

УДК 004.5, 537.5
PACS number(s): 29.20.D-, 29.27.Fh, 29.85.Ca

ПАНЕЛЬ УПРАВЛІННЯ НА ОСНОВІ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМП'ЮТЕРА ДЛЯ МІКРОТРОНА М-30

Ю. Плакош¹, В. Ковтун¹, М. Романюк², В. Лямаєв²

¹Закарпатський державний університет
кафедра інформаційних управляючих систем і технологій
вул. Заньковецької, 89 а, 88000 Ужгород, Україна

²Інститут електронної фізики НАН України, відділ фотоядерних процесів
вул. Університетська, 21, 88000 Ужгород, Україна
e-mail: nuclear@email.uz.ua

Запропоновано результати створення імітаційної моделі пульта управління мікротрона М-30, що дає змогу проводити *in situ* контроль його блоків та обробку статистичних параметрів. Реалізовано макет графічного інтерфейсу та бізнес-логіку, а також схему спряження з функціональними блоками мікротрона М-30 з використанням модулів АЦП WAD-AIK-BUS. Програмна частина панелі управління містить сукупність віртуальних панелей, кожна з яких відображає в реальному часі значення параметра М-30 або функції від декількох параметрів. Під час розробки використовували мову програмування Java (версія JDK 1.6). Також було використано такі технології та розробки, як Swing, Java Communications API, JFreeChart, JUnit, Log4j і Spring.

Ключові слова: імітаційне моделювання, установка, мікротрон М-30, Java-програмування, моніторинг.

Імітаційне моделювання є ефективним методом дослідження складних систем, що дає змогу проводити їх моніторинг та оптимізацію. Особливий інтерес представляє таке дослідження для багатофакторних задач, коли потрібно врахувати наявність кореляційних зв'язків між параметрами системи та стохастичний характер їх функціонування.

Пульт управління ядерно-фізичною установкою ІЕФ НАН України є прикладом такої складної системи. Розробка та створення інтерактивної та багатофакторної моделі панелі управління М-30, реалізованої на основі персонального комп'ютера, дозволяє модернізувати робоче місце оператора установки та автоматизувати збір, накопичення і обробку цих вимірювань. Стаття є результатом такої розробки, яка охоплює створення структурної моделі програмного забезпечення пульта управління М-30, підбір апаратних засобів та стратегію конструювання програмних модулів.

Базова ядерно-фізична установка відділу – мікротрон М-30 є циклічним електронним прискорювачем зі змінною кратністю прискорення. Широкий інтервал перебудови енергії (1–30 МеВ) та висока моноенергетичність випромінювання (0,02%)

привабливі для численних застосувань М-30 в галузі фундаментальних (дослідження будови ядра та ядерних реакцій, фізики запізнілих нейтронів, вивчення фотоядерних реакцій, збудження ізомерних станів в області) та прикладних ядерно-фізичних досліджень, зокрема, радіаційній фізиці, ядерній медицині та екології довкілля. Так, на основі мікротрона М-30 створено радіаційний стенд для дослідження радіаційної стійкості матеріалів та приладів в умовах дії потужних пучків нейтронів, гамма-випромінювання та швидких електронів [3].

Моделювання робочих режимів функціонування мікротрона М-30 полягає у визначенні його цільової функції, в ролі якої – струм прискорених електронів заданої енергії, структурування його елементів, блоків (стан вакууму у прискорювальній камері, катоду, магнітного поля, ефективності захоплення НВЧ- поля модулятора тощо), встановлення ієрархії та зв'язків між ними. Варто також враховувати статистичний характер флуктуації параметрів М-30, пов'язаний із природою генерації електронів на катоді, а також у підсилювальних каскадах, у разі формування НВЧ-хвилі, системі магнітного утримання електронів на орбітах тощо.

Розглянемо детальніше основні функціональні елементи мікротрона М-30, що формують якість його цільової функції.

Енергія прискорених електронів М-30. Цей параметр встановлюється на вході вузла виводу М-30 і в роботі першого режиму змінюється в межах $E_0=1,7-17,8$ MeV залежно від того, з якої орбіти виводиться пучок електронів. У другому режимі максимальна енергія електронів може досягати 30 MeV. Кількість орбіт, що поміщається у вакуумній камері М-30 становить 29, зміна енергії здійснюється плавно в межах 1–3 MeV з пульта управління мікротроном і ступенево в межах від 1,4 до 24 MeV. Ступенева зміна енергії охоплює 5–6 годин. Основними параметрами, що визначають енергію прискорених електронів М-30 є номер орбіти та величина магнітного поля вакуумної камери.

Струм прискорених електронів М-30. Середній струм пучка електронів М-30, I_e може змінюватися в межах від 0,5 до максимального значення виведеного 10–30 мкА ($6,24 \cdot 10^{13} - 1,87 \cdot 10^{14}$ ел.с⁻¹) і залежить від енергії (більше значення струму за менших енергій). Пучок електронів із прискорювача виводиться через вікно із титана завтовшки 25 мкм ($11,3$ мг·см⁻²), при проходженні через титанове вікно електрони гублять до 30 кеВ від початкової енергії. Часова нестабільність густини потоку електронів $\leq 14\%$. Розміри електронного пучка при виході із прискорювача М-30 становить 10–12 по горизонталі та 3–4 мм по вертикалі, розбіжність виведеного пучка електронів до вивідного вікна: у вертикальному напрямку – $1,5 \cdot 10^{-3}$ радіан, в горизонтальному – $1,5 \cdot 10^{-2}$ радіан. Ефективність виводу електронів з мікротрону М-30 досягає 80–100%. Основними параметрами, що визначають величину струму прискорених електронів М-30, є низка параметрів, таких як температура катоду, значення прискорюючої напруги з катоду, ефективності захоплення НВЧ- поля модулятора, ефективність виводу електронів тощо.

Однорідність поля опромінювання пучка прискорених електронів М-30. Зазначена характеристика є важливою для прикладних робіт і забезпечується системою розсіювачів та формувачів поля опромінювання, а контроль *in situ* виконується за допомогою сканера. Атестаційні дослідження засвідчують, що для енергії електронів М-30 у 1,7 MeV на відстані 0,5 м від вузла виводу розмір однорідного поля опромінювання (у мм²) становить 120×100, а для 1 м, відповідно, 100×60. Для енергії електронів 17,8 MeV мають місце такі значення: для відстані 0,5 м – 100×60, для 1 м – 100×120, 1,5 м – 250×200, 2 м – 160×240, 3 м – 320×400 і, врешті, для 4 м – 640×360.

Ці параметри є важливими для встановлення якості функціонування М-30 і можуть бути використаними з метою створення імітаційної моделі установки. Першим етапом цієї діяльності є забезпечення їх моніторингу на спеціально виготовленому віртуальному пульті управління.

Програмний комплекс для пульта управління М-30. Наступним етапом роботи є формулювання вихідних вимог та структура віртуального пульта системи управління та моніторингу параметрів прискорювача електронів мікротрона М-30 ІЕФ НАН України. Такий пульт реалізовано на основі персонального комп'ютера, що дає змогу модернізувати робоче місце оператора та автоматизувати збір, накопичення і обробку вимірювань. Розробка ґрунтується на інтерактивній та багатofакторній моделі пульта управління М-30, що враховує кореляційний зв'язок між її параметрами. Для цього створена структурна модель програмного забезпечення пульта управління, підібрано апаратні засоби та запропоновано стратегію конструювання програмних модулів.

Реалізовано макет графічного інтерфейсу та бізнес-логіку, а також схему спряження з функціональними блоками мікротрона М-30 з використанням модулів АЦП WAD-AIK-BUS [2, 3], гальванічно розв'язані вхідні канали яких дозволяють реалізувати систему моніторингу параметрів прискорювача з достатньою достовірністю та надійністю. Програмна частина панелі управління містить сукупність віртуальних панелей, кожна з яких відображає в реальному часі значення параметра М-30 або функції для декількох параметрів. Кількість передавачів, що обробляє програмний комплекс, залежить від кількості АЦП, що з'єднані в одну шину, і обмежена 127 модулями, кожен з яких має чотири канали для вхідних сигналів.

Програмна система складається з таких модулів (рис. 1):

- commons. Цей модуль містить код, що є загальним для всіх модулів.
- communications. Цей модуль реалізує частину протоколу ModBus, що дає змогу взаємодіяти з мікротроном М-30 через модулі АЦП WAD-AIK-BUS.
- controller. Реалізує бізнес-логіку – правила зчитування і обробки значень параметрів мікротрона М-30 та їх виведення.
- commons. Цей модуль містить код, що є загальним для всіх модулів.

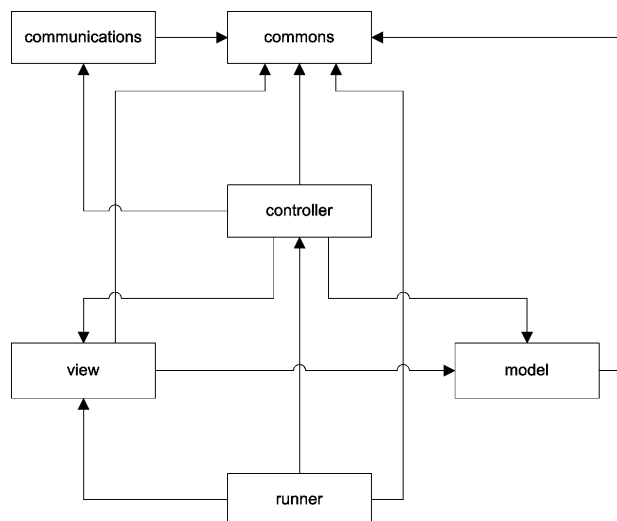


Рис. 1. Структурна схема залежностей між модулями програмного комплексу

- communications. Цей модуль реалізує частину протоколу ModBus, що дозволяє взаємодіяти з мікропроцесором М-30 через модулі АЦП WAD-AIK-BUS.
- controller. Реалізує бізнес-логіку – правила зчитування і обробки значень параметрів мікропроцесора М-30 та їх виведення.
- model. Містить класи обміну даними між модулями програмної частини.
- view. Цей модуль включає код, що дає змогу запропонувати інформацію користувачеві у потрібній формі: графічна (у вигляді діаграми), звукова (подання звукового сигналу на динаміки ПК у разі виходу значення хоча б одного параметра за допустимі межі), текстова (запис значень кожного з параметрів у текстовий файл).
- runner. Запускає систему в одному з двох режимів: тестовому (коли дані з АЦП не зчитуються, а беруться від генератора випадкових чисел) і реальному.

У цьому проекті за основу розподілу модулів брали шаблон Model-view-controller (MVC) (рис. 2). Цей шаблон застосовується для відділення даних (модель) від інтерфейсу користувача (вигляду) так, щоб зміни інтерфейсу користувача мінімально впливали на роботу з даними, а зміни в моделі даних могли проводитися без зміни інтерфейсу користувача. Контролер інтерпретує введені дані та інформує модель і вигляд про необхідність відповідної реакції. Окрім цього використовувались також шаблони адаптер (adapter), спостерігач (observer), стратегія (strategy), інверсія контролю (inversion of control), фасад (facade). [4]

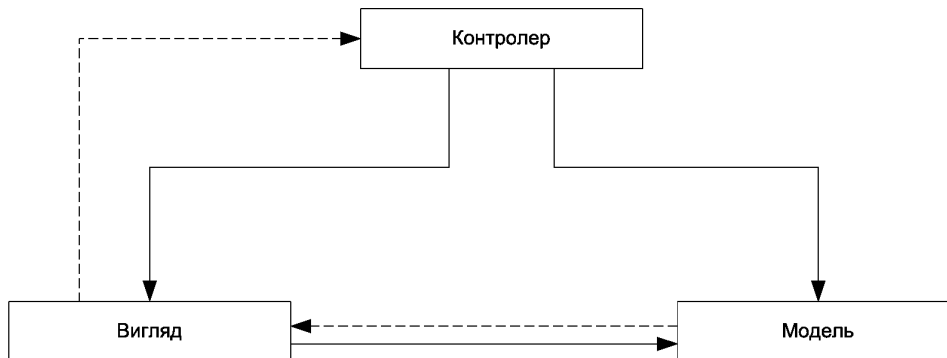


Рис. 2. Шаблон модель-вигляд-контролер

Під час розробки використовували мову програмування Java (версія JDK 1.6) [5]. Також було використано такі технології та розробки, як Swing, Java Communications API, JFreeChart, JUnit, Log4j і Spring.

Програми на Java транслуються в байт-код, що виконується на віртуальній Java-машині (JVM) – програмі, що обробляє байт-код і передає інструкції устаткуванню, як інтерпретатор, але з тією відмінністю, що байт-код, на відміну від тексту, обробляється значно швидше.

Перевага такого способу виконання програм – в повній незалежності байт-коду від ОС і устаткування, що дає підстави виконувати Java програми на будь-якому пристрої, який підтримує віртуальну машину. Іншою важливою особливістю технології Java є гнучка система безпеки, завдяки тому, що виконання програми повністю контролюється віртуальною машиною. Будь-які операції, що перевищують встановлені повноваження програми (наприклад, спроба несанкціонованого доступу до даних або з'єднання з іншим комп'ютером), зумовлюють негайне переривання. Це дає змогу користувачам

завантажувати програми, написані на Java, на їхні комп'ютери (або інші пристрої, наприклад, мобільні телефони) з невідомих джерел, при цьому не побоюючись зараження вірусами, зникнення цінної інформації тощо.

Часто до недоліків цього підходу належить те, що виконання байт-коду віртуальною машиною може знижувати продуктивність програм і алгоритмів, реалізованих мовою Java. Це твердження слушне для перших версій віртуальної машини Java, проте останнім часом воно практично втратило актуальність. Цьому сприяло низка удосконалень: застосування технології JITs (Just-In-Time compiler), що дає змогу переводити байт-код в машинний код під час виконання програми з можливістю збереження версій класу в машинному коді, широке використання native-коду в стандартних бібліотеках, а також апаратні засоби, що забезпечують пришвидшену обробку байт-коду (наприклад, технологія Jazelle, підтримувана деякими процесорами фірми ARM).

Останнім релізом є версія 1.6, в якій було поліпшено системи безпеки, підтримки XML і скриптову мову Mozilla Rhino, додані деякі нові можливості у створенні графічних інтерфейсів.

Основні можливості:

1. Розширені можливості обробки виняткових ситуацій.
2. Сукупність засобів фільтрації введення/виведення.
3. Сукупність стандартних колекцій, таких як масив, список, стек і тощо.
4. Наявність простих засобів створення мережеских додатків (зокрема з використанням протоколу RMI).
5. Наявність класів, що дають змогу виконувати HTTP-запити і обробляти відповіді.
6. Вбудовані у мову засоби створення багатопотокових додатків.
7. Уніфікований доступ до баз даних на основі JDBC і SQLJ.
8. Підтримка шаблонів (починаючи з версії 1.5).

Переваги мови Java:

1. Підтримка принципу безпеки типів.
2. Компіляція вихідного коду в байт-код.
3. Стандартизація вводу/виводу, графіки, геометрії, діалогу, доступу до баз даних тощо.
4. Можливість перенесення і запуску програми на іншій платформі без перекомпіляції.
5. Наявність прибиральника сміття.
6. Повна об'єктноорієнтованість без підтримки процедурного програмування.
7. Наявність інформації про тип даних під час виконання програми.

Отже, реалізовано віртуальний пульт управління мікротроном M-30, що в як перший крок дає змогу проводити моніторинг, обробку та архівацію його функціональних параметрів. До переваг запропонованої розробки можна зачислити: універсальність, накопичення в реальному масштабі часу результатів моніторингу, можливість виводу значень функції від декількох параметрів, розширення функціональності, статистична обробка результатів вимірювань, компактність, ергономічність, наявність персональних налаштувань оператора, звукова та візуальна сигналізація у разі виходу параметра за допустимі межі. Така розробка дає змогу вирішити подальші завдання з оптимізації управління M-30.

1. *Maslyk V.T., Haynish I.I., Lagutin I.G., Sikora D.I. et al.* A Metrological Test Bench for On-Earth Radiation Testing of Materials and Devices of Space Engineering. Proceeding of Fourth Ukraine-Russia-China Symposium on Space Science and Technology / National Space Agency of Ukraine. 12–17 september 1996. Vol. 2. P. 636–638.
2. Техническое описание модуля WAD-RS232/USB/RS485-BUS (Преобразователя интерфейсов с гальванической развязкой, предназначенного для построения распределенных систем сбора данных). К., 2006. 6 с.
3. Серия модулей УСО WAD-...-BUS, WAD-...-USB: Техническое описание WAD-AIK-BUS (USB) (Четырехканальный модуль аналогового ввода с поканальной гальванической развязкой входных каналов и интерфейсом USB или RS-485, предназначенный для построения распределенных систем сбора данных). К., 2006. 24 с.
4. *Erich G., Helm R., Johnson R., and Vlissides J.* Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software. Addison-Wesley. ISBN 0-201-63361-2. 1995.
5. *Хорстманн К. С., Корнелл Г.* Библиотека профессионала. Java 2. Том 1. Основы.: Пер. с англ. М.: Издательский дом “Вильямс”, 2004. 848 с.

CONTROL PANEL BASED ON PERSONAL COMPUTER FOR MICROTRON M-30

Y. Plakosh¹, V. Kovtun¹, M. Romanyuk², V. Lyamayev²

¹*Transcarpathian State University
Information Managing Systems and Technologies Department
Zankovetskoyi Str., 89 a, UA-88000 Uzhgorod, Ukraine*

²*Institute of Electron Physics
Department of Photonuclear Processes
Universytetska Str., 21, UA-88000 Uzhgorod, Ukraine*

The results of creation of the simulation model of the Microtron M-30's control panel are presented. It allows us to perform in situ control of its blocks and statistical parameters processing. The graphical interface prototype, business logic, and also the interface circuit of the Microtron M-30's functional blocks using ADC WAD-AIK-BUS modules are implemented. Control panel's software part contains a set of virtual panels, every of which displays the values of M-30's parameter or a function of several parameters in real-time. During development Java programming language (JDK 1.6) was used. Also the following technologies were used: Swing, Java Communications API, JFreeChart, JUnit, Log4j i Spring.

Key words: imitating modeling, equipment, Microtron M-30, Java programming, monitoring.

**ПАНЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПЕРСОНАЛЬНОГО
КОМПЬЮТЕРА ДЛЯ МИКРОТРОНА М-30****Ю. Плакош¹, В. Ковтун¹, М. Романюк², В. Лямаев²**

*¹Закарпатський державний університет
кафедра інформаційних управляючих систем і технологій
ул. Заньковецької, 89 а, 88000 Ужгород, Україна*

*²Інститут електронної фізики НАН України, відділ фотоядерних процесів
ул. Університетська, 21, 88000 Ужгород, Україна
e-mail: nuclear@email.uz.ua*

Представлены результаты создания имитационной модели пульта управления микротрона М-30, что позволяет проводить *in situ* контроль его блоков и обработку статистических параметров. Реализован макет графического интерфейса и бизнес-логики, а также схема сопряжения с функциональными блоками микротрона М-30 с использованием модулей АЦП WAD-AIK-BUS. Программная часть панели управления содержит совокупность виртуальных панелей, каждая из которых отображает в реальном времени значение параметра М-30 или функции от нескольких параметров. При разработке использовался язык программирования Java (версия JDK 1.6). Также были использованы такие технологии и разработки как Swing, Java Communications API, JFreeChart, JUnit, Log4j и Spring.

Ключевые слова: имитационное моделирование, установка, микротрон М-30, Java-программирование, мониторинг.

Стаття надійшла до редколегії 07.07.2008

Прийнята до друку 20.07.2009