

## ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

типів опромінювачів має практичне застосування залежно від структури рослин та особливості їх онтогенезу.

Згідно з теоретичними обчисленнями та випробувальними роботами запропоновані конструкції ОУ дозволяють збільшити економію електроенергії у 3,0-3,5 раза порівняно з найбільш поширеними опромінювачами ОТ-400.

*Cultivation of plants in selfcontained ecological medium is a power-consumption process. The decrease of energy consumption on light culture of plants is possible by selection of the most effective light sources and optimization of radiation conditions. Selection of light sources was carried out from the point of view of biological value of their radiation. The basic radiation installation design was that of interruption type. Three types of installations are offered.*

### Література

1. Сарычев Г.С. Облучательные светотехнические установки. - М.: Энергоатомиздат, 1992. - 240 с.
2. Мошков Б.С. Актиноритмия растений. - М.: Агропромиздат, 1987. - 272 с.
3. Свентицкий И.И., Мудрик В.И. Основные принципы фитофотометрии: Припринт НЦБИ АН СССР.- №48. - Пушино, - 1980.
4. Хазанов В.С. О фотометрической оценке излучения // Светотехника. - 1978. - №5. - С. 24-26.
5. Вассерман А.Л., Квашин Г.Н., Малышев В.В. Об оценке эффективности действия источников излучения на растения // Светотехника. - 1986. - №7. - С. 14-16.
6. Андрійчук В.А., Дворницький В.М., Костик Л.М. Автоматизований метод визначення фотосинтезного потоку та коефіцієнта корисної дії джерел випромінювання // Вісник Тернопільського приладобудівного інституту. - №2.- 1996. - С. 116 - 121.
7. Андрійчук В.А., Костик Л.М. Оптимізація джерел випромінювання опромінюючих установок для рослинництва закритого ґрунту // Вісник державного університету "Львівська політехніка".- Спеціальний випуск "Проблеми економії електроенергії." - 1998. - С. 81-84.
8. Андрійчук В.А. Энергоэкономне опромінення рослин закритого ґрунту // Матеріали 2-й міжнародної конференції по управленню использованием энергии (Львов, 3-6 июня 1997 г.). Тачіс. с. 2-9 -2 -14.
9. Агаджанян Н.А. Биологические ритмы. - М.: Медицина, 1967. - 196 с.
10. Биофизика фотосинтеза / Под ред. А.Б.Рубина. - М.: МГУ, 1975, с. 224.
11. Математические модели в физиологии растений / Торнли Дж.-Киев: Наукова думка, 1982. - 312 с.
12. Андрійчук В.А. Математична модель первинних процесів фотосинтезу // Вісник Тернопільського державного технічного університету ім.І.Пулюя.- Т.3.- число 3.- 1998.- С.114-119.
13. Андрійчук В.А., Герц І.І., Стефанишин Л.М., Герц А.І., Грубінко В.В. Вплив світлового режиму на ріст і розвиток рослин Brassica Rapa // Матеріали міжнародної конференції "Онтогенез рослин в природному та трансформованому середовищі (Львів, липень 1-4, 1998) с 103-104.
14. Андрійчук В.А., Костик Л.М., Лазарюк В.В. Установки для переривчастого опромінення рослин . Патент України №20056А 5А01G9/28 опублікований 25.12.97. Бюл. №6.

*Статтю представив до друку докт. техн. наук, проф. Карпінський М.П.*

УДК 681.325

М.Паламар, канд. техн. наук, Р.Ткачук, канд. техн. наук

Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя

## АНАЛІЗ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМП'ЮТЕРНОЇ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ БІОПОТЕНЦІАЛІВ

*У статті розглядається структура, аналіз і способи поліпшення метрологічних характеристик КІВС для дослідження біопотенціалів. Подані результати метрологічної атестації такої системи і результати реєстрації сигналів.*

Використання комп'ютерно-інтегрованих вимірювальних пристроїв відкриває нові можливості для проникнення в суть невідомих явищ, зокрема в медичній діагностиці, завдяки поєднанню аналогових вимірювань із програмною обробкою даних в реальному часі, нагромадженням результатів, аналізом і створенням бази знань про об'єкт вимірювання.

Система реєстрації і аналізу біопотенціалів, що генеруються рецепторами сітківки ока внаслідок їх світлового подразнення [1], повинна реєструвати електричні сигнали від 1 до 500 мкВ, що на порядок менші від кардіосигналів, тому для забезпечення єдності вимірювань з нормованою похибкою значно зростають вимоги до метрології такої системи.

Загальний вигляд і структура системи подані на рис. 1.

Система складається із трьох основних частин:

- блоку відбору сигналів, куди належить спеціальний електрод із системою забезпечення кріплення на рогівці і підведенням світлових стимулів;
- блоку попередньої обробки інформації, задання і підтримки параметрів реєстрації;
- блоку цифрової обробки, аналізу і керування, куди належить персональний комп'ютер з інтерфейсним вузлом спряження.

Програмне забезпечення системи має багаторівневу структуру, до якої належить підтримка роботи апаратури (драйвери), обробка, аналіз і візуалізація інформації, нагромадження інформації, робота з базами даних і базами знань. Система призначена для реєстрації та аналізу загальної і локальної ЕРГ і впровадження у медичну практику перспективних методик діагностики зорової системи.



Рис. 1. Загальний вигляд і структура системи реєстрації біопотенціалів.

Метрологічне забезпечення КВС має комплекс технічних засобів (вироблення методики метрологічної атестації, вибір або створення необхідних зразкових засобів для перевірки) та нормативних документів, що визначають оптимальність технічних рішень та правил використання апаратних засобів згідно з певними метрологічними критеріями як на етапах створення, так і експлуатації КВС.

Метрологічні характеристики системи на етапі проектування оцінюють аналітично або методом імітаційного моделювання, кожен з яких ґрунтується на використанні співвідношень, одержаних при дослідженні складових похибок і знаходженні сумарної з допомогою опису вимірювальних процедур відповідними операторами. Внаслідок такого аналізу можна виявити найсуттєвіші джерела похибок системи і запропонувати апаратні чи програмні засоби їх компенсації.

Проте при значній кількості визначальних факторів і складових похибок, які змінюються з часом важко створити адекватну модель системи, тому найбільш повне

### ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

визначення сумарної похибки, у т.ч. інструментальної складової, можна одержати шляхом метрологічного експерименту [2]. Для експериментального методу необхідні зразкові засоби, метрологічні характеристики якого наперед відомі і точність яких суттєво перевищує оцінювану похибку. Методи перевірки вимірювальної системи можна звести до двох основних варіантів схем: з використанням зразкового вимірювача і зразкової міри. Проте варіант із зразковою мірою має ту перевагу, що міра, як правило, є простішою і придатнішою для автоматизованого дистанційного керування, ніж автоматизоване керування зразковим вимірювачем, який не завжди оснащений відповідним інтерфейсом. Таку міру можна вбудовувати у вимірювальну систему і автоматично робити самоперевірку, а також корекцію систематичних похибок безпосередньо перед вимірюванням. Структурна схема перевірки відповідно до цього методу подана на рис.2.



Рис. 2. Схема перевірки з використанням зразкової керованої міри.

Особливістю зразкової міри для системи реєстрації ЕРГ-сигналів є її дворівнева ієрархічна структура: туди належить генератор прямокутних імпульсів з перемиканням 10 діапазонів амплітуди і генератор сигналів на основі ЦАП, який має ширші функціональні можливості для задання тестових дій, хоч і має більше складових загальної похибки, а значить, є менш точним. Проте таке поєднання дозволяє оцінювати і коректувати похибки міри 2-го рівня за допомогою міри 1-го рівня (рис.3).

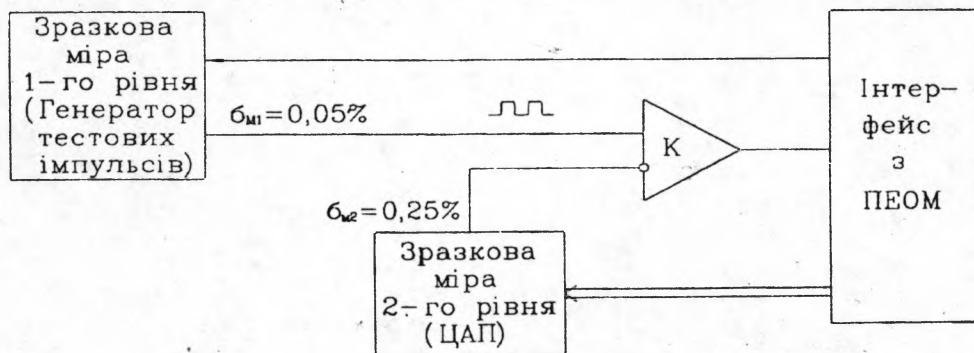


Рис. 3. Схема перевірки міри 2-го рівня на базі ЦАП з допомогою зразкової міри 1-го рівня.

Прямокутні імпульси на виході міри M1 стабілізовані прецизійним стабілітроном типу КС191Ф з відносною похибкою від впливу температури [3]

$$\delta t^\circ \leq \pm 0,0005 \% / ^\circ\text{C}.$$

Часова нестабільність напруги стабілізації за 2000 годин дорівнює:

$$\delta_T \leq \pm 0,02 \%$$

Сумарна похибка стабілітрона для найгіршого випадку в межах



$$\delta_{CT} \leq \pm 0,025 \%$$

З урахуванням похибок прецизійних резисторних дільників ( $\delta_{Ri} \leq \pm 0,01\%$ ), які додаються за середньоквадратичним значенням, загальна відносна похибка задання напруги імпульсів генератора на виході на М1 не перевищує  $\delta_{M1} \leq \pm 0,03 \%$ .

Похибка міри на базі ЦАП визначається похибкою квантування і групою інструментальних похибок:

$$\delta_{ЦАП} = \delta_{кв} + \delta_L + \delta_{LD} + \delta_{ofs}, \quad (1)$$

Для 12-розрядного прецизійного ЦАП (К594ПА1) граничні значення цих складових становлять [3]:

$$\delta_{кв} - \text{похибка квантування} = \pm 1 / (2 \cdot 2^{12}) = \pm 0,0125\% ;$$

$$\delta_L - \text{нелінійність ЦАП: } \delta_L \leq \pm 1 \text{ м.р., що становить } \pm 0,024\% ;$$

$$\delta_{LD} - \text{диференціальна нелінійність: } \delta_{LD} \leq \pm 0,012\% ;$$

$$\delta_{ofs} - \text{похибка від впливу напруги зміщення нуля: } \delta_{ofs} \leq \pm 0,0125\% .$$

Для зменшення останньої складової впроваджується схемна корекція напруги зміщення вихідного прецизійного підсилювача ЦАП. З урахуванням гауссового закону розподілу складових с.к.з. похибки вторинної міри становить:

$$\sigma_{CAP} = \sqrt{\frac{\delta_{кв}^2 + \delta_L^2 + \delta_{LD}^2 + \delta_{ofs}^2}{3}} = 0,03\% \quad (2)$$

Для метрологічної оцінки блоку АЦП у складі КВС на його вхід подавалися тестові імпульси і аналізувався вихідний сигнал за допомогою програми «цифровий осцилограф», а також його спектр за дискретним перетворенням Фур'є. Результати метрологічного дослідження інтерфейсного вузла, а також його амплітудно-частотна характеристика, подані на рис.4.

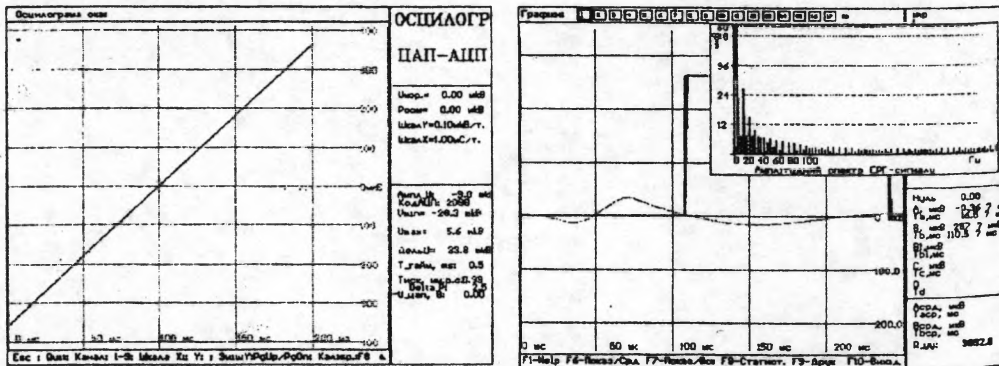


Рис.4. Результати метрологічного дослідження АЦП за допомогою ЦАП і тестовими імпульсами.

Завдяки керованим внутрішнім зразковим засобам повірки і програмній обробці забезпечуються такі основні метрологічні характеристики вимірювального каналу системи:

- діапазон вимірювання напруги  $\pm 500$  мкВ з роздільною здатністю 1,5 мкВ;
- основна зведена похибка вимірювання = 1,0 %;
- частотний діапазон підсилювача = 0,3...100 Гц;
- коефіцієнт знешкодження синфазної завади = 110 дБ;
- вхідний імпеданс підсилювача  $\geq 1$  МОм;
- опір контакту електрода з поверхнею сітківки і опорного електрода з шкірою  $\leq 10$  кОм;
- максимальна частота дискретизації сигналу = 300 кГц;

## ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

- час перетворення аналогового сигналу на код = 2 мкс;
- кількість вхідних аналогових каналів для інтерфейсного модуля = 16.

Деякі результати реєстрації загальної і локальної ЕРГ з обробкою даних, а також реофтальмограми разом із кардіосигналами, відносно яких оцінювався ряд параметрів, подані на рис. 5, 6.

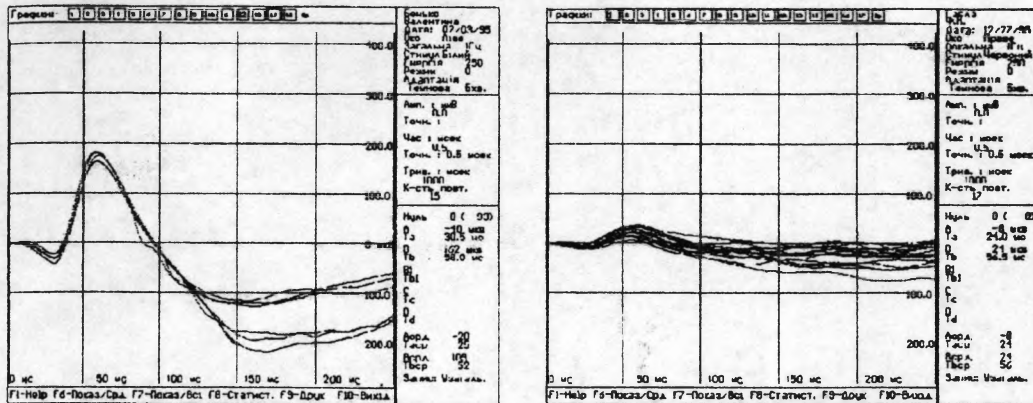


Рис. 5. Результати реєстрації загальної (а) і локальної (б) електроретинограм.

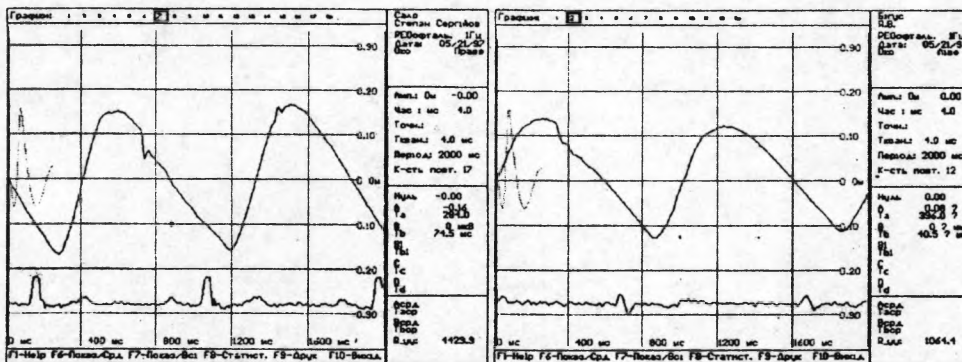


Рис. 6. Результати реєстрації реофтальмограми і електрокардіограми.

Порівняно з аналогами система забезпечує підвищення інформативності реєстрації, розширення функціональних можливостей, спрощення процедури реєстрації і обробки інформації.

*In this paper present device structure and accuracy methods to measuring performance computing measuring system for biopotentials investigation. Show the results of of measuring research, registration and processing signal.*

### Література

1. Дудыкевич В.Б., Ткачук Р.А., Паламар М.И. Адаптивное управление процессом измерения биопотенциалов зрительного анализатора // Проблемы управления и информатики. - 1997. - № 2. - С. 87-93.
2. Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. - Л.: Энергоатомиздат, 1985. - 248 с.
3. Коломбет Е.А. Микроэлектронные средства обработки аналоговых сигналов. - М.: Радио и связь, 1991. - 376 с.

Статтю представив до друку докт. фіз.-мат. наук, проф. Драган Я.П.