Цифровий контролер потенціостату ПИ-50

MTech CON-PI-50M

З програмним керуванням через USB інтерфейс



ПАСПОРТ ТА ІНСТРУКЦІЯ КОРИСТУВАЧА

Львів - 2018



1. Загальний опис

Контролер **MTech CON-PI-50M** (далі "пристрій") призначений для керування роботою потенціостату ПИ-50 і виконання досліджень та аналізу електрохімічними методами: вольтамперометрією (класична, циклічна), хроноамперометрією, хронопотенціометрією (програма "**MTech CON-PI-50M**") та гальваностатичним циклуванням ХДС (програма "**MTech_CON-pi50M-battery**").

2. Технічні характеристики

Характеристика	Значення	
Діапазон розгортки потенціалу робочого	-5 +5 B	
електроду (відносно електроду порівняння)		
Дискретність розгортки потенціалу	~2,5 мВ	
diamanan province and a man ar	±2,2·k (k – коеф. перетв.	
діапазон вимірювання струму	"струм–напруга" у ПИ-50)	
Швидкість розгортки потенціалу	0,01 500 мВ/с	
Допустима приведена похибка	≤0,25%	
вимірювання струму/потенціалу		

3. Комплектація

Контролер **МТесh CON-PI-50М** – 1 шт

Кабель з USB-RS232 конвертером PL2303 – 1 шт

Продовжувач USB порту – 1 шт

Кабель живлення під стандартну розетку 220 В – 1 шт

Кабелі для підключення до потенціостату із роз'ємами BNC – 3 шт

Паспорт та інструкція користувача – 1 шт

Базове програмне забезпечення "**MTech CON-PI-50M**" – 1 шт

Додатково пристрій може комплектуватись такими програмами:

Програмне забезпечення "MTech_CON-pi50M-battery" – 1 шт

Програмне забезпечення "**MTech-G410-2_calc**" – 1 шт

4. Гарантійні зобов'язання

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



5. Програмне забезпечення

5.1. Встановлення та налаштування

Файл zip-apxiby з останньою версією програмного забезпечення для контролера **MTech CON-PI-50M** потрібно розархівувати в якусь папку на жорсткому диску комп'ютера, наприклад "CON-PI-50M-SETUP". В результаті цього ця папка повинна містити такі компоненти: папка "DRIVERS " 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 комп'ютер повідомлень 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 (ХР 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 "DRIVER-10". відповідний ехе-файл 3 папки Після запустити встановлення драйвера слід з'ясувати номер виділеного системою порту. Для цього перейдіть у "Пуск / Настройка / Панель управления / Система / Диспетчер устройств / Порты (СОМ и LPT)" – там повинен бути рядок "USB Serial Port (COMx)", де х-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 "CON-PI-50M". Запустіть файл setup.exe і встановіть програму у створену папку. Якщо все зроблено правильно, то у папці "CON-PI-50M" з'явиться виконавчий файл "mtech_CONpi50M.exe" та декілька допоміжних файлів.

У 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!

Увімкніть пристрій, <u>дочекайтесь поки лампочка перестане</u> <u>спалахувати (прибл. 2 хв</u>), під'єднайте USB кабель пристрою до USB порту персонального комп'ютера (це має бути <u>той самий порт</u>, до якого Ви підключались раніше! В іншому випадку система може виділити інший номер порту). Запустіть основний файл програми – mtech_CONрі50М.ехе. Якщо всі попередні дії зроблено правильно, то програма "виявить" пристрій і Ви побачите вікно програми:

M MTech CON-PI	-50-2 Контроллер отенціостату ПИ-50-1.1	(на замовлення Дядюн В.С.)	
On	ис		
2.50			
L, MA			
Г на 18			
0.14			
C 0.1 A			
C 10 mA			
O 0.1 mA			
<u>O 10 uA</u>			
CTAPT			
OTOF			
Режим			
O I-t			
O U+t			
Conv			
Coby			
Del			
-2.50			
	30 Розгортка (В): від 0.00 до 2.30	no .2.30 di l/dt . 50.00	К-сть циклів: 1 230
U=0.000 B		A0 [-2.35 GOVAC 30.00	
			цию. 0, D

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 устройств / Порты (СОМ и LPT). Для коректного сприйняття програмою числових даних <u>дуже</u> <u>важливо щоб розділювачем цілої та дробової частини числа була крапка</u> (а не кома!) – цей параметр системи можна знайти і змінити у "Панель управления / языки и рег. стандарты / настройка" (або просто вибрати регіональний стандарт "Англійський (США)"). Також слід працювати із стандартною роздільною здатністю монітора – 96 dpi (96 точок на дюйм). Цей параметр системи можна знайти і змінити у "Панель управления / Екран / Параметры / Дополнительно / Общие".

Друга програма ("**MTech_CON-pi50-2-battery**"), яка призначена для гальваностатичного циклування ХДС, інсталюється аналогічно. Програма "**MTech-G410-2_calc**", яка призначена для обробки кривих гальваностатичного циклування ХДС, інсталяції не потребує – слід просто скопіювати папку програми на жорсткий диск.

Якщо виникнуть нездоланні труднощі із встановленням драйверів чи програмного забезпечення, то зверніться до нас за адресою mtech_lab@ukr.net – допоможемо.

5.2. Призначення

– Програмне керування потенціостатом ПИ-50 для виконання електрохімічних досліджень чи аналізу методами класичної чи циклічної вольтамперометрії, хроноамперометрії, хронопотенціометрії та гальваностатичного циклування.

– Реєстрація та графічне відображення виміряних залежностей: вольтамперограм, хроноамперограм та хронопотенціограм.

– Копіювання виміряних залежностей у буфер обміну комп'ютера для перенесення інформації у інші програми (у форматі таблиці з двома стовпчиками X-Y).

– Запис виміряних залежностей у dat-файл (у форматі таблиці з двома стовпчиками). Зазначений файл записується у ту саму папку, де була встановлена програма. Ім'я цього файлу формується програмою автоматично за датою і годиною початку експерименту у такому форматі:

ДД-ММ-РРРР_ГГ-XX.dat (день-місяць-рік_година-хвилина)



5.3. Порядок роботи з програмою "МТесh CON-PI-50М"

5.3.1. Запуск та завершення роботи програми

Програмне забезпечення "**MTech CON-PI-50M**" можна запускати лише після підключення пристрою до USB порту комп'ютера. В іншому випадку з'явиться повідомлення про помилку. <u>Загалом</u> послідовність роботи повинна бути такою:

– підключити три кабелі пристрою до потенціостату ПИ-50;

– увімкнути потенціостат ПИ-50;

- підключити кабель живлення пристрою до розетки 220 В;

– увімкнути пристрій (перемикач на задній панелі). При цьому почнеться прогрів та самокалібрування пристрою і його лампочка періодично спалахуватиме. <u>Слід дочекатись завершення процесу та</u> <u>неперервного світіння лампочки (прибл. 2 хв)</u>.

– підключити пристрій до USB порту комп'ютера;

- запустити програму "MTech CON-PI-50M";
- виконати необхідні вимірювання;
- закрити програму "**MTech CON-PI-50M**";
- відключити пристрій від USB порту комп'ютера;
- вимкнути пристрій;

– вимкнути ПИ-50.

Якщо передбачається <u>стаціонарне</u> використання пристрою (коли пристрій завжди працює з певним комп'ютером і потенціостатом), то допускається постійне підключення пристрою до потенціостата. Однак при цьому бажано відключати USB кабель пристрою перед вимкненням комп'ютера.

В будь-який момент часу програма (і пристрій) може перебувати в одному з трьох режимів (станів), які умовно названо "Підготовка", "Вимірювання" та "Результат".

Після запуску програми вона переходить в режим "Підготовка".

5.3.2. Режим "Підготовка"

Цей режим призначений для підготовки до нового вимірювання – вибору методу, параметрів розгортки, значення коефіцієнту перетворення "струм-напруга" та інших параметрів. Основні елементи керування та інформаційні поля в цьому режимі:



Tech

1 – вибір коефіцієнту (k) перетворення "струм-напруга", який задано у потенціостаті (ця величина визначає діапазон струмів: ±2,2·k). В режимі "Підготовка" ячейка ПИ-50 має бути вимкнутою (кнопка ЯЧ.ОТКЛ) – її вмикають після підповідного повідомлення програми!;

2 - запуск вимірювання (перехід в режим "Вимірювання");

3 - тип вимірювання/методу (див. розділ "5.4. Методи ...");

4 – виміряти біжучі значення потенціалу/струму (контролер подає на вхід потенціостату U_{поч} і вимірює сигнал на виходах "І" та "φ") – якщо при цьому ячейка відключена (кнопка "ЯЧ. ОТКЛ." на ПИ-50), то так можна виміряти "стаціонарний" потенціал робочого електроду (без поляризуючого струму);

5 – значення потенціалу/струму;

6 – поле для підказок та пояснень;

7 – поля для введення значень потенціалів (див. "5.4. Методи ...");

- 8 вибір "односторонньої" (не "кругової") розгортки (від Uпоч до Uкін);
- 9 поле для введення швидкості розгортки потенціалу, мВ/с;
- 10 вибір кількості циклів вимірювання вольтамперограми;
- 11 текстовий опис експерименту.

5.3.3. Режим "Вимірювання"

Цей режим активний <u>під час</u> вимірювання. Програма переходить в нього після натискання кнопки "СТАРТ". У головному графічному полі програми виводиться біжуча крива в "реальному часі" (тип кривої залежить від вибраного методу). Основні елементи керування та інформаційні поля в цьому режимі:



- 1 вимірювана залежність;
- 2 зупинка вимірювання (перехід в режим "Результат");
- 3 поточні значення потенціалу та струму;
- 4 назва dat-файла, у який записуються результати вимірювань;
- 5 поточний цикл.

Під час вимірювання бажано "не відволікати" комп'ютер виконанням інших завдань, особливо якщо процесор не надто "швидкий".



5.3.4. Режим "Результат"

Програма переходить в цей режим після автоматичного завершення вимірювання (наприклад, коли досягнуто кінцевої напруги розгортки) або внаслідок примусової зупинки вимірювання кнопкою "СТОП". Режим "Результат" призначений для візуального спостереження результатів вимірювання та перенесення їх в інші програми для подальшого математичного опрацювання. Основні елементи керування та інформаційні поля в цьому режимі:



1 – виміряна залежність;

2 – копіювання виміряної кривої у буфер обміну комп'ютера для перенесення в інші програми (табличка з двох стовпчиків Х-Ү). Тип значень залежить від вибраного методу дослідження;

3 – видалення результатів (перехід в режим "Підготовка").



5.4. Методи дослідження

У програму закладено такі методи дослідження/аналізу:

- циклічна вольтамперометрія;

- класична вольтамперометрія;

- хроноамперометрія;

- хронопотенціометрія.

У методах вольтамперометрії вимірюють залежність струму від потенціалу робочого електроду (відносно електроду порівняння). У хроноамперометрії вимірюють залежність струму від часу при сталому значенні потенціалу робочого електроду (U_{поч}). У хронопотенціометрії вимірюють залежність потенціалу робочого електроду від часу з чи без поляризуючого струму (якщо струм відсутній, то це т.з. "стаціонарний" потенціал). Для хронопотенціометрії ПИ-50 повинен працювати в режимі "ГАЛЬВАНОСТАТ", а для всіх інших – "ПОТЕНЦИОСТАТ".

5.4.1. Циклічна вольтамперометрія

Для вимірювання вольтамперограми слід вибрати перший режим роботи пристрою:



За цим методом здійснюється багатократна (циклічна) розгортка потенціалу робочого електрода в такому порядку: від U1 до U2, від U2 до U3, від U3 до U1. Графічно це можна проілюструвати так:



Ці значення потенціалів задаються перед початком вимірювань у відповідних полях:



U1 – початковий потенціал;

U₂ – перша межа розгортки; U₃ – друга межа розгортки.

Окрім цих значень потенціалу треба також задати кількість циклів та швидкість розгортки потенціалу у відповідних полях програми.

5.4.2. Класична вольтамперометрія

За першим режимом роботи пристрою також можна вимірювати вольтамперограми з "односторонньою" розгорткою потенціалу. Під "односторонньою" розуміють розгортку потенціалу робочого електрода від U₁ до U₂, які задаються перед початком вимірювання у відповідних полях:



Зверніть увагу – для вибору цього методу треба позначити відповідний чекбокс ("Одностороння"). Як і в попередньому випадку також слід задати швидкість розгортки потенціалу та кількість циклів (кількість етапів сканування від U1 до U2).

У методах вольтамперометрії (циклічна чи класична) після натискання кнопки "СТАРТ" розгортка потенціалу відбувається не відразу, а приблизно через 10 с. Спершу контролер вимірює рівноважний потенціал, потім програма виводить повідомлення про необхідність включити ячейку (відповідна кнопка перетворювача І-U, наприклад 10 mA/V), оператор вмикає ячейку і клікає на кнопку "ОК". Після цього програма повільно "підводить" потенціал від рівноважного значення до U₁, а потім здійснює розгортку і міряє вольтамперограму. Зроблено це для того, щоб потенціостат ПИ-50 не входив у режим "ПЕРЕГРУЗКА" через різкі стрибки струму, зумовлені різкою зміною потенціалу.



5.4.3. Хроноамперометрія

Для вимірювання хроноамперограми слід вибрати другий режим роботи пристрою:



За цим методом вимірюють залежність струму від часу при сталому початковому потенціалі робочого електрода (U1). Вимірювання струму відбувається з певним часовим кроком – 0,1 с. Як і в попередньому методі, перед початком реєстрації кривої контролер повільно "доводить" потенціал від рівноважного до заданого. Слід пам'ятати, що у хроноамперометрії не передбачено автоматичної зупинки вимірювання – для цього слід скористатись кнопкою "СТОП".

5.4.4. Хронопотенціометрія

Для вимірювання хронопотенціограми слід вибрати третій режим роботи пристрою:



Пам'ятайте, що ПИ-50 має працювати як "ГАЛЬВАНОСТАТ".

За цим методом вимірюють залежність потенціалу робочого електроду від часу з чи без поляризуючого струму. Значення поляризуючого струму задається відповідним значенням напруги (U_{поч}), що подається на вхід ПИ-50 та коефіцієнтом перетворення "струмнапруга". Наприклад, якщо потрібно задати струм поляризації 0,3 мА, то слід вказати U_{поч} = 0,30 В і вибрати коефіцієнт 1 мА/В.

Якщо Вас цікавить зміна рівноважного ("стаціонарного") потенціалу, то слід задати U_{поч}=0.00 В, а на ПИ-50 відключити допоміжний електрод ячейки (натиснути кнопку "ЯЧ. ОТКЛ."). Вимірювання потенціалу відбувається з певним часовим кроком – 1 с.



Слід пам'ятати, що у хронопотенціометрії не передбачено автоматичної зупинки вимірювання – для цього слід скористатись кнопкою "СТОП".

5.5. Порядок роботи з програмою "MTech_CON-pi50-2-battery"

Ця програма призначена для гальваностатичного циклування хімічних джерел струму (акумуляторів чи конденсаторів). Підключення ХДС до ПИ-50 здійснюється за двохелектродною схемою – виходи допоміжного та електроду порівняння з'єднують з клемою "-", а вихід робочого електрода з клемою "+" ХДС. ПИ-50 слід перевести в режим "ГАЛЬВАНОСТАТ". Програма вимірює залежність напруги на ХДС в часі під час послідовних циклів заряджання/розряджання. Також нею можна виміряти динаміку самочинного розряду ХДС. В процесі вимірювань результати записуються у dat-файл, назва якого формується з дати та години початку експерименту (аналогічно як у попередній програмі).

В будь-який момент часу програма (і контролер) може перебувати в одному з трьох режимів (станів), які умовно названо "Підготовка", "Вимірювання" та "Результат". Поточний режим відображається у заголовку програми.

Після запуску програми вона переходить в режим "Підготовка".

5.5.1. Режим "Підготовка"

Цей режим призначений для підготовки до нового вимірювання – вибору значення струму, граничних напруг (заряду і розряду), типу вимірювання (циклування чи саморозряд) та кількості циклів.

У верхньому текстовому полі можна ввести короткий опис експерименту, який буде записано у шапці dat-файла разом з позначками колонок.

Основні елементи керування та інформаційні поля в цьому режимі:

MTech



1 – період вимірювання напруги (чим менший, тим більше точок буде виміряно за одиницю часу);

2 – напруга заряду (до якої напруги буде заряджатись ХДС, В);

3 – напруга розряду (до якої напруги буде розряджатись ХДС, В);

4 – струм заряду/розряду (мА). У dat-файлі зарядний струм позначається додатнім числом, а розрядний – від'ємним;

5 – кількість циклів заряд/розряд:

для циклування слід задати не менше 2 циклів, верхня межа кількості циклів – 1000 (за умови, що загальна кількість виміряних точок <1 млн). Для вимірювання динаміки саморозряду слід задати як кількість циклів 1 (детальніше див. розділ "5.5.4. Методи ...");

6 – значення коефіцієнту перетворення "струм-напруга", який слід задати у потенціостаті ПИ-50 перед запуском вимірювання;

7 – запуск вимірювання (перехід в режим "Вимірювання")

8 – інформаційне поле для підказок та контекстної допомоги;

9 – текстовий опис експерименту;

5.5.2. Режим "Вимірювання"

Цей режим активний <u>під час</u> вимірювання. Програма переходить в нього після натискання кнопки "СТАРТ". У головному графічному полі програми виводиться біжуча крива в "реальному часі". Основні елементи керування та інформаційні поля в цьому режимі:



- 1 вимірювана залежність напруги від часу;
- 2 дочасна зупинка вимірювання (перехід в режим "Результат");
- 3 поточна напруга на ХДС;
- 4 поточний цикл;
- 5 назва dat-файлу, у який записуються результати.

Під час вимірювання бажано "не відволікати" комп'ютер виконанням інших завдань, особливо якщо процесор не надто "швидкий". Після завершення усіх циклів програма сама зупинить вимірювання і перейде в режим "Результат". Якщо ж потрібно дочасно зупинити вимірювання, скористайтесь кнопкою "СТОП".

Початковий діапазон часу (координатна вісь абсцис) є 0-100 с. Якщо під час вимірювання крива "виходить" за ці межі, то програма



автоматично збільшить масштаб вдвічі. Після завершення вимірювань (усіх циклів) масштаб цієї координатної осі програма підлаштує так, щоб виміряна крива займала все графічне поле.

5.5.3. Режим "Результат"

Програма переходить в цей режим після автоматичного завершення вимірювання (коли виконано усі цикли заряд/розряд) або внаслідок примусової зупинки вимірювання кнопкою "СТОП". Режим "Результат" призначений для візуального спостереження результатів вимірювання та перенесення їх в інші програми кнопкою **Сору** для подальшого математичного опрацювання. Кнопка **Del** призначена для очистки графічного поля і масиву виміряних точок в оперативній пам'яті та переходу в режим "Підготовка".

5.5.4. Методи дослідження у "MTech_CON-pi50-2-battery"

У програму закладено два методи дослідження – "циклування" і "саморозряд". Метод циклування дозволяє виміряти ємність ХДС та його внутрішній опір, а метод "саморозряд" – дослідити динаміку процесу самочинного розряду. В обидвох методах результатом вимірювання є залежність напруги на ХДС від часу. Перед початком вимірювання (режим "Підготовка") слід задати необхідні умови: межі напруг (заряду і розряду), струм та кількість циклів. Останній параметр (кількість циклів) власне і визначає тип методу:

– якщо кількість циклів =1, то реалізується метод "саморозряд"

– якщо кількість циклів >1, то реалізується метод "циклування".

Алгоритм роботи контролера за методом "саморозряд":

1) заряд ХДС вибраним стабільним струмом поки напруга не досягне верхнього граничного значення (**Uc**);

2) звуковий сигнал оператору – в цей момент треба відключити вихід ПИ-50 від ХДС (кнопка "ЯЧ. ОТКЛ.");

3) очікування спаду напруги до нижнього граничного значення (Ud) – в цій фазі "зовнішній" розрядний струм відсутній і спад напруги на ХДС відбувається внаслідок самочинних внутрішніх процесів перетоку заряду між електродами (наприклад пластинами конденсатора).

Варто відзначити, що на динаміку саморозряду конденсатора (особливо на початковому етапі після відключення заряду) може



впливати "нерівномірність" розподілу зарядів на його пластинах. Тому коректнішим було б між етапами 1) та 2) ще додати фазу потенціостатування при **Uc** (напруга заряджання) впродовж певного часу (щоб завершився розподіл заряду на пластинах). Однак, на жаль, в ПИ-50 не передбачено можливості програмного керування режимом роботи – перемикання ГАЛЬВАНОСТАТ/ПОТЕНЦІОСТАТ є "ручним". Тому єдиним варіантом регулювання розподілу заряду перед початком саморозряду є швидкість заряджання – очевидно, чим меншим є струм заряджання, тим рівномірнішим буде розподіл зарядів на пластинах.

<u>Алгоритм роботи контролера за методом "циклування":</u>

1) заряд ХДС вибраним стабільним струмом поки напруга не досягне верхнього граничного значення (**Uc**);

2) розряд ХДС таким же струмом поки напруга не досягне нижнього граничного значення (**Ud**).

3) перехід до п. 1) поки не буде виконано усіх циклів заряд/розряд.

5.6. Порядок роботи з програмою "MTech-G410-2_calc"

Весь експеримент, тобто усі етапи заряд/розряд програма "MTech_CON-pi50-2-battery" записує в один dat-файл. Для того, щоб "розбити" той файл на окремі етапи, порівняти криві заряду/розряду чи ємкості на різних етапах слід скористатись програмою "MTech G410-2 calc". Ця програма дозволяє працювати з dat-файлами, які є в її папці. Отже перед запуском програми слід скопіювати потрібний dat-файл у ту саму папку, де є файл програми "MTech G410-2 calc".

<u>Важливо</u>: програма "**MTech G410-2 calc**" може сприймати лише datфайли без верхньої текстової шапки! Тому, перед роботою з програмою слід вручну видалити з dat-файлу текстовий опис експерименту та позначки колонок щоб в ньому залишились лише самі числові дані циклування (час-напруга-струм).

Елементи керування та інформаційні поля програми:



Tech

1 – кнопка для оновлення списку dat-файлів у папці програми;

2 – список dat-файлів у папці програми;

3 – селектор для "розрідження" точок при копіюванні залежностей;

4 – вибір типу залежності для відображення та копіювання "часнапруга" чи "кількість електрики–напруга";

5 – номер етапу. Колір вказує на тип етапу (заряд чи розряд). При підведенні курсору мишки виводиться значення струму (для заряду струм додатній, для розряду – від'ємний);

6 – зняти виділення з усіх етапів;

- 7 виділення етапів. Число це кількість електрики, мА год;
- 8 запис файлів XXXX.dat для виділених етапів у папку "all";
- 9 копіювання кривої відповідного етапу;
- 10 криві заряду (червоні) та розряду (сині) з номером відп. етапу;
- 11 поле для підказок та контекстної допомоги.



6. Повірка пристрою

Бажано регулярно (1-2 рази на рік) виконувати повірку пристрою. Завдяки використанню високоякісних електронних компонентів іноземного виробництва є висока ймовірність, що пристрій буде справно працювати впродовж багатьох років, однак все ж доцільно перевіряти основні його технічні характеристики. Нижче стисло описано прості методи, як це можна зробити в невибагливих умовах та без спеціального обладнання з використанням основної програми. Єдине, що потрібно, це декілька резисторів (номінали в межах 20 Ом ... 1 кОм), тестер для вимірювання основних характеристик (напруги та опору) і таймер-секундомір. Звичайно, чим вищий клас точності тестера, тим краще. Пристрій має бути підключеним до ПИ-50, а вихід потенціостату слід від'єднати від електрохімічної ячейки і підключити до резистора у "двохелектродному" варіанті та вольтметра в такій полярності:



де REF – електрод порівняння,

CNT – допоміжний електрод,

WRК – робочий електрод.

Підключіть резистор з R=1 кОм та вольтметр. Переведіть ПИ-50 в режим "ПОТЕНЦИОСТАТ", включіть коефіцієнт 1 мА/В (в програмі і на ПИ-50), виберіть режим "І – U". Задайте потенціал U_{поч} в межах



-5,0 ... +5,0 В і натисніть кнопку "U / I". При цьому пристрій подасть на вхід ПИ-50 задану напругу $U_{\Pi 04}$ та виміряє значення напруги на виходах "I" та " ϕ " ПИ-50:



Виміряне значення потенціалу не повинно відрізнятись від показів вольтметра більше, ніж на 0,02 В (макс. 0,2% приведена похибка від розмаху шкали у 10 В). Значення струму повинно відповідати величині U/R. Вказану процедуру повторіть з різними значеннями потенціалу в межах -5 ... +5 В. Використовуючи резистори інших номіналів те саме можна перевірити на інших коефіцієнтах "струм-напруга": 10 мА/В, 0,1 А/В і т.д. Вищеописаним способом перевіряють правильність вимірювання потенціалу та струму.

Для перевірки швидкості розгортки потенціалу слід визначити час вимірювання вольтамперограми. Це можна зробити як з резистором, електрохімічною ячейкою. Для i реальною циклічної так 3 вольтамперометрії тривалість вимірювання повинна відповідати формулі:

$$\boldsymbol{t} = \frac{|\boldsymbol{U}_2 - \boldsymbol{U}_3| \cdot 1000}{\upsilon} \cdot 2\boldsymbol{n},$$

а для класичної (односторонньої) вольтамперометрії:

$$\boldsymbol{t} = \frac{|\boldsymbol{U}_2 - \boldsymbol{U}_1| \cdot 1000}{\upsilon} \cdot \boldsymbol{n}$$

де t – тривалість вимірювання, с;

U1, U2, U3 – потенціали, В;

v – швидкість розгортки, мВ/с;

n – кількість циклів.

Якщо в результаті повірки виявиться суттєве відхилення параметрів пристрою від заявлених технічних характеристик, то слід звернутись в лабораторію **MTech** для проведення ретельної повірки та калібрування.



7. Рекомендації для ефективної роботи

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

- Ячейку бажано розташувати в заземленому металевому екрані.

– З'єднуйте ПИ-50 з ячейкою так, щоб кабелі не утворювали "широкої петлі", яка спричиняє суттєві електромагнітні наводки:



– Під час вимірювань не запускайте на комп'ютері інших програм і взагалі не відволікайте його зайвими задачами (не натискайте кнопок, не рухайте курсор миші і т.д.).

- Не забувайте регулярно повіряти пристрій.

– Не з'єднуйте між собою контакти робочого та допоміжного електродів – це може призвести до різкого зростання струму та вивести з ладу ПИ-50.

8. Посилання

При опублікуванні в науковій періодиці результатів досліджень, одержаних за допомогою контролеру **MTech CON-PI-50M**, уклінно просимо зазначати в експериментальній частині модель пристрою та посилання на web-сайт лабораторії **MTech**. Наприклад:

"Вимірювання вольтамперограм здійснювали в межах потенціалу робочого електрода -0,7...+0,7 В за допомогою потенціостату ПИ-50 та контролеру **MTech CON-PI-50M** [5].

^{5.} chem.lnu.edu.ua/mtech/mtech.htm"



MTech CON-PI-50M

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

Дата	виготовленн	ия пристрою	
Дата	введення в	експлуатацію	
Кінце	евий термін	гарантії	

Контактна інформація щодо сервісного обслуговування: mtech_lab@ukr.net

Виробник _____



Замовник _____