливість використання еквівалентної амплітудно-частотної характеристики газогенератора для визначення його параметрів. Максимум цієї похибки лежить в діапазоні частот (70 ÷ 80) $с^{-1}$. Похибка відхилення між амплітудно-частотними характеристиками газогенератора із передаточними функціями (1) та (13) (при τ = 18,5 мс) не перевищує 13,3 %, а її максимум лежить в діапазоні частот (90 ÷ 110) $с^{-1}$. Ці дані свідчать про те, що при виборі моделі амплітудно-частотної характеристики газогенератора системи зберігання та подачі водню перевагу слід надати виразу у вигляді

$$A_3(\omega) = k\left[1 + (\omega\tau_0)^2\right]^{-0,5}, \qquad (16)$$

в якому τ_0 = 12,0 мс (що витікає із (14)).

При використанні часових методів визначення параметрів газогенератора застосовується його перехідна функція $h(t)$, для якої згідно (1) має місце (при величинах параметрів τ_i, що відповідають (2))

$$h(t) = kF_0 L^{-1}\left[p^{-1}W(p)\right] = \qquad (17)$$
$$= kF_0 L^{-1}\left[(1-\tau_1 p)\left[p(\tau_2 p+1)(\tau_3 p+1)\right]^{-1}\right] =$$
$$= kF_0\left[1+1{,}82\exp(-153{,}85t) - 2{,}82\exp(-69{,}44t)\right],$$

де F_0 – величина стрибкоподібної зміни площі вихідного отвору газогенератора; L^{-1} – оператор зворотного перетворення Лапласа.

Розглянемо можливості використання замість перехідної функції $h(t)$ газогенератора її апроксимацій $h_2(t)$ та $h_3(t)$, які визначаються виразами

$$h_2(t) = kF_0 L^{-1}\left[p^{-1}W_2(p)\right] = \qquad (18)$$
$$= kF_0 L^{-1}\left[\exp(-p\tau_1)\left[p(\tau p+1)\right]^{-1}\right] =$$
$$= kF_0\left[\left[1-\exp(-\frac{t-0{,}0079}{0{,}0185})\right]1(1-0{,}0079)\right];$$
$$h_3(t) = kF_0 L^{-1}\left[p^{-1}W_3(p)\right] = \qquad (19)$$
$$= kF_0 L^{-1}\left[\left[p(\tau_0 p+1)\right]^{-1}\right] = kF_0\left[1-\exp(-\frac{t}{0{,}012})\right],$$

де $1(t-0{,}0079)$ – функція Хевісайда.

При використанні перехідної функції $h_3(t)$ похибка розбіжності між $h(t)$ та $h_3(t)$ може досягати 60,0 %, внаслідок чого така апроксимація є недоцільною. При використанні $h_2(t)$ похибка розбіжності між $h(t)$ та $h_2(t)$ не перевищує 13,2 %. Якщо ввести корекцію в структуру перехідної функції $h_2(t)$, яка полягає в заміні часу запізнення з величини 7,9 мс на величину 10,0 мс, то при використанні перехідної функції $h_{21}(t)$

$$h_{21}(t) = kF_0\left[\left[1-\exp(-\frac{t-0{,}01}{0{,}0185})\right]1(t-0{,}01)\right]; \qquad (20)$$

Похибка розбіжності між $h(t)$ та $h_{21}(t)$ не буде перевищувати 5,1 %.

На рис.1 наведені залежності для похибок розбіжності $\delta h_2(t)$ та $\delta h_{21}(t)$ відповідно між функціями $h(t)$ і $h_2(t)$ та між $h(t)$ і $h_{21}(t)$

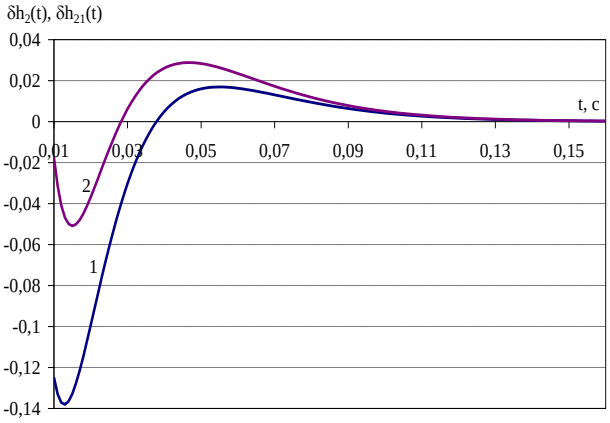


Рис.1. Похибки розбіжності: 1 - $\delta h_2(t)$; 2 - $\delta h_{21}(t)$.

Таким чином, вибір виду (структури) еквівалентних передаточних функцій, за допомогою яких здійснюється апроксимація передаточної функції (1) газогенератора системи зберігання та подачі водню, проводиться в залежності від методів – частотних або часових, за допомогою яких будуть визначатись параметри цих еквівалентних передаточних функцій. При цьому, в якості показника, що використовується для реалізації такої опції, застосовується точність визначення еквівалентних динамічних характеристик газогенератора системи зберігання та подачі водню. Слід зазначити, що в залежності від обраного методу визначення параметрів еквівалентних передаточних функцій величина похибки розбіжності між динамічними характеристиками може бути забезпечена суттєво малою. Наприклад, при реалізації опції визначення часового параметра

τ передаточної функції (13), яка основана на вимірюванні часу досягнення апріорі заданого значення перехідної функції, величини методичних похибок складають 3,1 % та 0,4 %. При використанні відповідно перехідних функцій $h_2(t)$ та $h_{21}(t)$. Ці результати витікають із рис. 1 за умови, що апріорі задане значення перехідних функцій $h_2(t)$ або $h_{21}(t)$ визначається на рівні

$$h_0 = kF_0\left(1-e^{-1}\right)= 0{,}63kF_0. \qquad (21)$$

У цьому випадку час, який вимірюється, включає дві адитивні складові – час запізнення та еквівалентну постійну часу газогенератора системи зберігання та подачі водню.

Висновки

1. Показано, що в якості моделі передаточної функції газогенератора системи зберігання та подачі водню може бути використано дві мультипликативні складові, одна з яких описує інерційні процеси, а друга – характеризує процес запізнення. Наведено алгоритм визначення еквівалентної постійної часу газогенератора і показано, що її величина в 1,5 рази відрізняється від аналогічної величини, яка одержана при реалізації алгоритму апроксимації амплітудно-частотної характеристики газогенератора.

Такий алгоритм передбачає одержання співвідношення для величин похідних від поліномів Гурвіца двох передаточних функцій.

2.Відмічається, що використання часових методів визначення параметрів газогенератора системи зберігання та подачі водню при реалізації опції його контролю орієнтовано на застосування перехідної функції цього газогенератора. При визначенні перехідної функції газогенератора із використанням динамічного параметра, який одержаний при апроксимації його амплітудно-частотної характеристики, може мати місце методична похибка, величина якої досягає 60,0 %. Показано, що використання алгоритму визначення еквівалентної постійної часу газогенератора системи зберігання та подачі водню забезпечує визначення його перехідної функції із методичною похибкою, величина якої не перевищує 13,2 %. При введенні корекції в структурі перехідної функції газогенератора величина методичної похибки може бути зменшеною до 5,1 %. На прикладі показано, що в залежності від методу визначення часового параметра газогенератора при його контролі величина методичної похибки може варіюватись. При використанні методу визначення часового параметра газогенератора, в основі якого лежить визначення часу досягнення апріорі заданої величини тиску в порожнині цього газогенератора, величина методичної похибки не перевищує 0,4 %.

Література

1. *Fragiacomo, P., & Genovese, M. (2020) Numerical simulations of the energy performance of a PEM water electrolysis based high-pressure hydrogen refueling station. International Journal of Hydrogen Energy. Vol. 45. Issue 51. P. 27457-27470. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2020.07.007.*

2. *Rusman A.A., & Dahari M. (2016). A review on the current progress of metal hydrides material for solid-state hydrogen storage applications. International Journal of Hydrogen Energy. Vol. 41. Issue 28. P. 12108-12126. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2016.05.244.*

3. *Abohamzeh E., Salehi F., Sheikholeslami M., Abbassi R., Khan F. Review of hydrogen safety during storage, transmission, and applications processes // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2021. Vol. 72. P. 104569. Doi: https://doi.org/10.1016/j.jlp.2021.104569*

4. *Yu X., Kong D., He X., Ping P. Risk Analysis of Fire and Explosion of Hydrogen-Gasoline Hybrid Refueling Station Based on Accident Risk Assessment Method for Industrial System // Fire. 2023. Vol. 6 (5). P. 181. Doi: https://doi.org/10.3390/fire6050181*

5. *Ma Q., He Y., You J., Chen J., Zhang Z. Probabilistic risk assessment of fire and explosion of onboard high-pressure hydrogen system // International Journal of Hydrogen Energy. 2024. Vol. 50. P. 1261-1273. Doi: https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.10.157*

6. *Cui S., Zhu G., He L., Wang X., Zhang X. Analysis of the fire hazard and leakage explosion simulation of hydrogen fuel cell vehicles // Thermal Science and Engineering Progress. 2023. Vol. 41. P. 101754. Doi: https://doi.org/10.1016/j.tsep.2023.101754*

7. *Kashkarov S., Dadashzadeh M., Sivaraman S., Molkov V. Quantitative Risk Assessment Methodology for Hydrogen Tank Rupture in a Tunnel Fire // Hydrogen. 2022. Vol. 3 (4). P. 512-530. Doi: https://doi.org/10.3390/hydrogen3040033*

8. *Dadashzadeh, M., Kashkarov, S., Makarov, D., & Molkov, V. (2018). Risk assessment methodology for onboard hydrogen storage. International Journal of Hydrogen Energy, 43 (12), 6462-6475. Doi: https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2018.01.195*

9. *Zhang, Y., Cao, W., Shu, C.-M., Zhao, M., Yu, C., Xie, Z., Liang, J., Song, Z., & Cao, X. (2020). Dynamic hazard evaluation of explosion severity for premixed hydrogen-air mixtures in a spherical pressure vessel. Fuel, 261, 116433. Doi: https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116433*

10. *Li, B., Han, B., Li, Q., Gao, W., Guo, C., Lv, H., Liu, Y., Jin, X., & Bi, M. (2022). Study on hazards from high-pressure on-board type III hydrogen tank in fire scenario: Consequences and response behaviours. International Journal of Hydrogen Energy, 47 (4), 2759-2770. Doi: https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.10.205*

11. *Abramov, Y., Basmanov, O., Krivtsova, V., Mikhayluk, A., & Khmyrov, I. (2023). Determining the possibility of the appearance of a combustible medium in the hydrogen storage and supply system Eastern-European*

Journal of Enterprise Technologies, 2 (4 (122)), 47–54. Doi: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.276099

12. Абрамов Ю.О. Ефективність функціонування підсистеми пожежної безпеки системи зберігання та подачі водню / Ю.О. Абрамов, В.І. Кривцова, А.О. Михайлюк // Комунальне господарство міст – Х, Том 3, вип. 184, 2024, С. 185-190, DOI https://doi.org/10.33042/2522-1809-2024-3-184-185-190

13. Абрамов Ю.О. Інформаційні можливості перехідної функції газогенератора системи зберігання та подачі водню для оцінки його рівня пожежонебезпеки / Ю.О. Абрамов, В.І. Кривцова, А.О. Михайлюк // Комунальне господарство міст – Х, Том 6, вип. 180, 2023, С. 148-153, DOI https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-6-180-148-153

14. Абрамов Ю.О., Кривцова В.І., Михайлюк А.О. Газогенератори систем зберігання та подачі водню на основі гідрореагуючих складів:моделі, характеристики, методи контролю.-Харків:НУЦЗУ,2020.- 87с.

References

1. Fragiacomo, P., & Genovese, M. (2020) Numerical simulations of the energy performance of a PEM water electrolysis based high-pressure hydrogen refueling station. International Journal of Hydrogen Energy. Vol. 45. Issue 51. P. 27457-27470. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2020.07.007.

2. Rusman A.A., & Dahari M. (2016). A review on the current progress of metal hydrides material for solid-state hydrogen storage applications. International Journal of Hydrogen Energy. Vol. 41. Issue 28. P. 12108-12126. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2016.05.244.

3. Abohamzeh E., Salehi F., Sheikholeslami M., Abbassi R., Khan F. Review of hydrogen safety during storage, transmission, and applications processes // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2021. Vol. 72. P. 104569. Doi: https://doi.org/10.1016/j.jlp.2021.104569

4. Yu X., Kong D., He X., Ping P. Risk Analysis of Fire and Explosion of Hydrogen-Gasoline Hybrid Refueling Station Based on Accident Risk Assessment Method for Industrial System // Fire. 2023. Vol. 6 (5). P. 181. Doi: https://doi.org/10.3390/fire6050181

5. Ma Q., He Y., You J., Chen J., Zhang Z. Probabilistic risk assessment of fire and explosion of onboard high-pressure hydrogen system // International Journal of Hydrogen Energy. 2024. Vol. 50. P. 1261-1273. Doi: https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.10.157

6. Cui S., Zhu G., He L., Wang X., Zhang X. Analysis of the fire hazard and leakage explosion simulation of hydrogen fuel cell vehicles // Thermal Science and Engineering Progress. 2023. Vol. 41. P. 101754. Doi: https://doi.org/10.1016/j.tsep.2023.101754

7. Kashkarov S., Dadashzadeh M., Sivaraman S., Molkov V. Quantitative Risk Assessment Methodology for Hydrogen Tank Rupture in a Tunnel Fire // Hydrogen. 2022. Vol. 3 (4). P. 512-530. Doi: https://doi.org/10.3390/hydrogen3040033

8. Dadashzadeh, M., Kashkarov, S., Makarov, D., & Molkov, V. (2018). Risk assessment methodology for onboard hydrogen storage. International Journal of Hydrogen Energy, 43 (12), 6462-6475. Doi: https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2018.01.195

9. Zhang, Y., Cao, W., Shu, C.-M., Zhao, M., Yu, C., Xie, Z., Liang, J., Song, Z., & Cao, X. (2020). Dynamic hazard evaluation of explosion severity for premixed hydrogen-air mixtures in a spherical pressure vessel. Fuel, 261, 116433. Doi: https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116433

10. Li, B., Han, B., Li, Q., Gao, W., Guo, C., Lv, H., Liu, Y., Jin, X., & Bi, M. (2022). Study on hazards from high-pressure on-board type III hydrogen tank in fire scenario: Consequences and response behaviours. International Journal of Hydrogen Energy, 47 (4), 2759-2770. Doi: https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.10.205

11. Abramov, Y., Basmanov, O., Krivtsova, V., Mikhayluk, A., & Khmyrov, I. (2023). Determining the possibility of the appearance of a combustible medium in the hydrogen storage and supply system Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2 (4 (122)), 47–54. Doi: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.276099

12. Abramov Yu.O. Efficiency of functioning of the fire safety subsystem of the hydrogen storage and supply system / Yu.O. Abramov, V.I. Kryvtsova, A.O. Mykhailiuk // Municipal economy of cities – X, Vol. 3, issue 184, 2024, pp. 185-190, DOI https://doi.org/10.33042/2522-1809-2024-3-184-185-190

13. Abramov Yu.O. Information capabilities of the transition function of the gas generator of the hydrogen storage and supply system for assessing its fire hazard level / Yu.O. Abramov, V.I. Kryvtsova, A.O. Mykhailiuk // Municipal economy of cities – X, Vol. 6, issue 180, 2023, pp. 148-153, DOI https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-6-180-148-153

14. Abramov Yu.O., Kryvtsova V.I., Mykhailiuk A.O. Gas generators for hydrogen storage and supply systems based on hydroreactive compositions: models, characteristics, control methods.-Kharkiv: NUCZU, 2020.- 87p.

Рецензент: *д-р техн. наук., проф., головний науковий співробітник наукового відділу з проблем цивільного захисту та техногенно-екологічної безпеки науково-дослідного центру О.Є. Басманов, Національний університет цивільного захисту України;*

Автор: *АБРАМОВ Юрій Олексійович*
доктор технічних наук, професор, головний науковий співробітник науково-дослідного центру Національний університет цивільного захисту України
E-mail: abramov121146@gmail.com
ORCID: http://orcid.org/0000-0001-7901-3768

Автор: *КРИВЦОВА Валентина Іванівна*
доктор технічних наук, професор, професор кафедри фізико-математичних дисциплін факультету техногенно-екологічної безпеки Національний університет цивільного захисту України
E-mail: krivtsovav53@gmail.com
ORCID: http://orcid.org/0000-0002-8254-5594

Автор: *МИХАЙЛЮК Андрій Олександрович кандидат технічних наук, старший науковий*

співробітник, доцент кафедри охорони праці та безпеки життєдіяльності Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

Email: mihayluk.nuczu@gmail.com
ORCID: http://orcid.org/0000-0002-4116-164X

MODELS OF THE GAS GENERATOR OF THE HYDROGEN STORAGE AND SUPPLY SYSTEM FOR IMPLEMENTATION OF ITS CONTROL OPTIONY.

Abramov[1], V. Kryvtsova[1], A. Mikhailyuk[2]

[1]National University of Civil Defense of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

[2]O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv

It is shown that two multiplicative components can be used as a model of the transfer function of the gas generator of the hydrogen storage and supply system, one of which describes inertial processes, and the second characterizes the delay process. An algorithm for determining the equivalent time constant of the gas generator is presented and it is shown that its value is 1.5 times different from the similar value obtained when implementing the algorithm for approximating the amplitude-frequency characteristic of the gas generator. Such an algorithm involves obtaining the ratio for the values of the derivatives of the Hurwitz polynomials of two transfer functions. It is noted that the use of time methods for determining the parameters of the gas generator of the hydrogen storage and supply system when implementing its control option is focused on the application of the transition function of this gas generator. When determining the transition function of the gas generator using the dynamic parameter obtained when approximating its amplitude-frequency characteristic, a methodological error may occur, the value of which reaches 60.0%. It is shown that the use of the algorithm for determining the equivalent time constant of the gas generator of the hydrogen storage and supply system provides the determination of its transition function with a methodological error, the value of which does not exceed 13.2%. When introducing a correction in the structure of the transition function of the gas generator, the value of the methodological error can be reduced to 5.1%. The example shows that depending on the method for determining the time parameter of the gas generator during its control, the value of the methodological error can vary. When using the method for determining the time parameter of the gas generator, which is based on determining the time of reaching a priori a given pressure value in the cavity of this gas generator, the value of the methodological error does not exceed 0.4%.

Keywords: *gas generator, transfer function, time characteristics, control parameters.*