

Потенціостат-гальваностат

MTech PGP-410M

**З програмним керуванням
через USB інтерфейс**



ПАСПОРТ ТА КОРОТКА ІНСТРУКЦІЯ

Львів - 2017

1. Загальний опис

Потенціостат-гальваностат **MTech PGP-410M** (далі "пристрій") – це універсальний прилад для електрохімічних досліджень, який може працювати як потенціостат, гальваностат чи потенціометр. Вимірювання здійснюється за алгоритмом, який формує користувач.

Контроль процесу вимірювання, візуалізацію виміряних залежностей, запис результатів на жорсткий диск комп'ютера реалізовано у програмному забезпеченні "**MTech PGP-410M**" (далі "програма"). Зв'язок пристрою з персональним комп'ютером реалізовано через USB порт.

2. Технічні характеристики

Характеристика	Значення
Діапазон потенціалів робочого електрода	-6,3...+6,3 В
Діапазон вихідної напруги	-12 ... +12 В
Дискретність вимірювання напруги	1,6 мВ
Допустима приведена похибка стабілізації/вимірювання напруги	≤0,2%
Діапазони струму	±75 ±23 ±7,5 ±2 ±0,5 мА
Вибір оптимального діапазону	автоматичний
Дискретність задання струму	0,01 мА
Допустима приведена похибка стабілізації/вимірювання струму	≤0,2%
Тип інтерфейсу "пристрій-ПК"	USB з гальванічною розв'язкою

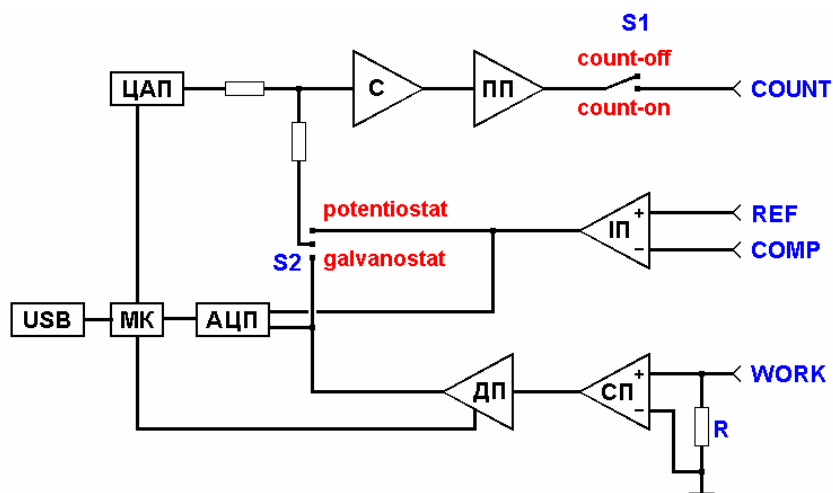
3. Комплектація та гарантійні зобов'язання

Потенціостат-гальваностат **MTech PGP-410M** – 1 шт
 Кабель з USB-RS232 конвертером PL2303 – 1 шт
 Кабель живлення під стандартну розетку 220 В – 1 шт
 Кабелі для підключення до електродів ХДС чи ячейки із зажимами типу "крокодил" – 4 шт
 Паспорт та інструкція користувача – 1 шт
 Програмне забезпечення "**MTech PGP-410M**" – 1 шт
 Програмне забезпечення "**MTech PGP-410M calculator**" – 1 шт
 Програмне забезпечення "**MTech CVA-Filtr**" – 1 шт

Виробник зобов'язаний виконувати безкоштовне гарантійне обслуговування пристрою впродовж 12 місяців після введення в експлуатацію за умови непошкодженості корпусу та пломби-наклейки.

4. Будова та принцип роботи пристрою

Спрощена блок-схема пристрою:



МК – мікроконтролер (процесор пристрою)
 ЦАП – цифро-аналоговий перетворювач
 АЦП – аналогово-цифровий перетворювач
 С – операційний підсилювач-суматор
 ПП – підсилювач потужності
 ІП – інструментальний операційний підсилювач
 СП – струмовий операційний підсилювач
 ДП – дискретний підсилювач (5 коефіцієнтів підсилення)

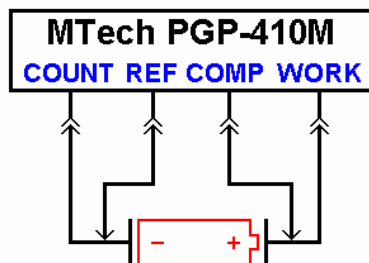
Окрім зазначених на рисунку зв'язків між компонентами пристрою мікроконтролер керує роботою перемикачів S1 та S2, які визначають поточний стан пристрою (потенціостат/гальваностат/потенціометр). Перемикач S1 відповідає за комутацію (підключення/відключення) струму у ячейку. Коли він відключений, то пристрій перебуває в стані "потенціометр" (не залежно від стану перемикача S2) – тобто є пасивним спостерігачем за напругою (різницею потенціалів між COMP і REF). Коли перемикач S1 включений, то пристрій перебуває в стані потенціостат або гальваностат, залежно від перемикача S2.

Напруга (різниця потенціалів між COMP і REF) вимірюється за допомогою інструментального підсилювача ІП та першого каналу АЦП. Струм вимірюється в колі робочого електрода (WORK) шляхом вимірювання спаду напруги на прецизійному резисторі R. Підсилювач СП разом з резистором R є перетворювачем "струм-напруга", а вибір потрібного діапазону струмів здійснюється через вибір одного з п'яти можливих коефіцієнтів підсилення ДП.

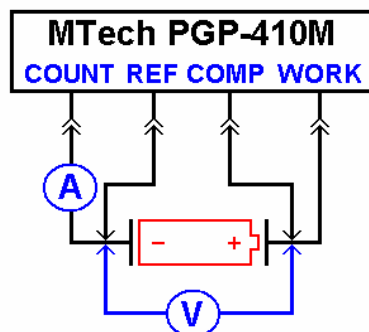
Зв'язок пристрою з керуючою програмою на ПК реалізовано через USB-порт з конвертером RS232-USB.

Не залежно від типу ячейки (2-, 3- чи 4-електродна) пристрій завжди працює за 4-провідною схемою.

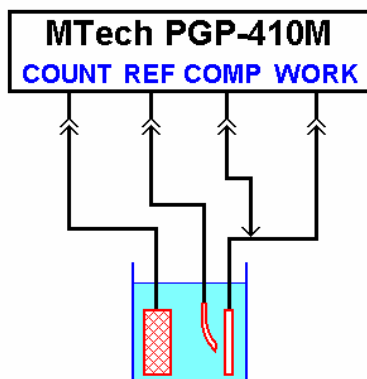
Підключення до 2-електродної системи (наприклад суперконденсатора чи готового елемента живлення):



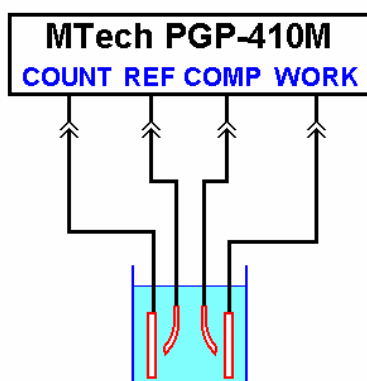
Якщо потрібен зовнішній амперметр чи/та вольтметр, то їх підключають так:



Підключення до 3-електродної системи (тобто є ще електрод порівняння):



Підключення до 4-електродної системи (два електроди порівняння):



Роз'єми потенціальних входів (REF, COMP) – BNC:



Роз'єми струмових (COUNT, WORK) – типу "banana":



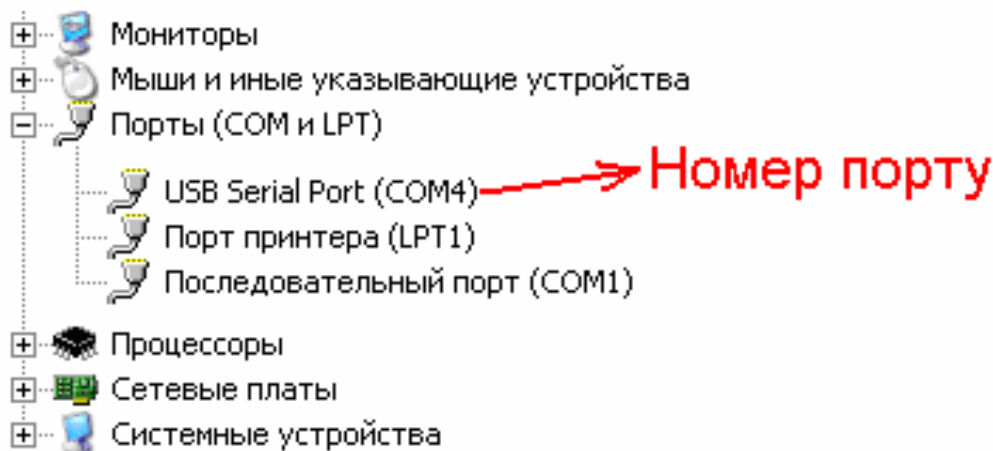
В комплекті є відповідні 4 кабелі (довжина ~70 см), на кінцях яких зажими типу "крокодил". Кабелі для COUNT, WORK – звичайні, а для REF, COMP – коаксіальні (екрановані).

5. Програмне забезпечення

5.1. Встановлення та налаштування

Файл zip-архіву з папкою інсталяційного пакету потрібно розархівувати на жорсткий диск комп'ютера. Ця папка містить такі компоненти: папки "DRIVERS", "TO_COPY" та інсталяційні файли (setup.exe та інші).

Під'єднайте USB кабель пристрою до USB порту персонального комп'ютера. Якщо на Вашому комп'ютері раніше вже використовувались прилади із USB-RS232 конвертером PL2303, то жодних повідомлень комп'ютер не видасть та автоматично підключе відповідний драйвер. Якщо ж комп'ютеру цей конвертер "незнайомий", то він видасть повідомлення про новий пристрій та необхідність встановлення драйверів для нього. При цьому слід вибрати "ручний спосіб" встановлення драйвера із зазначеного місця на диску. В залежності від типу операційної системи (XP чи 7) слід вказати шлях до папки "DRIVER-XP" чи "DRIVER-7". Якщо на Вашому комп'ютері встановлена операційна система Windows-10, то попередньо слід запустити відповідний exe-файл з папки "DRIVER-10". Після встановлення драйвера слід з'ясувати номер виділеного системою порту. Для цього перейдіть у "Пуск / Настройка / Панель управління / Система / Диспетчер устройств / Порты (COM и LPT)" – там повинен бути рядок "USB Serial Port (COMx)", де x-номер порту (на рисунку знизу це 4). Приблизне зображення (залежно від системи Windows):



Запам'ятайте цей номер – він Вам ще знадобиться.

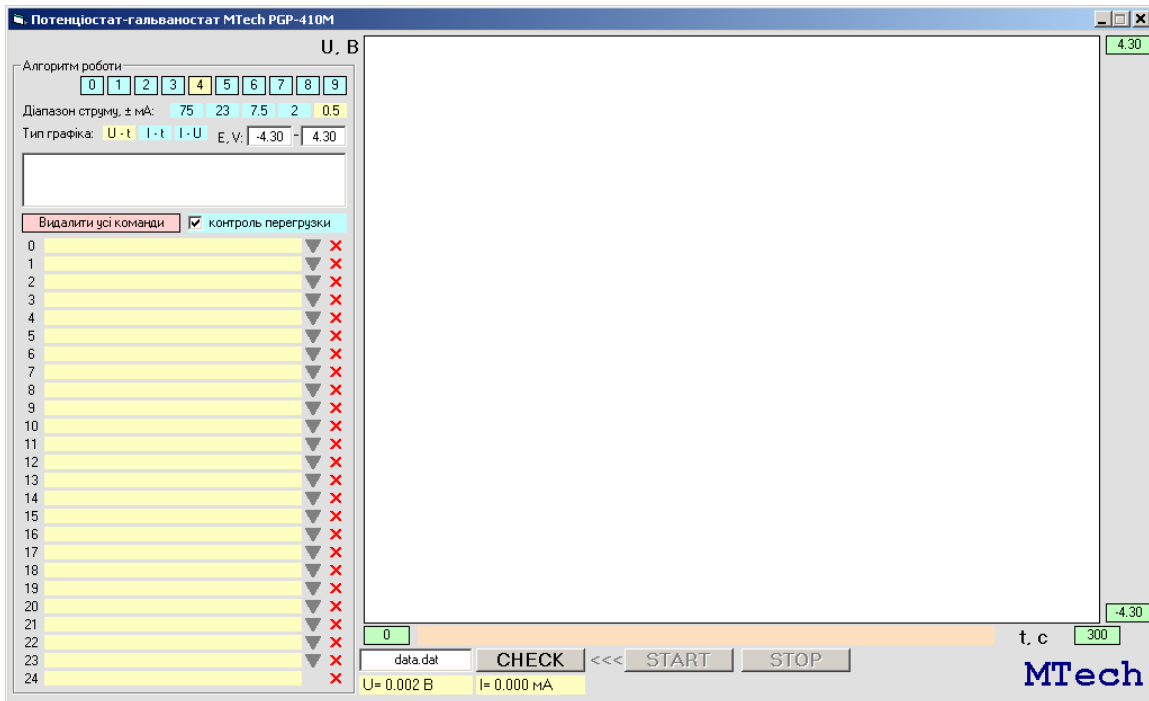
Від'єднайте USB кабель пристрою від комп'ютера.

Створіть на диску папку, в яку слід заінсталювати програмне забезпечення, наприклад "MTech PGP-410M". Запустіть файл setup.exe і встановіть програму у створену папку. У папку "MTech PGP-410M" також перенесіть вміст папки "TO_COPY".

У текстовому файлі (port.txt) слід прописати номер порту, який виділила система при встановленні драйвера – зробити це можна в звичайній програмі "блокнот" Вашої операційної системи.

Тепер все готове до початку роботи з пристроєм!

Під'єднайте кабель живлення пристрою до стандартної розетки ~220 В – при цьому тричі спалахне червона лампочка, що вказує на успішний запуск мікроконтролера пристрою. Під'єднайте USB кабель пристрою до USB порту персонального комп'ютера (це має бути той самий порт, до якого Ви підключались раніше! В іншому випадку система може виділити інший номер порту). Запустіть основний файл – MTech_PGP-410M.exe. Якщо всі попередні дії зроблено правильно, то програма встановить зв'язок з пристроєм і Ви побачите вікно програми:



Якщо ж щось було зроблено неправильно, то Ви побачите повідомлення про помилку.

Слід перевірити відповідність номеру порту, записаного у файлі port.txt, та виділеного системою (Диспетчер устроїв / Порты (COM и LPT). Для коректного сприйняття програмою числових даних дуже важливо щоб розділювачем цілої та дробової частини числа була крапка (а не кома!) – цей параметр системи можна знайти і змінити у "Панель управління / язики и рег. стандарты / настройка". Також слід працювати із стандартною роздільною здатністю монітора – 96 dpi (96 точок на дюйм). Цей параметр системи можна знайти і змінити у "Панель управління / Экран / Параметры / Дополнительно / Общие".

Інші програми ("MTech PGP-410M calculator" та "MTech CVA-Filtr") інсталяції не потребують.

5.2. Порядок роботи з програмним забезпеченням

Програмне забезпечення (ПЗ) є універсальним і дозволяє користувачу самому формувати весь алгоритм вимірювань згідно певного переліку команд. ПЗ запам'ятовує на жорсткому диску 10 алгоритмів користувача (щоб кожного разу не вводити алгоритм заново).

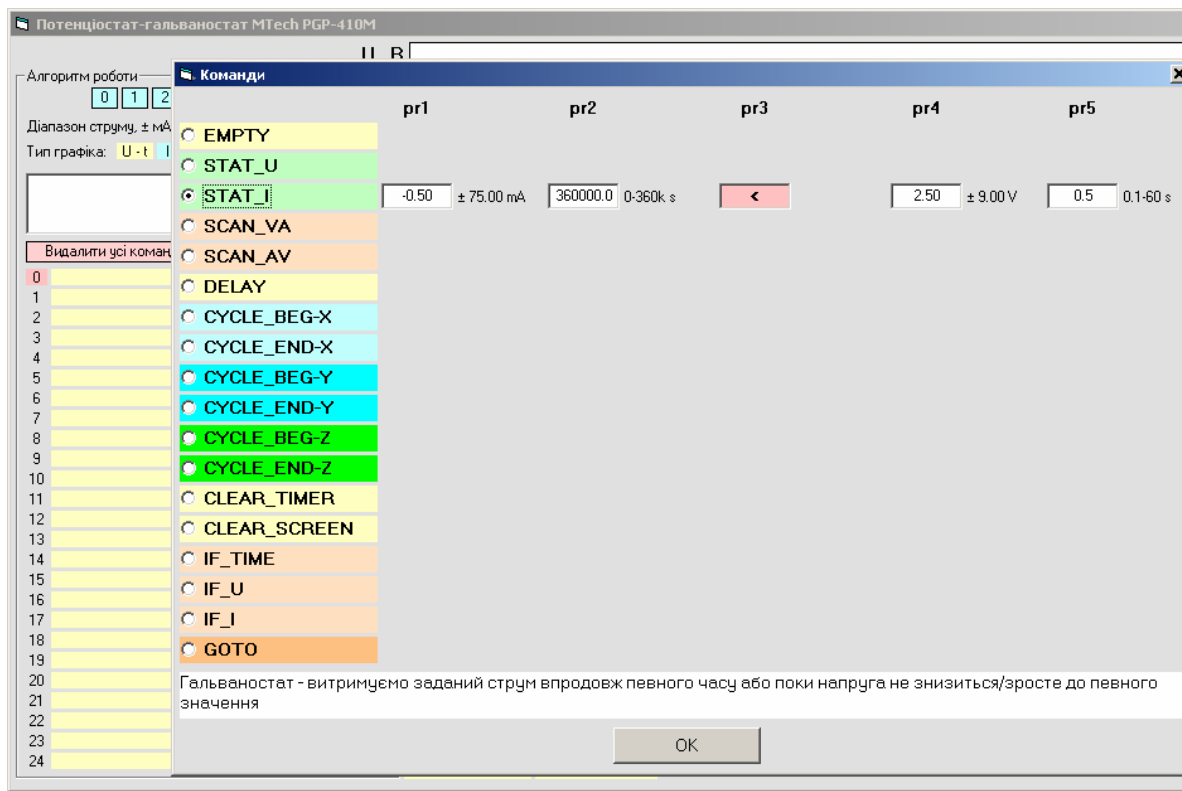
Програмне забезпечення "MTech PGP-410M" можна запускати лише після підключення увімкненого пристрою до USB порту комп'ютера. В іншому випадку з'явиться повідомлення про помилку. Загалом послідовність роботи повинна бути такою:

- під'єднати вилку кабеля живлення пристрою у стандартну розетку ~220 В, 50 Гц. При цьому лампочка пристрою повинна тричі спалахнути, що вказує на його готовність до роботи;
- під'єднати інтерфейсний кабель пристрою до виділеного USB порта персонального комп'ютера та зачекати 5-10 с щоб система Windows підключила необхідний драйвер;
- запустити програмне забезпечення для роботи з пристроєм;
- під'єднати кабелі до клем досліджуваного ХДС чи ячейки;
- виконати заплановані вимірювання;
- від'єднати кабелі пристрою від клем ХДС чи ячейки;
- закрити програмне забезпечення;
- від'єднати інтерфейсний кабель пристрою від USB порта;
- від'єднати вилку кабеля живлення пристрою від розетки.

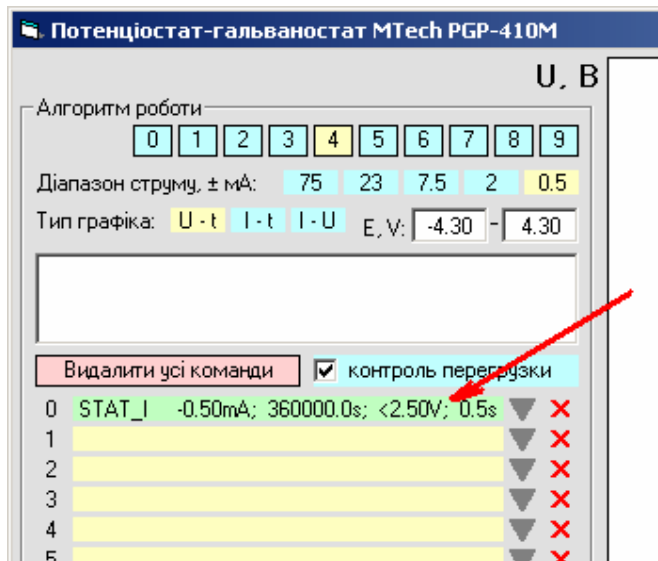
Перед початком вимірювання оператор вибирає номер алгоритму (від 0 до 9), модифікує його (за потреби), вказує початковий діапазон струму (± 75 , ± 23 , ± 7.5 , ± 2 чи ± 0.5 мА), який також визначає масштаб рисунка за віссю струму, вибирає тип графіка, який він хоче бачити в процесі вимірювань (U-t, I-t чи I-U), вказує діапазон потенціалів (масштаб за віссю потенціалу). Також можна вписати короткий текстовий опис алгоритму та вказати ім'я dat-файлу, в який будуть записуватись результати вимірювань (по замовчуванню – data.dat).

Детальний опис системи команд та структури dat-файлу викладено в наступному розділі.

Щоб ввести команду слід клікнути мишкою у відповідний рядок поля алгоритму. Відкриється окреме вікно з переліком команд – слід вибрати потрібну і вказати значення параметрів (окремі команди є без параметрів, інші мають від 1 до 5 параметрів). При виборі команди у цьому вікні активуються поля параметрів і збоку вказано допустимий діапазон значень кожного параметра:



Вказавши всі числові дані слід клікнути кнопку "ОК" і відповідна команда буде занесена в алгоритм:



На вищезазначеному рисунку у рядок №0 внесено команду "гальваностат" з такими параметрами: розряд струмом 0,5 мА доки потенціал не впаде до 2,5 В, реєстрація кривої розряду з часовим кроком 0,5 с.

Команди можна зсувати чи видаляти за допомогою кліків на "▽" та "х". Також можна змінити параметри вже введенної команди – кліком на неї знову відкриється вікно команд і вже буде вибрана біжуча команда і її параметри – можна їх змінити і кліком на "ОК" внести відповідні зміни в алгоритм. Порожній рядок алгоритму – це команда "EMPTY".

Приведемо декілька прикладів, як слід задавати алгоритм вимірювання згідно відповідного завдання.

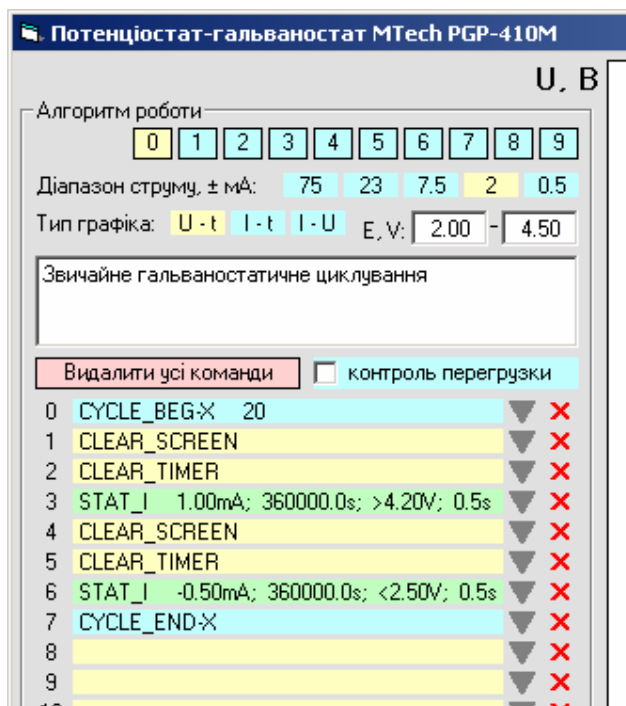
Приклад 1

Завдання. Виміряти 20 циклів "заряд-розряд" ХДС з такими параметрами:

- заряд струмом 1 мА до досягнення напруги на ХДС 4,2 В;
- розряд струмом 0,5 мА до спаду напруги 2,5 В.

Вимірювання (і відкладання точок на графік і файл) проводити кожних 0,5 с. В процесі вимірювань розрахунок ємності має бути окремим для кожного етапу "заряд" і "розряд".

Алгоритм.



Пояснення.

Щодо загальних налаштувань. Оскільки зарядний струм 1 мА, а розрядний 0,5 мА, то оптимальним масштабом (і початковим діапазоном струму) вибрано ± 2 мА. Тип графіка "U-t" – оптимальний для візуального контролю процесу циклування. Оскільки напруга в процесі циклування буде змінюватись в межах 2,5-4,2 В, то масштаб осі "U" (діапазон напруг) вибрано 2,0-4,5 В (з певним запасом). В поле для опису внесено коротке пояснення призначення цього алгоритму (необов'язково – це поле можна залишити порожнім).

Щодо команд. Оскільки дослідження циклічне, то першою і останньою командою є CYCLE_BEG-X та CYCLE_END-X, відповідно. В параметрі першої команди вказано "20" – тобто тіло циклу (те, що є між цими двома командами) буде пройдено 20 разів. Для виконання заряду/розряду в тілі циклу є дві команди STAT_I ("гальваностат") – перша для заряду, друга для розряду. Оскільки і заряд і розряд йдуть до досягнення певної напруги, то параметр "обмеження за тривалістю" вибрано "завідомо невиконуваним" – 360000 с (100 год). В принципі, якщо все ж потрібно обмежити максимальний час етапу, то можна вказати менше значення тривалості.

Щоб графічне поле не захламлювалось купою кривих заряд/розряд, то перед кожним етапом є команда CLEAR_SCREEN – отже в процесі роботи оператор бачитиме лише криву для поточного етапу. Також

Пояснення.

Щодо загальних налаштувань – аналогічно, як для прикладу 1. Єдина відмінність – це виділена опція "контроль перегрузки". Ця опція призначена для аварійної зупинки роботи при "зашкалюванні" струму (струм виходить за допустимі межі ± 75 мА). Бажано активувати цю опцію для всіх алгоритмів, де передбачена робота приладу в режимі "потенціостат". Якщо станеться КЗ (наприклад кристали металу проростуть через сепаратор), то в режимі "потенціостат" прилад спробує видати максимальний струм, на який він здатний (це приблизно 1 А). В приладі (на рівні "заліза") передбачено систему захисту від такої ситуації, але ідеальних захистів не буває і зайвий раз випробовувати цю систему не варто. Тривала робота приладу в стані "перегрязки" скоріш за все виведе з ладу його вихідний підсилювач (ПП) або блок живлення. Якщо ж перед запуском алгоритму виділити опцію "контроль перегрузки", то при зашкалюванні струму ПЗ просто відключить прилад від ХДС і здійснить аварійну зупинку алгоритму.

Щодо команд. Алгоритм практично такий самий, як у прикладі 1. Додались лише команди STAT_U, які забезпечують дозарядку чи дорозрядку ХДС до досягнення певного залишкового струму (0,05 мА).

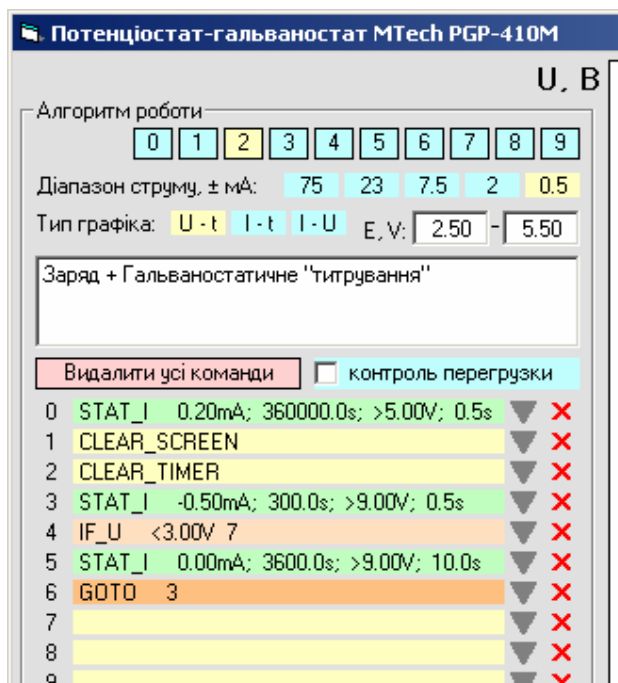
Приклад 3 (так зване "гальваностатичне титрування")

Завдання. Зарядити ХДС до 5 В струмом 0,2 мА, а потім розрядити за такою методикою:

- розряд струмом 0,5 мА впродовж 5 хв;
- якщо напруга зменшилась до 3 В, то зупинити алгоритм
- відключити поляризаційний струм від ХДС (перейти в режим "потенціометр") на 1 год (щоб ХДС "заспокоїлось" і відновило свою рівноважну напругу);
- знову розряд і т.д. (повернення на початок)

Вимірювання (і відкладання точок на графік і файл) впродовж розряду проводити кожних 0,5 с, а в процесі "заспокоювання" – кожних 10 с. Окремо виміряти ємність для початкового етапу заряду і окремо – для наступного етапу "титрувального" розряду.

Алгоритм.



Пояснення.

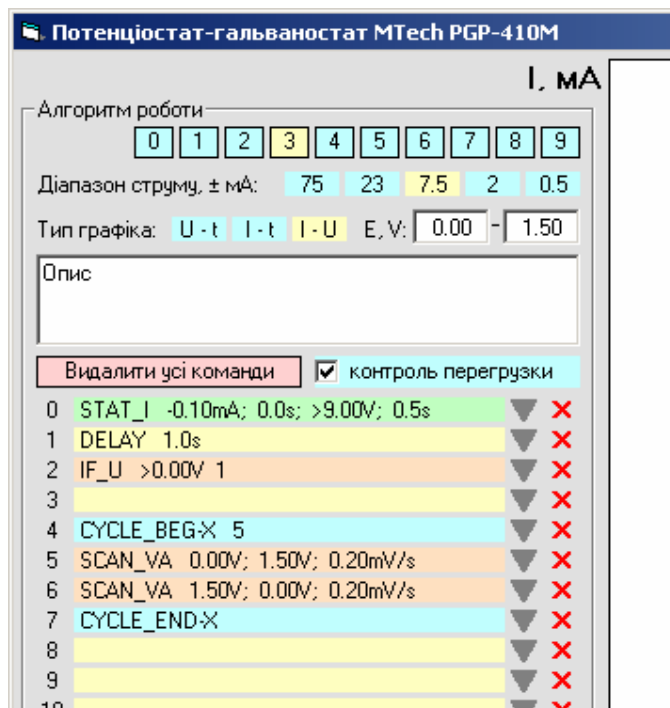
Щодо загальних налаштувань – думаємо, що все зрозуміло.

Щодо команд. В рядку №0 – команда для первинного заряджання ХДС до 5 В (якщо воно вже є зарядженим, то тої команди не треба). Далі чистимо екран (і таймер для інтегрування Q наступного титрувального розряду). Рядок №3 – розряд струмом 0,5 мА строго впродовж 300 с (5 хв). Зверніть увагу: умова виходу з команди за потенціалом вказана як "завідомо невиконувана" (> 9V) щоб точно вихід був за часом. В рядку №4 перевіряємо загальну умову припинення роботи – чи впала напруга на ХДС нижче 3 В ? Якщо так, що буде перехід на рядок №7 (тобто алгоритм припинеться). Якщо ні, то продовжиться виконання алгоритму, тобто буде перехід на наступний рядок (№5). В рядку №5 переводимо прилад в "потенціометр" (коло розірване і ми міряємо лише напругу) на час 1 год. В рядку №6 – примусовий перехід на рядок №3, тобто до наступної 5-хвилинної порції розряду і т.д.

Приклад 4 (ЦВА)

Завдання. Виміряти циклічну вольтамперограму (5 етапів циклу) ХДС з розгорткою потенціалу в межах 0→1,50→0 В при 0,2 мВ/с. Перед вимірюванням ЦВА слід розрядити ХДС до 0 В струмом 0,1 мА без запису точок розряджання у dat-файл.

Алгоритм.



Пояснення.

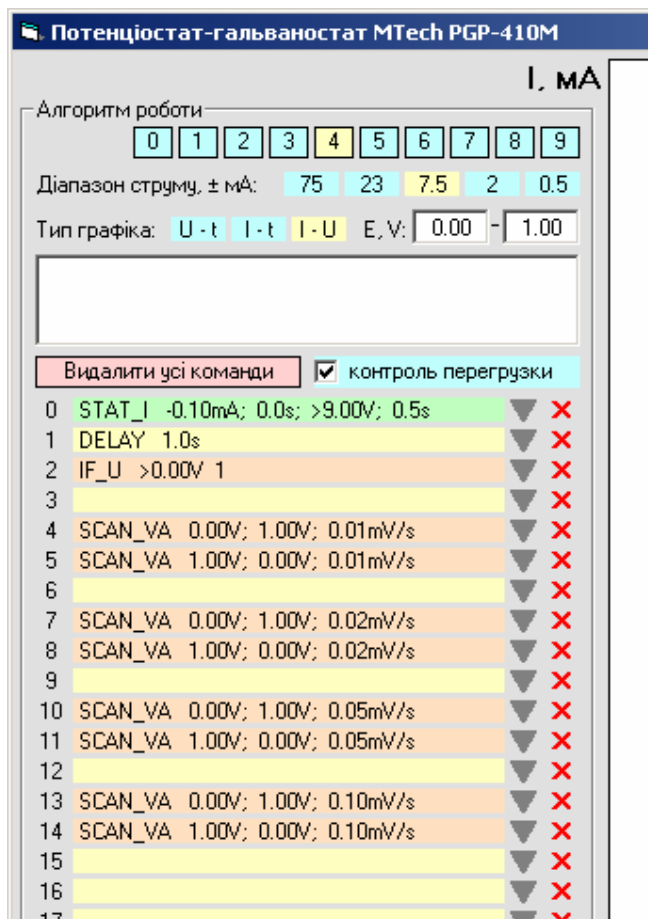
В рядку №0 команда STAT_I переводить прилад в стан "гальваностат" при -0,1 мА без реєстрації точок (тривалість вказана 0 с) для первинного розряджання ХДС до 0 В. Рядки 1-2 підтримують той стан приладу поки ХДС не розрядиться до 0 В.

Далі йде цикл на 5 етапів, кожен з яких містить дві команди для вимірювання вольтамперограми: перша для розгортки від 0 до 1,5 В, друга – від 1,5 до 0 В з швидкістю розгортки 0,2 мВ/с

Приклад 5 (ВА при різних швидкостях розгортки)

Завдання. Виміряти вольтамперограми ХДС з розгорткою потенціалу в межах 0→1→0 В при різних швидкостях розгортки потенціалу: 0,01; 0,02; 0,05; та 0,1 мВ/с. Перед вимірюванням ЦВА слід розрядити ХДС до 0 В струмом 0,1 мА без запису точок розряджання у data-файл.

Алгоритм.



Пояснення.

Призначення рядків 0-2 аналогічне, як для попереднього прикладу.

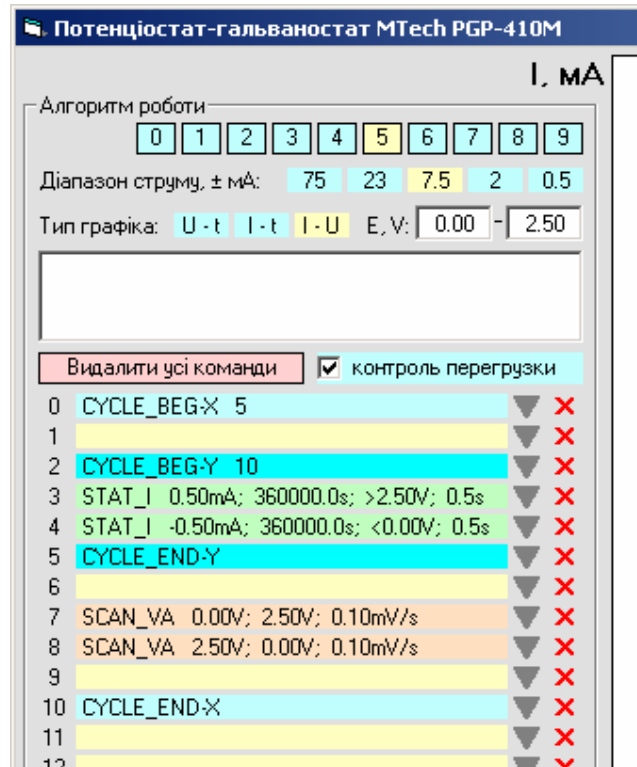
Далі йдуть чотири пари команд вимірювання вольтамперограми: перша для 0,01 мВ/с, друга – для 0,02 мВ/с, третя – для 0,05 мВ/с і остання – для 0,1 мВ/с. Для кращого візуального сприйняття алгоритму ті пари команд розділені порожніми рядками (там є "пуста" команда EMPTY).

Приклад 6 (ВА після циклування)

Дослідник вирішив перевірити як змінюється вольтамперограма ХДС після його багатократного циклування.

Завдання. Виміряти 5 вольтамперограм ХДС з розгорткою потенціалу в межах 0→2,5→0 В при швидкості розгортки потенціалу 0,1 мВ/с. Перед вимірюванням кожної ВА слід виконати 10 циклів заряд/розряд струмом 0,5 мА.

Алгоритм.

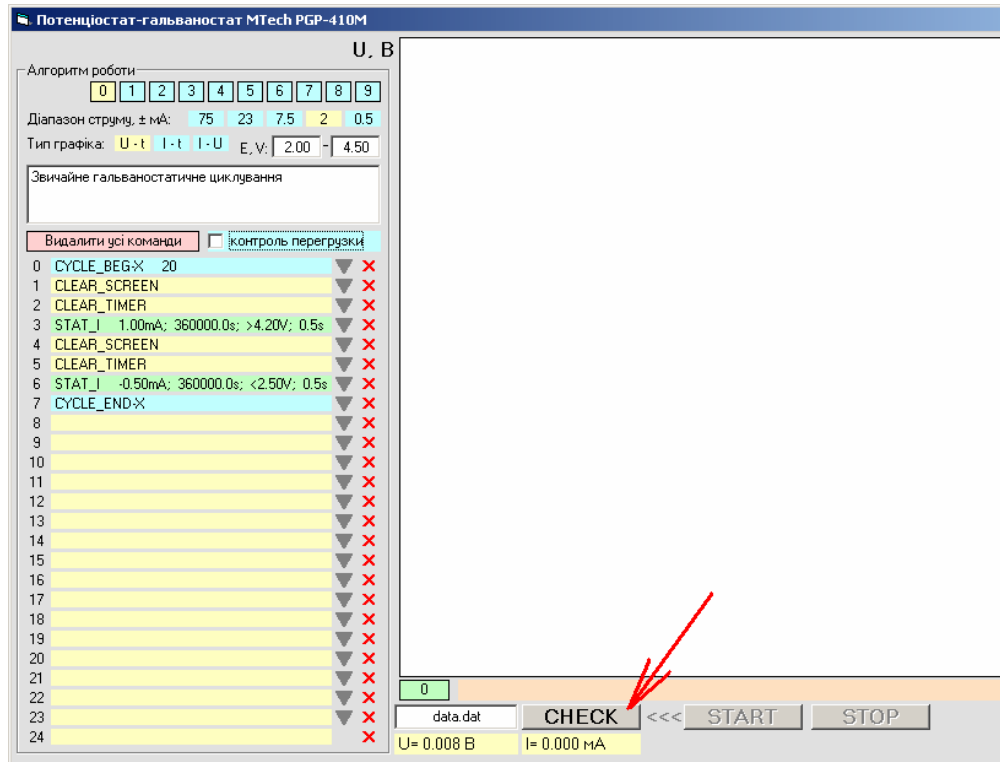


Пояснення.

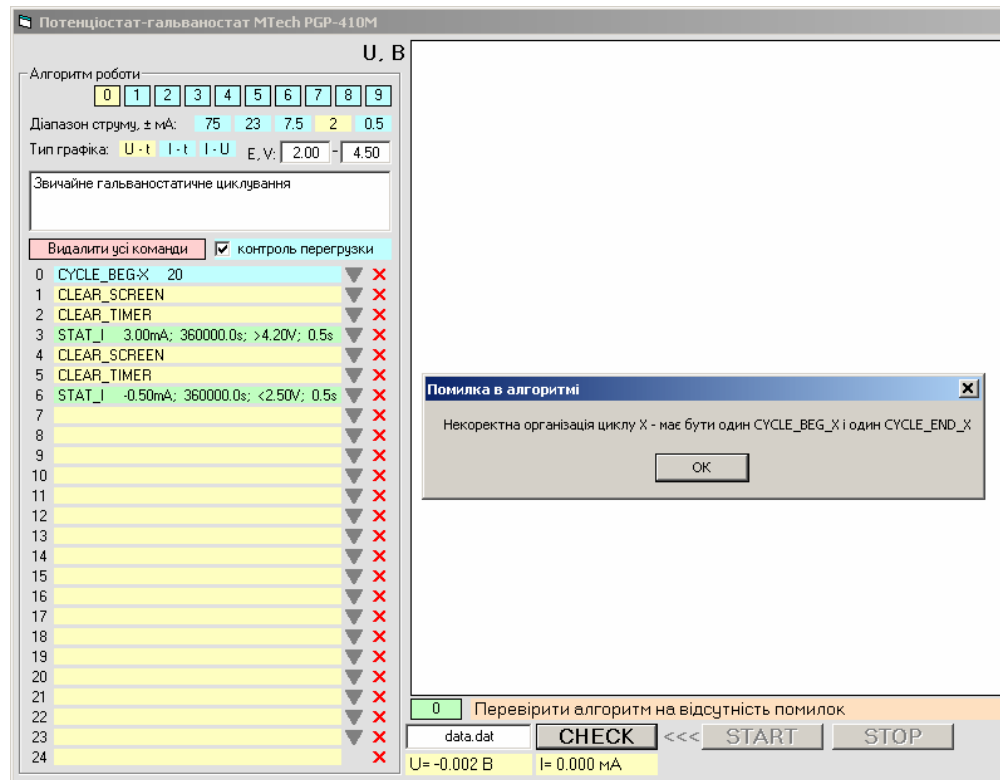
Тут задіяно подвійний вкладений цикл. Глобальний цикл (X) задає 5 етапів проходження циклування і вимірювання ВА. Для самого циклування задіяно внутрішній цикл (Y). Отже, перед вимірюванням кожної ВА буде виконано 10 етапів заряд/розряд струмом 0,5 мА.

Після виконання цього алгоритму на графічному полі оператор бачитиме 5 ЦВА, а в dat-файлі, окрім ВА, будуть записані також точки циклування. Якщо криві циклування (заряд/розряд) не треба записувати у файл (щоб там були лише ВА) то замість кожної команди STAT_I слід поставити трійку команд: STAT_I (при 0,0s)+DELAY+IF_U (як показано у прикладах 4-5).

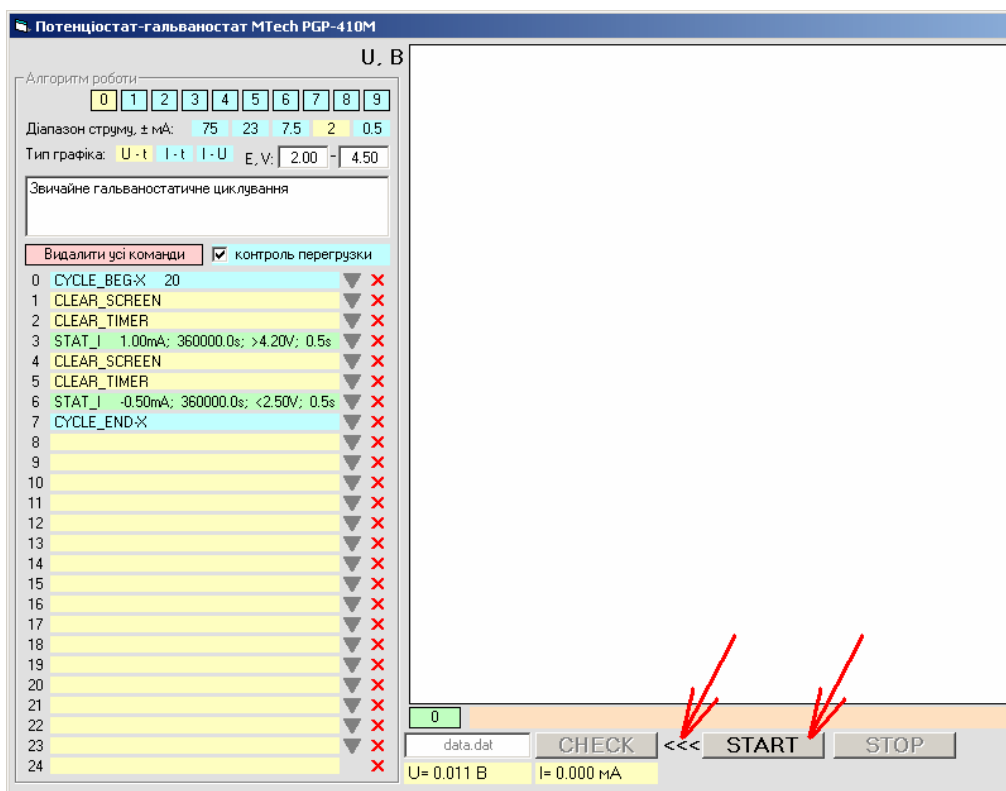
Для допомоги у "програмуванні" алгоритмів додано кнопку "CHECK" – клікаєте на неї і ПЗ перевірить чи алгоритм є коректним:



Якщо є помилки, то ПЗ видасть детальне повідомлення про суть помилки. У вищезазначений алгоритм спеціально внесемо помилку – заберемо останню команду (№7). Клік на кнопку "CHECK" видасть наступне повідомлення:



Бачимо, що забули поставити вкінці відповідну команду CYCLE_END-X. Додаємо цю команду і знову клікаємо "CHECK" – більше помилок немає і активується кнопка "START", тобто можна запускати алгоритм. Якщо все ж потрібно повернутись до редагування алгоритму, то слід мишкою клікнути на значок "<<<":



В процесі виконання алгоритму ПЗ показує поточні значення потенціалу, струму, а також лічильників циклів (якщо алгоритм містить цикли). Також номер рядка, який виконується в даний момент, "підсвічується" червоним. В процесі вимірювання активною є лише кнопка "STOP" – нею можна дочасно зупити алгоритм.

5.3. Система команд користувача програмного забезпечення (ПЗ) MTech PGP-410M

Опис змінних

В процесі виконання алгоритму ПЗ запам'ятовує в оперативній пам'яті і записує у dat-файл результати вимірювань як таблицю чисел, кожен рядок якої містить поточні значення таких змінних:

t_all	t_cur	U	I	Q	X	Y	Z

...

t_all – змінна "глобального" часу. Показує, скільки секунд пройшло від запуску алгоритму. Поч. значення = 0.

t_cur – змінна "локального" часу. Показує, скільки секунд пройшло від попереднього обнулення цієї змінної командою **CLEAR_TIMER**. Поч. значення = 0. Якщо алгоритм не містить жодної команди **CLEAR_TIMER**, то значення перших двох колонок будуть співпадати (**t_cur** = **t_all**).

U – поточне значення напруги, В (різниця потенціалів між COMP та REF).

I – поточне значення струму, мА у колі. Струм проходить через WORK та COUNT (COMP та REF є потенціальними входами приладу з великим вхідним опором і струм через них мізерний – порядку $\pm 0,1-0,3$ мкА).

Q – поточне значення ємності, мА·год. Цю змінну ПЗ обчислює шляхом інтегрування кривої "I-t_cur". Тобто "прив'язка" за часом є до **t_cur**, а не до **t_all**. При обнуленні локального таймера командою **CLEAR_TIMER** також автоматично обнуляється змінна **Q**.

X, **Y**, **Z** – поточні значення лічильників циклів. Алгоритм може містити до 3 циклів, в тому числі вкладених. Тіло кожного циклу (команди, які стоять між **CYCLE_BEG** та **CYCLE_END**) буде виконуватись стільки разів, скільки вказано у відповідному параметрі команди **CYCLE_BEG**. А відповідна змінна (**X**, **Y** та **Z**) показує поточне значення лічильника. Алгоритм може містити лише по одній парі команд – тобто два цикли **X** заборонені (треба робити **X** та **Y**)

В процесі виконання алгоритму на графічному полі ПЗ відображається графік, тип якого вибирається користувачем перед запуском алгоритму: "U – t_cur", "I – t_cur" або "I – U". Алгоритм користувача – це послідовність 25 команд (рядків), які пронумеровані від 0 до 24. В залежності від типу команди, вона може містити від 0 до 5 параметрів (**pr1**, **pr2** ... **pr5**)

Можливі стани приладу у процесі виконання алгоритму:

potentiostat / galvanostat (підтримується напруга між COMP та REF чи струм через WORK та COUNT)

count-on / count-off (вихід COUNT включений чи виключений). При **count-off** прилад не підтримує ні напругу ні струм – фактично він є в стані пасивного спостерігача (потенціометр) і може міряти **U**.

Короткий опис системи команд:

№	Команда	Опис і параметри (допустимі значення)
0	EMPTY	Це "порожня" команда, яка не передбачає жодних дій. "Чистий" алгоритм – це 25 команд EMPTY <u>параметри</u> : відсутні
1	STAT_U	Команда "потенціостат" <u>параметри</u>: pr1 – потенціал, В (-6.30...+6.30) pr2 – тривалість, с (0...360000.0) pr3 – залишкове абсолютне значення струму, мА (0.00...75.00) pr4 – часовий крок вимірювання, с (0.1...60.0) <u>дія</u>: прилад переходить в стан count-on / potentiostat із заданим потенціалом стабілізації pr1 та з періодичністю pr4 с здійснює вимірювання впродовж часу pr2 або поки абсолютне значення струму не стане меншим за pr3. Отже, вихід з команди відбудеться, коли виконається одна з умов: а) тривалість досягне pr2; б) абсолютне значення I стане меншим за pr3. Якщо користувачу потрібно, щоб вихід з команди відбувся за конкретною умовою (а чи б), то зайву умову слід задати "завідомо невиконуваною". Наприклад, потрібно щоб прилад перебував в стані потенціостат при 3,5 В строго певний час 5 хв і кожні 0,5 с здійснював вимірювання – тоді слід задати такі параметри команди: pr1=3,50; pr2=300,0; pr3=0; pr4=0,5. В такому випадку тривалість гарантовано буде 5 хв, бо умова за залишковим струмом ($I < 0$ мА) є "завідомо невиконуваною". Після переходу в стан count-on / potentiostat ПЗ здійснює вимірювання з часовим кроком, заданим у pr4, однак перші 10 точок будуть виміряні якомога швидше, а всі наступні – кожних pr4 секунд. Після виходу з команди прилад залишається в стані count-on / potentiostat! Якщо параметр pr2=0, то жодних вимірювань не буде – ПЗ просто переведе прилад у стан count-on / potentiostat і здійснить вихід з команди.

2	STAT_I	Команда "гальваностат" Ця команда подібна до попередньої, але тут стабілізується струм, а не потенціал. <u>параметри:</u> pr1 – струм, мА (-75.00...+75.00 мА) pr2 – тривалість, с (0...360000.0) pr3 – тип умови за потенціалом (< або >). pr4 – залишкове значення потенціалу, В (-9.00...+9.00) pr5 – часовий крок вимірювання, с (0.1...60.0) <u>дія:</u> прилад переходить в стан count-on / galvanostat із заданим ненульовим струмом стабілізації pr1 або у стан count-off, якщо pr1=0, та з періодичністю pr5 с здійснює вимірювання впродовж часу pr2 або поки не виконається умова за потенціалом (<pr4 чи > pr4). Отже, вихід з команди відбудеться, коли виконається одна з умов: а) тривалість досягне pr2; б) значення U стане меншим чи більшим за pr4. Ось, для прикладу, як виглядатиме ця команда (точніше рядок в алгоритмі) для заряджання літієвого акумулятора струмом 10 мА до напруги 4,2 В: STAT_I 10,00mA 360000,0s >4,20V 0,5s Зверніть увагу, що умова за часом (pr2=360000 с) вказана, як "завідомо невиконувана", адже ми точно знаємо, що зарядка не триватиме аж 100 год. Якщо нам потрібно після фази гальваностатичного заряджання ще витримати акумулятор при кінцевій напрузі поки струм заряджання не зменшиться до 0,5 мА, то для цього в алгоритмі вже потрібні дві команди: STAT_I 10,00mA 360000,0s >4,20V 0,5s STAT_U 4,20V 360000,0s 0,50mA 0,5s Аналогічно до попередньої команди, перші 10 точок будуть виміряні якомога швидше, а решта – з періодичністю pr5 с. Після виходу з команди прилад залишається в стані count-on / galvanostat (чи count-off, якщо pr1=0)! Якщо задати pr2=0, то жодних вимірювань не буде – ПЗ просто переведе прилад у цей стан і здійснить вихід з команди.
---	--------	---

3	SCAN_VA	Команда "потенціодинамічна вольтамперограма" <u>параметри:</u> pr1 – початковий потенціал, В (-6.30...+6.30) pr2 – кінцевий потенціал, В (-6.30...+6.30) pr3 – швидкість розгортки, мВ/с (0.01...100.0) <u>дія:</u> вимірювання вольтамперограми в потенціодинамічному режимі (прилад прикладає до системи напругу і міряє струм), count-on / potentiostat. Після виходу з команди прилад залишається в стані count-on / potentiostat з потенціалом стабілізації pr2.
4	SCAN_AV	Команда "гальванодинамічна вольтамперограма" <u>параметри:</u> pr1 – початковий струм, мА (-75.00...+75.00 мА) pr2 – кінцевий струм, мА (-75.00...+75.00 мА) pr3 – швидкість розгортки, мкА/с (0.1...100.0) <u>дія:</u> вимірювання вольтамперограми в гальванодинамічному режимі (прилад пропускає через систему струм і міряє напругу), count-on / galvanostat. Після виходу з команди прилад залишається в стані count-on / galvanostat з струмом стабілізації pr2.
5	DELAY	Команда "затримка" <u>параметри:</u> pr1 – тривалість, с (0.1-360000.0) <u>дія:</u> прилад зберігає свій поточний стан впродовж зазначеного часу
6 7	CYCLE_BEG-X CYCLE_END-X	Команда "цикл X" <u>параметри:</u> pr1 – кількість етапів циклу (2-100000) <u>дія:</u> організація циклів (усі команди, які розташовані між цими двома, будуть виконані pr1 разів)

8 9	CYCLE_BEG-Y CYCLE_END-Y	Аналогічно
10 11	CYCLE_BEG-Z CYCLE_END-Z	Аналогічно Команди циклів Y та Z введено для можливості організації послідовних та вкладених циклів.
12	CLEAR_TIMER	Команда "перезапуск таймера" <u>параметри</u> : відсутні <u>дія</u> : обнуляє змінні t_cur та Q
13	CLEAR_SCREEN	Команда "видалити графік" <u>параметри</u> : відсутні <u>дія</u> : очищає графічне поле, яке відображає виміряну (на цей час) залежність
14	IF_TIME	Команда "перехід за часом" <u>параметри</u> : pr2 – значення змінної t_cur , с (0.1-360000.0) pr3 – номер команди (рядка) в алгоритмі (0-24) <u>дія</u> : перехід на рядок алгоритму з номером pr3 , якщо змінна t_cur ще не досягла значення pr2
15	IF_U	Команда "перехід за потенціалом" <u>параметри</u> : pr1 – тип умови за потенціалом: (< або >) pr2 – значення потенціалу, В (-6.30...+6.30) pr3 – номер команди (рядка) в алгоритмі (0-24) <u>дія</u> : Однократне вимірювання та перехід на рядок з номером pr3 , якщо потенціал менший/більший за вказане у pr2 значення.

16	IF_I	Команда "перехід за струмом" <u>параметри:</u> pr1 – тип умови за струмом: (< або >) pr2 – значення струму, мА (-75.00...+75.00 мА) pr3 – номер команди у програмі (0-24) <u>дія:</u> Однократне вимірювання та перехід на рядок з номером pr3, якщо струм менший/більший за вказане у pr2 значення
17	GOTO	Команда "безумовний перехід" <u>параметри:</u> pr1 – номер команди у програмі (0-24) <u>дія:</u> безумовний перехід на рядок з номером pr1

6. Умови ефективної та безпечної роботи

– Для зменшення шумів, що передаються через лінії USB порту, доцільно заземлити корпус комп'ютера.

– З'єднуйте пристрій з досліджуваним ХДС таким чином, щоб кабелі не утворювали "широкої петлі", яка може призвести до суттєвих електромагнітних наводок.

– Під час вимірювань не запускайте на комп'ютері інших програм і взагалі не відволікайте його зайвими задачами.

– Не розташовуйте пристрій та досліджувані ХДС поблизу потужних електричних приладів, які є джерелом тепла чи значного електромагнітного випромінювання (нагрівачі, печі, насоси, компресори тощо). Робота цих приладів може призвести до зависання USB-порта і втрати зв'язку "ПК-пристрій". Якщо таке станеться на етапі заряджання ХДС, то воно буде неконтрольовано продовжуватись поки не зруйнується ХДС або оператор не вимкне пристрій.

– Те саме стосується надійної роботи комп'ютера. Забезпечте надійне живлення ПК (поставте блок безперебійного живлення або автономне джерело на випадок відключення електрики).

– Використовуйте стандартні модулі для дослідження ХДС, які обладнано запобіжним клапаном, який розірве електричне коло у випадку перезаряджання ХДС і активного газовиділення.

– В будь-якому випадку, ми радимо не залишати працюючий пристрій без нагляду оператора. Лабораторія MTech, як виробник, не несе жодної відповідальності за ймовірні збитки, завдані користувачу чи майну, в результаті роботи пристрою.

7. Посилання

При опублікуванні в науковій періодиці результатів досліджень, одержаних за допомогою пристрою, слід зазначати в експериментальній частині його назву та посилання на web-сайт лабораторії **MTech**: Наприклад:

"Вимірювання зарядно-розрядних кривих та циклування ХДС виконували за допомогою потенціостат-гальваностата **MTech PGP-410M** [5].

.....

5. <http://chem.lnu.edu.ua/mtech/mtech.htm>."

MTech PGP-410M

<http://chem.lnu.edu.ua/mtech/mtech.htm>

Дата виготовлення пристрою _____

Дата введення в експлуатацію _____

Кінцевий термін гарантії _____

Контактна інформація щодо сервісного обслуговування:

i_patsay@franko.lviv.ua або mtech_lab@ukr.net

Виробник _____



Замовник _____