Потенціостат-гальваностат

Універсальний прилад для електрохімічних методів дослідження та аналізу

# MTech PG-410

З програмним керуванням через USB інтерфейс



# ПАСПОРТ ТА КОРОТКА ІНСТРУКЦІЯ

Львів - 2017



# 1. Загальний опис

Потенціостат-гальваностат **MTech PG-410** (далі "пристрій") – це універсальний прилад для електрохімічних методів дослідження та аналізу, який може працювати як потенціостат, гальваностат чи потенціометр.

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

Характеристика	Значення
Діапазон вихідної напруги	-10 +10 B
Діапазон потенціалу робочого електрода*	-2,0 +2,0 B
Швидкість розгортки потенціалу	0,1 4000 мВ/с
Вибір режиму роботи (потенціостат/ гальваностат/потенціометр)	ручний
Дискретність вимірювання напруги	1 мВ
Допустима приведена похибка** стабілізації/вимірювання напруги	≤0,5%
Діапазони струму*	±10, ±2, ±0,5 мА
Вибір оптимального діапазону	ручний
Дискретність задання струму	0,01 мА
Допустима приведена похибка** стабілізації/вимірювання струму	≤0,5%
Тип інтерфейсу "пристрій-ПК"	USB

# 2. Технічні характеристики

\* На вибір замовника.

\*\* "Приведена похибка" – це відхилення значення величини, приведене до розмаху шкали. Наприклад, приведена похибка 0,5% на діапазоні струму ±10 мА відповідає допустимому абсолютному відхиленню у 0,1 мА (0,5% від 20 мА – розмаху шкали). Вказане значення 0,5% є граничним – реальні відхилення переважно значно менші (близько 0,1%).



# 3. Комплектація та гарантійні зобов'язання

Потенціостат-гальваностат **MTech PG-410** – 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" – 3 шт Паспорт та інструкція користувача – 1 шт Програмне забезпечення "**MTech PG-410**" – 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-наліпки.

# 4. Будова та принцип роботи

Спрощена блок-схема пристрою:



МК – мікроконтролер (процесор пристрою)

ЦАП – цифро-аналоговий перетворювач

АЦП – аналого-цифровий перетворювач

С – операційний підсилювач-суматор

ІП – інструментальний операційний підсилювач

СП – операційний підсилювач для перетворення "струм-напруга"



Перемикачі **S1** та **S2** визначають режим роботи приладу. Перемикач **S1** відповідає за комутацію (підключення/відключення) струму у ячейку через допоміжний електрод (ДЕ). Коли **S1** увімкнено, то залежно від положення **S2** прилад працює як потенціостат – підтримує певну напругу між робочим електродом (РЕ) та електродом порівняння (ЕП), чи гальваностат – підтримує певний струм. Коли ж **S1** вимкнуто, то пристрій перебуває в стані "потенціометр" (не залежно від положення перемикача **S2**) – тобто є пасивним спостерігачем за напругою – різницею потенціалів між **РЕ** та ЕП.

Напруга вимірюється за допомогою інструментального підсилювача (ІП) та першого каналу АЦП. Струм вимірюється в колі робочого електрода шляхом вимірювання спаду напруги на прецизійному резисторі R1-R3. Вибір потрібного резистора (і відповідно діапазону струму) здійснюється трипозиційним перемикачем S3. Додатнім вважається струм від РЕ до ДЕ (відповідає процесу окиснення на РЕ), від'ємним – навпаки, струм від ДЕ до РЕ (відповідає відновленню на РЕ).

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

Не залежно від типу ячейки (2- чи 3-електродна) пристрій завжди працює за 3-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 (наприклад електрохімічної ячейки):



В комплекті є відповідні 3 кабелі (довжина ~50 см), на кінцях яких зажими типу "крокодил". Кабелі для <u>Д</u>Е та <u>РЕ</u> – звичайні, а для <u>ЕП</u> – коаксіальний (екранований). Для зручності кабелі мають різний колір:

<u>ДЕ</u> – синій, <u>ЕП</u> – чорний, <u>РЕ</u> – червоний.

# 5. Програмне забезпечення

## 5.1. Встановлення та налаштування

Файл zip-apxiby з папкою інсталяційного пакету потрібно розархівувати на жорсткий диск комп'ютера. Ця папка містить такі компоненти: папки "DRIVERS", "MTech\_CVA-Filtr" 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 (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 папки Після запустити 3 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 (СОМх)", 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 "MTech PG-410". Запустіть файл setup.exe і встановіть програму у створену папку. У папку "MTech PG-410" також перенесіть папку "MTech\_CVA-Filtr".

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 та увімкніть перемикач на задній панелі – 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\_PG-410.exe. Якщо всі попередні дії зроблено правильно, то програма встановить зв'язок з пристроєм і Ви побачите вікно програми:



🚺 Потенціостат-гальваностат MTech PG-410	
Lianason I I MA 10.00	
C (1) ±0.55 MA	
(c (3) ±10 mA	
Перемикачі	
Методи	
Класична вольтамперометрія	
С Циклічна вольтамперометрія	
С Амперометричне титрування	
С Потенціостатична кулонометрія	
О Хроноамперометрія	
С Амперостатична кулонометрія	
С Циклування ХДС	
С. Потенціометричне титрування	
С Хронолотенціометрія	
Класична вольтамперометрія	
U1= 0.00 B	
U2= 1.00 B	
dl l/dt= 500 mB/c	
START STOP 10.00	
005 T=0.0 C U=-0.001 B I=0.001 MA Copy ALL Copy X-Y Del U, B	1.05

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> важливо щоб розділювачем цілої та дробової частини числа була крапка (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".

Інша програма ("**MTech CVA-Filtr**") інсталяції не потребує. Вона призначена для згладження виміряних вольтамперограм через корекцію дискретності значень АЦП. Порядок роботи дуже простий: виділіть таблицю з точками вольтамперограми (дві колонки: потенціал-струм), скопіюйте у буфер пам'яті ПК, а в програмі клікніть "**PASTE and FILTR**".



#### 5.2. Порядок роботи з програмним забезпеченням

Програмне забезпечення "**MTech PG-410**" можна запускати лише після підключення увімкнутого пристрою до USB порту комп'ютера. В іншому випадку з'явиться повідомлення про помилку. <u>Загалом</u> послідовність роботи повинна бути такою:

– під'єднати вилку кабеля живлення пристрою у стандартну розетку
~220 В / 50 Гц та увімкнути перемикач на задній панелі. 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;
- вимкнути пристрій і від'єднати кабель живлення від розетки.

Програмне забезпечення є універсальним і дозволяє користувачу реалізувати низку електрохімічних методів дослідження/аналізу:

Метод	Режим роботи пристрою	
класична вольтамперометрія		
циклічна вольтамперометрія		
амперометричне титрування	потенціостат	
потенціостатична кулонометрія		
хроноамперометрія		
амперостатична кулонометрія	гальваностат	
циклування ХДС		
потенціометричне титрування	гальваностат (з поляриз. струмом)	
(3 різновиди)	потенціометр (без струму)	
хронопотенціометрія	потенціометр	



Перед початком вимірювання слід вибрати потрібний діапазон струму (а), метод дослідження (б) та його параметри (в):



Детальний опис значення усіх елементів вікна програми виводиться у нижньому текстовому полі. В залежності від вибраного методу програма покаже у вікні "Перемикачі", у яких положеннях повинні бути перемикачі <u>під час вимірювань</u>. Перший перемикач ("яч. вкл.", він же **S1**) доцільно вмикати вже після натискання кнопки **START**, тобто безпосередньо перед початком вимірювання. Отже, алгоритм такий:

- вибрати параметри (діапазон струму, метод, його налаштування);

– клікнути кнопку **START**. Програма виведе попередження: "Переконайтесь, що положення перемикачів на приладі відповідає вибраному методу". Тут слід перевірити чи перемикачі **S2** (режим роботи), **S3** (діапазон струму) на панелі приладу є в тих же положеннях, як зображено у програмі у вікні "Перемикачі";

- увімкнути за потреби ячейку (S1);

– клікнути на кнопку ОК;

– дочекатись завершення вимірювання (або примусово зупинити його кнопкою **STOP**);

– вимкнути ячейку (<mark>S1</mark>).

Тобто між вимірюваннями бажано перемикач **S1** залишати у вимкнутому стані. Також бажано перемикач **S2** залишати у положенні "гальваностат".



MTech

Під час вимірювань програма показує поточні значення часу (а), напруги (б), струму (в), виводить на графічному полі вимірювану залежність (г) та записує результати вимірювань в оперативну пам'ять ПК і на жорсткий диск як dat-файл (д) у папку програми, який згодом можна імпортувати в інші програми для обробки (наприклад Origin):





Dat-файл містить таблицю з п'яти колонок:

час (с) – напруга (В) – струм (мА) – к-сть ел. (Кл) – об'єм титранта (мл)

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)

Наприклад, якщо запустити вимірювання 17 лютого 2018 року о 9 год. 35 хв, то назва файлу буде така:

#### 17-02-2018\_09-35.dat

Після завершення вимірювань програма видає звуковий сигнал, нагадує про доцільність вимкнення ячейки (S1) і активує кнопки для копіювання повної п'ятиколонкової таблиці виміряних значень (а) чи двоколонкової таблиці зображеної залежності (б), тип якої залежить від вибраного методу. Наприклад, для вольтамперометричних методів, це буде таблиця "напруга-струм", для потенціометричного титрування – "об'єм-напруга" і т.д. Кнопкою **Del** (в) очищають оперативну пам'ять і переходять до підготовки нового експерименту:



Детальний опис методів дослідження/аналізу викладено в наступному розділі.



# 6. Методи

#### 6.1. Класична вольтамперометрія

В цьому методі вимірюють вольтамперограму – залежність струму від напруги (різниці потенціалів між **РЕ** і **ЕП**) при однократній лінійній розгортці від **U1** до **U2** (В) із певною швидкістю розгортки **dU/dt** (мВ/с). Зазначені налаштування вносять у відповідні поля параметрів експерименту:

-Класична вольтамперометрія				
U1=	-0.20	в		
U2=	1.30	в		
dU/dt=	50.0	мВ/с		

В процесі вимірювання у графічному полі відображається вольтамперограма, а в нижніх текстових полях – поточні значення часу, напруги та струму. При досягненні кінцеї напруги розгортки процес вимірювання зупиняється. Якщо швидкість розгортки не перевищує 100 мВ/с, то можна й дочасно зупинити вимірювання кнопкою **STOP**.

Для досягнення максимальної точності вимірювання вольтамперограми слід вибирати оптимальний діапазон струму. Якщо наперед нічого не відомо про значення струму, то спершу слід виміряти на найгрубшому діапазоні (±10 мА), а потім повторити експеримент на оптимальному. Наприклад, якщо під час пробного експерименту на діапазоні ±10 мА виявилось, що струм не перевищує 1,5 мА, то повторне вимірювання слід виконати на діапазоні ±2 мА.

У цифрових потенціостатах під "лінійною" розуміють ступінчасту розгортку потенціалу, крок (**dU**) і період (**dt**) якої залежить від вибраної швидкості розгортки. Чим вища швидкість розгортки тим більшим є крок приросту потенціалу і меншим період (тривалість сходинки). У приладі **MTech PG-410** приріст потенціалу є в межах приблизно від 1 до 10 мВ залежно від швидкості розгортки.

Період сходинки умовно ділиться на 3 рівні частини: впродовж першої частини прилад не здійснює жодних вимірювань (в цей час переважає ємнісна складова струму, яка не є інформативною), впродовж другої частини вимірюється напруга, а впродовж останньої третьої частини прилад вимірює струм (в цей час ємнісний струм є мінімальний і домінує фарадеєвська компонента струму). В такий спосіб вдається



досягнути задовільного співвідношення фарадеєвського та ємнісного струмів. На цьому рисунку схематично показано розгортку потенціалу в часі та моменти вимірювання напруги і струму:



#### 6.2. Циклічна вольтамперометрія

В цьому методі також вимірюють вольтамперограму, але розгортка потенціалу відбувається циклічно в такій послідовності:

 $U_{\text{поч}} \rightarrow U_{\text{меж1}} \rightarrow U_{\text{меж2}}$ 

із певною швидкістю розгортки **dU/dt** (мB/c). Зазначені налаштування разом з необхідною кількістю циклів (**n**) вносять у відповідні поля параметрів експерименту:

Циклічна вольтамперометрія —
U= 0.00 1.50 -1.50 B
dU/dt= 50.0 MB/c
n= 7

Як **U**<sub>поч</sub> найчастіше задають рівноважний потенціал **PE**, виміряний без поляризуючого струму, коли ячейка вимкнута (**S1**). Принцип вимірювання та ступінчастої розгортки такий самий, як і при класичній вольтамперометрії. Додатково програма показує поточний номер циклу (у жовтому текстовому полі).



#### 6.3. Амперометричне титрування

Це різновид титриметрії, в якому точку еквівалентності знаходять на зламі кривої залежності струму від об'єму титранта. Вимірювання струму відбувається при сталому значенні напруги, яка задається у відповідному полі параметрів методу:

Амперометричне титрування		
U= 1.00 B		
V= 0.00 мл	PLOT	

Вимірювання струму та відкладання точок на криву титрування відбувається кліками на кнопку **PLOT**. Перед кожним таким кліком слід внести у систему наступну порцію титранту та вказати загальний його поточний об'єм. Отже, послідовність роботи така (показано на прикладі титрування при потенціалі 1 В порціями титранта по 0,5 мл):

1) вказати необхідний потенціал РЕ (1,00 В);

2) натиснути кнопку START;

3) дочекатись стабілізації показів струму;

4) клікнути на кнопку **PLOT** – при цьому на графік буде відкладено першу точку кривої титрування (коли V=0 мл);

5) внести у систему порцію титранта (0,5 мл);

6) вказати об'єм титранта (0,5 мл) у поле "V=";

7) дочекатись стабілізації показів струму;

8) клікнути на кнопку **PLOT** – при цьому на графік буде відкладено другу точку кривої титрування (коли V=0,5 мл);

і т.д. .....

Тобто щоразу після додавання чергової порції титранта вказують його загальний доданий об'єм у полі "V=", чекають на стабілізацію показів струму і клікають на кнопку **PLOT**.

Вимірювання струму відбувається неперервно кожних ~0,5 с, при цьому задана напруга підтримується лише на час вимірювання струму, а між вимірюваннями потенціал **PE** рівний 0 В. Запис і відкладання чергової точки на графік відбувається лише після кліку на **PLOT**. Тому важливо перед кожним таким кліком вказати поточне значення загального об'єму доданого титранта.





Після завершення експерименту слід клікнути на кнопку **STOP**:

після чого активуються кнопки "**Сору ALL**" та "**СОРҮ X-Y**" для копіювання виміряної кривої титрування.

# 6.4. Потенціостатична кулонометрія

Різновид кулонометрії, за якого електрохімічний процес на робочому електроді відбувається при сталому потенціалі. Загалом є два різновиди кулонометричного методу аналізу – пряма кулонометрія та кулонометричне титрування. Перший з цих методів здебільшого реалізують у потенціостатичному режимі, а другий – амперостатичному. Потенціостатичну кулонометрію використовують для визначення електроактивних речовин, перетворення яких на робочому електроді відбувається з 100% виходом за струмом.

В процесі електролізу струм поступово зменшується і експеримент завершують, коли струм досягне певної частки від його початкового значення. У програмі **MTech PG-410** кінцевий струм задають у відсотках від початкового в межах 0,1...50 % :



Потенціостат. кулонометрія					
	U= [	-0.80	В		
	(fin)= [	1.0	%	0.0%	
	Q =	0.0000	Кл		

В процесі вимірювань програма показує поточний струм (у % від початкового), кількість електрики (у Кл) та будує криву залежності струму від часу:



Кількість електрики програма розраховує шляхом чисельного інтегрування кривої залежності струму від часу методом трапецій.

Після досягнення кінцевого струму програма зупиняє електроліз та активує кнопки "**Copy ALL**" та "**COPY X-Y**" для копіювання виміряної кривої.



## 6.5. Хроноамперометрія

У цьому методі вимірюють залежність струму від часу експерименту при сталому значенні потенціалу РЕ. У цьому відношенні метод подібний до потенціостатичної кулонометрії, однак мета експерименту полягає не просто у визначенні кількості електрики, а у фіксації часу (якісна характеристика) та величини (кількісна характеристика) сигналу струмового типу. Наприклад, коли потрібно виміряти хроноамперограму амперометричного датчика, вмонтованого на виході хроматографічної колонки.

Перед початком експерименту слід вказати потенціал **РЕ**, часовий крок реєстації струму та, за потреби, обмежити загальну тривалість експерименту:

Хроноамперометрія		
U= 1.00	в	
dt= 0.5	с	
t (max)= 0.0	хв	

Якщо тривалість експерименту обмежувати не потрібно (оператор планує зупинити реєстрацію вручну), то у поле "**t (max)=**" слід задати 0. Приклад хроноамперограми:



MTech

#### 6.6. Амперостатична кулонометрія

Амперостатичний (гальваностатичний) різновид методу кулонометрії здебільшого реалізують у кулонометричному титруванні. Прилад працює у гальваностатичному режимі (стабільний струм) і з однаковою швидкість електрогенерує титрант із допоміжної речовини (наприклад йод з йодид-іона), який взаємодіє з визначуваною речовиною.

Перед початком експерименту оператор вказує єдиний параметр – струм електролізу:

Амперостат. кулонометрія				
I= 2.00 MA				
Q = 0.0000 Кл				

В процесі експерименту програма виводить поточне значення кількості електрики, розраховане як добуток струму на час, та будує криву залежності потенціалу **РЕ** від часу.

Слід зазначити, що в цьому методі не передбачено автоматичної зупинки експерименту – це слід робити вручну (наприклад, коли з'явиться забарвлення індикатора). Інколи кінець титрування вдається зафіксувати за різкою зміною потенціалу **РЕ**.

#### 6.7. Циклування хімічних джерел струму (ХДС)

Метод полягає V багатократному заряджанні/розряджанні вторинних хімічних джерел струму (наприклад Ni/Cd чи Ni/MH акумуляторів) в амперостатичному режимі – струми заряджання і розряджання фіксовані, абсолютним значенням але за можуть відрізнятись між собою). Циклування ХДС використовують для визначення їхньої ємності (частіше питомої ємності, приведеної до 1 г електроактивного матеріалу), діапазону допустимих напруг У зарядженому і розрядженому станах, деградацію в часі (за зменшенням ємності по мірі збільшення числа циклів заряд/розряд), визначення внутрішнього опору і т.д. Також амперостатичне циклування можна використовувати для електрохімічного гідрування досліджуваних матеріалів.



Досліджуване ХДС підключають до приладу, як це показано на С. 4., зазначають необхідні параметри: струми заряджання (додатні) та розряджання (від'ємні), граничні напруги, до яких слід заряджати/розряджати, часовий крок вимірювань і кількість циклів:



На вищеприведеному рисунку вказані такі умови експерименту:

- 1) процес циклування розпочати з етапу "заряджання";
- 2) заряд проводити струмом 5 мА поки напруга не досягне 1,6 В;
- 3) розряджати слід струмом 6 мА поки напруга не впаде до 0,7 В;
- 4) вимірювати (і відкладати на графік точки) слід кожних 5 с;
- 5) загалом виконати 10 циклів заряд/розряд.

В процесі циклування програма виводить усі поточні значення (час, струм, напруга, номер циклу) та будує графік залежності напруги від часу <u>для поточного етапу</u>! Тобто у dat-файл записуються точки усіх етапів підряд, а відображається графік лише для поточного етапу. Аналогічно розраховані значення кількості електрики (Кл), що заносяться у 4-ту колонку dat-файла, стосуються лише поточного етапу. При цьому додатні значення струму і кількості електрики вказують на етап заряджання, а від'ємні – на розряджання.

#### 6.8. Потенціометричне титрування

Це різновид титриметрії, в якому точку еквівалентності знаходять за різкою зміною потенціалу індикаторного ("робочого") електрода на кривій титрування – залежності потенціалу від об'єму титранта. Є три варіанти реалізації цього методу на приладі **МТесh PG-410**:

а) <u>звичайне потенціометричне титрування</u>:

струм в колі відсутній, прилад працює в режимі "потенціометр", міряємо рівноважний потенціал за двохелектродною схемою: клему ЕП підключають до електроду порівняння (наприклад аргентумхлоридного чи каломелевого), клему РЕ підключають до індикаторного електроду (наприклад платинового мікроелектроду), кабель ДЕ залишають незадіяним:





Це "класична" схема, яка підходить для більшості оборотних редокс систем.

б) <u>потенціометричне титрування "під струмом" (з поляризованим</u> <u>індикаторним електродом)</u>:

індикаторний електрод поляризують невеликим струмом (переважно не більше 0,01-0,05 мА), прилад працює в режимі "гальваностат" на найчутливішому діапазоні струму (1), міряємо потенціал **РЕ** за триелектродною схемою:



в) <u>потенціометричне титрування "під струмом" (з двома</u> <u>поляризованими індикаторними електродами)</u>:

два індикаторні електроди поляризують невеликим струмом (переважно не більше 0,01-0,05 мА), прилад працює в режимі "гальваностат" на найчутливішому діапазоні струму (1), міряємо потенціал **РЕ** за двохелектродною схемою, <u>але із підключенням клеми</u> <u>ДЕ</u>:





Варіанти методу "*nid струмом*" використовують для потенціометричного титрування у випадку необоротних редокс систем (чи "квазіоборотних" коли рівноважний потенціал без струму встановлюється занадто довго).

У приладі **MTech PG-410** вибір потрібного різновиду потенціометричного титрування задається через значення поляризуючого струму – якщо "0", то вибрано "класичну" схему, якщо >0, то "*nid струмом*".

В методичному відношенні титрування виконують подібно до амперометричного (див. 6.3) – після кожної доданої порції титранта зазначають його загальний введений об'єм, чекають на стабілізацію напруги і клікають на **PLOT** для реєстрації і відкладання чергової точки.

[	Потенціометр. титрування					
	l= [ (	0.00	мΑ			
	V= [ [	).00	мл	PL	DT	

На вищеприведеному рисунку показано вікно параметрів перед початком "класичного" титрування (поляр. струм=0).

#### 6.9. Хронопотенціометрія

Метод грунтується на вимірюванні залежності рівноважного потенціалу від часу в режимі приладу "потенціометр" за двохелектродною схемою (без <u>ДЕ</u>):





Цим методом можна вивчати оборотність редокс систем, досліджувати кінетичні характеристики електрохімічних процесів і т.д.

Перед початком вимірювання хронопотенціограми зазначають параметри експерименту:

Хронопотенціометрія			
dt=	0.5	с	
dU (min)=	0.000	В	
t (max)=	0.0	хв	

dt – часовий крок вимірювання кривої;

dU (min) – мінімальна зміна потенціалу для реєстрації точки;

t (max) – обмеження загальної тривалості експерименту (якщо 0, то без обмежень).

Крива буде реєструватися шляхом вимірювання кожних **dt** секунд, але точка записуватиметься у файл і оперативну пам'ять лише якщо потенціал змінився (порівняно з попередньою записаною точкою) на ≥ **dU (min)** – це зроблено для зменшення загальної кількості точок (з однаковим потенціалом) при дослідженні сильно необоротних систем чи коли потенціал змінюється дуже повільно.

По аналогії з хроноамперометрією, цей метод також можна використовувати для реєстрації кривих з потенціометричних датчиків.



# 7. Умови ефективної та безпечної роботи

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

– З'єднуйте пристрій з ячейкою чи 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 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".

– 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 **МТесh**: Наприклад:

"Вимірювання вольтамперограм виконували за допомогою потенціостатагальваностата MTech PG-410 [5].

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



# MTech PG-410

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

Дата	виготовленн	ия пристрою	жовтень 2017 р
Дата	введення в	експлуатацію _	листопад 2017 р.
Кінце	евий термін	гарантії	_листопад 2018 р

Контактна інформація щодо сервісного обслуговування: i patsay@franko.lviv.ua aбo mtech lab@ukr.net

Виробник



Замовник \_\_\_\_\_