

Ночніченко І.В., к.т.н., доц., Костюк Д.В., к.т.н., асистент, Муращенко А.М., к.т.н., ст. викл.
КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПНЕВМАТИЧНОЇ МАГІСТРАЛІ ГЕНЕРАТОРА ВОДНЮ

Анотація. Розроблено математичну модель магістралі генератора водню, яка враховує тиск газу в магістралі, температуру та геометричні параметри пневматичних ліній по яких проходить газ. Математична модель дозволила визначити час необхідний для виходу електролізера на робочий режим, тиск в газовій магістралі в залежності від робочих параметрів генератора водню.

Ключові слова: математична модель, генератор водню, температурні режими роботи, час наповнення, витрата, тиск.

Протягом останніх років, враховуючи обмежену кількість природних паливних ресурсів та негативний вплив на екологію при їх використанні все більше уваги звертається на водневу енергетику та водень в якості джерела енергії. Для отримання водню відомі різні способи, що мають свої переваги та недоліки, зокрема, отримання газу з води шляхом електролізу, у випадку коли не потрібні великі об'єми газу. Електроліз води відрізняється від інших методів отримання водню простотою технологічної схеми, доступністю води в якості сировини, простотою обслуговування установок, високою надійністю в експлуатації [1-3].

Основним недоліком електрохімічного методу отримання водню є його велика енергоємність, тому для водневої енергетики перспективним і актуальним є підвищення ефективності роботи електролізера [3,5].

Ефективність роботи залежить від ряду факторів, таких як температура при якій відбувається процес, хімічний склад електроліту, розміри електролізера та інші, а її підвищення може бути досягнуте різними способами, наприклад застосуванням широтно-імпульсної модуляції, накладанням коливань звукової та ультразвукової частоти, утворенням ультразвукової кавітації [5].

Для стабільної роботи системи, що використовує водень або суміш водню та кисню, що продукуються електролізером необхідно підтримувати сталий тиск в магістралі, а також підтримувати температуру в раціональному діапазоні [5]. Враховуючи, що газ від генератора водню може подаватись на різноманітні об'єкти необхідно оцінити вплив конфігурації трубопроводу та встановленої апаратури на час наповнення. Для дослідження роботи генератора водню до мережі була розроблена математична модель, що враховує тиск газу в магістралі, температуру та конфігурацію ліній по яким проходить газ.

Розроблена спрощена схема будови газової магістралі генератора водню для створення математичної моделі яка враховує вплив робочих параметрів на час наповнення об'єму газом (Рис. 1).

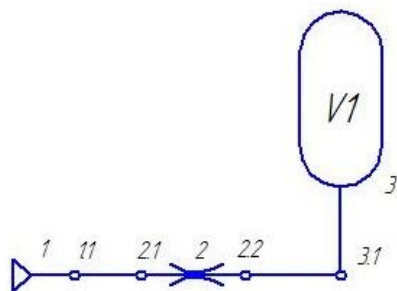


Рис. 1 – Розрахункова схема математичної моделі

Схема включає джерело тиску – 1 умовне позначення каналів та апаратури генератора водню у вигляді пневматичного опору – 2 та об’єм порожнин апарата, які необхідно заповнити газом – 3.

Метою моделювання є дослідження ступеню впливу зміни температури, коефіцієнту витрати та тиску на витрату та тиск на час наповнення порожнин генератора водню.

Моделювання дросельного каналу передбачує розгляд питань, впливу змінних газової магістралі генератора водню, який заповнює певний об’єм, а також побудову його математичної моделі.

Перетворимо схему моделі в математичний опис. Для побудови математичної моделі використаємо математичний опис її елементів.

Математичний опис робочого процесу розроблено на основі схеми (рис.1) і представлено системою рівнянь (1):

$$\left\{ \begin{array}{l} p_{2.1} = p_{1.1}; \\ q_{2.2} = 0,0899 \cdot \mu \cdot f \cdot \sqrt{\frac{2}{RT} \cdot p_{2.1} \cdot (p_{2.1} - p_{3.1})}; \\ q_{2.2} = q_{3.1}; \\ p_{2.2} = p_{3.1}; \\ \frac{dp_{3.1}}{dt} = \frac{k \cdot R \cdot T \cdot q_{3.1}}{V_1}, \end{array} \right. \quad (1)$$

де q – витрата повітря через відкритий дросель, T – температура в магістралі, p – тиск на вході, μ – коефіцієнт витрати, f – площа поперечного перерізу, R – постійна газова стала, k – показник адиабати.

Математична модель була розроблена на основі циклічно-модульного підходу, який значно дозволяє зменшити час на розробку, модернізацію та проектування [4].

Побудова моделі проведена в середовищі «Simulink», отримавши систему рівнянь (1) можна побудувати математичну модель роботи магістралі генератора водню (Рис.2):

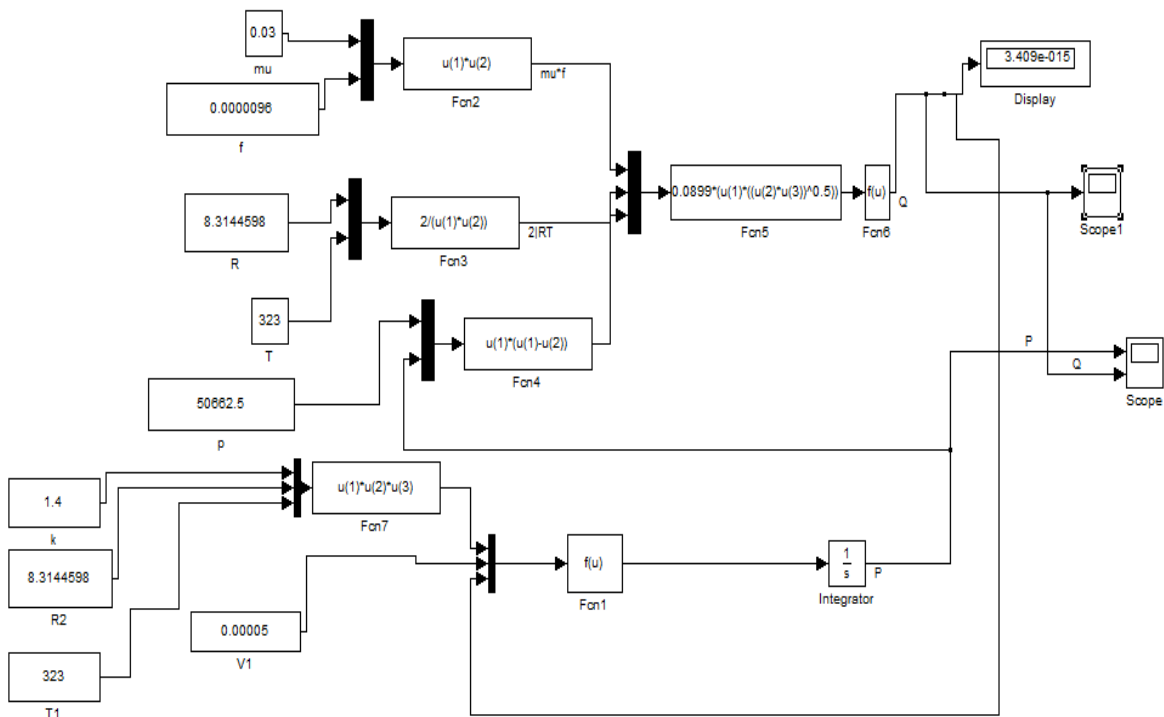


Рис. 2 – Математична модель пневматичної частини генератора водню реалізована в пакеті Simulink

Математична модель складається з трьох блоків:

Блок початкових параметрів.

Розрахунковий блок магістралі генератора.

Інформаційний блок, що відображує роботу пневматичної магістралі.

Приклад результатів моделювання показано на рисунку 3. Розглядається залежність зміни витрати та тиску в магістралі в залежності від коефіцієнта витрати пневмолінії.

Спостерігається зміна величини витрати газу в магістралі та тиску, зі зменшенням коефіцієнта витрати зростає час за який тиск зростає до необхідного в магістралі. Тиск в магістралі прийнято $p = 50000$ Па, температура – $T = 293$ К. Також модель дає змогу визначити величину витрати газу в магістралі та відслідкувати характер її зміни в часі.

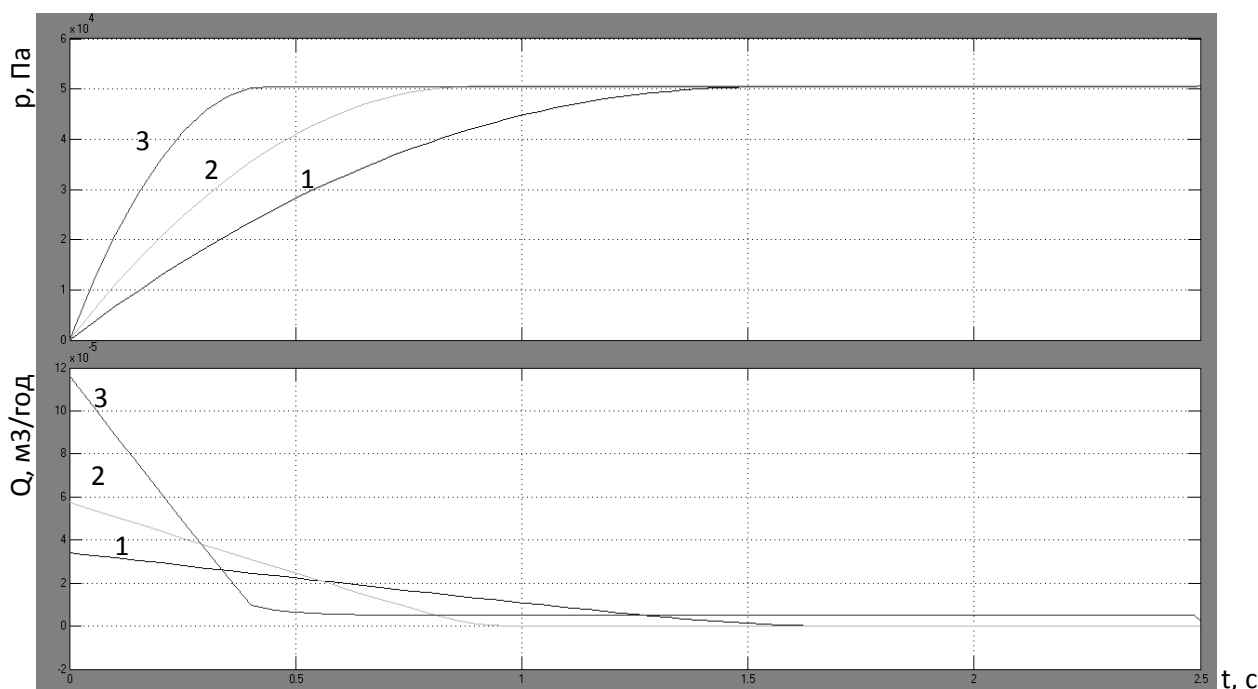


Рис. 3 – Імпульсна залежність тиску та витрати від часу при зміні коефіцієнта $\mu = 0,03$ (1), $\mu = 0,05$ (2), $\mu = 0,1$ (3)

Висновки. Побудована математична модель дозволяє дослідити час, необхідний для виходу генератора водню на робочий режим, який забезпечить необхідний тиск в газовій магістралі в залежності від робочих параметрів пристрою та конфігурації його пневматичних ліній. Подальша робота буде спрямована на внесення в модель додаткових параметрів, що дозволить виконувати оцінку їх впливу на заходи по підвищенню ефективності роботи апарата.

Список використаних джерел

1. Шпильрайн, Э.Э. Введение в водородную энергетику / Шпильрайн Э.Э. Мальшенко С.П., Кулешов Г.Г.// М.: Энергоатомиздат, 1984. – 264 с.
2. Радченко, Р.В. Водород в энергетике : учеб. пособие / Р.В. Радченко, А.С. Мокрушин, В.В. Тюльпа. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 229, [3] с.
3. Корж, В.Н. Обработка металлов водородно-кислородным пламенем: монография/ В.Н. Корж, Ю.С. Попиль // – К.: Экотехнология, 2010. – 200 с.
4. Узунов, А. Циклично-модульный подход в задаче моделирования объектов с гидравлическими компонентами. / Промислова гідраліка і пневматика. Всеукраїнський науково-технічний вісник, 2009. – №1(23). – С.61-66.
5. Luhovskyi, O. Increase generation efficiency of hydrogen by the means of ultrasound field and the mechatronic control system of the operation mode / O. Luhovskyi, I.Nochnichenko, A. Zilinskyi, V. Mironchuk // International scientific conference “UNITECH 2018”. Vol. I. – Gabrovo, Bulgaria, pp. 1-7, 2018 p.