

Науковий журнал

4.2005

ВІСНИК

**Хмельницького
національного
університету**

Частина 1, Том 1

Технічні науки

Хмельницький 2005

Науковий журнал

4.2005

ВІСНИК

**Хмельницького
національного
університету**

Частина 1, Том 1

Технічні науки

Хмельницький 2005

Засновано в липні 1997р.**Виходить 6 разів на рік****Хмельницький, 2005, №4 Ч.1, Т.1 (68)****Засновник і видавець: Хмельницький національний університет****до 2005 р. – Технологічний університет Поділля, м. Хмельницький)**

Головний редактор	Скиба М.Є. , заслужений працівник народної освіти України, академік УТА, професор, ректор Хмельницького національного університету
Голова редакційної колегії	Сілін Р.І. , заслужений працівник народної освіти України, академік МАІ, академік АІН України, академік УТА, д.т.н., професор
Заступник головного редактора	Каплун В.Г. , академік УТА, д.т.н., професор
Відповідальний секретар	Гуляєва В.О. , завідувач патентно-інформаційним відділом, Хмельницький національний університет

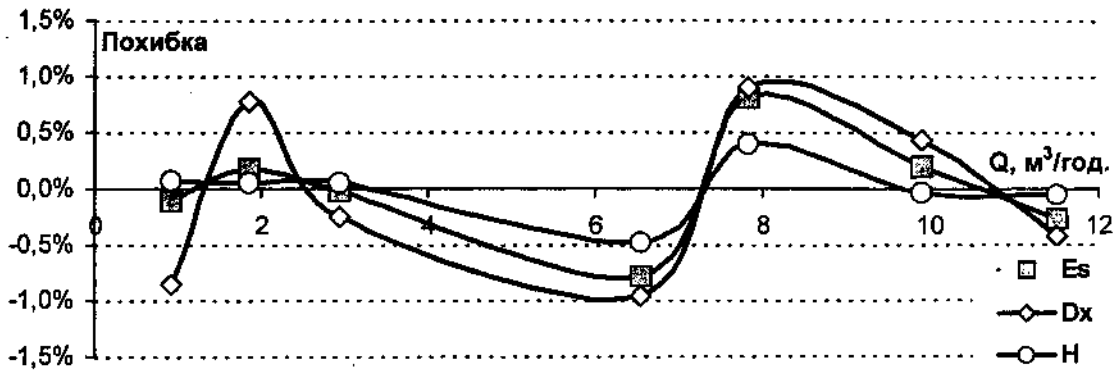
Члени редколегії*Технічні науки*

д.т.н. Кіницький Я.Т., к.т.н. Баннова І.М., д.т.н. Гладкий Я.М., к.т.н. Домбровський А.Б., к.т.н. Дралак Г.М., д.т.н. Калда Г.С., д.т.н. Камбург В.Г., д.т.н. Ковтун В.В., д.т.н. Костогриз С.Г., д.т.н. Кузьменко А.Г., д.т.н. Локазюк В.М., д.т.н. Мазур М.П., к.т.н. Мандзюк І.А., д.т.н. Мичко А.А., д.т.н. Мясищев О.А., д.т.н. Параска Г.Б., д.т.н. Ройзман В.П., д.т.н. Рудницький В.Б., д.т.н. Семенюк М.Ф., к.т.н. Славинська А.Л., д.т.н. Стечишин М.С., к.т.н. Троцишин І.В., д.т.н. Шевеля В.В., д.т.н. Либа В.П., д.ф.-м.н. Качурик І.І.

Відповідальні за випуск д.т.н. Локазюк В.М., к.т.н. Савенко О.С.*Технічний редактор* Горященко К.Л.*Редактор-коректор* Броженко В.О.

Адреса редакції: Україна, 29016, м. Хмельницький, вул. Інститутська, 11, Хмельницький національний університет
редакція журналу "Вісник Хмельницького національного університету"
☎ (03822) 2-51-08
e-mail: patent_1@beta.tup.km.ua
web: http://library.tup.km.ua/visnyk_tup.htm
<http://visniktup.narod.ru>

Зареєстровано Міністерством України у справах преси та інформації.
Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
Серія КВ №2362 від 27 грудня 1996 року

Рис.7. Залежність зміни відносної похибки E_s , D_x та H моделей від величини витрати

Таким чином, в результаті порівняльного аналізу різних статистичних характеристик шуму, що генерується контрольованим середовищем виявлено, що найширший коридор повторюваності мають дисперсійна і спектральна моделі, найвужчий – ентропійна модель (відносна похибка $\pm 0,50\%$). Крім того з найбільш складним, погляду реалізації, є спектральний метод, оскільки потребує значної кількості обчислень. В такій ситуації реалізація запропонованих методів вимірювання на основі зміни дисперсії та ентропії випадкових коливань вимірюваного середовища більш прийнятна.

Література

1. Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества. Справочник. Л.: Машиностроение. Ленинградское отделение, 1989. – 701 с.
2. Вимірювання витрати та кількості газу: Довідник. – Івано-Франківськ: ПП „Сімік”, 2004. – 160 с.
3. Пат. 62387 А Україна, 7 G01F25/00. Спосіб вимірювання величини витрати на основі спектральних характеристик шуму вимірюваного середовища / Мельничук С.І. Опубл. 15.02.2003, Бюл. № 12.
4. Бендат Дж., Пирсол А. Прикладний аналіз случайних данных. – М.: Мир, 1989. – 540 с.
5. Мельничук С.І., Пашкевич О.П. Аналіз сучасного рівня розробки методів вимірювання витрати і кількості речовини та перспективи реалізації методу вимірювання на основі зміни спектральних характеристик шумів контрольованого середовища. Івано-Франківськ. Методи та прилади контролю якості, 2003. – № 8. – 86 с.
6. Пашкевич О.П., Мельничук С.І. Статистичний аналіз випадкових сигналів, які утворюються при переміщенні газових потоків і транспортній магістралі // Харків. Метрологія та вимірювальна техніка (Метрологія – 2004). Матеріали конференції. С. 220-222.

Надійшла 26.3.2005 р.

УДК 535.361

В.Г. ПЕТРУК, І.В. ВАСИЛЬКІВСЬКИЙ, С.М. КВАТЕРНЮК
Вінницький національний технічний університет

ОПТИЧНА КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ДЛЯ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ

Розроблена оптична контрольно-вимірювальна система для екологічного моніторингу водних об'єктів за індикатрисами розсіювання (тілами яскравості). Проаналізована методика вимірювання водно-дисперсних систем, що дозволяє визначити параметри забруднення частками речовин різного походження для потреб екологічного моніторингу.

Вступ

Стан екологічних параметрів водних об'єктів може визначатись за їх оптичними характеристиками. З точки зору оптики вода є дисперсною системою. В даний час оптичні методи є найбільш поширеними методами визначення концентрації, розміру, форми і структури часток у дисперсних системах. Це пояснюється зручністю і експресністю даних методів, їх точністю і наглядністю отриманих результатів.

Методика вимірювального експерименту

Метод вимірювання ґрунтується на дослідженні приймальним пристроєм з великою кутовою роздільною здатністю під різними кутами спостереження елементарного об'єму водного середовища, освітленого вузьким паралельним пучком світла. Вимірювання можна проводити в лабораторних умовах

шляхом забору води і безпосередньо у водному середовищі (in situ).

Для визначення наявності і форми об'єкта в дослідному середовищі необхідно мати дані про показник послаблення ϵ' гранично розсіяного випромінювання (тобто в глибинному режимі), просторової опроміненості об'єму дисперсного середовища E_0 , низхідного E і висхідного E потоків всередині і на межі шарів. При цьому глибинний режим – це такий асимптотичний світловий режим на певній глибині, коли оптичні характеристики стають стаціонарними і зумовлюються властивостями самого середовища та не залежать від умов і характеру освітлення. Він належить до числа тих небагатьох теоретико-експериментальних методів, коли рівняння переносу теорії переносу випромінювання допускає наближений його розв'язок у зручному для спектроаналітичних цілей вигляді. Але коректна реалізація експерименту пов'язана з дотриманням деяких

умов, коли $\beta \ll 1$ і $m_\alpha l \ll 1$, де $\beta = \frac{1-\Lambda}{\Lambda}$ – питома поглинання середовища; $\Lambda = \frac{\sigma}{\alpha + \sigma}$ – ймовірність

“виживання” фотона; α , σ – коефіцієнти поглинання і розсіяння відповідно; m_α – натуральний показник поглинання елементарного об'єму; l – характерний розмір оптичного зонда, максимальне значення якого

повинне бути меншим середньої довжини вільного перебігу фотона і визначається умовою: $l \leq \frac{1}{\epsilon}$, де ϵ –

показник послаблення розсіювального середовища. У нашому випадку, коли розміри резервуара дорівнюють: висота $h=0,5$ м, діаметр $d=0,5$ м, можна допустити максимальний розмір освітлювальної площадки оптичного зонда 5×5 (мм), щоб повністю уникнути впливу відбивання внутрішніми стінками резервуара $\rho_{ст}$ на результати вимірювань. При цьому $\rho_{ст}$ стінок дорівнює близько 0,8. Довжина світловода оптичного зонда $L=0,4$ м, кутова

апертура $tg\varphi = \frac{l}{2L}$, звідки $\varphi \approx 0,3^\circ$. Глибина, на якій практично наступає глибинний режим, залежить від

умов опромінення середовища, ймовірності “виживання” фотона Λ та виду індикатриси розсіяння. Λ суттєво залежить від оптичної товщини $\tau = \epsilon \cdot l$, яка, в свою чергу, зумовлюється концентрацією розчину (с). Чим більша концентрація диспергованих частинок, тим більша оптична товщина τ і тим менша ймовірність “виживання” фотона Λ . Зміна яскравості $B(z, \theta)$ з глибиною z відбувається за експоненційним законом:

$$B(Z, \theta) = B(0, \theta) \exp\{-\epsilon' (Z - Z_0)\}, \quad (1)$$

де $B(Z, \theta)$ – яскравість дослідного середовища на його верхній межі, коли, як правило, $z_0=0$; z – оптична глибина, на якій встановлюється глибинний режим. В умовах же глибинного режиму експериментально

показник послаблення ϵ' визначається як тангенс кута нахилу прямолінійної ділянки залежності $\ln \left[\frac{B(z, \theta)}{B(z_0, \theta)} \right]$

від глибини z :

$$\epsilon' = - \frac{\ln \left[\frac{B(z, \theta)}{B(z_0, \theta)} \right]}{z - z_0} = - \frac{d \ln E_\downarrow}{dz}, \quad (2)$$

де E_\downarrow – освітленість вимірювальної горизонтальної площадки зонда зверху; $B(z, \theta)$ і $B(z_0, \theta)$ – відповідні цим глибинам яскравості розсіяних променів під кутом θ . При цьому величина ϵ' , дійсно, не залежить від глибини [4]. Тоді показник послаблення елементарного об'єму неоднорідного середовища відповідає виразу:

$$\epsilon = \frac{\epsilon'}{\gamma}, \quad (3)$$

де $\gamma \cong \sqrt{\frac{\beta}{q}}$ при $\beta \ll 1$; q – стала Розенберга, що залежить тільки від виду індикатриси $f(\theta)$ або

матриці розсіяння f_{ik} і безпосередньо зв'язана з формою тіла яскравості світла, розсіяного в глибині середовища. При цьому для симетричних, наприклад Релеївських індикатрис розсіяння – $q = \frac{1}{3}$;

Ламбертівських – $q = \frac{1}{2}$; для асиметричних індикатрис (наприклад: Хень'ї-Грінштейна) q зростає із збільшенням витягнутості індикатриси, досягаючи для туманів та дрібнодисперсних порошків значень близьких 1,5, а для більш крупнодисперсних середовищ – декількох одиниць. Отже, вимірявши значення

низхідної E_{\downarrow} та висхідної E_{\uparrow} освітленостей у глибинному режимі, коли зонд має плоску приймальну поверхню (дзеркальна призма), причому E_{\downarrow} відповідає приймальній поверхні, направленої вгору, а E_{\uparrow} – вниз (призменний зонд повертається на 180°), а також просторову освітленість E_0 з допомогою сферичного зонда, описаного вище, можна знайти точне значення питомого показника поглинання елементарного об'єму досліджуваного дисперсного середовища:

$$m_{\alpha} = \bar{\mu}\epsilon' = \epsilon' \frac{E_{\downarrow} - E_{\uparrow}}{E_0} \quad (4)$$

Однак, одержаний m_{α} у ситуації водного колоїдного розчину, наприклад, молока чи води, забрудненої нафтою тощо, дорівнює сумі показників поглинання води m_{α}^e чи іншого розчинника і безпосередньо розсіювача, тобто:

$$m_{\alpha} = m_{\alpha}^e + cm'_{\alpha}, \quad (5)$$

де c – концентрація розсіювача (диспергованих часток).

Для того, щоб розв'язати вираз (5) відносно m'_{α} , потрібно, принаймні, для двох концентрацій (а краще – для декількох) скласти систему рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} m_{\alpha(1)} &= m_{\alpha}^e + c_1 m'_{\alpha} \\ m_{\alpha(2)} &= m_{\alpha}^e + c_2 m'_{\alpha} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

і знайти невідомий показник поглинання m_{α}^e :

$$m_{\alpha}^e = \frac{c_2 m_{\alpha(1)} - c_1 m_{\alpha(2)}}{c_2 - c_1} \quad (7)$$

Тоді, приймаючи до уваги вираз (5), отримаємо шукане m'_{α} елементарного об'єму розсіювального середовища, яке є надзвичайно інформативним оптичним параметром у такого роду дослідженнях. Достовірність вимірювального контролю m'_{α} можна підвищити, якщо побудувати пряму $m'_{\alpha} = f(c)$ і проєкстраполювати її до $c = 0$. Тоді відрізок, що відтинає пряму на осі ординат, дорівнює m_{α}^e , а $tg\varphi = m'_{\alpha}$.

Знаючи m'_{α} диспергованих часток, можна оцінити їх середній радіус (a), кількість (n) в одиниці об'єму тощо. Крім того, співвідношення між розміром часток (a) і довжиною хвилі (λ) формує так званий "параметр Мі":

$$\rho = \frac{2\pi a}{\lambda}, \quad (8)$$

який характеризує вид індикатриси розсіяння. При цьому, чим більше значення ρ , тобто чим більше відношення розмірів часток до довжини хвилі, індикатриса видовжується. Значення $\rho \leq 1$ вказують на те, що індикатриса в основному зосереджена в зустрічній області фронту хвилі. При $\rho > 10$, індикатриси розсіяння сильно витягуються вперед по ходу падіння променів. У випадку, коли довжина хвилі λ співрозмірна з розміром часток ($\lambda \approx a$, $\rho \approx 3-10$) спостерігаються різко виражені інтерференційні ефекти, зумовлені суперпозицією дифрагованого і відбитого або пройденого світла. Отже, отриманні форми тіла яскравості (вони ж – індикатриси розсіяння) чітко свідчать про розміри диспергованих часток.

Опис функціонування контрольно-вимірювальної системи (КВС)

Функціональна схема даної системи наведена на рис. 1. До складу КВС входить: 1 – ємність з досліджуванним середовищем, 2 – джерело випромінювання, яке з'єднане з системою живлення (3). До ємності 1 приєднаний автоматизований кінематичний блок переміщення зонда – 4, що містить зонд із оптичним первинним перетворювачем (призмовим або сфероподібним) – 5, який з'єднаний із 6 – фотоприймачем та із 7 – блоком перетворення фотеструму в частоту, який сполучений з 8 – блоком формування цифрового коду та взаємозв'язку з периферійним пристроєм (адаптером) 9, який передає вимірювальну інформацію до 10 – ПЕОМ, в якому за допомогою програмного забезпечення 11 відбувається обробка вимірювальної інформації.

Система працює таким чином. З командою із ПЕОМ периферійний пристрій 9 за допомогою відповідної програми запускає автоматизований кінематичний блок переміщення зонда 4, після цього 5 – зонд із призмовим оптичним первинним перетворювачем починає переміщуватися із початкового верхнього положення у нижнє кінцеве положення, поступово заглиблюючись у дисперсне середовище, при цьому зонд робить короточасні зупинки в певні моменти часу, які визначаються характером експерименту, під час яких

проводяться вимірювання безперервного профілю тіл яскравості за допомогою 6 – фотоприймача, який, в свою чергу, передає сигнал на 7 – блок перетворення фотоструму в частоту, а далі 8 формує цифровий сигнал і передає його до пам'яті комп'ютера за допомогою 9 – периферійного пристрою. Після завершення циклу вимірювань із низхідної і висхідної освітленостей операції вимірювання повторюються аналогічно із зйомним сфероподібним оптичним первинним перетворювачем. В цьому випадку вимірюється просторова освітленість.

Вся оптична інформація про стан світлового поля всередині світлорозсіювального середовища заноситься до пам'яті комп'ютера, де узгоджується, обробляється і висвітлюється на екрані монітора у вигляді таблиць, аналітичних або графічних залежностей функцій яскравості: $V_z = f(\Theta)$; $V_\theta = f(z)$; $V_z = f(c)$ тощо, де z – глибина шару середовища, на якій проводилися виміри, що відраховується від поверхні дисперсного середовища; Θ – полярний кут обертання зонда відносно свого першопочаткового положення в межах $0^\circ \leq \Theta \leq 180^\circ$; c – концентрація досліджуваного середовища.

Як фотоелектричний помножувач (ФЕП) у даній КВС використано ФЕУ-60 з робочим діапазоном 300...600 нм та чутливістю фотокатода 20 мкА/лм. Напруга живлення ФЕП 1,5 кВ створюється високовольтним блоком живлення на основі спеціалізованої мікросхеми ШІМ-перетворювача TOP200YA1, що містить у своєму складі вихідний ключовий потужний транзистор та вузли регулювання. У якості джерела світла використано галогенну лампу типу КГЛ84Б з джерелом живлення на основі спеціалізованої ІМС L6562 (STMicroelectronics), яка забезпечує отримання високої стабільності світлового потоку.

Для задання руху вимірювального зонда по трьох ступенях свободи (горизонталь, вертикаль, кут повороту) в резервуарі з дисперсним середовищем використано кінематичну схему на основі трьох електродвигунів. Блок керування кінематичною схемою реалізовано на мікроконтролері AT90S8515 (Atmel). Вхідними сигналами блоку керування є сигнали з клавіатури та давачів положення зонда.

Далі проводяться вимірювання за допомогою ФЕП величини інтегральної освітленості та передача його через адаптер на COM порт до ЕОМ. Вимірювальний блок виконано на основі мікроконтролера AT90S4433. Мікроконтролер обладнано 10-розрядним АЦП послідовного наближення з часом перетворення 70...280 мкс. Програмне забезпечення для мікроконтролера вимірювального блока написано на мові С (компілятор ІАР). У даному пристрої використано послідовний інтерфейс UART для передачі вимірних величин у комп'ютер через ІМС адаптера COM порта ADM232LJN.

Для керування роботою вимірювальної системи з персонального комп'ютера створена програма Deer_mode. Програма написана на Delphi 5 під ОС Windows 98. У вікні "Настройка" вибирається номер COM порту та встановлюється швидкість обміну (вимірювальний блок має швидкість обміну 19200 бод). Обмін через COM порт здійснюється у асинхронному режимі з використанням вбудованих у комп'ютер буферів FIFO. У відповідній стрічці вибирається номер дослідження. Головка зонда може бути "призмове" чи "сферична". Встановлюються необхідні ступені свободи зонда та кількість точок при вимірах. Повинно бути вибрано не менше ніж одна ступінь свободи зонда, інакше виводиться повідомлення про помилку. За замовчуванням вибрано порт COM1, швидкість обміну 19200 бод, дослід 1, призова головка зонда, горизонтальний рух зонда.

Далі здійснюється процес багатократних вимірів при виборі вікна "Вимірювання" програми Deer_mode. Відповідно до вибраних настройок визначається робота у режимі "Вимірювання". Результат поточного вимірювання виводиться на екран. Массив вимірювань записується у тимчасовий файл. Рух зонда здійснюється між вимірами, причому напрям руху зонда визначається програмою експерименту. Після проходження експерименту файл умов експерименту та файли вимірних даних підключаються до загальної бази експериментальних даних.

Висновок

На основі досліджень оптико-фізичних характеристик реальних водно-дисперсних середовищ встановлено, що поглинальна властивість чистої води і розчинених в ній неорганічних солей практично незмінна в широкому діапазоні довжин хвиль. Джерелами розсіювання світла в водно-дисперсних системах є дрібна (неорганічна) і велика (органічна) завись, а також флуктуації густини води. Оптично активні складові води формуються за рахунок утворення фітопланктону, атмосферного аерозоля, абразії берегів і дна. Для підвищення верхньої межі полідисперсності аналізованих часток і інформативності даного способу додатково визначається функція розподілу часток за розмірами. Крім того, по виду тіл яскравості можна робити також висновки про концентрацію забруднюючих компонентів, вид і характер забруднення.

У даній роботі вимірювались індикатриси розсіяння у ємності установки, що наповнена досліджуваною водою. Розроблена КВС може бути використана для визначення показників забруднення, проведення

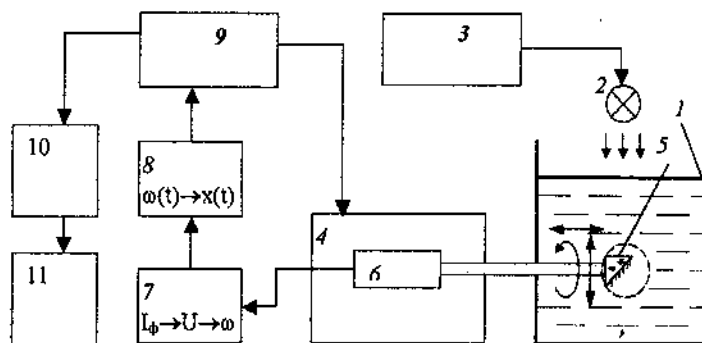


Рис. 1. Структурна схема оптичної контрольно-вимірювальної системи для екологічного моніторингу стану водних об'єктів

екологічного моніторингу параметрів стічних вод, зокрема по вмісту завислих речовин. Водочищення зводиться до коагуляції зважених у воді дрібних часток забруднення різними методами. Результати роботи апробовані у спеціалізованих відділах Державного управління екології та природних ресурсів у Вінницькій області, Вінницького олісжиркомбінату і молокозаводу.

Література

1. Иванов А.П. Оптика рассеивающих сред. – Минск.: Наука і тэхніка, 1969. – 592 с.
2. Петрук В.Г. Спектрофотометрія світлорозсіювальних середовищ (теорія і практика оптичного вимірювального контролю): Монографія. – Вінниця: Універсум – Вінниця, 2000. – 207 с.
3. Иванов А.П. Физические основы гидрооптики. – Минск.: Наука і тэхніка, 1975. – 503 с.
4. Пат. № 67209 А. Україна. Спосіб для визначення середнього розміру диспергованих часток та пристрій для його реалізації / Петрук В.Г., Васильківський І.В., Петрук Г.Д. – Бюл. № 6 "Промислова власність" Держпатенту України, 2004 р.

Надійшла 5.3.2005 р.

УДК 621.7

М.А. ФЛІНІЮК, С.Є. ШВЕЙКІНА, О.М. КУЗЕМКО

Вінницький національний технічний університет

МОДЕЛЮВАННЯ ТА СИНТЕЗ АКТИВНИХ НВЧ-ФІЛЬТРІВ НА БАЗІ ТРАНЗИСТОРНОГО ОПТОНЕГАТРОНА

В статті проведено аналіз математичної моделі транзисторного оптонегатрона, досліджено частотні властивості оптонегатрона, розроблено схеми активних фільтрів, придатних для виконання у вигляді гібридних та напівпровідникових мікросхем.

Постановка задачі

Використання досягнень оптонегатроніки [1] та проектування активних НВЧ-фільтрів на базі напівпровідникових приладів, що поєднують оптичні властивості із наявністю від'ємного диференційного параметру, зокрема транзисторних оптонегатронів, дозволяє підвищити ефективність роботи керуючих пристроїв та покращити їх техніко-економічні показники.

Створенню активних НВЧ-фільтрів присвячена велика кількість робіт, в яких вирішують проблему мініятуризації та зменшення добротності пасивних елементів, таких як котушки індуктивності та конденсатори, при одночасному підвищенні частоти та зменшенні розмірів. Таким вимогам відповідають активні фільтри, створені на основі транзисторних узагальнених перетворювачів імітансу (УПІ) [2].

Використання для керування оптичного сигналу дозволяє підвищити швидкість активних керуючих елементів, зокрема підвищити швидкість перелаштування частоти оптично-керованих смугових фільтрів, генераторів, атенуаторів тощо.

Метою даної роботи є використання оптонегатрону на базі біполярного оптотранзистора для створення високодобротних реактивних та від'ємних активних динамічних опорів та активних НВЧ-фільтрів на їх основі.

Синтез та дослідження активних НВЧ-фільтрів

В якості базового елемента для моделювання активних НВЧ-фільтрів обрано біполярний оптотранзистор. Враховуючи те, що розміри сучасних транзисторних структур не перевищують 0,01 мінімальної довжини хвилі, внутрішня структура оптотранзистора може бути представлена Т-подібною схемою Прітчарда, що складається з зосереджених елементів. З метою врахування світлового опромінення в еквівалентну схему оптотранзистора введено генератор струму $\alpha(I_e + I_\phi)$, де α – коефіцієнт передачі транзистора по струму, I_e – струм емітера, I_ϕ – фотострум.

При дослідженні оптотранзистора як УПІ, необхідно визначити діапазон частот, де можлива реалізація від'ємного диференційного опору, який кількісно оцінюється внутрішнім інваріантним коефіцієнтом стійкості $K_{c.u}$ [3]:

$$K_{c.u} = \frac{2 \operatorname{Re} W_{11} \cdot \operatorname{Re} W_{22} - \operatorname{Re}(W_{12} \cdot W_{21})}{|W_{12} \cdot W_{21}|}, \quad (1)$$

де W_{11} , W_{12} , W_{21} , W_{22} – елементи узагальненої матриці параметрів, що є інваріантною до будь-якої системи параметрів чотириполосника (Y , z , g , h).

На основі (1) та фізичної еквівалентної схемифототранзистора отримані аналітичні вирази для внутрішнього інваріантного коефіцієнта стійкості з урахуванням впливу оптичного опромінювання для трьох