

6. Пурьшева, Н. С. Дифференцированное обучение физике в средней школе / Н. С. Пурьшева. – М. : Прометей, 1993. – 161 с.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

Завражна Олена Михайлівна – доцент кафедри експериментальної та теоретичної фізики, Сумський державний педагогічний університет ім. А.С.Макаренка

Коло наукових інтересів: Проблеми методики навчання фізики.

**АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УСУНЕННЯ
ХРОМАТИЧНОЇ АБЕРАЦІЇ СУЧАСНИХ
СПЕКТРОМЕТРІВ**

Сергій КОВАЛЬОВ, Юрій КОВАЛЬОВ

В статті розглянуто функціонування автоматичної системи управління щілиною для усунення хроматичної аберації спектрометра – універсального навчального комплексу „Спектрометр 01” та проаналізовано її особливості.

The paper considers the automatic system management of the gap for eliminate the chromatic aberration of spectrometer of universal Training Kit "Spectrometer 01" and its characteristics.

Актуальність теми. Розвиток мікроелектроніки та інформаційно-комунікаційних технологій призводить до того, що вже неможливо представити сучасне експериментальне обладнання без його автоматизації, або хоча б без автоматизації його деяких складових систем чи функціональних вузлів. Як правило, таке обладнання працює автоматично під контролем комп'ютера, а управління режимами його роботи здійснюється через інтерфейс відповідної програми з використанням інформаційно-комунікаційних технологій. Використання автоматизації управління призводить не тільки до спрощення керування експериментальними приладами чи установками, а й надає нові можливості його використання і дозволяє отримувати якісно нові результати. Спектральні прилади, зокрема спектрометри, як і більшість оптичних приладів, потребують як правило, комплексного налаштування як до, так і під час роботи, що пов'язано з необхідністю мінімізувати вплив ряду оптичних явищ, таких як аберація та інші, що знижують якість отриманих результатів і ускладнюють процес вимірювання. Тому створення систем автоматичного керування складними приладами, до яких можна віднести і спектрометри, які вимірюють неелектричні величини і потребують в ході роботи постійного контролю і управління іншими неелектричними параметрами системи, є достатньо складною технічною проблемою, розробка технологій вирішення якої є нагальною потребою приладобудування.

Мета статті – розглянути функціонування системи управління щілиною для усунення хроматичної аберації спектрометра універсального навчального комплексу „Спектрометр 01” та проаналізувати її особливості.

Аналіз проблеми дослідження. До загальних недоліків більшості зразків спектрального обладнання, що використовується сьогодні у ВУЗах України в навчальних цілях можна віднести можливість реєстрації спектра лише на фотопластину, що характеризується негативним впливом хроматичної аберації, що пов'язана з формою фокальної поверхні та затрати часу на виконання фото-робіт по отриманню зображення на фотопластинах, що є критичним під час навчального процесу [1].

Форма фокальної поверхні спектральних приладів визначається властивостями оптики та диспергуючого елемента. Поперечний переріз фокальної площини, яка утворюється вгнутою дифракційною ґраткою є круг Роланда. Для приладів з плоскою дифракційною ґраткою та ахроматичними об'єктивами добре можна сфокусувати спектр на площину, яка перпендикулярна вісі камерного об'єктива. Для приладів з неахроматизованими лінзами форма поверхні фокальної площини є складною і визначається сумарним впливом хроматичної аберації об'єктива і асигматизму призми, що використовується як диспергуючий елемент. Тому при розробці спектрального обладнання особливу увагу

потрібно приділяти питанням вибору оптичних елементів та їх взаємодії з метою уникнення паразитичного впливу дефектів наявних у оптичних системах.

Результати досліджень. Оптична система спектрометра універсального навчального комплексу „Спектрометр 01” описана в [2-5]. В спектральному приладі у вихідній лінзі (камерного) об’єктива спостерігається хроматична аберация. Це явище пов’язане з залежністю фокусної відстані оптичної системи приладу від довжини світлової хвилі якою вона освітлюється.

Для усунення паразитичного впливу хроматичної аберации у приладі передбачено автоматичне переміщення вихідної щілини у відповідності до фокусування зображення на різних ділянках спектру. Схема механізму, що призначений для зміни положення щілини, показано на рис. 1. Основна функція даного механізму є переміщення щілини у положення, що відповідає фокусній площині камерної лінзи, яка в свою чергу визначається координатою сканера. Обертний рух ротора крокового двигуна 1, що переходить у вал з різьбою 3, переміщує майданчик 8, на якому закріплено екран зі щілиною 6. Кінець валу 3 знаходиться у підшипнику 4.

Для прямолінійного і поступального руху майданчика 8 використовується напрямлюючий стержень 7. Паралельно до екрану 6, на який фокусується ділянка досліджуваного спектра, розміщений фотокатод фотоелектронного помножувача 2. Механізм дозволяє виконувати зміщення a екрану на $\Delta a = 17$ мм, що дає можливість отримати чітке зображення спектральних ліній у всьому досліджуваному спектрі, від червоної до фіолетової його ділянки. Переміщення щілини у процесі роботи приладу з метою компенсації хроматичної аберации може відбуватись автоматично у відповідності до функції $a = f(\lambda)$. Дана функція отримується експериментально. Для автоматичного управління налаштуваннями спектрометра передбачено створення та підключення CLB файлу, з допомогою якого розраховуються програмно всі поточні параметрами його управляючих систем, в тому числі положення щілини в залежності від ділянки спектру, що сканується в даний момент.

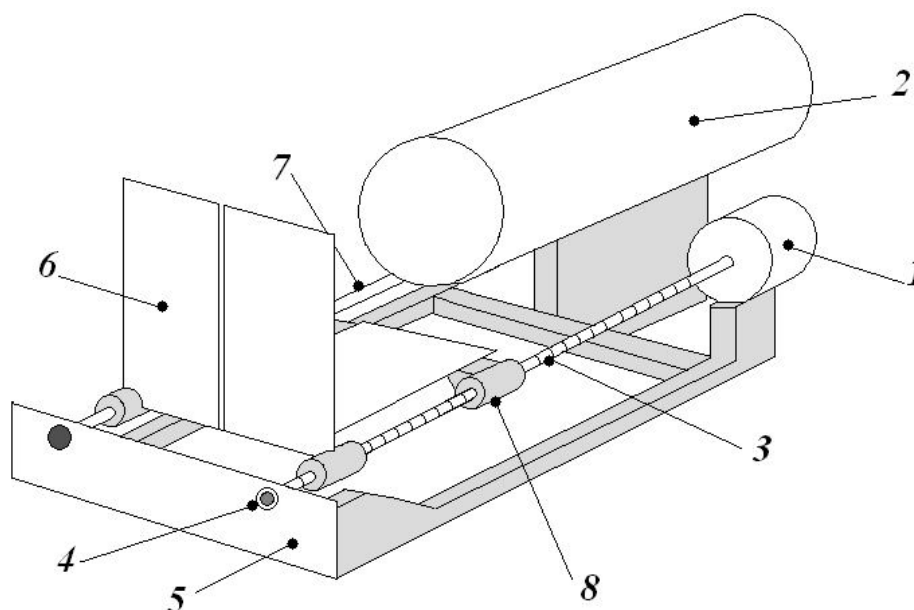


Рис. 1. Ескіз механізму переміщення щілини

Для отримання експериментального вигляду $a = f(\lambda)$ та побудови її графіку в програмі при скануванні еталонного лінійчатого спектру спочатку використовують напівавтоматичний режим переміщення вихідної щілини та сканера. Вікно ручного режиму керування сканером зображено на рис. 2.

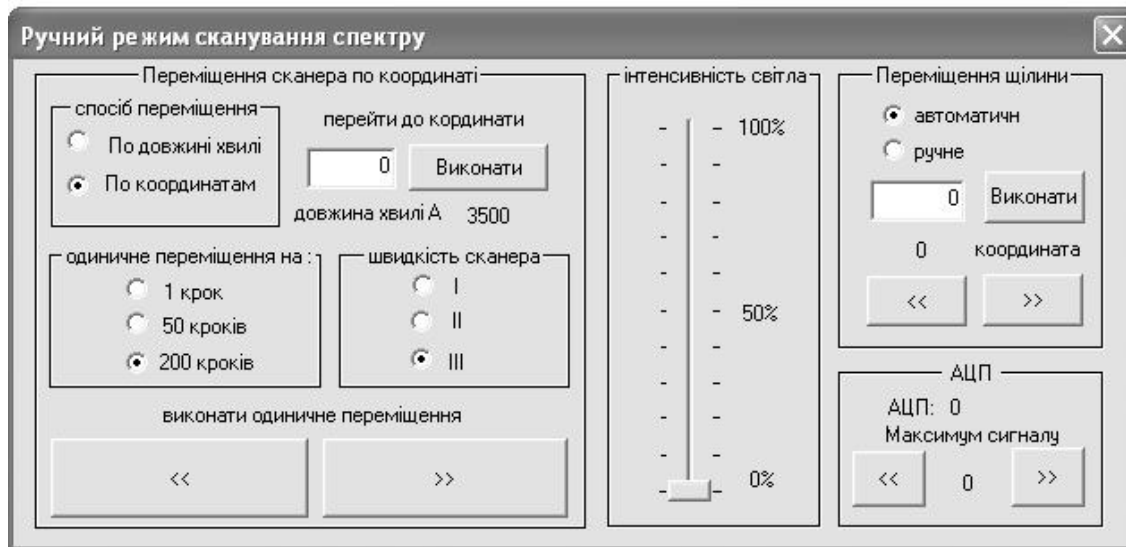


Рис. 2 Діалогове вікно керуванням приладом в напівавтоматичному режимі.

Першим кроком є створення CLB файл з точними даними про залежність координати сканера від довжини хвилі $x=f(\lambda)$. Підключивши його до програми, можна перейти до визначення вигляду експериментальної функції $a = f(\lambda)$. Для цього використовують ручний режим керування щілиною.

Провівши набір лінійчатого спектра еталонного джерела ми отримаємо спектр який відрізнятиметься від звичайного тим, що деякі його області будуть чітко виражені, а інші розмиті. Спостерігаючи за спектрограмами під час повторення сканування деякої спектральної лінії для різних положень вихідної щілини, ми можемо підібрати таке значення величини a для якого зображення даної спектральної лінії λ матиме найвужчі розміри.

Виконавши пошук a для всіх спектральних ліній еталонного джерела світла можна побудувати графік залежності $a = f(\lambda)$. Апроксимація побудованого графіку дозволить визначити необхідні значення a для довжин хвиль від $\lambda=350$ нм до $\lambda=750$ нм, з кроком у $\Delta\lambda=10$ нм. Всього 40 значень, що обумовлено кроком двигуна, який переміщує щілину. Отримані результати заносять у відповідні поля блоку „Усунення хроматичної аберації” діалогового вікна „Калібровка” програми „Спектрометр_01.exe” з метою подальшого створення на їх основі нового CLB файлу. Отримані результати використовуються для ініціалізації масиву *CoordChilun* [5].

Управління механічною частиною приладу здійснюється за допомогою керуючих сигналів що подаються через LPT порт комп’ютера на відповідні вузли електричної частини приладу, хоча перехід на USB порт у керуванні приладом може бути реалізований в процесі локальної модернізації. Використання саме паралельного порту обумовлене тим, що USB порт потребує використання контролера і відповідного програмного забезпечення, що ускладнить виготовлення налаштування та особливо ремонт приладу в межах довольного навчального закладу, оскільки контролери вимагають знання конкретного для заданої моделі мови програмування Асемблер, а також програматорів, які забезпечують процес їх програмування.

Електрична схема блоку керування переміщенням вихідної (реєструючої) щілини показано на рис.3. На схемі виводи $C1, C2, C3, C4$ призначені для під’єднання крокового двигуна, а точки $A1, A2, A3, A4$ - для отримання з порту комп’ютера відповідних керуючих сигналів.

Алгоритм роботи крокового двигуна, який забезпечує усунення хроматичної аберації, ідентичний до того, який описано в [2-4] і при надходженні з порту послідовних циклічних імпульсів він забезпечує необхідний кут повороту ротора. Крок щілини здійснюється при встановленні логічної одиниці на $A1$, що відкриває транзистори $VT1, VT2$ і $VT12$, а колекторний перехід транзистора $VT9$ переходить у високоомний стан, внаслідок чого потенціал точки $C1$ зміщується від $\varphi_0 = 0$ В до $\varphi_1 = 12$ В і забезпечує крок двигуна.

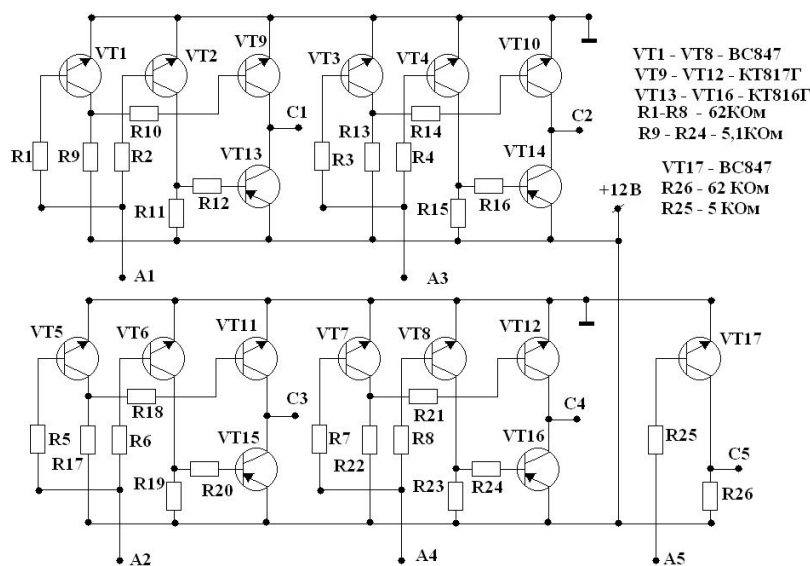


Рис. 3. Електрична схема пристрою переміщення щілини

Аналогічно працюють вимикачі вхідних точок A2, A3 і A4. При досягненні крайнього початкового положення на клемі A5 утворюється логічна одиниця, а на порт C5 подається потенціал логічного нуля, що дає можливість програмі знаходити координати щілини в режимі визначення початкових координат.

Переваги автоматичної системи управління положенням щілини фокальної площини. Дана система управління дає можливість отримати спектр досліджуваного випромінювання з однаковим фокусуванням у всій області спектру, що є неможливим при використанні фотопластин. Крім того автоматична система регулювання положення вихідної щілини дозволяє значно спростити як сам процес набору спектру оператором так і вивільняє час, що повинен був використаний на проявлення фотопластин.

Висновки. Розглянуто алгоритм керування вузлами переміщення щілини фокальної площини приладу, а також проаналізовано використання інтерфейсу програмного забезпечення, для створення калібровочного файлу положення щілини. Показано, що використання ІКТ в приладобудуванні може значно розширити їх функціональні можливості. Дана система управління може бути використана як модельна для розробки інших відповідних автоматичних систем.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Величко С.П. Розвиток системи навчального експерименту та обладнання з фізики у середній школі / С.П. Величко. – Кіровоград, 1998. – 302 с.
2. Величко С.П. Ковальов С.Г. Удосконалення навчального експерименту та обладнання із спектрального аналізу // зб. наук. праць Кам'янець – Подільськ ун-ту / Ред.колегія: П. С. Атаманчук та ін. – Серія: педагогічна. – Кам'янець – Подільськ, 2010. – Вип. 16. – С. 140 – 142.
3. Velychko S., Kovalyov S, Some features of creating modern spectral equipments for educational and practical goals // Editorial-in-Chief Roman Davydov: The advanced science open access journal april 2011. Office 2868, P. O. Box 6945, London W1A 6US, United KinGdom, 2011. - 91 p.
4. Величко С. П. Ковальов С. Г. Реалізація засобів ІКТ у створенні сучасного спектрального обладнання з фізики. // зб. Наук. Праць. Уманського ун-ту / Ред. Колегія: Побірченко Н.С. та ін. Серія: педагогічна. – Умань, 2011. – част. 3. – С. 327.
5. Ковальов С. Г. Універсальний спектральний комплект для навчальних цілей і досліди з ним: навч. посібн. [наук. ред.: проф. С. П. Величко] / Сергій Григорович Ковальов. - Кіровоград, 2012. - 104 с.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Ковальов Сергій Григорович – аспірант кафедри фізики та методики її викладання Кіровоградського державного педагогічного університету ім. В.Винниченка.

Наукові інтереси: розробка навчальних приладів, проблеми дидактики фізики

Ковальов Юрій Григорович – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри фізико-математичних дисциплін Кіровоградської льотної академії Національного авіаційного університету.

Коло наукових інтересів: розробка навчальних приладів, технологія виробництва електронної техніки.