

Цифровий контролер
потенціостату ПИ-50

MTech CON-PI-50-2

**З програмним керуванням
через USB інтерфейс**

КОРОТКА

ІНСТРУКЦІЯ КОРИСТУВАЧА

**програмного забезпечення для
дослідження суперконденсаторів**

Львів - 2015

1. Загальний опис

Програмне забезпечення для дослідження суперконденсаторів за допомогою потенціостату ПИ-50 та контролеру **MTech CON-PI-50-2** (далі "програма") призначене для вимірювання залежності напруги на конденсаторі від часу під час гальваностатичного заряджання і розряджання ("циклування") а також під час самочинного розряду (за відсутності розряджаючого струму).

2. Технічні характеристики

Характеристика	Значення
Діапазон напруг заряду/розряду	0 ... 5 В
Допустима відносна похибка вимірювання напруги	≤0,1%
Межі струму заряду/розряду	0,1 ... 1000 мА
Період вимірювання напруги	5 мс * 10 мс 20 мс 50 мс 100 мс
Максимальна к-сть циклів заряд/розряд	1000 **

Примітки:

* залежить від швидкодії персонального комп'ютера та його завантаженості виконанням сторонніх (в т.ч. фонових) програм.

** за умови, що загальна к-сть виміряних точок t-U не перевищить 1 млн.

3. Підключення суперконденсатора

Підключення суперконденсатора до ПИ-50 здійснюється за двох-електродною схемою (див. мануал до **MTech CON-PI-50-2**) – виходи допоміжного та електроду порівняння з'єднують з клемою "-", а вихід робочого електрода з клемою "+" суперконденсатора. Перед підключенням суперкондесатор бажано розрядити, а ПИ-50 перевести в режим "ГАЛЬВАНОСТАТ".

4. Програмне забезпечення

4.1. Встановлення та налаштування

Виконавчий файл програми (mtech_CON-pi50-2-SuperCap.exe) слід записати у ту ж папку, де раніше було заінстальовано основне програмне забезпечення контролера **MTech CON-PI-50-2**. Загалом цього достатньо для роботи з програмою, бо вона використовує ті самі додаткові файли, що й основне програмне забезпечення. Якщо ж при запуску mtech_CON-pi50-2-SuperCap.exe з'явиться повідомлення про помилку, зверніться у лабораторію **MTech** – ми надішлемо Вам окремий інсталяційний пакет.

4.2. Призначення

– Програмне керування потенціостатом ПИ-50 через контролер **MTech CON-PI-50-2** для вимірювання кривих:

1) гальваностатичного циклування (заряд/розряд) суперконденсаторів;

2) безструмового (самочинного) розряду суперконденсаторів.

– Реєстрація та графічне відображення виміряних залежностей напруги суперконденсатора (В) від часу (с).

– Копіювання виміряних залежностей у буфер обміну комп'ютера для перенесення інформації в інші програми (у форматі таблиці з двома стовпчиками t-U).

– Запис виміряних залежностей у файл "data.dat" для збереження/перенесення інформації у інші програми (у форматі таблиці з двома стовпчиками t-U). Зазначений файл записується у ту саму папку, де була встановлена програма.

4.3. Порядок роботи

4.3.1. Запуск та завершення роботи програми

Програму можна запускати лише після підключення контролера до USB порту комп'ютера. В іншому випадку з'явиться повідомлення про помилку. Загалом послідовність роботи повинна бути такою:

- підключити три кабелі контролера до потенціостату ПИ-50 *;
- увімкнути потенціостат ПИ-50 та дати йому "прогрітись";
- перевести ПИ-50 в режим "ГАЛЬВАНОСТАТ";
- підключити контролер до USB порту комп'ютера;
- запустити програму;
- підключити суперконденсатор до ПИ-50 (див. розділ 3);
- виконати необхідні вимірювання;
- відключити суперконденсатор від ПИ-50;
- закрити програму;
- відключити контролер від USB порту комп'ютера *;

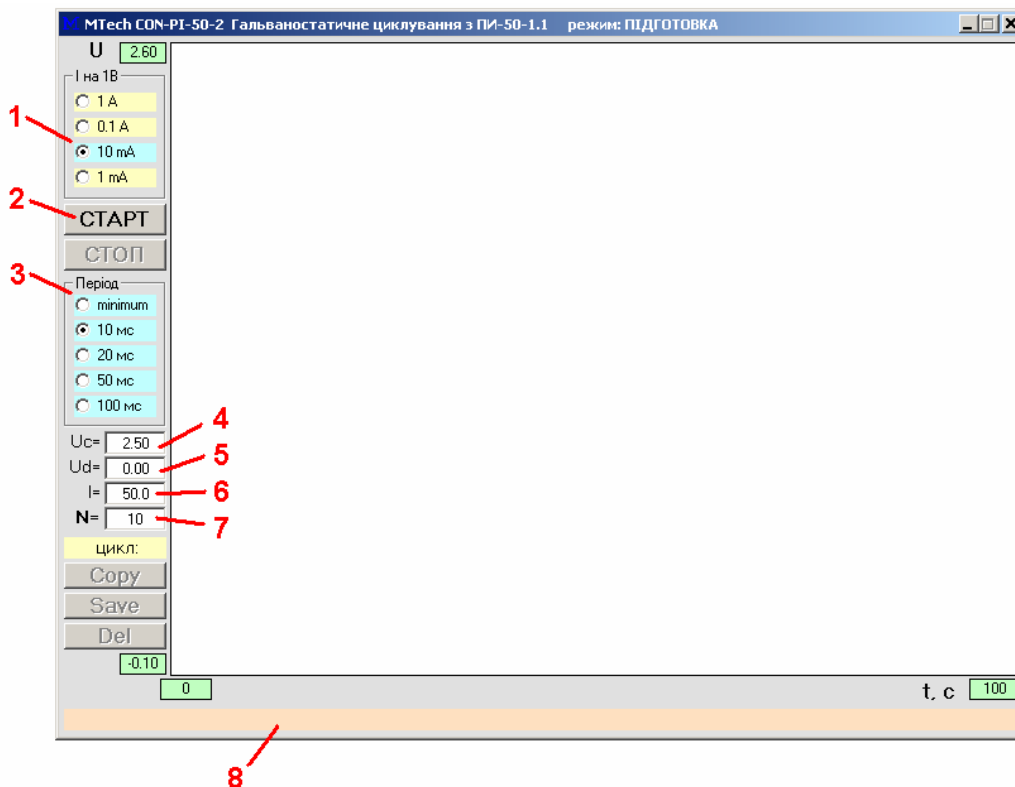
* Якщо передбачається стаціонарне (не "мобільне") використання контролера, то він може бути постійно підключеним до комп'ютера та потенціостата ПИ-50. Однак при цьому бажано відключати USB кабель контролера перед вимкненням комп'ютера.

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".

4.3.2. 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. Основні елементи керування та інформаційні поля в цьому режимі:



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

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

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

перше значення (**minimum**) відповідає найвищій швидкодії контролера, воно не є чітко визначеним, оскільки залежить від потужності ПК, на якому працює програма, та його завантаженістю виконанням інших (в т.ч. фонових) програм – орієнтовно цьому значенню відповідає період 5 мс

4 – напруга заряду (до якої напруги буде заряджатись суперконденсатор, В);

5 – напруга розряду (до якої напруги буде розряджатись суперконденсатор, В);

6 – струм заряду/розряду (мА);

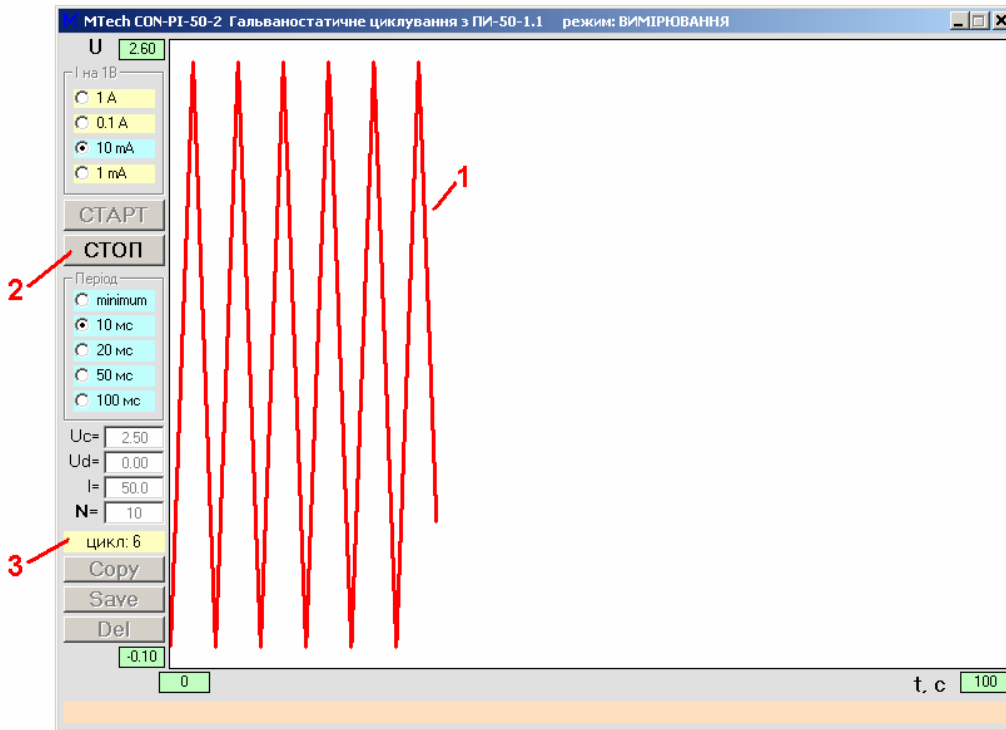
7 – кількість циклів заряд/розряд:

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

8 – інформаційне поле для підказок та контекстної допомоги.

4.3.3. Режим "Вимірювання"

Цей режим активний під час 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:



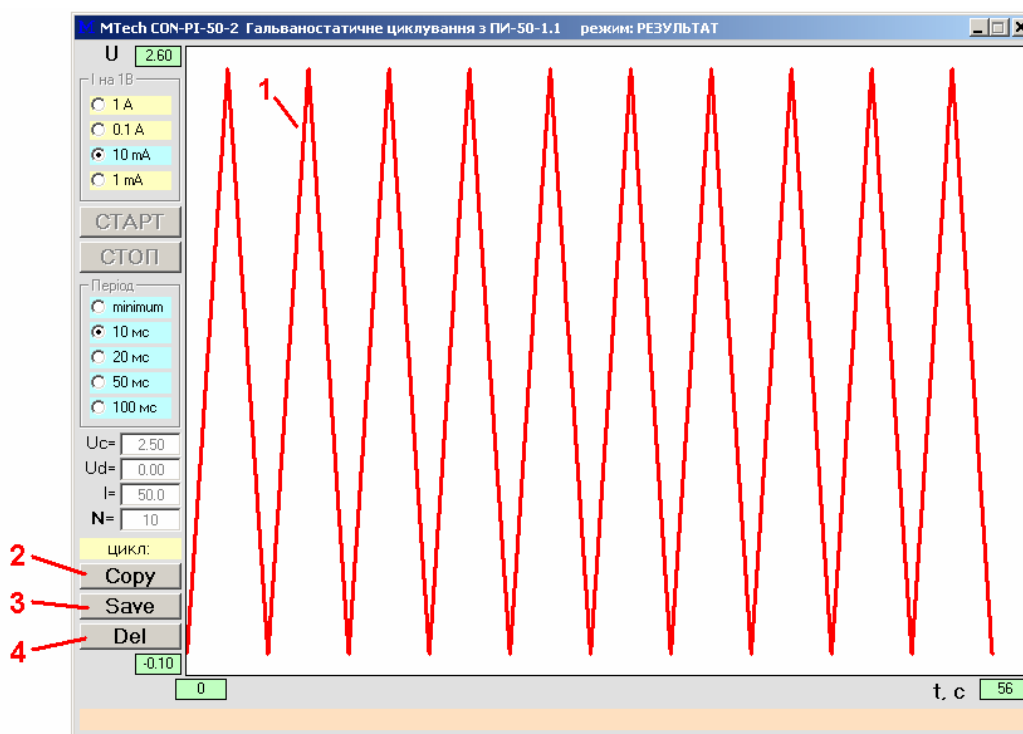
- 1 – вимірювана залежність напруги від часу;
- 2 – дочасна зупинка вимірювання (перехід в режим "Результат");
- 3 – біжучий цикл.

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 біжучого циклу. Після завершення вимірювань (усіх циклів) масштаб цієї координатної осі програма підлаштує так, щоб вимірювана крива займала все графічне поле.

4.3.4. 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, запису чи перенесення їх в інші програми для подальшого математичного опрацювання. Основні елементи керування та інформаційні поля в цьому режимі:



- 1 – виміряна залежність напруги від часу;
- 2 – копіювання виміряної кривої у буфер обміну комп'ютера для перенесення в інші програми (табличка з двох стовпчиків $t, c - U, V$);
- 3 – запис виміряної кривої у файл `data.dat` для збереження чи перенесення в інші програми (табличка з двох стовпчиків $t, c - U, V$);
- 4 – видалення результатів (перехід в режим "Підготовка").

На цьому рисунку зображено криву для методу дослідження "циклування". Для методу "саморозряд" вид кривої буде іншим – спочатку лінійне зростання напруги (фаза гальваностатичного заряду), а потім поступове зменшення напруги (фаза самочинного розряду за відсутності розрядного струму).

4.4. Методи дослідження

У програму закладено два методи дослідження – "циклування" і "саморозряд". Метод циклування дозволяє виміряти ємність суперконденсатора та його внутрішній опір, а метод "саморозряд" – дослідити динаміку процесу самочинного розряду. В обидвох методах результатом вимірювання є залежність напруги на суперконденсаторі 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 суперконденсатора вибраним стабільним струмом поки напруга не досягне верхнього граничного значення (U_c);

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

3) очікування спаду напруги до нижнього граничного значення (U_d) – в цій фазі "зовнішній" розрядний струм відсутній і спад напруги на суперконденсаторі відбувається внаслідок самочинних внутрішніх процесів перетоку заряду між обкладками.

Варто відзначити, що на динаміку саморозряду суперконденсатора (особливо на початковому етапі після відключення заряду) може впливати "нерівномірність" розподілу зарядів на його обкладках. Тому коректнішим було б між етапами 1) та 2) ще додати фазу потенціостатування при U_c (напруга заряджання) впродовж певного часу (щоб завершився розподіл заряду на обкладках). 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 обкладках.

Алгоритм роботи контролера за методом "циклування":

1) заряд суперконденсатора вибраним стабільним струмом поки напруга не досягне верхнього граничного значення (U_c);

2) розряд суперконденсатора таким же струмом поки напруга не досягне нижнього граничного значення (U_d).

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

5. Рекомендації для ефективної роботи

– Для зменшення впливу опору провідників підключайте суперконденсатор до ПИ-50 кабелями із значним перерізом (товщиною) і мінімально можливою довжиною.

– Забезпечте надійний контакт між клемми суперконденсатора і провідниками.

– Забезпечте мінімальну індуктивність з'єднувальних кабелів, не скручуйте їх "у спіраль", це особливо важливо для коректного вимірювання напруги під час перехідних процесів (на етапі переходу від фази "заряд" до фази "розряд").

– 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 перевіряти контролер (як це описано у розділі 6 основного мануала до **MTech CON-PI-50-2**).

– Не з'єднуйте між собою клеми суперконденсатора під час вимірювань – це може вивести з ладу ПИ-50 та, ймовірно, і сам суперконденсатор.

6. Посилання

При опублікуванні в науковій періодиці результатів досліджень, одержаних за допомогою контролеру **MTech CON-PI-50-2** та відповідного програмного забезпечення, уклінно просимо зазначати в експериментальній частині модель пристрою та посилання на web-сайт лабораторії **MTech**. Наприклад:

"Циклування суперконденсаторів в гальваностатичному режимі в межах напруг 0...2,5 В та струму 100 мА виконували за допомогою потенціостату ПИ-50 та контролеру **MTech CON-PI-50-2** [5].

.....

5. <http://www.lnu.edu.ua/faculty/Chem/mtech/mtech.htm>."

MTech CON-PI-50-2

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

програмне забезпечення для дослідження суперконденсаторів

Дата розробки _____ грудень 2015 р _____

Контактна інформація щодо сервісного обслуговування:
i_patsay@franko.lviv.ua або mtech_lab@ukr.net

Виробник _____

Замовник _____

