

СИНТЕЗ МОДЕЛІ ТРИПРОМІНЕВОГО ДАТЧИКА ОЗОНУ

Кісельов Є.М., к.т.н., доц., Алексієвський Д.Г., д.т.н., доц., Туришев К.О.

Запорізький національний університет

Розробка оптимальної системи озонування є складним завданням і потребує безперервного моніторингу її продуктивності. Наразі існує тенденція до розширення діапазону вимірювань впродовж до нижчих меж визначення концентрацій озону. Це зумовлено сучасними санітарними стандартами, що вимагають зменшення припустимих концентрацій на робочих місцях, а також необхідністю регулювання значень залишкового озону на виході з установки озонування. Аналіз структури і параметрів озонаторної станції [1] показав раціональність реалізації вимірювача озону на основі абсорбційних методів поглинання УФ - випромінювання. Відповідно до цього було запропоновано трипроміневий оптичний датчик озону [2] з УФ опорним і вимірювальним каналами та широкосмуговою відкритою оптопарою, що враховує похибки до зміни макроскладу робочого середовища. Для дослідження датчика було синтезовано його візуально-блочну модель (рис. 1) і проведено моделювання у середовищі Matlab Simulink.

Модель містить випромінювачі у вигляді УФ світлодіодів UV LED і UV LED1 вимірювального і опорного каналів, а також світлодіод LED широкосмугового датчика. Ці блоки мають спільне живлення від генератора прямокутних імпульсів, що керує джерелом напруги Controlled Voltage Source3. Приймачам випромінювання відповідають блоки фотодіодів UV Photodiode і UV Photodiode1 для вимірювального і опорного каналів відповідно. У якості моделі широкосмугового приймача застосовується блок Voltage Sensor. Сигнали з виходів блоків приймачів Sample, Ozone і Error відповідають напругам опорного каналу, вимірювального каналу і широкосмугового датчика відповідно. Останній призначено для корекції результатів вимірювань викликаних відбуттям і розсіюванням випромінювання на забрудненнях робочого середовища озонаторної станції.

Аналіз отриманих результатів дослідження розробленої моделі показує, що форма сигналів на виходах приймачів випромінювання всіх трьох оптичних

каналів співпадає одне з одним, але відрізняється від прямокутної форми напруги живлення випромінювачів. Це пояснюється тим, що при малій тривалості прямокутних імпульсів, завдяки нелінійності приймачів і випромінювачів, відбувається викривлення форми до вигляду меандрів. Також фази сингалів опорного і вимірювального каналів співпадають, а сигнал широкопasmового каналу випереджає їх завдяки меншій інерційності широкопasmового приймача на 0,1с. Це також має відповідати геометричному розташуванню широкопasmової оптики перед вимірювальною парою.

Додатково модель було доповнено блоками з обробки вихідних сигналів Sample, Ozone і Error приймачів випромінювання, як показано на рис. 2. Так визначається відношення сигналів вимірювального каналу і опорного каналу за допомогою блоку Divide. У блоці Math Function виконується логарифмування ступені послаблення сигналів і обчислюється коефіцієнт поглинання УФ – випромінювання молекулами озону – сигнал Alfa.

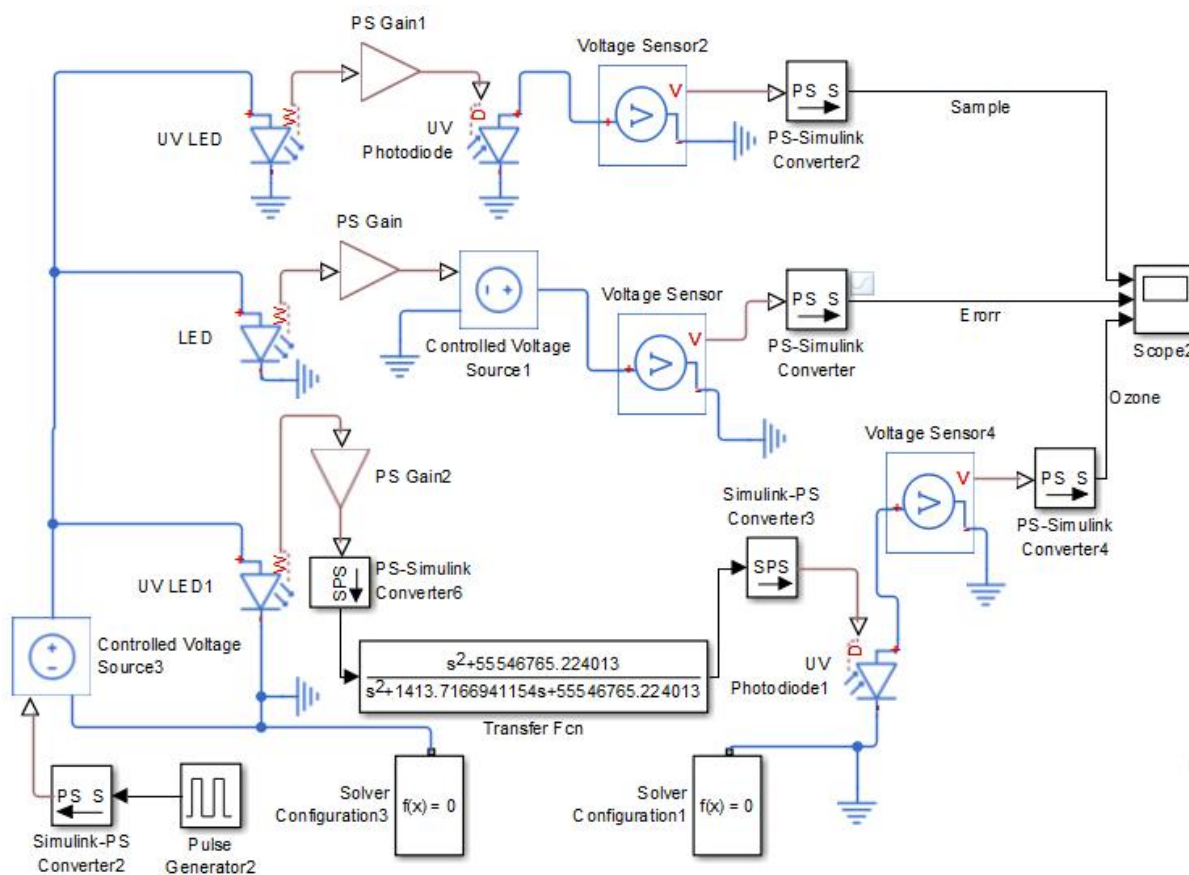


Рисунок 1 – Структура моделі датчика озону

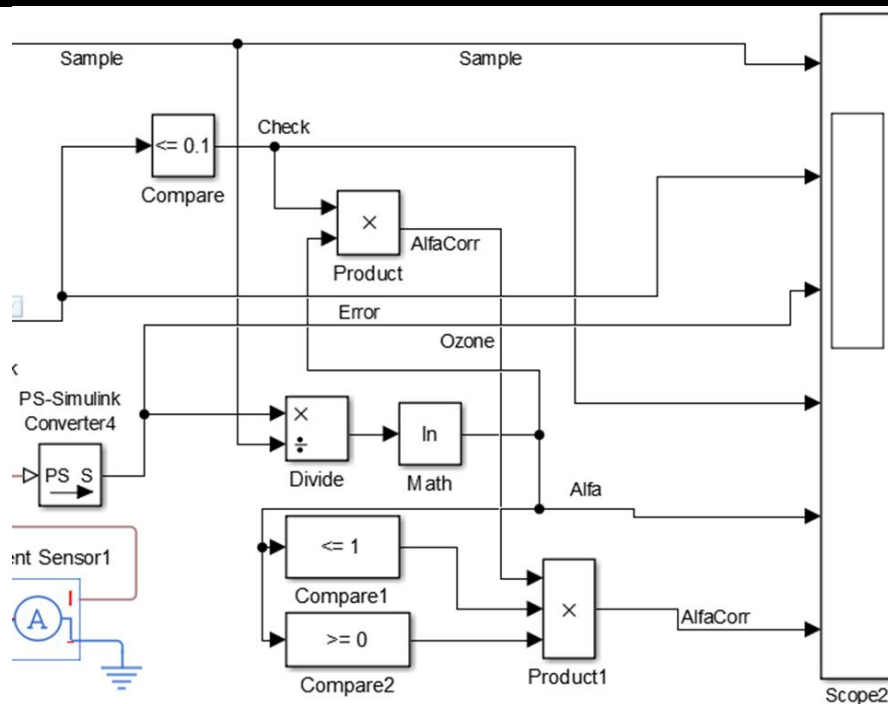


Рисунок 2 – Фрагмент моделі з додатковою обробкою вихідних сигналів

На основі блоку компаратора Compare To Constant реалізовано детектування непрозорих макрочастинок у робочому середовищі і скидання, шляхом твору його вихідного значення Check на величину сигналу Alfa, результатів вимірювань до нуля (блок Product). Такому скоригованому сигналу відповідає величина AlfaCorr. При перевищенні вихідним сигналом широкосмугового приймача граничного значення відбувається скидання стану компаратора до нуля і величина AlfaCorr також буде дорівнювати нулю. На наведених епюрах такий стан спостерігається на початкових ділянках часу, коли встановлюється рівноважний стан функціонування випромінювачів і приймачів системи. Аналіз результатів моделювання обробки сигналів датчика показує, що амплітуда сформованого імпульсу AlfaCorr є інформативним показником з визначення поглинання випромінювання. При цьому похибка визначення концентрації озону стабілізується на рівні 0,1 %.

Також було виконано моделювання завадостійкості розробленої моделі для різних значень частоти модуляції випромінювання, але при незмінності всіх інших умов. Результати досліджень показано на рис. 3 у вигляді залежності величини похибки вимірювань від частоти модуляції випромінювання.

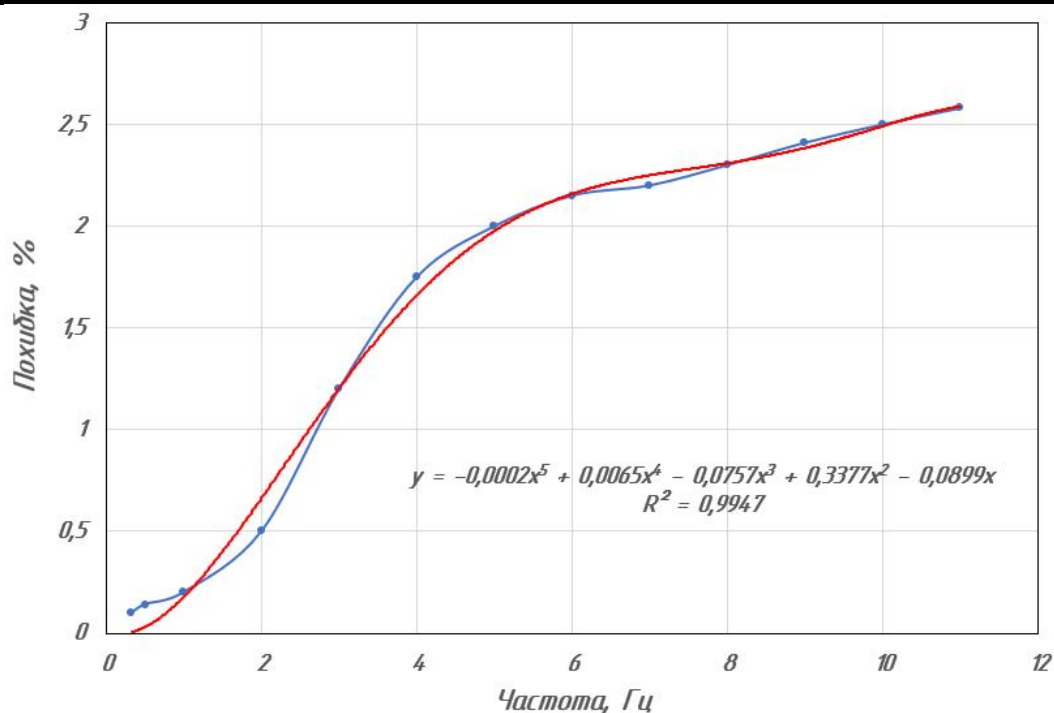


Рисунок 3 – Залежність величини похибки вимірювань від частоти

З рис. 3 слід, що величина похибки зростає зі збільшення частоти модуляції випромінювання за нелінійним законом від 0,1% до 2,62%. Оцінка точності апроксимації оцінювалась за допомогою коефіцієнту множинної кореляції $R^2 = 0,9947$.

Таким чином, проведені дослідження дозволили ідентифікувати структуру блоку обробки сигналів приймачів і режимів проведення вимірювання, що дозволяє мінімізувати величину похибки під дією випадкових завад.

Література

1. Кісельов Є. М., Алексієвський Д. Г., Туришев К. О. Візуальне моделювання керування датчиками озону. Інформаційні технології в металургії та машинобудуванні. ITMM'2020: тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції. Дніпро: НМетАУ, 2020. – С. 166-168.
2. Кісельов Є. М., Алексієвський Д. Г., Туришев К. О. Датчик озону для дезінфектора рідини та повітря. III Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні системи та технології в медицині» (ISM-2020): збірник наукових праць Харків: Національний аерокосмічний університет, 2020. – С. 186-187.

THE SYNTHESIS OF AN OPTICAL THREE-BEAM OZONE SENSOR MODEL

Yehor Kiselov, Dmytro Aleksiiivskyi, Kostiantyn Turyshev

Abstract: The synthesis of an optical three-beam ozone sensor model for the Matlab Simulink simulation is performed. The structure of the sensor signal processing system is proposed. The simulation of the measuring system noise resistance is carried out on the basis of the developed visual block model. The dependence of the measurement error on the modulation frequency of the radiation in the optical channel is obtained. The operation modes are determined to minimize the ozone measurement error. It is shown that the precision of determining the ozone concentration in the working environment can be achieved at the level of 99.9% using the obtained results.

Keywords: receiver, radiation source, simulation, optical channel.

References

1. Kiselov Y., Aleksiiivskyi D., Turyshev K. Visual control modeling ozone sensor // International scientific and technical conference Information technologies in metallurgy and machine building. – 2020. – P. 166-168.
2. Kiselov Y., Aleksiiivskyi D., Turyshev K. Ozone sensor for liquid and air disinfectant // III International Scientific and Practical Conference «Information Systems and Technologies in Medicine» (ISM-2020). – 2020. – P. 186-187.