

Ю.О. Абрамов, д.т.н., професор, головн. н.с., НУЦЗУ,  
В.І. Кривцова, д.т.н., професор, проф. каф., НУЦЗУ

## ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ ПРОФІЛАКТИКИ СИСТЕМИ ЗБЕРІГАННЯ ТА ПОДАЧІ ВОДНЮ

Розроблено алгоритм технічного забезпечення пожежної профілактики систем зберігання та подачі водню та наведено приклад його технічної реалізації.

**Ключові слова:** система зберігання та подачі водню; контроль технічного стану, пожежна профілактика.

**Постановка проблеми.** Водень є одним із перспективних енергоджерел і внаслідок своїх фізико-хімічних властивостей має все більше використання в космічній та автомобільній промисловості, мікро- та наноелектроніці тощо. Однією із проблем при його використанні є забезпечення пожежної безпеки на відповідному рівні [1].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз пожежної безпеки стосовно систем зберігання та подачі водню вперше найбільш глибоко наведено в роботі [2]. Подальший розвиток такі дослідження набули в роботах [3, 4]. Слід зазначити, що в цих роботах дослідження спрямовані на одержання оцінок рівня пожежної безпеки систем зберігання та подачі водню на різній основі, а питання стосовно розробки профілактичних методів та засобів досліджені фрагментарно. Зокрема, не розглянуті методи та засоби контролю технічного стану систем зберігання та подачі водню як одної із складових технічного забезпечення пожежної профілактики таких систем. В роботі [5] запропоновано алгоритм контролю технічного стану систем зберігання та подачі водню, в основі якого лежить використання частотних характеристик газогенератора, але цей алгоритм не доведено до технічної реалізації.

**Постановка завдання та його вирішення.** Метою роботи є розробка алгоритму технічного забезпечення пожежної профілактики системи зберігання та подачі водню на основі гідрореагуючих складів. На рис.1 наведено схему системи зберігання та подачі водню на основі гідрореагуючих складів [6].

На цій схемі зображено: 1 – газогенератор; 1.1 – вода; 2 – зразок гідрореагуючого складу; 3 – датчик рівня води; 4 – підсилювач; 5 – тригер; 6, 10 – підсилювачі потужності; 7 – електромагнітний клапан; 8 – ємність для компенсації; 9 – датчик тиску; 11, 16, 18 – комутатори; 12 – електричний двигун; 13 – редуктор; 14 – заслінка; 15 – вихідний отвір газогенератора; 17 – генератор синусоїдальної електричної напруги; 19 – суматор; 20 – фазоінверсний підсилювач; 21, 22 – інтегратори; 23 – об-

числювальний пристрій; 24 – система управління. Елементи 1÷15 забезпечують штатну роботу системи зберігання та подачі водню, тобто за допомогою цих елементів забезпечується генерація водню та його подача до споживача. Елементи 16÷24 реалізують технічне забезпечення пожежної профілактики в системі зберігання та подачі водню.

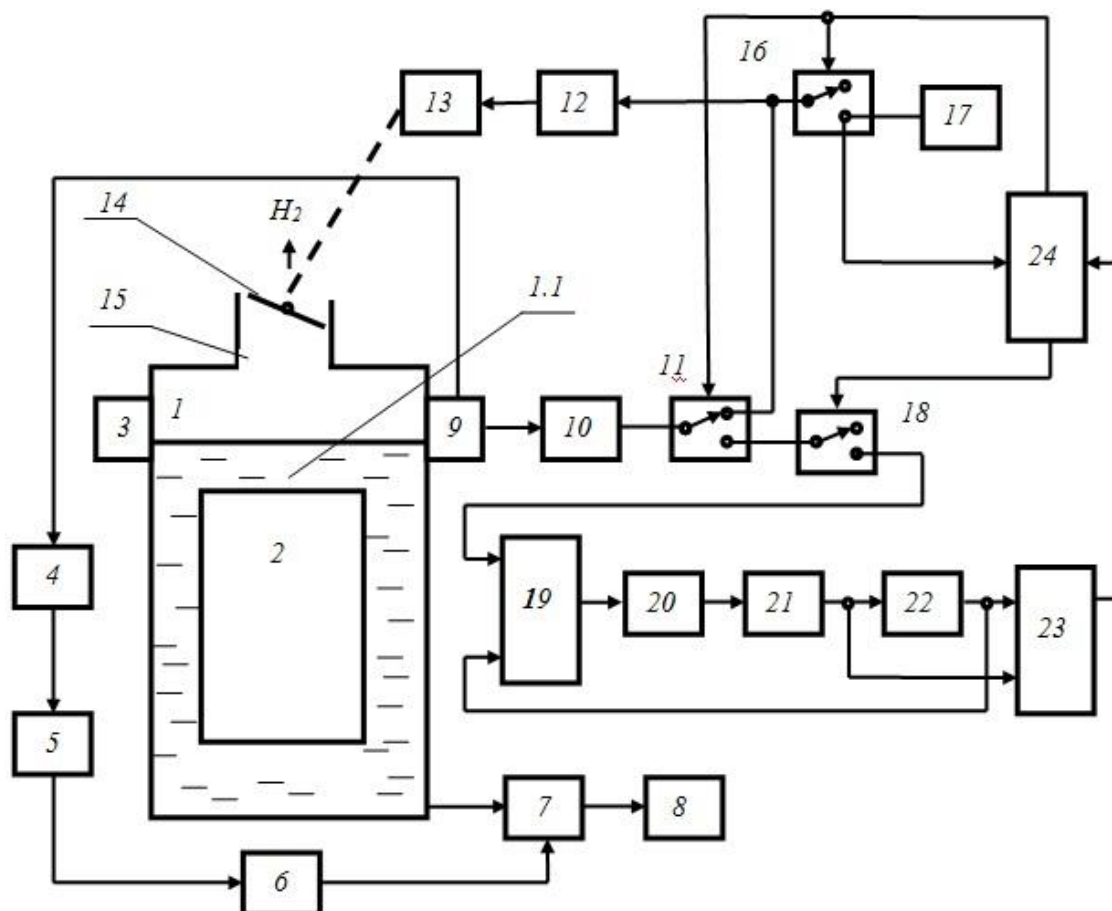


Рис. 1. Схема системи зберігання та подачі водню

Суть такого підходу до пожежної профілактики в системі зберігання та подачі водню полягає в тому, що внаслідок контролю одного із параметрів такої системи визначається технічний стан системи зберігання та подачі водню. Якщо технічний стан системи зберігання та подачі водню не відповідає вимогам нормативних документів, то приймається гіпотеза стосовно підвищення рівня пожежної небезпеки такої системи. Наслідком цього є необхідність у такому відновленні технічного стану системи зберігання та подачі водню, який буде відповідати вимогам нормативних документів, тобто і його рівень пожежної небезпеки буде відповідати відповідним вимогам.

В режимі контролю технічного стану системи зберігання та подачі водню система управління 24 видає команду на комутатори 11 та 16, внаслідок чого на електричний двигун 12 буде поступати синусоїдальна електрична напруга від генератора 17. При цьому, площа вихідного отвору 15 газогенератора 1 буде змінюватись за синусоїдальним законом

у часі із амплітудою  $F_m$  та частотою  $\omega_0$ . Після цього система управління 24 видає команду на комутатор 18, через який сигнал, який несе інформацію стосовно тиску в порожнині газогенератора 1, поступає на перший вхід суматора 19. Ця команда видається на інтервалі часу, який дорівнює

$$T = 2\pi\omega_0^{-1}, \quad (1)$$

що забезпечується сигналом від генератора 17 (по команді від системи управління 24).

На першому вході обчислювального пристрою 23 в момент часу  $t = T$  буде мати сигнал, який пропорційний синфазній складовій тиску в порожнині газогенератора 1

$$U_1(T) = \omega_0 \int_0^T P(t) \sin \omega_0 t dt, \quad (2)$$

де  $P(t)$  – тиск в порожнині газогенератора 1.

На другому вході пристрою 23 буде мати сигнал, пропорційний квадратурній складовій тиску

$$U_2(T) = \omega_0 \int_0^T P(t) \cos \omega_0 t dt. \quad (3)$$

Якщо врахувати те, що для коефіцієнтів Фур'є розкладу в ряд функції  $P(t)$  має місце [7]

$$b_1 = \frac{2}{T} \int_0^T P(t) \sin \omega_0 t dt; \quad (4)$$

$$a_2 = \frac{2}{T} \int_0^T P(t) \cos \omega_0 t dt; \quad (5)$$

то для виразів (2) та (3) буде мати місце

$$U_1(T) = \pi b_1; \quad (6)$$

$$U_2(T) = \pi a_1. \quad (7)$$

Для дійсної частної характеристики газогенератора 1  $M(\omega)$  та для уявної частотної характеристики  $N(\omega)$  на частоті  $\omega_0$  буде мати місце

$$M(\omega_0) = U_1(T)(\pi P_m)^{-1}; \quad (8)$$

$$N(\omega_0) = U_2(T)(\pi P_m)^{-1}, \quad (9)$$

де  $F_m$  – амплітуда тиску в порожнині газогенератора.

В першому наближенні можна покласти, що [7]

$$M(\omega_0) = K(1 + \omega_0^2 \tau_0^2)^{-1}; \quad (10)$$

$$N(\omega_0) = K\omega_0 \tau_0 (1 + \omega_0^2 \tau_0^2)^{-1}, \quad (11)$$

де  $K, \tau_0$  – коефіцієнт передачі та постійна часу газогенератора 1 відповідно.

Після об'єднання (8) ÷ (11) для  $\tau_0$  має місце

$$\tau_0 = U_2(T)[\omega_0 U_1(T)]^{-1}. \quad (12)$$

Визначення величини параметра  $\tau_0$  згідно (12) здійснюється обчислювальним пристроєм 23, а в якості критерію відповідності технічного стану системи зберігання та подачі водню вимогам нормативних документів використовується нерівність

$$|\tau_0 - \tau_{np}| \leq \varepsilon, \quad (13)$$

де  $\tau_{np}$  – нормативне значення постійної часу газогенератора;  $\varepsilon$  – мале число.

При виконанні умови (13) обчислювальний пристрій 23 через систему управління 24 видає команду на комутатори 11, 16 та 18 і система зберігання та подачі водню переходить до штатного режиму роботи, а її рівень пожежної небезпеки відповідає нормативним вимогам.

**Висновки.** Розроблено алгоритм технічного забезпечення та синтезовано схемне рішення для пожежної профілактики системи зберігання та подачі водню, в основі чого лежить контроль постійної часу основного елемента системи – газогенератора. Контроль величини постійної часу здійснюється шляхом вимірювання синфазної та квадратурної складових тиску в порожнині газогенератора.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Кривцова В.И. Пожаровзрывобезопасность систем хранения водорода на автомобильном транспорте /В.И. Кривцова, Ю.П. Ключка. – Х.: НУГЗУ, 2013. – 236 с.

2. Абрамов Ю.А. Системы хранения и подачи водорода на основе твердых веществ для бортовых энергетических установок /Ю.А. Абрамов, В.И. Кривцова, В.В. Соловей. – Х.: 2002.–277 с.

3. Абрамов Ю.А. Пожаровзрывоопасность систем хранения и подачи водорода на основе гидрореагирующих составов / Ю.А. Абрамов, Р.В. Корниенко, В.И. Кривцова. – Х.: АГЗУ, 2005.– 114 с.

4. Кривцова В.И. Пожаровзрывоопасность систем хранения водорода в форме обратимых гидридов интерметаллидов / В.И. Кривцова, Ю.П. Ключка, В.Г. Борисенко. – Х.: НУГЗУ, 2014.– 108 с.

5. Abramov Yu. Design of control algorithm over technical condition of hydrogen generators based on hydro-reactive compositions [Text] / Yu. Abramov, V. Borisenko, V. Krivtsova // Eastern – European Journal of Enterprise Technologies. – 2017.–Vol. 5, ISSUE 8(89).– P. 16-21. Doi: 10. 15587/172.9 – 4061. 2017. 112200.

6. Пат. 131810 Україна, МПК С01В 3/06, F17С 13/00. Система зберігання та подачі водню / Абрамов Ю.О., Кривцова В.І.; власник Національний університет цивільного захисту України. – № 201809407; заявл. 17.09.2018; опубл. 25.01.2019, Бюл. №2.

7. Корн Г. Справочник по математике / Г. Корн, Т. Корн. –М.: Наука, 1968. – 720 с.

*Отримано редколегією 11.03.2019*

Ю.А. Абрамов, В.И. Кривцова

**Алгоритм технического обеспечения пожарной профилактики системы хранения и подачи водорода**

Разработан алгоритм технического обеспечения пожарной профилактики систем хранения и подачи водорода и приведен пример его технической реализации.

**Ключевые слова:** система хранения и подачи водовода, контроль технического состояния, пожарная профилактика.

Yu. Abramov, V. Krivtsova

**Technical support algorithm for fire prevention of hydrogen storage and supply systems**

Technical support algorithm for fire prevention of hydrogen storage and supply systems is developed and an example of its technical implementation is given.

**Keywords:** system of storage and supply of water conduit, control of technical condition, fire prevention.