

ПІД-регулятор тиску газорозрядної електронно променевої пушки

Анотація. Ціллю данної статті є огляд та характеристика пропорційно-інтегрально-диференціального регулятора або ПІД-регулятора для вакуумної камери - пристрою, зі зворотним зв'язком, що застосовується в автоматичних системах управління для підтримки заданого значення параметра. Завдяки своїй універсальності вони широко застосовуються в різних технологічних процесах..

У статті розглянута перспективність використання ПІД-регулятора у вакуумних камерах. Представлено отримання математичної моделі вакуумної системи. Розроблена модель заснована на аналогії вакуумної системи з електричним ланцюгом.

Ключові слова: ПІД-регулятор, газорозрядної електронно-променевої пушки, математична модель, автоматизація, вакуум, концепції

I. ВСТУП

Метою написання роботи є дослідження ПІД-регулятора тиску газорозрядної електронно-променевої пушки.

При написанні роботи були поставлені наступні задачі:

1. Виконати огляд літератури з теми дослідження.

Розглянути принцип роботи електронно-променевої пушки, дослідити основні технічні характеристики аналогів;

2. Виконати дослідження ПІД-регулятора тиску для електронно-променевої пушки. Розробити модель системи управління та дослідити основні характеристики за допомогою середовища імітаційного моделювання.

3. Виконати розрахунок техніко-економічних показників виконання проекту.

Об'єктом дослідження роботи виступає процес регулювання тиску.

Предметом дослідження є газорозрядна електронно-променева пушка.

При написанні роботи були поставлені задачі аналізу, порівняння, імітаційного моделювання.

Наукова новизна роботи полягає в тому, що вперше була побудована модель регулятора тиску газорозрядної пушки та досліджено основні характеристики в середовищі імітаційного моделювання Matlab/Simulink.

II. ОСНОВНА ЧАСТИНА

При дослідженні будемо використовувати конструкцію, яка безпосередньо містить регулятор. Основними недоліками відомих газорозрядних гармат є трудомісткість їх виготовлення, монтажу та обслуговування в частині наявності нерозбірної газорозрядної камери, що входить до складу анода, складність системи подачі робочого газу в газорозрядну камеру, нерівномірний розподіл робочого газу, що подається на увігнуту емісійну сферичну поверхню катода, що викликає її локальну

ерозію і, як наслідок, прискорений знос. Ще одним недоліком є відсутність регуляторів тиску.

Завданням, на вирішення якої спрямовано винахід, є розробка конструкції газорозрядної електронної гармати, що дозволяє знизити витрати на її виготовлення, монтаж та експлуатацію, а також застосування регулятора тиску.

Технічним результатом, що досягається при здійсненні винаходу, є зниження витрат і тривалості ремонту гармати, стабілізація подачі робочого газу в газорозрядну камеру і отримання рівномірного розподілу газу по емісійній сферичній поверхні увігнутого катода.

Технічний результат досягається тим, що в газорозрядній електронній гарматі, що містить розміщений в герметичному корпусі на високовольтному ізоляторі увігнутий катод з емісійною сферичною поверхнею, співвісний йому циліндричний анод з отвором для виведення пучка, променевод з розміщеними котушками, систему подачі і регулювання складу робочого газу, системи охолодження катода і анода, газорозрядна камера виконана у вигляді окремої знімної вставки.

Щілинний завихрювач газорозрядної камери виконаний у вигляді кільця, при цьому в області, прилеглої до зовнішнього діаметра кільця, додатково виконана кільцева порожнина газорозподілу, поєднана з отвором виведення пучка за допомогою наскрізних тангенціальних отворів прямокутного перетину, розташованих через рівні інтервали. В якості робочого газу використовується технічний водень з додаванням воднево-кисневої суміші, що утворюється за допомогою розкладання парів води в електролізері гармати.

Регулювання процентного співвідношення елементів робочого газу здійснюється за допомогою джерела живлення електролізера і регулятора джерела подачі водню. Регулювання процентного співвідношення елементів робочого газу здійснюється за допомогою регулювання перетину дроселя на лінії подачі воднево-кисневої суміші.

Система подачі робочого газу (рисунок 1) містить наповнювач 13 з воднем, регулятор тиску 14, стабілізатор тиску газу 15 і задатчик-регулятор витрати газу 16, встановлені на одній лінії подачі газу.

На другій лінії подачі робочого газу розміщені ємність для води 17, ємність-електролізер 18 з підключеним джерелом живлення 19, електромагнітний клапан 20 і регулятор витрати 21. Обидві лінії подачі газу з'єднані змішувачем 22.

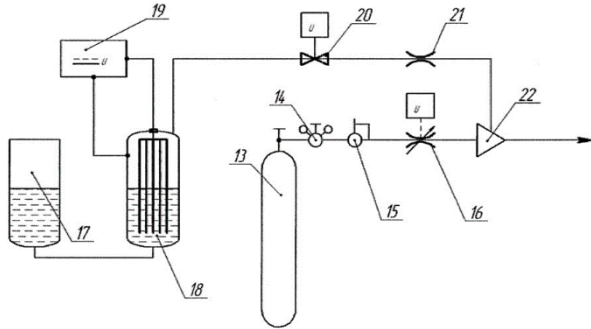


Рисунок 1 – Схема подачі робочого газу
Мнемонічна схема регулятора представлена на рисунку 1.

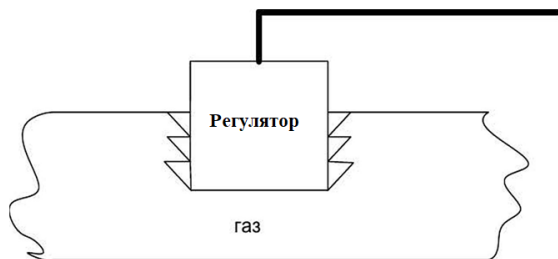


Рисунок 2 – Мнемонічна схема регулювання тиску в газорозрядній електронно-променевої гарматі

Для забезпечення можливості реалізації проблемних, системних і комунікаційних функцій в блок-схемі регулювання тиску передбачені модулі, що виконують відповідні функції:

- перетворення тиску в електричний сигнал;
- аналогова обробка сигналів каналу тиску;
- АЦ-перетворення сигналів каналу тиску;
- перевірка на достовірність сигналів каналу тиску;
- перетворення в значення фізичної величини з використанням моделі градуовальної характеристики, яка побудована на основі лінійних просторових елементів;
- формування пакету даних;
- мережевий обмін.

Функціональні модулі реалізовані програмно-апаратний.

Перетворення тиску в електричний сигнал може відбуватися чутливими елементами.

У модулі аналогової обробки генеруються опорні напруги для аналого-цифрового перетворювача (АЦП), а так само фільтруються і підсилюються сигнали каналу тиску.

На наступному етапі електричні сигнали надходять на АЦП, який переводить значення сигналу в двійковий код.

Перевірка на достовірність і перетворення в значення фізичної величини, з використанням просторової градуовальної характеристики, а так само формування пакета даних проводиться в мікроконтролерному модулі.

Модуль мережевого обміну виробляє передачу пакетів даних по мережевому каналу.

Однією з найбільш важливих проблем при застосуванні датчиків тиску є рішення задачі компенсації додаткової похибки через температурний вплив. Ця похибка пов'язана зі зниженням чутливості вимірювального перетворювача при підвищенні температури, викликаного в основному зменшенням опору резисторів, що утворюють міст.

Рішення даної проблеми в регуляторі можуть забезпечити спеціалізовані просторові моделі градуовальної характеристики. Для цього в якості моделі градуовальної характеристики можна використовувати систему локальних лінійних просторових елементів.

Для підключення до мікроконтролера каналу тиску температури, буде потрібно мінімум 5 портів вводу-виводу.

Розглянемо основні мікроконтролери, за допомогою яких можна реалізувати регулювання тиску. ATmega328P. Даний контролер, як і всі інші мікроконтролери даного сімейства має восьмибітний процесор і дозволяє виконувати більшість команд за один такт.

Ядро Mega-мікроконтролерів, як і ядро мікроконтролерів сімейств Classic і Tiny, реалізується на RISC-архітектурі. Арифметично-логічний пристрій під'єднаний безпосередньо до 32-м регістрів загального призначення. Завдяки цьому одна операція виконується за один машинний цикл. До складу даного мікроконтролера входять: два 8-бітних таймера / лічильника з модулями порівняння, 16-бітний таймер / лічильник з модулем порівняння і дільником частоти, лічильник реального часу з окремим генератором, шість каналів широтно-імпульсної модуляції, 6-канальний ЦАП з вбудованим датчиком, програмований послідовний порт USART, послідовний інтерфейс SPI, інтерфейс I2C, програмований сторожовий таймер з окремим внутрішнім генератором, внутрішня схема порівняння напруг, блок обробки пробудження при зміні напруги на виводах мікроконтролера.

Для вирішення складних технічних завдань управління виконують моделювання всієї системи, при якому значно спрощується аналіз і дослідження властивостей об'єктів, які контролюють і регулюють дану систему управління.

В даний час моделювання застосовується в різних областях науки і техніки: автоматичі, обчислювальній та вимірювальній техніки, математики, радіотехніці і зв'язку. Головна особливість моделювання полягає в тому, що воно дозволяє за короткий термін виявити точний математичний опис об'єкта управління.

Базовим елементом системи управління є регулятор, який зазвичай вибирають або ПІ типу, або ПД типу.

Існує ряд критеріїв, за якими вибирається тип і параметри регулятора.

Дослідження ПІ-регулятора з аперіодичним об'єктом першого порядку з запізненням (рисунок 3).

В якості алгоритму управління обраний алгоритм Циглера-Ніколса, як найбільш відомий і широко застосовуваний алгоритм.

$$G_c(s) = K_c \left(1 + \frac{1}{T_i s}\right), \quad (1)$$

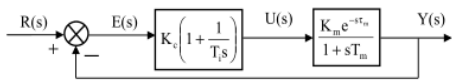
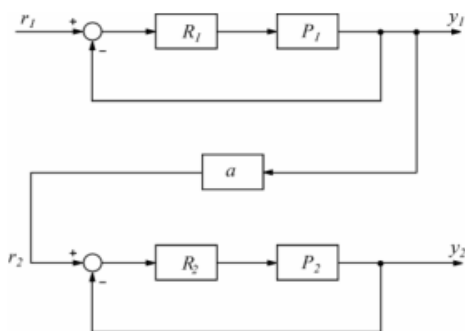


Рисунок 3. - До визначення параметрів регулятора Завдання регулювання відношень виникає, коли важливо підтримувати не абсолютні значення параметрів, а співвідношення між ними. Приклад вирішення даної задачі представлений на рисунок 2.23. Перший регулятор підтримує вихідну величину, яка дорівнює значенню уставки. Значення уставки другого регулятора є пропорційно регульованою величиною першого регулятора : $r_2(t) = a y_1(t)$. Величина відношення встановлюється блоком а і може змінюватися відповідно до алгоритму роботи системи. Сигнал бажано брати саме з виходу системи $y_1(t)$ - це підвищує точність, оскільки $y_1(t)$ відрізняється від $r_1(t)$ на величину похибки, яка в динаміці може бути значною.

Крім того, величина $y_1(t)$ завжди змінюється з деякою затримкою щодо $r_1(t)$. Тому величина $y_2(t)$ буде відставати за часом від бажаного значення $a y_1(t)$. Пом'якшити цю проблему дозволяє структура, показана на рис. 2.18. Тут блок а має два входи і описується виразом:

$$(t) = a[\gamma r_1(t) + (1 - \gamma) y_1(t)], \quad (2)$$

де γ - параметр, що визначає внесок в величину . При $\gamma = 0$ ця структура ідентична структурі вище



- ПІД-регулятор відношень $y_2/y_1 = a$

Рисунок 4

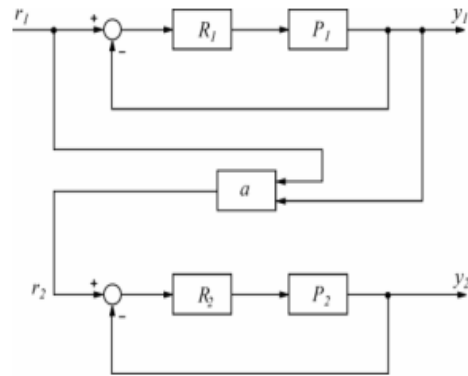


Рисунок 5 - ПІД-регулятор відношень зі збільшеною швидкодією $y_2/y_1 = a$

III. ВИСНОВОК

В розділі проведено моделювання і розробка схеми регулятора для електронно-променевої гармати на основі мікроконтролера. За результатами моделювання в середовищі імітаційного моделювання Matlab/Simulink визначено, що перерегулювання в розробленій системі регулювання тиску газорозрядної електронно-променевої пушки не виникає, система налаштована правильно.

ЛІТЕРАТУРА

1. P Spadtke. The physics and technology of ion sources, edited by I.G. Brown, New York: John Wiley 2004. – 185 p.
2. A Spetier. Focusing of charged particles. New York and London: Academic press, 1967. – 215 p.
3. E Oks. Plasma cathode electron sources, physics, technology, applications. Weinheim, Germany: Wiley VCH Verlag, GmbH & Co. KGaA, 2006. – 155 p.
4. Molokovsky S, A Sushkov. Intense electron and ion beams. Heidelberg, Germany: Springer-Verlag Berlin, 2005. – 318 p.
5. T Tomi, PhD Thesis, liquid-jet-target microfocus x-ray sources: Electron guns, optics and phase-contrast imaging, Department of Applied Physics Royal Institute of Technology Stockholm, Sweden, 2008. – 421 p.
6. О расширении технологических возможностей современных газоразрядных электронно-лучевых пушек [Електронний ресурс]: Режим доступу: <http://eltechmach.com/novosti-i-statyi/o-rasshirenii-tehnologicheskikh-vozmozhnostey-sovremennyh-gazorazryadnyh-elektronno-luchevyh-pushek.html> (дата доступу: 28.10.2020).
7. Газоразрядна електронно-променева гармата [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://uapatents.com/7-83313-gazorozryadna-elektronno-promeneva-garmata.html> (дата доступу: 28.10.2020).

8. 600kw gas discharge electronic gun and application method thereof [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://patents.google.com/patent/CN103887131A/en> (дата доступа: 28.10.2020).

9. Газоразрядна електронно-променева гармата [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://findpatent.ru/patent/240/2400861.html> (дата доступа: 03.11.2020).

10. Бурдовицин В.А. О возможности электронно-лучевой обработки диэлектриков плазменным источником электронов в форвакуумной области давлений / В.А. Бурдовицин, А.С. Климов, Е.М. Окс // Письма в ЖТФ. -2009. - Т. 35, № 11. - С. 61-66.

UDC 621.316.933.3

PID-pressure regulator of the gas-discharge electron beam gun

Abstract. The purpose of this article is to review and characterize the proportional-integral-differential controller or PID controller for a vacuum chamber - a device, with feedback, used in automatic control systems to maintain a given value of the parameter. Due to their versatility, they are widely used in various technological processes.

The article considers the prospects of using the PID controller in vacuum chambers. The receipt of a mathematical model of a vacuum system is presented. The developed model is based on the analogy of a vacuum system with an electrical circuit.

Keywords: *PID controller, gas-discharge electron-beam gun, mathematical model, automation, vacuum, concepts*