

КОМП'ЮТЕРНІ ЗАСОБИ, МЕРЕЖІ ТА СИСТЕМИ

Yu. Brayko, R. Imamutdinova

BASIC SYSTEM REQUIREMENTS TO SMART DEVICES, METHODOLOGY OF THEIR DESIGNING

Basic system requirements to smart portable devices and methodology of their designing are considered in the article.

Key words: smart portable device.

Рассмотрены основные системные требования к портативным интеллектуальным приборам, а также методология их проектирования.

Ключевые слова: портативный интеллектуальный прибор.

Розглянуто основні системні вимоги до інтелектуальних приладів та методологія їх проектування.

Ключові слова: портативний інтелектуальний прилад.

© Ю.О. Брайко,
Р.Г. Імамутдінова, 2013

УДК 681.3

Ю.О. БРАЙКО, Р.Г. ІМАМУТДІНОВА

ОСНОВНІ СИСТЕМНІ ВИМОГИ ДО ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ, МЕТОДОЛОГІЯ ЇХ ПРОЕКТУВАННЯ

Вступ. Інтелектуальні прилади (Smart Devices) та інтелектуальні датчики (Smart Sensors) [1] знайшли широке застосування у складі складних комп'ютерних систем збору і обробки даних, таких як системи екологічного, промислового, медичного моніторингу та моніторингу стану біологічних об'єктів. Використання інтелектуальних приладів дозволяє виконувати безпосередньо на об'єкті дослідження не тільки вимірювання величин, але й виконувати їх обробку, накопичення даних, передавання й приймання інформації за допомогою різноманітних каналів зв'язку, виконувати експрес-аналіз і виводити його результати на цифровий або графічний індикатор.

Перехід до розподілених систем дозволить збільшити оперативність збору та обробки даних, зробити систему більш гнучкою, надійною, що в результаті призводить до збільшення її ефективності [2].

Структура системи моніторингу біологічних об'єктів. На рис. 1 показано структурну схему розподіленої системи моніторингу біологічних та екологічних об'єктів. Вимірювальні сигнали з об'єкта дослідження та стимулюючі впливи формулюються за допомогою підсистеми попередньої обробки і управління. Інтелектуальний портативний прилад (ІПП) після накопичення даних у блоці пам'яті передає інформацію по шинам стандартного інтерфейсу у підсистему обробки верхнього рівня.

Зв'язок користувача з ІПП здійснюється за допомогою ПУ та БВ.

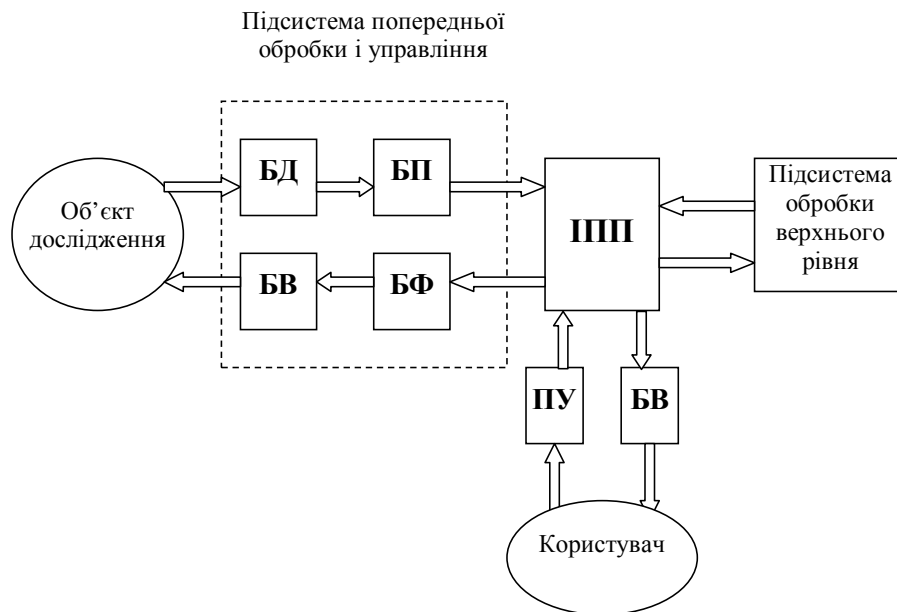


РИС. 1. Система моніторингу біологічних об'єктів: БД – блок датчиків; БП – блок попередньої обробки; БВ – блок виконуючих пристроїв; БФ – блок формування стимулюючих впливів; ІПП – інтелектуальний портативний прилад; ПУ – пульт управління; БВ – блок візуалізації

Системні вимоги до інтелектуальних приладів. Серед основних системних вимог, які пред'являються до інтелектуальних портативних приладів, що застосовуються у розподілених системах моніторингу, можливо виділити наступні:

- можливість проведення збору та попередньої обробки даних безпосередньо на об'єктах дослідження, у важкодоступних місцях, у польових умовах;
- отримання інформації експрес-аналізу з мінімальною затримкою у часі;
- оперативна обробка результатів вимірювання і візуалізація даних у вигляді, зручному для аналізу користувачем (табличному, графічному, мнемосхем і т. і.);
- реалізація функцій електронного реєстратора – довготермінове зберігання отриманої інформації у внутрішній енергонезалежній пам'яті приладу;
- можливість передавання даних у комп'ютер або підсистему вищого рівня з метою подальшої обробки;
- мале споживання енергії від внутрішніх джерел живлення (батареї та акумуляторів);
- обмежені габаритні розміри та вага.

Оскільки інтелектуальні прилади для розподілених систем моніторингу являють собою системні пристрої, вони мають задовольняти системним вимогам:

забезпечувати системну сумісність, високий рівень автономності, відкритість структури, гнучкість, адаптивність, малі габарити, вагу та вартість.

Системна сумісність:

- інформаційна сумісність (забезпечення необхідної швидкості передавання даних, форматів інформаційних потоків);
- стандартизація та уніфікація інтерфейсів;
- багаторівневість системи обробки та зберігання даних;
- візуалізація даних та перетворення файлів у стандартні формати;
- архівування результатів вимірювань;
- забезпечення передавання даних по стандартним каналам зв'язку.

Високий рівень автономності:

- інтегрування у структуру приладу обчислювального ядра (мікроконтроле-ри, мікроконвертори, системи на кристалі);
- використання енергонезалежної пам'яті даних та програм великого обсягу; формування та підтримка часової бази за допомогою електронного годинника реального часу з функціями програмуемого таймера;
- оптимізація режимів роботи системи живлення з метою економії енергії джерел живлення;
- забезпечення засобів візуалізації даних експрес-аналізу.

Відкритість, гнучкість, адаптивність:

- можливість нарощування функцій програмними засобами;
- налаштування за допомогою електронного меню;
- автокалібрування та можливість автотестування;
- можливість перепрограмування роботи приладу.

Економічність:

- використання елементної бази з низьким рівнем напруги живлення;
- використання елементної бази з низьким рівнем споживання енергії;
- живлення окремих елементів від інтерфейсних ліній та енергії радіовипро-мінювання;
- використання автономного батарейного живлення приладу;
- управління системою живлення для зниження енергоспоживання.

Обмежені габарити, вага та невелика вартість приладу:

- використання елементної бази високого ступеня інтеграції;
- максимальне використання інтегрованих периферійних засобів;
- оптимальне розподілення функцій між програмними та апаратними засоба-ми.

Основні функції інтелектуальних приладів. Набір функцій з обробки да-них та управління апаратними засобами, які реалізуються в інтелектуальних по-ртативних приладах, залежить від вимог до приладу та обчислювальної потуж-ності засобів цифрової обробки, які застосовуються у складі приладу.

Беручи до уваги можливості сучасних мікроконверторів та мікроконтро-лерів, а також спеціалізованих мікроелектронних компонентів, виділяємо на-бір функцій, які можуть бути реалізовані в інтелектуальних портативних приладах:

- аналого-цифрове і цифро-аналогове перетворення;
- фільтрація завад і шумів, корекція похибок вимірювального тракту;
- аналогова обробка даних (підсилення, нормування, обмеження, порівняння і таке інше);
- цифрова обробка даних (формульні обчислення);
- тривале зберігання та стиснення даних;
- масштабування даних;
- візуалізація даних у графічному і табличному вигляді;
- контроль функціонування програмно-апаратних засобів;
- датування даних, підтримка часової бази;
- формування управляючих впливів на об'єкт досліджень;
- передавання даних по каналам зв'язку;
- функції контролю і управління системою живлення.

Функції перетворення форми інформації включають у себе аналого-цифрове та цифро-аналогове перетворення, реалізуються в апаратному вигляді. За допомогою функцій калібрування та корекції похибок можливо здійснювати компенсацію похибок вимірювального тракту шляхом регулювання і автоматичного введення поправок. Функції аналогової обробки сигналів дозволяють здійснювати підсилення та ослаблення сигналів, детектування, нелінійні перетворення, фільтрацію завад та інше. Функція хронування дозволяє фіксувати реальний час за допомогою електронного годинника, а також формування часових відміток для автоматичної реєстрації даних. Функції управління та формування сигналів призначені для завдання управляючих впливів на виконуючі пристрої і об'єкти дослідження, а також управління роботою інтелектуального приладу.

Таким чином, інтелектуальні портативні прилади виконують функції вимірювання, зберігання, попередньої обробки, візуалізації та передавання даних на нижньому рівні системи моніторингу. Крім того, вони надають користувачам експрес-інформацію і формують сигнали попередження у разі виникнення невідкладних ситуацій.

Інтелектуальні портативні прилади, у порівнянні з звичайними, потребують значно складнішого програмного забезпечення, збільшується обчислювальна потужність вбудованого процесора, обсяг пам'яті програм, оперативної пам'яті і Flash – пам'яті для зберігання вимірювальної інформації.

Методика проектування інтелектуальних портативних приладів. На першому етапі проектування необхідно перетворити системні вимоги і обмеження, які накладаються на них у формальні характеристики. Начальні системні вимоги визначають інтерфейс між самою системою та оточуючим середовищем, а також визначають функціональність системи, тобто набір функцій, виконання яких покладається на елементи системи. Крім цього визначаються нефункціональні вимоги: фізичні розміри, вага, обмеження на архітектуру, вартість, ергономічні вимоги та інше.

Другий етап полягає у формуванні набору моделей інтелектуальних приладів.

Набір моделей інтелектуальних приладів складається з трьох типів моделей: структурної, функціональної та динамічної.

Структурна модель відображає декомпозицію структури і представлення її у вигляді структурних компонентів.

Функціональна модель описує загальну функціональність приладу, тобто необхідний функціональний набір, а також інтегрування інтелектуального приладу в оточуюче середовище. Тобто з одного боку зв'язок з об'єктом дослідження, а з другого – з підсистемою верхнього рівня.

Динамічна модель містить у собі часові обмеження на виконання внутрішніх функцій, а також взаємозалежність часових вимог.

Будемо розглядати структуру інтелектуального приладу як кінцеву сукупність елементів u , яка належить множині $U = \{u_j\}$. Елементи u_j можуть функціонувати автономно та незалежно один від одного та з'єднуватись між собою визначеним чином. За допомогою елементів з множини U виконуються функції з множини $\Psi = \{\Psi_i\}$. Декартовий добуток M множин U та Ψ являє собою множину $M = U \times \Psi$, кожний елемент якого являє собою двійку $m_{ji} = \langle u_j, \Psi_i \rangle$. Кожна така двійка з множини M може розглядатися як структурний елемент u_j множини U з закріпленою за ним функцією Ψ_i з множини Ψ . Серед елементів множини M частина елементів будуть пусті, оскільки не всі елементи з множини U можуть бути використані для виконання функції Ψ_i . Після аналізу елементів m_{ji} і визначення дійсних елементів, можливо визначити множину R , яка буде містити у собі тільки дійсні двійки елементів $\langle u_j, \Psi_i \rangle$.

Множину можливих варіантів структур S можна визначити як множину комбінацій, яка містить у собі дійсні двійки елементів $\langle u_j, \Psi_i \rangle$.

Розглянемо функції, які реалізуються інтелектуальними приладами у складі системи моніторингу і представимо їх у вигляді множини функціональних операторів, які реалізуються системою моніторингу в процесі збору та обробки даних.

$$\Psi = \{\Psi_i\}.$$

$\Psi_{\text{вп}}$ – оператор вимірювального перетворення; $\Psi_{\text{ам}}$ – оператор аналогової комутації; $\Psi_{\text{н}}$ – оператор нормалізації сигналу; $\Psi_{\text{вд}}$ – оператор вибору діапазону вимірювання сигналу; $\Psi_{\text{цап}}$ – оператор цифро-аналогового перетворення; $\Psi_{\text{ацп}}$ – оператор аналого-цифрового перетворення; $\Psi_{\text{сд}}$ – оператор стиснення даних; $\Psi_{\text{рв}}$ – оператор формування реального часу та часових міток; $\Psi_{\text{рв}}$ – оператор прямого зчитування даних; $\Psi_{\text{мп}}$ – оператор контролю автономного джерела живлення; $\Psi_{\text{вд}}$ – оператор візуалізації даних; $\Psi_{\text{нк}}$ – оператор налаштування і калібрування; $\Psi_{\text{пд}}$ – оператор передавання даних.

Кожен з наведених операторів є, у свою чергу, підмножиною альтернативних варіантів його реалізації.

На рис. 2 показана узагальнена структурна модель інтелектуального приладу, яка включає у себе повний набір структурних блоків $\Phi = \{\Phi_j\}$, за допомогою яких можуть бути реалізовані усі необхідні системні функції.

Функціональні елементи з множини Ψ можуть бути реалізовані за допомогою різних структурних елементів з множини Φ . Наприклад, вибір діапазонів сигналів може здійснюватись як апаратно за допомогою оператора вибору діапазонів $\Phi_{вд}$, так і у цифровому вигляді за допомогою оператора цифрової обробки $\Phi_{цо}$, якщо є запас за кількістю біт АЦП та його точності.

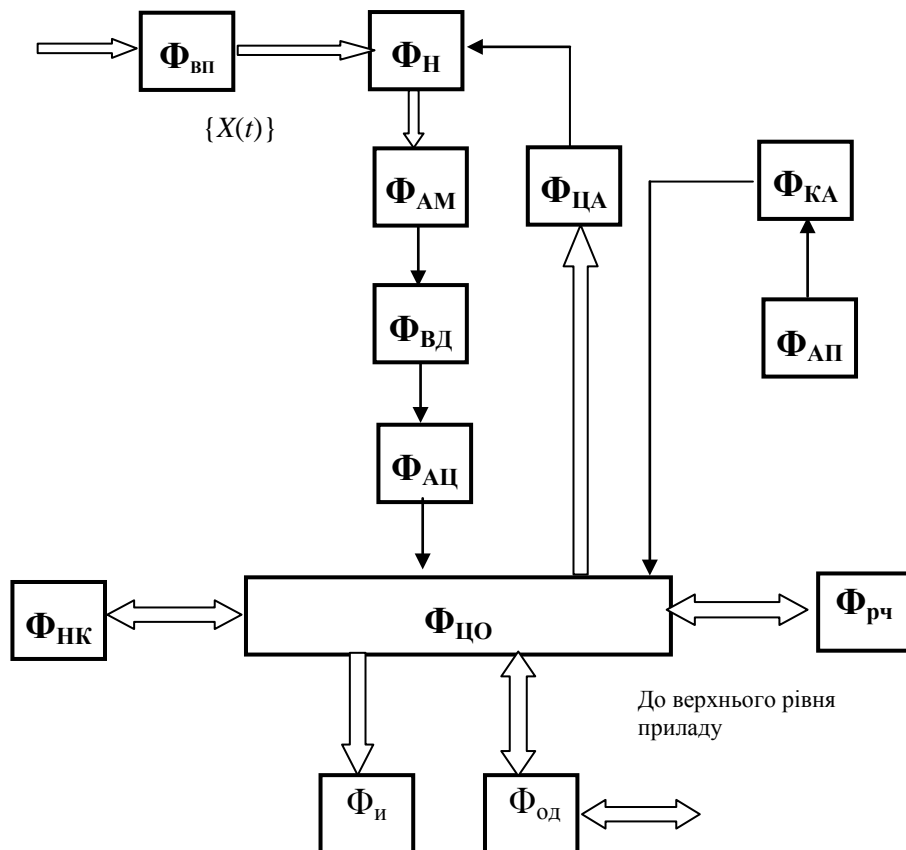


Рис. 2. Узагальнена структурна модель інтелектуального приладу: $\Phi_{ВП}$ – блок вимірювального перетворення; $\Phi_{Н}$ – блок нормалізації сигналів; $\Phi_{ак}$ – блок аналогової комутації сигналів; $\Phi_{вд}$ – блок вибору діапазонів; $\Phi_{ацп}$ – блок аналого-цифрового перетворення; $\Phi_{цап}$ – блок цифро-аналогового перетворення; $\Phi_{цо}$ – блок цифрової обробки; $\Phi_{нк}$ – блок налаштування і калібрування; $\Phi_{и}$ – блок індикації; $\Phi_{од}$ – блок обміну даними; $\Phi_{ап}$ – блок автономного живлення, $\Phi_{кап}$ – блок контролю автономного живлення; $\Phi_{рч}$ – блок формування бази реального часу

Після аналізу елементів множини M і виділення дійсних двійок можна визначити множину R дійсних елементів структури. Тобто, множина R буде містити у собі елементи, які відображають можливість реалізації виділених функці-

ональних операторів за допомогою визначених структурних операторів. Кожному функціональному оператору Ψ_i буде поставлено у відповідність підмножина $R(\Psi_i) \subseteq R$, елементами якого будуть двійки, які містять у собі оператор Ψ_i .

Множина можливих структур S може бути визначена як множина різних комбінацій елементів, кожний з яких взятий з різних підмножин $R(\Psi_i)$ за умовою реалізації усіх необхідних функціональних елементів.

Проектування ІПП з використанням морфологічного синтезу [3] можна представити наступним чином. Першим кроком синтезу структури ІПП як складної системи є визначення множини альтернативних варіантів його структури, як декартового добутку множин значень K_i класифікуючих признаков (параметрів).

$$K = K_1 \times K_2 \times \dots \times K_n,$$

де K – множина альтернативних варіантів структури ІПП, K_m – множина значень класифікуючих признаков.

$$K_m = \{k_m^n\},$$

де k_m^n – значення m -го класифікуючого признаку.

Кожне значення класифікуючого признаку характеризується набором значень даного параметра.

Тобто, кожній структурі приладу може бути поставлений у відповідність вектор значень класифікуючих признаков. Ці значення можуть бути пронормовані і приведені до вигляду, зручному до порівняння.

Як правило, всі параметри мають обмеження. Структури, які мають параметри, які не задовольняють обмеженням, можуть бути виключені з подальшого розгляду.

Наступний крок вибору структури – це визначення множини компромісів, тобто множини, елементи якої є такі структури, поліпшення значення будь-якого з параметрів яких досягається за рахунок зменшення одного або декількох значень інших параметрів.

Далі вибір структури здійснюється на основі обраного критерію ефективності. З виділених параметрів формується узагальнений, скалярний критерій ефективності шляхом його скаляризації або формування відношення ефект/затрати.

Розробка інтерфейсу користувача для інтелектуальних приладів. У інтерфейсі користувача для інтелектуальних приладів (ІКІП) мають бути реалізовані наступні функції:

- аналіз дій виконуваних користувачем, для цього реалізуються функції розпізнавання дій людини та поточного стану приладу;
- оптимізація виконання технічних дій; формується чітка послідовність дій інтерфейсу: опитування користувача, формування та виконання команд для апаратної частини приладу, виведення результатів вимірювань;
- синтез повідомлень для користувача; реалізація механізму формування різних діалогових форм та повідомлень.

ІКІП в узагальненому вигляді показано на рис. 3.

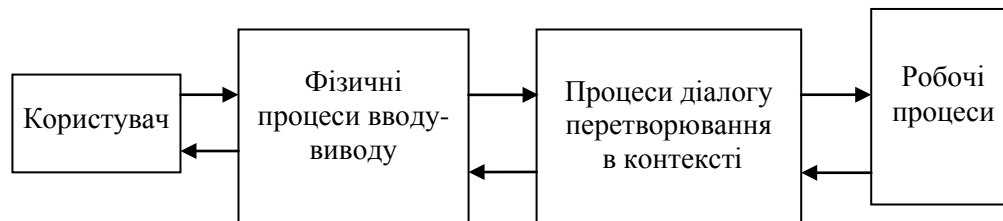


РИС. 3. Інтерфейс користувача для інтелектуальних приладів

Інтерфейс користувача приладу «Флоратест». Більш детально розглянемо інтерфейс користувача, розроблений у приладі «Флоратест».

Портативний прилад «Флоратест» призначений для діагностики порушень фотосинтезу нативного хлорофілу у живому листі рослин. Робота приладу базується на властивості хлорофілу випромінювати (флуоресціювати) надлишки поглинутого світла в залежності від порушень окремих ланок ланцюга фотосинтезу, які викликані різними впливами на рослини. Прилад придатний для застосування як у польових умовах, так і в умовах закритого ґрунту (теплицях), а також в лабораторних умовах.

Спостереження проводять на живих листях рослин, як правило, після їх адаптації до темряви. Після початку дії світла інтенсивність флуоресценції хлорофілу (індукція флуоресценції або флуоресценція, індукована (наведена) світлом) починає істотно змінюватись з часом. Часова залежність інтенсивності флуоресценції хлорофілу (ІФХ) має характерний вигляд кривої з одним чи кількома максимумами і отримала назву кривої ІФХ (або кривої Каутського). Форма цієї кривої досить чутлива до змін, які відбуваються у фотосинтетичному апараті рослин при адаптації до різних умов навколишнього середовища, що послужило основою широкого використання ефекту Каутського в дослідженні фотосинтезу [4].

Для взаємодії користувача з приладом використовуються електронне меню, що відображається на екрані графічного РКД та кнопки управління. Кнопки управління показано на рис. 4, це:

- кнопка живлення від акумуляторів (положення «1» – живлення ввімкнуте, «0» – живлення вимкнуте);
- кнопка «Меню» – вибір опції меню, вибрана опція виділяється на РКД контрастним кольором, крім того, при виборі опції меню «Смотреть» використовується для перегляду збережених даних;
- кнопка «Вибір» – запуск вибраної опції меню;
- кнопка «Пуск» – підключення живлення світлодіодів виносного сенсора (при натисканні кнопки у відкритій кліпсі спостерігаємо синє світло) та запуск режиму послідовних вимірювань, крім того при виборі опції меню «Смотреть» використовується для перегляду збережених даних;
- кнопка «Підсвітка» забезпечує підсвітку РКД (у стандартних приладах підсвітка РКД програмна).

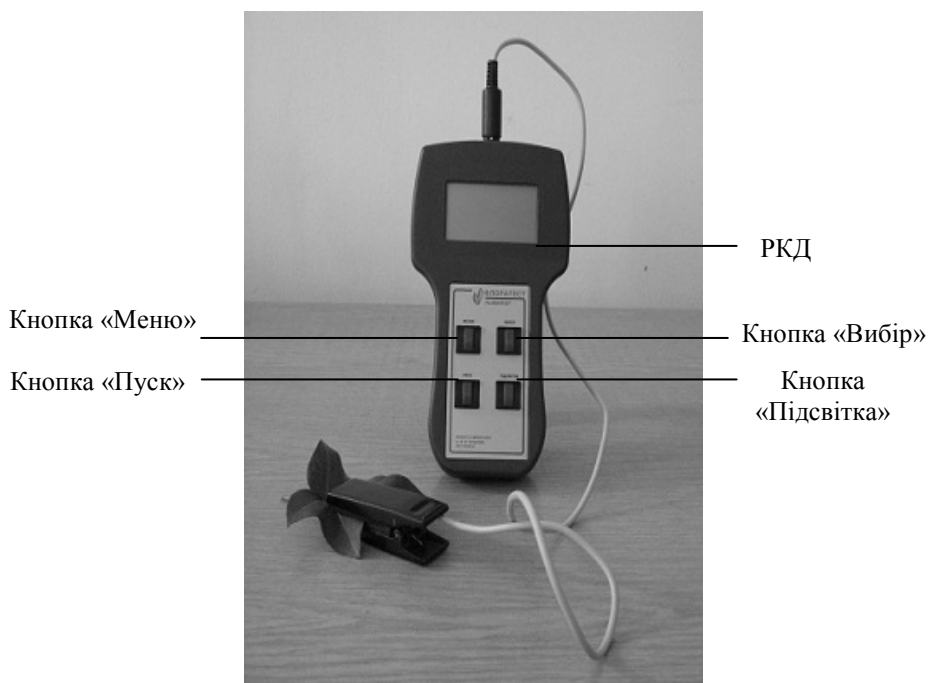


РИС. 4. Прилад «Флоратест» у робочому стані

На рис. 5 показано екран РКІ з електронним меню, обрана опція, в даному випадку «Измерить», підсвічується контрастним кольором. При натисканні на кнопку «Вибір» на екрані РКІ висвітиться меню, яке надає вибір тривалості циклів вимірювань – «10 сек» або «4 хв». Після натискання на кнопку «Пуск» починається процес вимірювання, після проходження рухомого рядка на екрані РКІ висвічується крива ІФХ і значення коефіцієнта K_1 (при 10 сек. тривалості). При 4 хв. тривалості вимірювань висвічується крива ІФХ (рис. 6) і значення коефіцієнтів K_1 , K_2 і K_3 . Значення вимірювань автоматично записуються в енергонезалежну пам'ять приладу (в енергонезалежній пам'яті приладу може зберігатись до 40 циклів вимірювань).

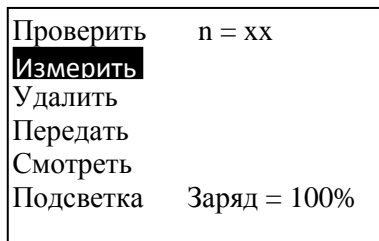


РИС. 5. Екран РКІ з електронним меню

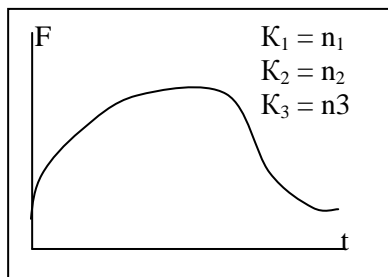


РИС. 6. Екран ПКІ з відображенням кривої ІФХ

Далі збережені дані можуть бути переглянуті, передані в комп'ютер або видалені з енергонезалежної пам'яті приладу.

Висновки. 1. В результаті виконаного дослідження визначені основні системні вимоги до інтелектуальних автономних приладів для систем біологічних досліджень та екологічного моніторингу.

2. Розглянуті основні етапи проектування інтелектуальних автономних приладів.

3. На прикладі розробленого інтелектуального приладу «Флоратест» визначені вимоги до інтерфейсу користувача, продемонстровано, як за допомогою пульта управління приладу та електронного меню виконуються основні операції.

1. *Брайко Ю.А., Имамудинова Р.Г.* Компьютерный измерительный комплекс параметров датчиков физических величин // Комп'ютерні засоби, системи та мережі. – 2004. – № 3. – С. 65 – 71.
2. *Палагін О.В., Брайко Ю.О., Галелюка І.Б. та інші.* Структурна організація віртуальної лабораторії для проектування засобів обчислювальної техніки // Там само. – 2005. – № 4. – С. 47 – 56.
3. *Брайко Ю.А., Имамудинова Р.Г.* Проектирование интеллектуальных приборов для систем экологического и промышленного мониторинга // Там же. – 2007. – № 6. – С. 133 – 139.
4. *Корнеев Д.Ю.* Информационные возможности метода индукции флуоресценции хлорофилла. – Киев: "Альтерпрес", 2002. – 188 с.

Одержано 25.10.2013