

REJESTRATOR POMIAROWY czterokanałowy

mR4

i

REJESTRATOR POMIAROWY trójkanałowy z przerywaczem

mR3p

Część II.
PROGRAM *mRgui*
Wersja V1.22

WYDANIE DRUGIE

Warszawa wrzesień 2015

7.

Użytkownicy rejestratorów **mR4/mR3p** i czytelnicy instrukcji obsługi
proszeni są o zgłaszanie wątpliwości, uwag krytycznych, niejasności i innych usterek,
mailem pod adresem L.INSTRUMENTs
biuro@linstruments.com.pl

Instrukcja użytkowania składa się z czterech części:

Część I. Obsługa

Część II. Program **mRgui**

Część III. Zastosowania w ochronie katodowej przed korozją

Część IV. Wyposażenie pomocnicze

Spis treści części II

1 Wstęp	5
1.1 Używane terminy	5
1.2 Wprowadzenie	6
1.3 Zestawienie połączenia z komputerem	6
2 Panel główny	8
2.1 Wybór portu COM. Nawiązanie połączenia	8
2.2 Wyświetlenie „logów” lub stanów bieżącej pracy	10
3 Nastawianie	10
3.1 Nastawianie zegara	12
3.2 Nastawianie przerywacza	13
3.3 Nastawy kanałów pomiarowych	13
3.3.1 Wybór zakresów	13
3.3.2 Kalibracja użytkownika	14
3.3.2.1 Dołączenie czujnika	15
3.3.2.2 Pomiar prądu	17
3.4 Zapis	18
3.5 Krok próbkowania i krok zapisu	19
3.6 Sterowanie	19
3.7 Rejestracja	20
4 Inne funkcje panelu głównego	21
4.1 Operacje plikowe	21
4.2 Zamknięcie programu	22
4.3 Kształtowanie strumienia <i>Bluetooth</i>	23
4.4 Odczyt stanu bieżącego	23
4.5 Wyświetlanie pomiarów	23
4.5.1 Informacje ogólne	26
4.5.2 Wielkości mierzone	26
4.5.3 Uproszczone nastawy	28
4.5.4 Wyświetlanie	28
5 Opcje dodatkowe	29
5.1 Zerowanie	29
5.2 Wyrównanie potencjałów	30
5.3 Zapis ‘Do pliku’	32
5.4 Wyznaczanie rezystancji boczników i pomiar prądu	34
5.5 Wykresy	36
5.5.1 Ekran $st(t) + gr(t) + CIPS$	37
5.5.2 Ekran $st(t) + XY$	38
5.5.3 Ekran $st(t) + spectrum$	39

1 WSTĘP

1.1 Używane terminy

Panel – pojedyncze okno widziane na ekranie komputera; panele mogą na siebie zachodzić.

Kontrolka – autonomiczne pole na ekranie komputera, służące do sygnalizacji (np. kontrolka LED) lub do nastawiania (np. za pomocą strzałek inkrementacji, dekrementacji, wyboru) lub do wpisów z klawiatury komputera.

Czas wyłączenia, czas przerwy, OFF, t_{OFF} – czas, w którym przerywacz blokuje przepływ prądu.

Czas załączenia, ON, t_{ON} – czas, w którym przez przerywacz płynie prąd.

Cykl, czas cyklu, okres ($OFF + ON$) – suma czasu wyłączenia prądu i czasu załączenia $t_{OFF} + t_{ON}$.

MR.INI – opcjonalny plik zawierający nastawy rejestratora, zapisywany na karcie *microSD*.

EEPROM – pamięć nieulotna.

Wtyczka inteligentna – zewnętrzne urządzenie współpracujące z rejestratorem **mR4/mR3p** zawierające 1-wire EEPROM, dodatkową elektronikę wykonawczą i/lub zespół zacisków, złącz lub gniazd.

Wtyczka uniwersalna WU – wtyczka inteligentna dostarczana standardowo z każdym rejestratorem **mR4/mR3p**. Wtyczka **WU** dla rejestratora **mR3p** różni się od wtyczki **WU** dla rejestratora **mR4** tym, że zamiast kanału pomiarowego K1 wyprowadza wyjścia przerywaczy PP (zaciski 1-2) i PT (zaciski 3-4). Wtyczek rejestratorów **mR4** i **mR3p** można używać zamiennie, lecz w obu przypadkach nie można wówczas korzystać z kanału K1.

Wtyczka dedykowana WD – wtyczka inteligentna w specjalnej obudowie zawierająca elektronikę wykonawczą dedykowaną do określonego celu wraz z niezbędnym zespołem zacisków, np. **WDB** – wtyczka do pomiaru rezystancji boczników rurociągowych.

Krok próbkowania jest stały i wynosi 1/8s.

Krok wyświetlania – krok, z jakim wyświetlane są dane na ekranie komputera 1/8s ... 1s.

Krok zapisu – wartość średnia kroków zapisu na karcie *micro SD*, zakres nastaw 1/8s ...3600s.

Krok zapisu stały – nastawiony krok zapisu (1/8s ...3600s) niezmienny w czasie eksperymentu pomiarowego.

Krok zapisu zmienny – w czasie eksperymentu pomiarowego może się zmieniać: szybki/wolny, wolny/szybki.

Krok szybki – krok zapisu 1/8s ...1s.

Krok wolny – krok zapisu 2s...3600s,

Kryterium zmiany kroku – warunek, który powoduje przełączenie kroku wolnego na szybki i powrót do kroku wolnego.

1.2 Wprowadzenie

Program **mRgui** służy do komunikacji rejestratorów **mR4/mR3p** z komputerami i tabletami pracującymi w systemie WINDOWS (XP, 7, 8.0, 8.1). Program umożliwia wprowadzanie nastaw, odczytywanie rejestracji oraz implementację dodatkowych dalej opisanych funkcji, a także podglądanie bieżących wyników pomiarów w postaci graficznej (wykresy powstające w czasie rzeczywistym) i w postaci tekstowej (liczby opisujące mierzone wielkości).

Za pomocą tego programu użytkownik może dokonać kalibracji każdego kanału oddzielnie oraz wylistować zbiór plików zawierających zapisy wcześniejszych rejestracji i plik wybrany z listy przesłać do komputera.

Bieżące pomiary, jak i pliki zawierające zapisy wcześniejszych rejestracji, można przesłać do komputera bez konieczności przerywania bieżącej rejestracji. Natomiast zmiana nastaw zakresów, warunków startu lub prędkości próbkowania zatrzymuje pomiary i zamyka bieżącą rejestrację. Po zmianie nastaw pomiar i rejestracja startuje na nowo.

Program **mRgui** komunikuje się z rejestratorami **mR4/mR3p** za pomocą interfejsu *Bluetooth* dostępnego w większości współczesnych komputerów.

1.3 Zestawienie połączenia z komputerem

Przed rozpoczęciem pracy należy zestawić połączenie między komputerem obsługującym program **mRgui**, a rejestratorem. Zestawienie połączenia składa się z dwóch etapów:

- wyszukanie urządzenia *Bluetooth* i odczyt przydzielonego mu numeru portu COMx (dokonywane zwykle jednokrotnie dla każdego rejestratora przed pierwszym uruchomieniem programu **mRgui**),
- nawiązanie połączenia dla wybranego portu COMx (2.1).

Wyszukiwanie urządzeń posiadających interfejs *Bluetooth* przebiega różnie w zależności od wersji systemu WINDOWS.

W systemie WINDOWS XP należy przez ikonkę *Bluetooth* w pasku zadań otworzyć folder 'Moje miejsca interfejsu *Bluetooth*', w którym znajdują się zakładki

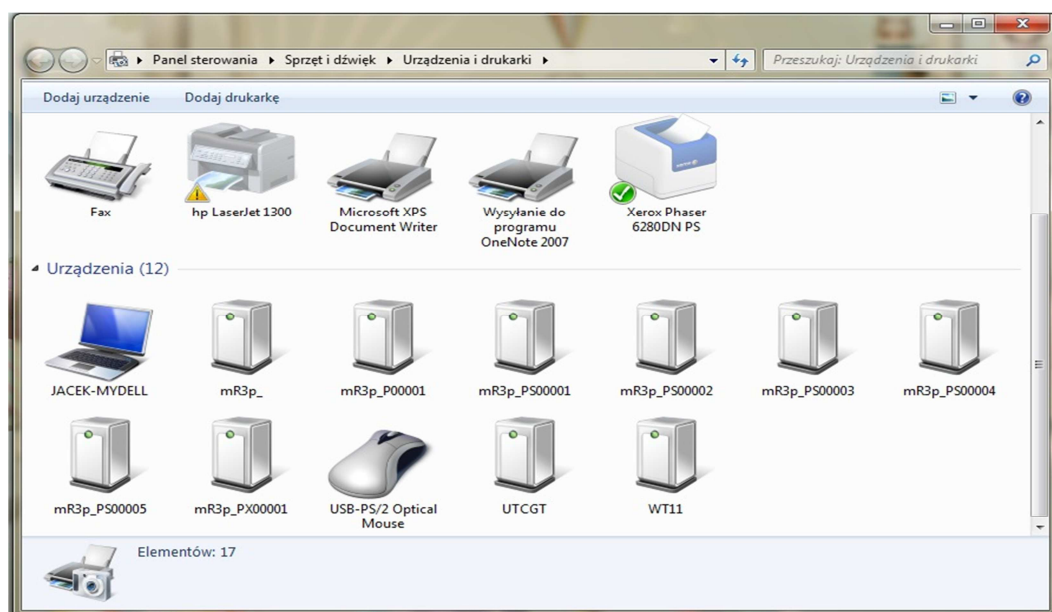
- ‘znajdź urządzenie z interfejsem *Bluetooth*’,
- ‘dodaj urządzenie *Bluetooth*’.

Po wywołaniu tych zakładek i po rozpoznaniu użytego rejestratora należy autoryzować połączenie wpisując kod bezpieczeństwa '1234' lub inny własny dostarczany na życzenie. Poprawny wynik autoryzacji umożliwia pierwsze połączenie. Strzałki przy odpowiedniej ikonce zapalają się na zielono. Klikając w tę ikonkę uzyskuje się do wykorzystania w programie **mRgui** folder, w którym wyświetla się numer portu COM (rys. 2). Dodatkowo poprawnie zainstalowane połączenie jest zasygnalizowane mocnym błyskaniem niebieskiej diody LED oznaczonej literą **B**, znajdującej się na płycie czołowej rejestratora .

W systemie WINDOWS 7 połączenie uzyskuje się poprzez zakładkę

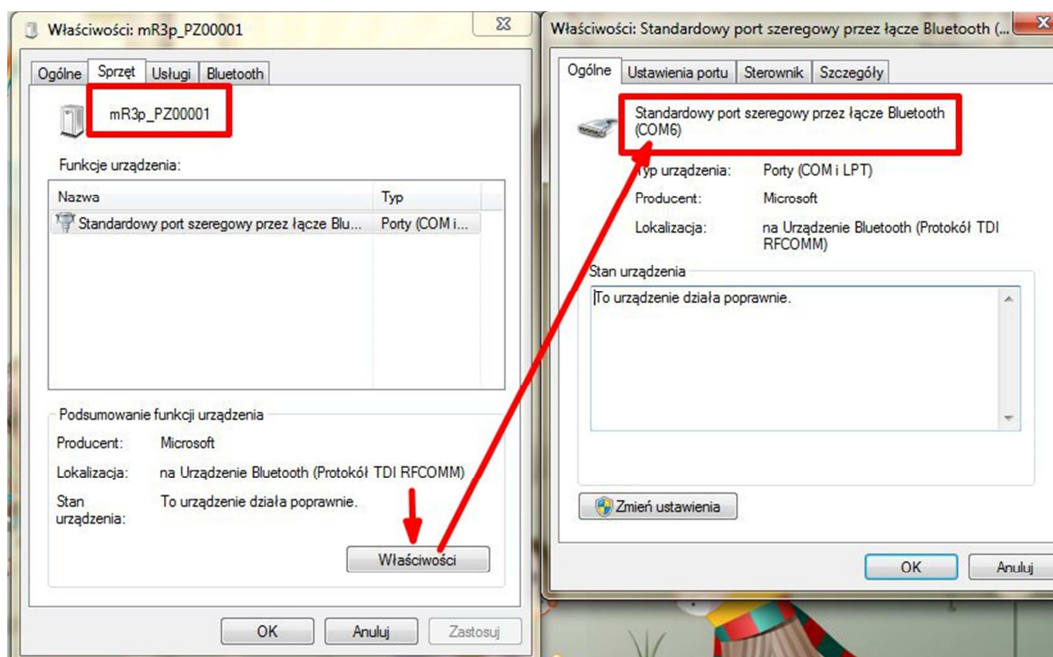
- ‘panel sterowania – urządzenia i drukarki’.

Należy kliknąć folder 'Dodaj urządzenie' i poczekać na pojawienie się ikonki nowo wyszukanego urządzenia, po czym wprowadzić kod '1234' lub inny. Ikonka urządzenia pojawi się na liście zainstalowanych urządzeń (rys. 1).



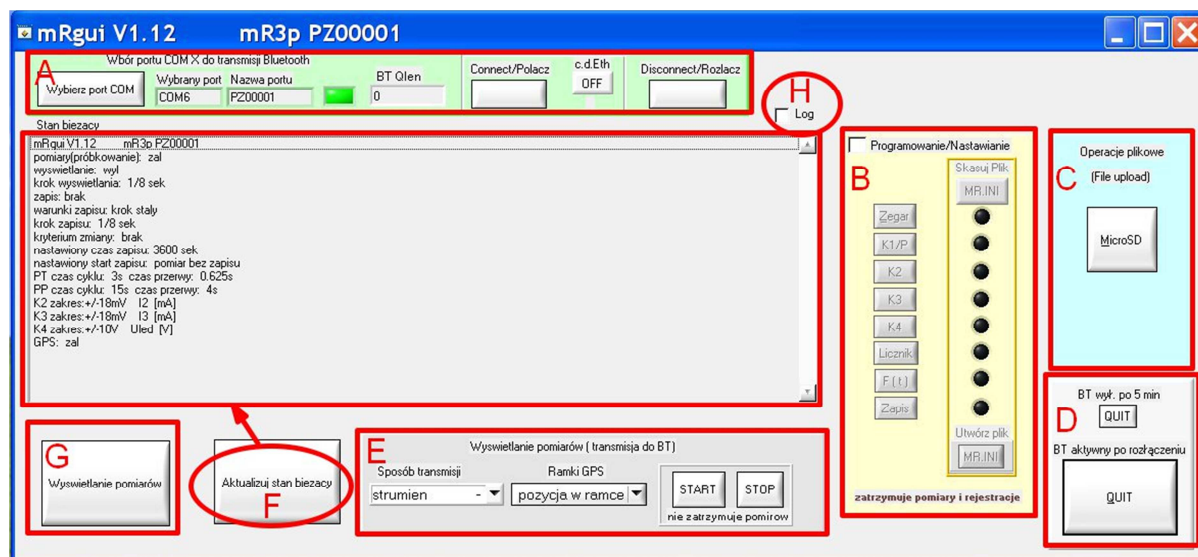
Rys. 1. Urządzenia dostępne. Przykład

Po odczekaniu kilku sekund należy kliknąć na właściwą ikonkę użytego przyrządu, następnie na zakładkę 'Sprzęt' i wreszcie kliknąć tekst: 'Standardowy port szeregowy przez Bluetooth'. Wyświetli się numer portu COM, który należy zapamiętać (rys. 2).



Rys. 2. Odczyt numeru przydzielonego portu COM (tu: COM6)

2 PANEL GŁÓWNY



Rys. 3. Program **mRgui**. Panel główny

Dla ułatwienia korzystanie z tekstu pola A ... H pokazano w ramkach

Po uruchomieniu program **mRgui** zgłasza się panelem głównym (rys. 3.). Na ekranie widać szereg kontrolek przedstawionych w formie przycisków, których aktywowanie pozwala na przejście do procesów:

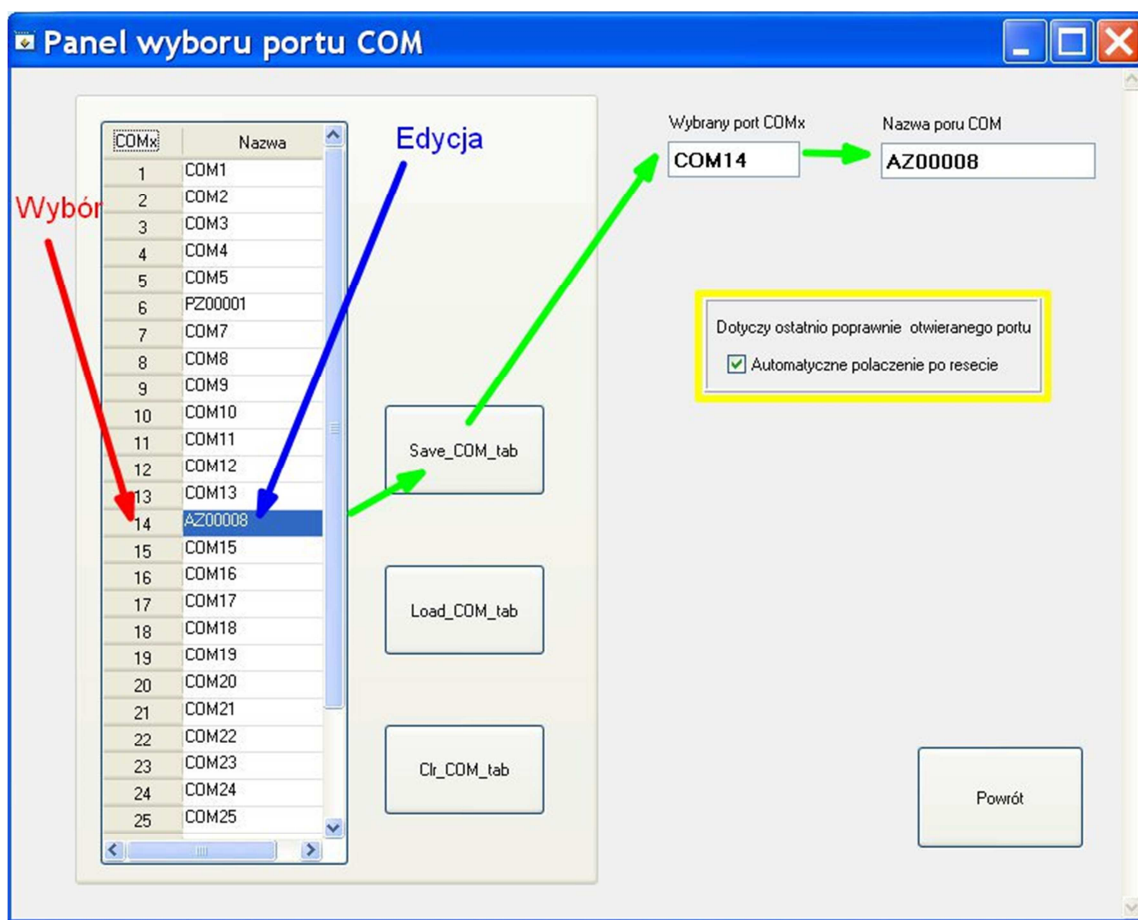
- wybór portu COM (A),
- nastawianie (B),
- operacje plikowe (odczyt zarejestrowanych danych) (C)
- zamknięcie programu (D)
- kształtowanie strumienia *Bluetooth* (E)
- odczyt stanu bieżącego (F)
- wyświetlania przebiegów w czasie rzeczywistym (G)
- log (H)

2.1 Wybór portu COM. Nawiązanie połączenia

Pracę z programem rozpoczyna się od wyboru portu COM celem kontynuacji zestawienia połączenia komputer PC – rejestrator . Należy wybrać i ustawić numer portu COM, który został przydzielony w już opisanym (1.3) procesie parowania.

W lewym górnym rogu panelu głównego (rys. 3) znajduje się pole (A), w którym widać kontrolki sterujące wyborem portu COM. Kliknięcie przycisku 'Wybierz port COM' otwiera panel portów COM (rys. 4).

Po lewej stronie znajduje się tablica wyboru portu, której treść można edytować. Pojedyncze kliknięcie na wybrany wiersz wskazuje wybrany port. Podwójne kliknięcie pozwala edytować nazwę portu. Jako nazwę można wstawić dowolny krótki tekst np. numer fabryczny rejestratora lub miejsce jego zainstalowania, co ułatwi późniejsze użytkowanie przyrządu. Należy edytować tylko pole dla numeru portu, który został przydzielony w procesie ostatniego parowania, np. na rys. 4 – COM6.



Rys. 4. Panel portów COM

Nazwy przypisane portom COM należy zapisać w pamięci komputera przyciskiem 'Save_COM_tab'. Ostatni poprawnie wybrany port jest zapamiętany do następnego startu programu. Dodatkowo zaznaczając odpowiednie pole wyboru można oczekiwać, że po restarcie program połączy się automatycznie z ostatnio poprawnie wybranym portem COM. Tablicę nazw można załadować lub wyczyścić na życzenie.

Po zamknięciu panelu wyboru portu COM w odpowiednich polach panelu głównego (rys. 3 A) pojawi się numer wybranego portu i jego nazwa.

Jeżeli numer portu jest zgodny z numerem portu otrzymanym w procesie wyszukiwania, to po jednorazowym naciśnięciu przycisku 'Connect/Połącz' nastąpi połączenie z rejestratorem. Czas reakcji na żądanie połączenia może trwać od kilku do kilkunastu sekund. Należy powstrzymać się od wielokrotnego i częstego klikania tego przycisku.

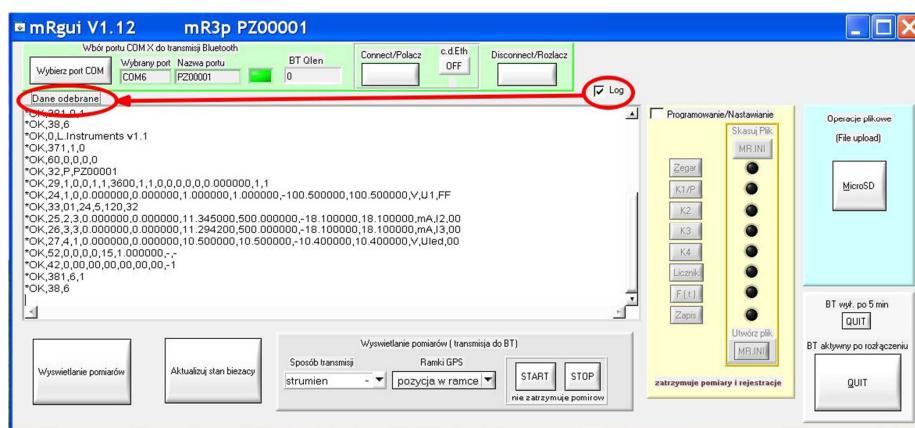
Poprawne połączenie sygnalizowane jest w rejestratorze intensywnym miganiem niebieskiej diody LED oznaczonej literą 'B'. Dodatkowo w oknie 'stan bieżący' panelu głównego pojawi się opis, a w polu wyboru portu COM zapali się zielona kontrolka LED. Obok tej kontrolki znajduje się informacyjne pole 'Qlen' wyświetlające wypełnienie (w bajtach) bufora COM przeznaczonego do odczytu. Zbyt duża liczba – powyżej 3000 lub

stale rosnąca – wskazuje na to, że program nie nadąża lub że przerwał czytanie przychodzącego strumienia danych.

Nawiązane połączenie można w każdej chwili rozłączyć (przycisk 'Disconnect') i nawiązać ponownie (przycisk 'Connect'). Poprawne zamknięcie aplikacji **mRgui** rozłącza połączenie automatycznie.

2.2 Wyświetlenie „logów” lub stanu bieżącej pracy

W środkowej części panelu głównego **mRgui** znajduje się pole, w którym po połączeniu z przyrządem w zależności od aktywacji kontrolki 'log' (rys. 3 H) naprzemiennie wyświetla się jego stan bieżącej pracy lub 'log' czyli ślad informacji przychodzących z przyrządu. Stan bieżący może być zawsze odświeżony przyciskiem 'Aktualizuj stan bieżący' (rys. 3 F). Obserwacja stanu bieżącego, jak i przychodzących z przyrządu ramek informacji, pozwala ocenić, czy przyrząd znajduje się w oczekiwanym przez użytkownika stanie, np. czy rejestruje dane, czy tylko mierzy, czy GPS jest załączony itd.



Rys. 5. Panel główny. Treść pola 'log'.

3 NASTAWIANIE

Rejestratory po starcie najpierw pobierają nastawy domyślne. Następnie, jeżeli rejestrator wykryje obecność wtyczki inteligentnej (1-wire EEPROM), to odczytane z niej nastawy jako mające większy priorytet zostaną nadpisane. Kolejne nastawy zostaną pobrane z pliku **MR.INI**, jeżeli został wcześniej utworzony.

Najwyższy priorytet mają nastawy dokonywane poprzez łącze *Bluetooth* – nastawy te mogą zostać na życzenie wpisane ponownie do wtyczki lub/i do pliku **MR.INI**.

W procesie nastawiania należy dokonać wyboru, gdzie nastawy mają być zapisane tj., czy tylko do rejestratora (nastawy ulotne), czy do wtyczki, czy i/lub do pliku **MR.INI** (nastawy trwałe).

Proces wprowadzania nastaw (rys. 3 B) zatrzymuje bieżące pomiary i zapis wyników na karcie *micro SD* i z tego powodu jest on zablokowany przed

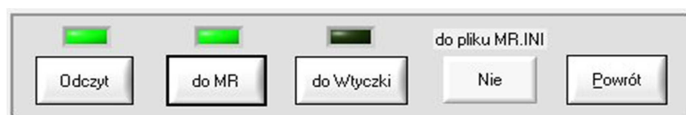
przypadkowym działaniem. Odblokowanie uaktywnia przyciski dzielące nastawy na grupy (rys. 3B i rys. 6):

- zegar: nastawa zegara RTC, strefy czasowej i czasu letniego zimowego (rys.8),
- przerywacz (tylko **mR3p**): czasy cyklu i przerw dla każdego z dwóch kanałów osobno (rys. 9),
- kanały K1...K4 dla **mR4** lub K2...K4 dla **mR3p**: kalibracja użytkownika, (rys.10),
- licznik (opcja),
- zapis: wszystkie pozostałe nastawy, w tym krok próbkowania, czas rejestracji, rodzaj startu itd. (rys. 14).



Rys. 6. Panel główny, pole wyboru nastaw
(tu: aktywne diody wskazują nastawy do zapisu w pliku MR.INI)

Naciśnięcie odpowiedniego przycisku uaktywnia przypisany mu panel nastaw. W dolnej, wyróżnionej części każdego panelu nastaw znajdują się przyciski (rys. 7), których aktywacja decyduje o tym, gdzie nastawy zostaną zapisane.



Rys. 7. Przyciski wprowadzania nastaw

Są to przyciski:

- ‘Odczyt’ – w każdej chwili procesu nastawiania można odczytać zapisany w rejestratorze stan nastaw,
- ‘do MR’ – nastawy tylko do **mR** (nastawy chwilowe po wyłączeniu zasilania ulegają zatarciu),
- ‘do Wtyczki’ – nastawy do **mR** i do wtyczki (tj. do 1-wire EEPROM),

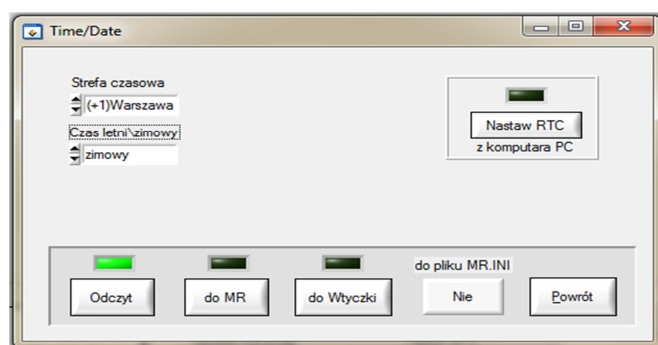
- 'do pliku MR.INI' – przygotowanie nastaw do zapisu do pliku **MR.INI** na karcie *micro SD*, aktywuje odpowiednią żółtą kontrolkę LED.

- 'Powrót' – zamknięcie panelu nastaw.

Nad niektórymi przyciskami kontrolki LED zapalając się na zielono potwierdzają poprawność żądanej operacji (rys. 7). Generację pliku **MR.INI** należy wykonać jednorazowo po dokonaniu wszystkich niezbędnych dla danej aplikacji nastaw i tylko dla tych nastaw, dla których kontrolki LED są podświetlone na żółto (rys. 6). W tym celu i w celu usunięcia pliku **MR.INI** z karty pamięci *micro SD* służą odpowiednie przyciski w polu 'Nastawianie/Programowanie' panelu głównego (rys. 3 B).

Uwaga: Teoretycznie nastawy można dzielić pomiędzy te zapisane we wtyczce, oraz te, które są zapisane, a następne pobierane z pliku **MR.INI**, pamiętając o ich priorytecie. Takie rozwiązanie może jednak łatwo prowadzić do błędów i dlatego nie jest zalecane. Używając zawierającej pamięć 1-wire EEPROM wtyczki inteligentnej należy zapisać w niej wszystkie nastawy i usunąć plik **MR.INI**. W przeciwnym przypadku (brak pamięci EEPROM we wtyczce) plik **MR.INI** należy koniecznie utworzyć.

3.1 Nastawianie zegara



Rys. 8. Nastawianie czasu lokalnego i zegara UTC

Nastawa 'Zegar' ma dwa pola 'Czas letni/zimowy' i 'Strefa czasowa' (rys. 8). Informacje te są potrzebne po to, aby na podstawie czasu UTC uzyskiwanego z modułu GPS utworzyć czas lokalny. Należy pamiętać, że czas letni/zimowy trzeba zmienić co pół roku i zapisać w zależności od potrzeb do wtyczki lub pliku **MR.INI**.

W panelu 'Zegar' znajduje się dodatkowy przycisk 'Nastaw RTC z komputera PC'. Służy on do nastawienia zegara rejestratora **MR4/mR3p** według czasu lokalnego połączonego z nim komputera PC. Należy go użyć, gdy nie korzysta się z GPS (moduł GPS wyłączony lub antena GPS nie widzi nieba). Czas pobierany z komputera po aktywacji tego przycisku jest wpisywany tylko do zegara RTC rejestratora, natomiast nie jest wpisywany ani do wtyczki ani do pliku **MR.INI**.

Zegar RTC jest podtrzymywany z akumulatorów zasilających i z kondensatora o dużej pojemności. Zwykle w kilka godzin po wyjęciu akumulatorów zasilających rejestrator lub ich rozładowaniu następuje zanik pracy zegara. Po ponownym załączeniu zasilania zegar startuje od daty 1.1.2000r.

Dobrym zwyczajem jest synchronizacja zegara rejestratora z zegarem komputera przed każdą rejestracją lub alternatywnie załączenie modułu GPS. W drugim przypadku znacznik czasowy jest bardzo precyzyjny.

3.2 Nastawianie przerywacza

Rejestrator **mR3p** w miejscu kanału pomiarowego K1 jest wyposażony w dwa tory zdolne do cyklicznego przerywania przepływającego przez nie prądu.

Tor 1 (PT) zbudowany na tranzystorach MOSFET o zdolności wyłączeniowej 2A i napięciu przerwy nie większej niż 30V.

Tor 2 (PP) zbudowany na mikroprzełączniku o zdolności wyłączeniowej 0.5A i napięciu przerwy nie większej niż 30V.

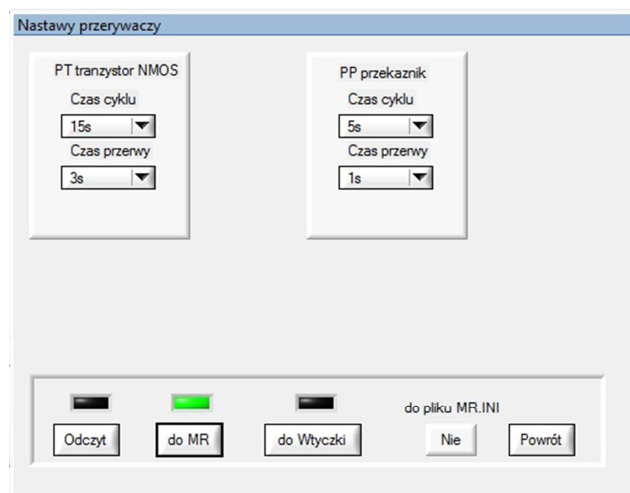
W procesie nastaw (rys. 9) dokonuje się nastawiania czasu cyklu i czasu przerwy dla każdego kanału osobno. Czas cyklu liczony w sekundach jest całkowitym dzielnikiem minuty i jest synchronizowany do początku minuty. Cykl przerywania rozpocznie się dopiero, gdy zegar RTC przejdzie po raz pierwszy przez wskaźnik ss.sss = 00.000 (początek minuty). Należy więc chwilę poczekać.

Możliwe nastawy czasu cyklu (OFF + ON):

1s, 2s, 3s, 4s, 5s, 6s, 10s, 12s, 15s, 30s, 60s.

Możliwe nastawy czasu przerwy OFF:

0.25s, 0.375s, 0.5s, 0.625s, 0.75s, 1s, 2s, 3s, 4s, 5s, 6s, 10s, 12s, 15s, 30s.



Rys. 8. Przerywacz. Panel nastaw

3.3 Nastawy kanałów pomiarowych

3.3.1 Wybór zakresów

Każdemu kanałowi pomiarowemu przypisany jest osobny przycisk 'K1...K4' w polu nastaw (rys. 6). Aktywowanie przycisku wywołuje odpowiedni panel nastaw dla wybranego kanału pomiarowego (rys. 10).

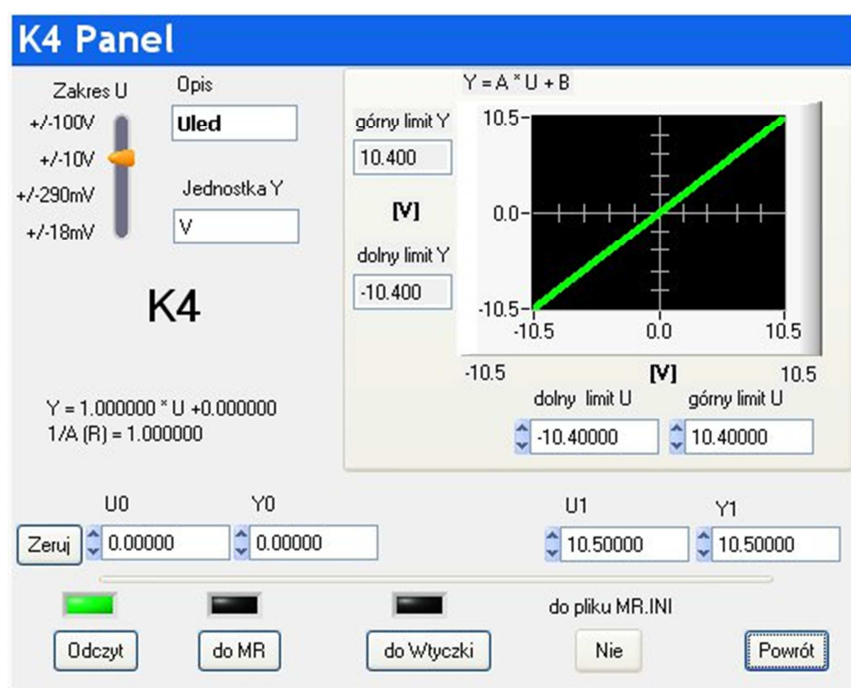
Nastawy należy **zawsze** rozpocząć od wyboru jednego z czterech zakresów: $\pm 100V$, $\pm 10V$, $\pm 290mV$, $\pm 18mV$.

Poprzestając tylko na wyborze zakresu napięciowego należy opcjonalnie wypełnić pole 'Opis' i zapisać nastawy odpowiednio 'do MR', 'do Wtyczki' lub

przygotowujemy do zapisu 'do pliku MR.INI'. Wynikiem takiej nastawy jest prosta kalibracji w postaci

$$y = 1.0 \cdot u + 0.0$$

Uwaga: Należy pamiętać, aby sygnały pomiarowe doprowadzić do zacisków wtyczki odpowiadających wybranym zakresom.



Rys. 10. Panel kalibracji kanału pomiarowego (tu: kanał K4)

3.3.2 Kalibracja użytkownika

Dołączając do wejścia rejestratora czujnik lub przetwornik dowolnej wielkości fizycznej należy wykonać *kalibrację użytkownika*. W tym celu należy zastosować czujnik/przetwornik o charakterystyce liniowej lub linearyzowanej w pożądanym zakresie pomiarowym. Taką charakterystykę ma większość czujników.

Kalibracja użytkownika polega na wprowadzeniu dwóch punktów (u_0, y_0) i (u_1, y_1) do równania prostej kalibracyjnej, gdzie u_0 i u_1 – mierzone napięcia w wybranym zakresie, do którego dołączony jest czujnik, a y_0 i y_1 – odpowiadające tym napięciom wartości wielkości fizycznej, wyrażonej w dowolnych jednostkach.

Wynikiem poprawnej kalibracji jest utworzenie nowego równania kierunkowego prostej we wspomnianej postaci

$$y = A \cdot u + B$$

gdzie:

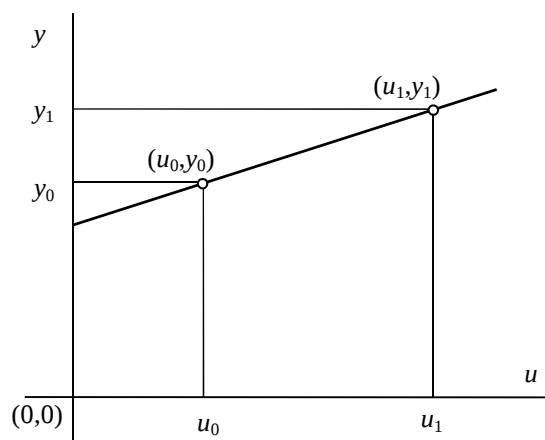
y – wyliczona wielkość fizyczna,

u – mierzone napięcie czujnika,

$A = \frac{y_1 - y_0}{u_1 - u_0}$ – współczynnik kierunkowy,

$B = y_0 - A \cdot u_0$ – wyraz wolny.

Równanie w tej formie służy do skalowania wybranego kanału pomiarowego; jest ono pobierane do obliczeń i umieszczane w części nagłówkowej pliku zarejestrowanych danych pomiarowych.



Rys. 11. Zasada kalibracji kanału pomiarowego; u – napięcie, y – mierzona wielkość fizyczna
Na charakterystyce czujnika zaznaczono punkty kalibracji.

Przed zakończeniem procesu kalibracji użytkownika należy jeszcze wypełnić pola: 'Opis' (max: 8 znaków) i 'Jednostka Y' (max: 5 znaków). Można też ograniczyć zakres pomiarowy wprowadzając 'dolny limit U' i/lub 'górny limit U'.

Program **mRgui** oblicza odpowiedni 'dolny limit Y' i/lub 'górny limit Y' mierzonej wielkości fizycznej (rys. 10) oraz wyświetla w postaci pogrubionej zielonej linii aktywną część zakresu pomiarowego. Dodatkowy przycisk 'Zeruj' przywraca standardowe ustawienie pól (u_0, y_0) i (u_1, y_1) w przypadku pomyłki.

Uwaga: Do rejestratora można dołączyć czujniki/przetworniki z wyjściem napięciowym lub prądowym (3.3.2.1, 3.3.2.2), a także – dzięki separowanym galwanicznie kanałom – czujniki mostkowe (większość czujników ciśnienia i siły), w których sygnał jest pobierany ze środka mostka. Czujniki wymagające zasilania mogą być zasilane z wewnętrznego źródła rejestratora +5V lub dowolnego źródła zewnętrznego.

3.3.2.1 Dołączenie czujnika

Poniżej jako przykład przedstawiono pomiar temperatury w stopniach Celsjusza ($^{\circ}\text{C}$), do jakiej należy wykalibrować czujnik temperatury AD592 firmy Analog Devices (rys. 12). Czujnik jest źródłem prądowym o współczynniku temperaturowym $1\mu\text{A}/^{\circ}\text{K}$ (stopnie Kelvina). Aby zmierzyć temperaturę należy czujnik połączyć szeregowo z rezystorem pomiarowym R i zasilić wewnętrznym napięciem 5V, włączając układ pomiarowy pomiędzy zaciski +5V i DGND rejestratora. Mierzony spadek napięcia na rezystorze R jest wprost proporcjonalny do temperatury. Wybrany zakres to $\pm 290\text{mV}$ i rezystor pomiarowy $R = 750\Omega$.

Wyznaczenie współrzędnych punktu (u_0, y_0) dla 0°K :

Wartości 0°K odpowiada $u_0 = 0.0\text{mV}$.

Z uwagi na to, że wynik pomiaru ma być podany w °C, należy wpisać $y_0 = -273.0^{\circ}\text{C}$, ponieważ $0^{\circ}\text{K} = -273.0^{\circ}\text{C}$. Jako punkt (u_0, y_0) należy wpisać $(0, -273.0)$.

Wyznaczenie współrzędnych punktu (u_1, y_1) dla 100°C :

Wartości $y_1 = 100.0^{\circ}\text{C}$ odpowiada $(100.0 + 273)^{\circ}\text{K} = 373^{\circ}\text{K}$.

Ponieważ $1 \mu\text{A}/^{\circ}\text{K} \cdot 750\Omega \cdot 373^{\circ}\text{K} = 279.75 \text{ mV}$, zatem $u_1 = 279.75 \text{ mV}$. Jako punkt (u_1, y_1) należy wpisać $(279.75, 100.0)$.

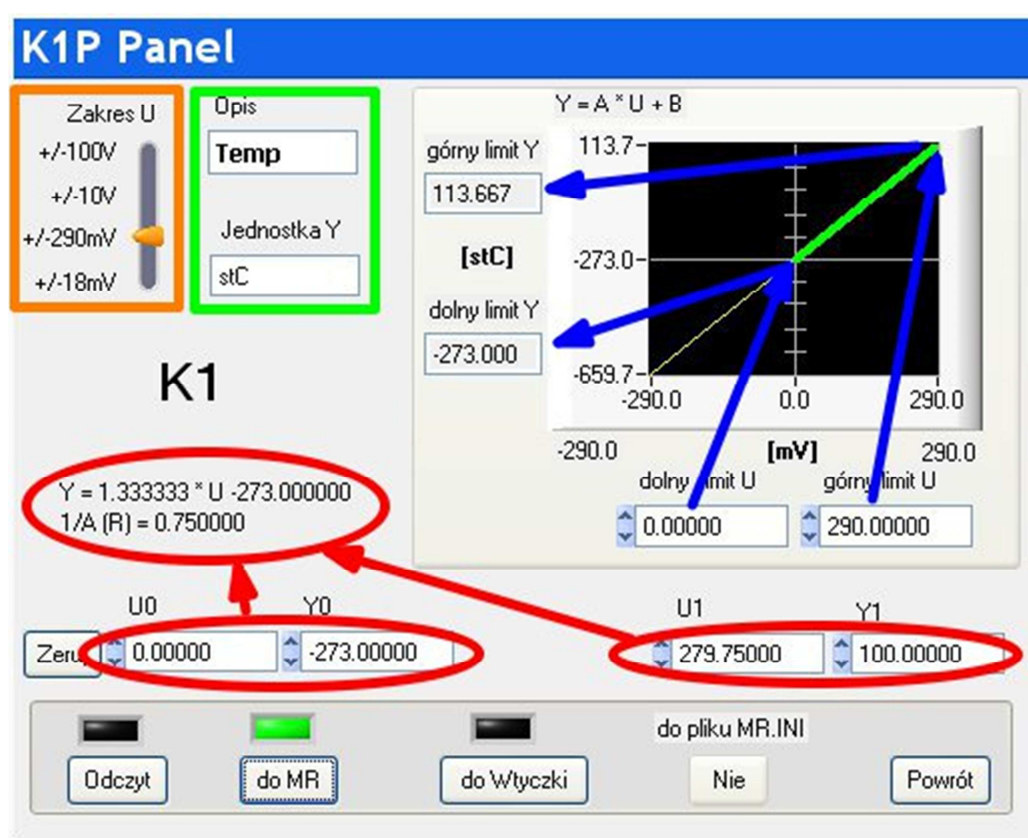
Wobec tego

$$\text{stała } A = \frac{y_1 - y_0}{u_1 - u_0} = \frac{100 - (-273.0)}{279.75 - 0.0} = 1.333333$$

stała $B = -273.0$,

a zatem równanie prostej kalibracji jest:

$$y = 1.333333 u - 273.0$$



Rys. 12. Kalibracja wskazań temperatury mierzonej czujnikiem AD592

W pole 'Opis' należy wpisać tekst: 'Temp', a w polu 'Jednostka Y' wpisać 'stC'. Dolny limit u należy nastawić 0.0, gdyż nie wykorzystuje się ujemnej części zakresu $\pm 290\text{mV}$. Oprogramowanie wylicza maksymalną możliwą do zmierzenia temperaturę: tj. 113.667°C . Wykonaną kalibrację należy wpisać do wtyczki, do której dołączony jest czujnik.

Uwaga: Obliczenie to nie uwzględnia rezystancji wewnętrznej rejestratora, która przy zakresie $\pm 290\text{mV}$ wynosi $100\text{k}\Omega$. Rezystancja ta jest połączona równolegle z rezystorem

pomiarowym $R = 750\Omega$. Chcąc w celu poprawienia dokładności pomiaru uwzględnić tę rezystancję, należy obliczyć wartość rezystancji zastępczej:

$$R = \frac{100000 \cdot 750}{100000 + 750} = 744.4\Omega$$

i taką wartość wstawić do wyżej opisanych obliczeń.

3.3.2.2 Pomiar prądu

Prąd mierzy się przez pomiar spadku napięcia na boczniku rezystancyjnym, zwykle o niedużej wartości rezystancji. Przyrząd kalibruje się zgodnie z prawem Ohma:

$$i = \frac{u}{R_b}$$

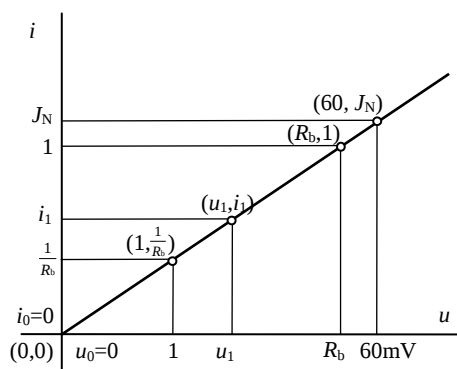
gdzie:

R_b – rezystancja bocznika,

u – napięcie mierzone [mV],

i – prąd.

Kalibracja jest jeszcze prostsza niż w przypadku czujników, ponieważ charakterystyka prądowo-napięciowa rezystora przechodzi przez początek układu współrzędnych. Punkt (u_0, i_0) ma zatem wartość $(0,0)$, a punkt (u_1, i_1) może przybrać wartości $(1, 1/R_b)$ lub $(R_b, 1)$. Do pomiaru prądu przeznaczone są zakresy miliwoltowe: $\pm 290\text{mV}$ lub $\pm 18\text{mV}$, wybierane w zależności od rodzaju bocznika i założonego spadku napięcia z uwzględnieniem mocy traconej w boczniku.



Rys. 13. Kalibracja kanału do pomiaru prądu.

Na charakterystyce $i = f(u)$ punkty kalibracji do wyboru
 u – napięcie mierzone, i – prąd, R_b – rezystancja bocznika

Wartość spadku napięcia na boczniku mierzona jest w miliwoltach [mV]. Jeżeli wartość R_b jest wyrażona w miliomach [$\text{m}\Omega$], to otrzymuje się odczyt w amperach [A]:

$$\frac{[\text{mV}]}{[\text{m}\Omega]} = [\text{A}]$$

Jeżeli wartość R_b jest wyrażona w omach [Ω], to odczyt w miliamperach:

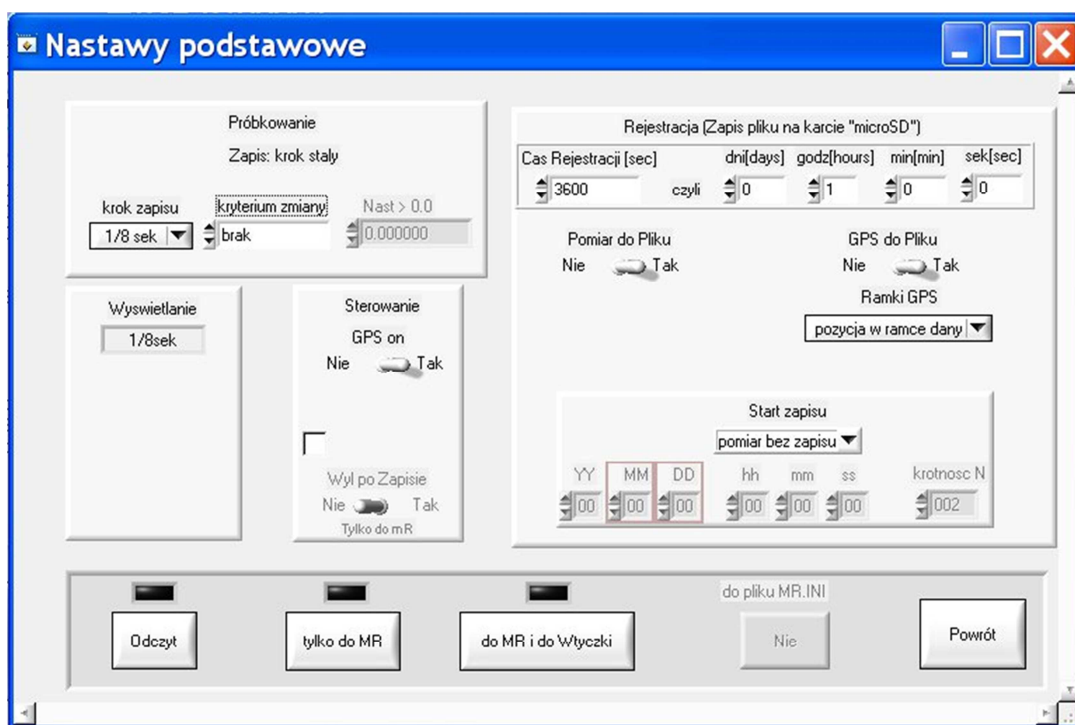
$$\frac{[\text{mV}]}{[\Omega]} = [\text{mA}]$$

Kalibrację można też wykonać mierząc prąd amperomierzem odniesienia dobrej dokładności, a rejestratorem spadek napięcia na boczniku (rys. 13). Wynik należy zapisać w punkcie kalibracyjnym (u_1, i_1). W przypadku użycia standardowych boczników o prądzie znamionowym I_n i napięciu znamionowym 60mV można w punkcie (u_1, i_1) wstawić wprost wartości (60, I_n [A]). Można też zmierzyć wartość rezystancji takiego bocznika metodą techniczną w celu uzyskania dokładności większej od standardowej i wstawić tę wartość według opisanych zasad. Wartość zmiennoprzecinkową rezystancji można opisać siedmioma cyframi dziesiętnymi.

Alternatywnym sposobem pomiaru prądu jest użycie czujnika Halla z wyjściem napięciowym (przekładniki typu LEM). Kalibracja takiego czujnika odbywa się tak samo, jak kalibracja czujników wielkości nieelektrycznych.

Można zastosować rejestrator do pomiarów prądów w pętłach prądowych 0 ÷ 20mA lub 4 ÷ 20mA, szeroko stosowanych w przemyśle do przesyłania sygnałów analogowych. W taki obwód należy wstawić bocznik i wykalibrować według powyższych zasad.

3.4 Zapis



Rys. 14. Panel 'Nastawy podstawowe'

Aktywacja przycisku 'Zapis' (rys. 3 B) wywołuje panel (rys. 14), w którym wykonuje się wszystkie podstawowe nastawy, nie ujęte we wcześniej opisanych panelach:

- krok próbkowania – stały lub zmienny – i kryterium zmiany oraz częstotliwość próbkowania,
- włączenie/wyłączenie GPS,
- zawartość strumienia danych zapisywanego do pliku,

-rodzaj startu zapisu, a w przypadku zapisu wielokrotnego liczba plików z danymi.

3.5 Krok próbkowania i krok zapisu

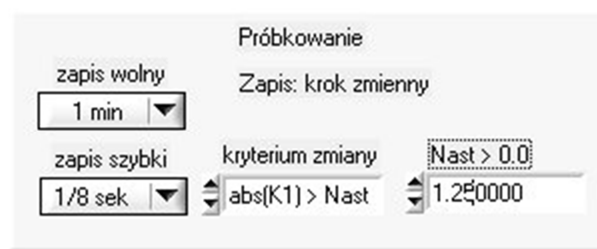
Próbkowanie sygnału pomiarowego odbywa się zawsze z stałym krokiem $1/8s$. Natomiast krok zapisu danych na kartę *micro SD* jak i krok wyświetlania jest nastawiany i jest wartością średnią kroków próbkowania.

Zapis może odbywać się z krokiem stałym lub zmiennym. Zapis z krokiem zmiennym (rys. 15) przydaje się wszędzie tam, gdzie chodzi o uchwycenie jakiegoś niestandardowego zdarzenia w bliżej nieznannej odległej chwili. Dzięki temu można uniknąć trudnych do interpretacji zbyt długich plików danych. Przydaje się to szczególnie w czasie wielodniowych rejestracji.

Zapis z krokiem zmiennym charakteryzują dwa stany: zapis z wybranym krokiem wolnym i zapis z wybranym krokiem szybkim. Kryterium zmiany szybkości próbkowania jest przekroczenie wartości bezwzględnej (modułu) wielkości fizycznej mierzonej w wybranym kanale i wtedy wartość progowa jest nastawiana w odpowiednim polu. Innym kryterium może być zmiana stanu na wejściu binarnym '1UNIV'.

Zakres kroku próbkowania:

- próbkowanie z krokiem stałym: $1/8 s$, $1/4 s$ $1800 s$, $3600 s$,
- próbkowanie wolne: $2 s$, $3 s$ $1800 s$, $3600 s$,
- próbkowanie szybkie: $1/8 s$, $1/4 s$, $1/2 s$, $1 s$.



Rys. 15. Próbkowanie z krokiem zmiennym

Krok wyświetlania pokazany w panelu „Nastawy podstawowe” jest to krok, z jakim dane pomiarowe są wysyłane przez łącze *Bluetooth*. Krok ten przyjmuje wartości: $1/8 s$, $1/4 s$, $1/2 s$, $1 s$. Aby nie czekać zbyt długo na dane z rejestratora przy próbkowaniu wolniejszym od $1 s$ dane są przesyłane przez *Bluetooth* co $1 s$.

3.6 Sterowanie

W polu 'Sterowanie' znajdują się dwie kontrolki wpływające na działanie rejestratora:

- ‘GPSon’ załącza lub wyłącza zasilanie modułu GPS,
- ‘Wył po Zapisie’ po odblokowaniu i nastawieniu ‘Tak’ wyłącza rejestrator po zakończeniu zapisu na kartę *micro SD*. Do ponownego podjęcia pracy konieczne jest załączenie rejestratora.

Obie kontrolki mają na celu oszczędzanie energii czerpanej z akumulatorów.

3.7 Rejestracja

Pole zawiaduje zapisem pliku na karcie *micro SD*. W polu 'Rejestracja' ustawia się:

- czas zapisu,
- sposób startu zapisu,
- zawartość strumienia zapisywanego do pliku danych na karcie *micro SD*.

Czas zapisu zawsze ustawia się w sekundach. Dla ułatwienia dodano kontrolki nastaw ustawiające czas w dniach, godzinach, minutach i sekundach. Do kształtowania strumienia danych zapisywanych na karcie pamięci służą kontrolki:

- 'Pomiar do Pliku',
- 'GPS do Pliku',
- 'Ramki GPS'.

W większości zastosowań 'Pomiar do pliku' powinien być ustawiony w pozycji 'Tak'. 'Pomiar do Pliku' można wyłączyć wtedy, gdy rejestratora używa się tylko jako rejestratora przebytej drogi. Trzeba wówczas załączyć GPS i wybrać żadaną ramkę protokołu NMEA0183.

Wyłączenie danych pobieranych z GPS z zapisu do pliku ma sens, gdy nie jest potrzebna pozycja geograficzna pomiaru, lecz tylko precyzyjny znacznik czasowy (zestrojony z czasem pobieranym z GPS).

Korzystając z zapisu pozycji geograficznej do pliku w większości zastosowań należy wybrać opcję 'pozycja w ramce danych'. Taki wybór oznacza, że w pliku do linii z danymi co sekundę zostanie dopisana pozycja geograficzna.

Pole 'Start zapisu' pozwala na wybór jednego z wielu sposobów rozpoczęcia rejestracji (zapisu danych do pliku na karcie *micro SD*):

- '*pomiar bez zapisu*' (przyrząd pełni tylko funkcję miernika),
- '*natychmiast*' (rejestracja startuje natychmiast po tym wyborze i zapisie wyboru 'do MR', niezależnie od stanu GPS),
- '*od początku minuty*',
- '*od początku godziny*',
- '*od początku dnia*'

Rejestrator czeka na rozpoczęcie zapisu do cwili, gdy zegar przewinie się odpowiednio przez początek minuty, godziny, dnia. Uzyskuje się w ten sposób elegancki zapis znacznika czasowego.

- '*od nast.[awionego] czasu*'

Wybór tej opcji odblokowuje pola, w których nastawia się datę i czas rozpoczęcia rejestracji.

- '*wielokrotny*'

Służy to do nastawiania liczby kolejno następujących po sobie rejestracji: 'krotność N' o czasie trwania nastawionym w polu 'Czas Rejestracji'. Można w ten

sposób nastawić N rejestracji jednogodzinnych lub N rejestracji jednodniowych. Rejestracje – z wyjątkiem pierwszej – rozpoczną się od początku godziny lub od początku dnia. W rejestracjach nie ma dwóch ostatnich sekund, tj. czasu potrzebnego na zamknięcie starej rejestracji i rozpoczęcie nowej.

Pliki na karcie *micro SD* są tworzone automatycznie z chwilą rozpoczęcia rejestracji. Nazwy plików składają się z daty i czasu startu rejestracji oraz z numeru fabrycznego rejestratora i mają rozszerzenie *.csv*. Dane w plikach mają formę kolumn liczb oddzielonych średnikami.

4 INNE FUNKCJE PANELU GŁÓWNEGO

4.1 Operacje plikowe

Po prawej stronie panelu głównego (rys. 3 C) znajduje się pole 'Operacje plikowe', które aktywuje się kontrolką *micro SD*. Wtedy otwiera się panel (rys. 16), w którym można dokonać szeregu operacji na karcie *micro SD* i zapisanych na niej plikach.

Nowo wkładaną kartę *micro SD* należy sformatować. Formatowanie jest dostępne po odblokowaniu kontrolki 'FORMAT microSD'. Formatowanie wykasowuje wszystkie pliki z rejestracjami. Z tego względu należy stosować je rozważnie.

Dodatkowo formatowanie nadaje karcie pamięci etykietę programową z numerem fabrycznym rejestratora.

Uwaga. Dostarczana z nowym rejestratorem karta jest już sformatowana i nie potrzeba jej formatować ponownie.

Przy pierwszym połączeniu z obsługującym rejestrator komputerem należy **jednokrotnie** na dysku C utworzyć niezbędne katalogi, do których przepisywane będą pliki z rejestracjami. Można to zrobić ręcznie za pomocą 'Eksploratora Windows', tworząc katalogi:

C:\mRdata	(pliki rejestracji pobieranych z karty <i>micro SD</i>)
C:\mRdata\Int	(pliki rejestracji pomiarów ON/OFF)
C:\mRdata\BT	(pliki rejestracji opisane w 5.3)

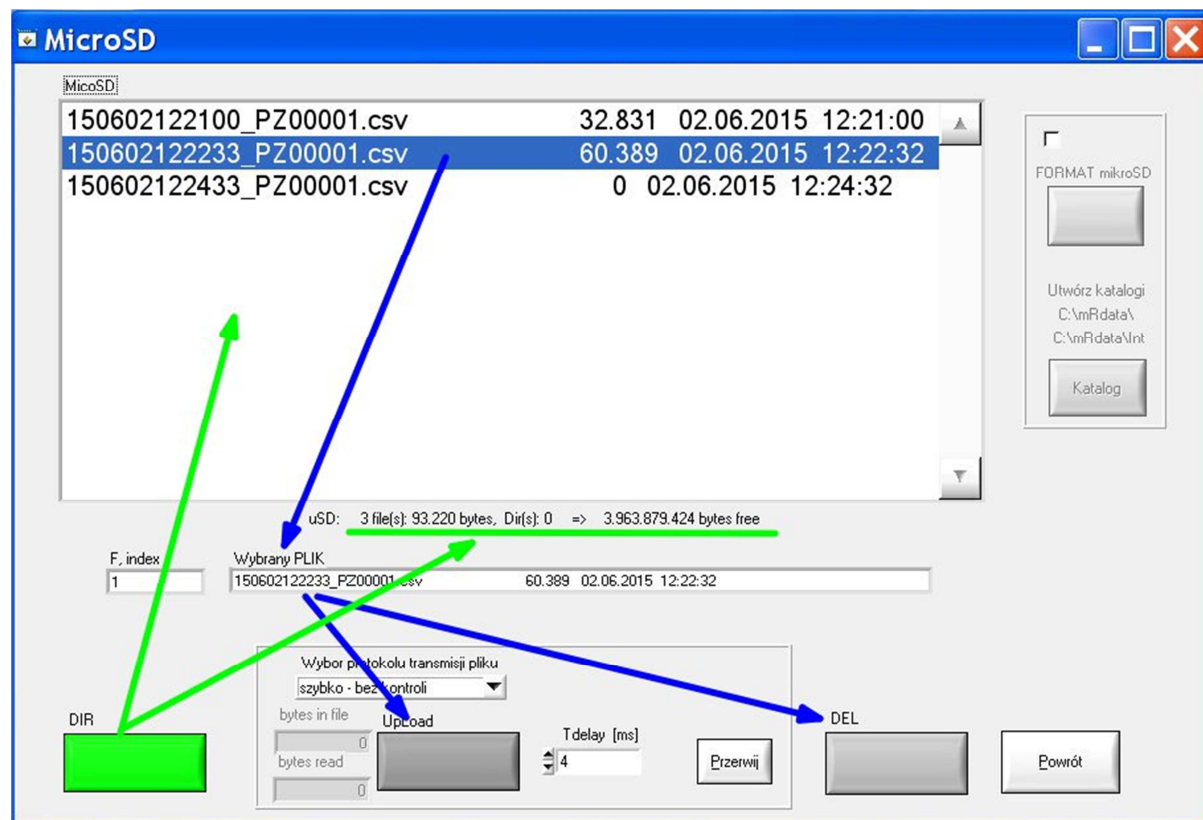
lub jednorazowo, automatycznie przy użyciu kontrolki 'Katalog'.

Po przygotowaniu karty pamięci i utworzeniu w odbierającym dane komputerze niezbędnych katalogów można przystąpić do eksploatacji rejestratora i pobierania danych pomiarowych. Zebrane na karcie pliki z rejestracjami można wylistować za pomocą kontrolki 'DIR'.

W panelu 'MicroSD' zostanie wyświetlona lista plików zawierających nazwy, pojemności plików w bajtach oraz daty utworzenia. Wybrany z tego okna plik poprzez zaznaczenie go i podwójne kliknięcie można przepisać do komputera przy użyciu kontrolki 'Upload', lub wykasować przy użyciu kontrolki 'DEL'.

Przepisanie do komputera (czynność *upload*) może dokonywać się szybko, bez kontroli, za pomocą jednokrotnie zainicjowanego strumienia danych przesyłanych przez *Bluetooth*, z dodatkowo nastawionym opóźnieniem międzyramkowym. Czas opóźnienia należy dobrać doświadczalnie w zależności od szybkości działania

posiadanego przez nas komputera, obserwując pole 'Bluetooth Qlen' (długość kolejki danych do wysłania przez *Bluetooth*) tak, aby liczba w tym polu nie rosła sukcesywnie. Z doświadczenia wynika, że dla większości komputerów czas ten można skrócić do 4... 5ms.



Rys. 16. Operacje plikowe. Panel obsługi karty micro SD

Druga opcja protokołu transmisji pliku „wolniej – z kontrolą po linii” wysyła każdą linię pliku po potwierdzeniu otrzymania poprzedniej.

Uwaga 1. Ta opcja dotyczy wykonania specjalnego, gdy do rejestratora dołączony jest moduł MOXA zamieniający protokół typu RS232 na protokół Ethernetowy.

Uwaga 2. Można przysyłać/pobierać wcześniej zarejestrowane pliki, nie przerywając bieżącej rejestracji.

Uwaga 3. Pliki wylistowane o długości 0 bajtów to pliki nie zamknięte, w których ma miejsce bieżący zapis lub pliki źle zamknięte bez możliwości odczytu.

4.2 Zamknięcie programu

Do zamknięcia programu *mRgui* (rys. 3 D) służą dwa przyciski 'Quit' umiejscowione w lewej, dolnej części panelu głównego. Ich użycie powoduje w pierwszej kolejności zamknięcie połączenia *Bluetooth* (podobnie jak przycisk 'Disconnect'), poczym dopiero następuje zamknięcie programu. Zamknięcie programu nie wpływa na działanie rejestratora.

Jeżeli zostanie użyty większy przycisk z komentarzem 'BT aktywny po rozłączeniu', to ponowne połączenie jest możliwe zawsze. Użycie mniejszego przycisku

z komentarzem 'BT wył. po 5min' powoduje trwałe odłączenie modułu *Bluetooth* po pięciu minutach od utraty aktywności. Rejestrator może mierzyć i rejestrować przebiegi, ale nie można się z nim połączyć. Ponowne połączenie wymaga resetu, tj. wyłączenia i ponownego załączenia rejestratora. Daje to znaczne oszczędności energii i dłuższą pracę baterii.

4.3 Kształtowanie strumienia *Bluetooth*

Strumień *Bluetooth* służy do wyświetlania danych pomiarowych (rys. 3 E) na ekranie komputera w czasie rzeczywistym. Jego zawartość może być kształtowana w zależności od potrzeb. Służy do tego pole 'Wyświetlanie pomiarów' (transmisja do *Bluetooth*) w panelu głównym.

Strumień ten można zatrzymać przy pomocy kontrolki 'STOP' i uruchomić ponownie za pomocą kontrolki 'START'. Zatrzymanie strumienia *Bluetooth* nie wpływa na zapis danych na kartę *micro SD*, jeżeli taki zapis ma miejsce.

W polu 'Ramki GPS' można wybrać ramki protokołu NMEA0183, które chcemy oglądać, gdy GPS jest załączony. Jednakże do celów pomiarowych dla większości zastosowań należy wybrać opcję 'pozycja w ramce danych'.

Dodatkowe pole 'Sposób transmisji' posiada dwie opcje:

- strumień bez kontroli, do transmisji przez *Bluetooth*,
- z zapytaniem o pojedynczy pomiar (w wykonaniu specjalnym do transmisji przez moduł MOXA).

4.4 Odczyt stanu bieżącego

Naciśnięcie kontrolki 'Aktualizuj stan bieżący' (rys. 3 F) przedstawia stan, w jakim się aktualnie rejestrator znajduje. Opisuje stan rejestratora wskazujący to, czy pomiary są zainicjowane, czy rejestrator aktualnie zapisuje dane na kartę i z jakim krokiem, jaki jest nastawiony czas zapisu, jakie zakresy zostały wybrane w poszczególnych kanałach i czy GPS został załączony.

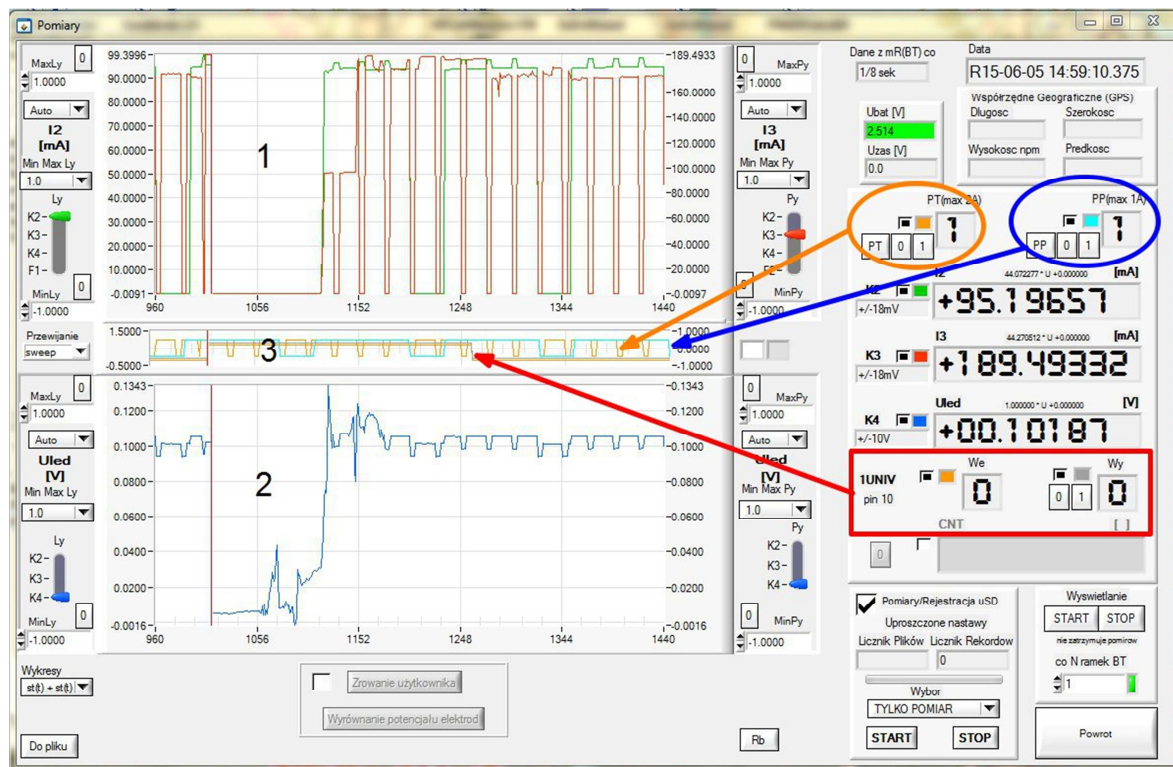
Kontrolkę tę można uaktywnić w dowolnej chwili. Aktualizacja stanu bieżącego automatycznie wyłącza wyświetlanie 'log' (2.2).

4.5 Wyświetlanie pomiarów

Pomiary mogą być wyświetlane w czasie rzeczywistym za pomocą wykresów graficznych, jak i za pomocą liczb odzwierciedlających mierzone wielkości fizyczne.

Aby rozpocząć proces wizualizacji pomiarów, należy nacisnąć kontrolkę 'Wyświetlanie pomiarów' znajdującą się w dolnym lewym rogu panelu głównego (rys. 3 G). Otwiera się panel 'Pomiary' (rys. 17), składający się z trzech okienek, na których rysują się wykresy. Jest tu szereg kontrolki i pól, w których wyświetlane są różnego typu informacje opisujące te wykresy, wielkości mierzone oraz bieżący stan pracy rejestratora.

Wykresy górny (1) i dolny (2) przedstawiają wielkości analogowe a wykres środkowy (3) wielkości dwustanowe. Wizualizowane wielkości analogowe są to wielkości mierzone lub funkcje obliczane na tych wielkościach (np. suma, różnica, iloczyn wielkości z wybranych kanałów). Wyświetlane wielkości dwustanowe to stan wejścia/wyjścia '1UNIV' oraz dla rejestratora **mR3p** stan kanałów PT i PP.



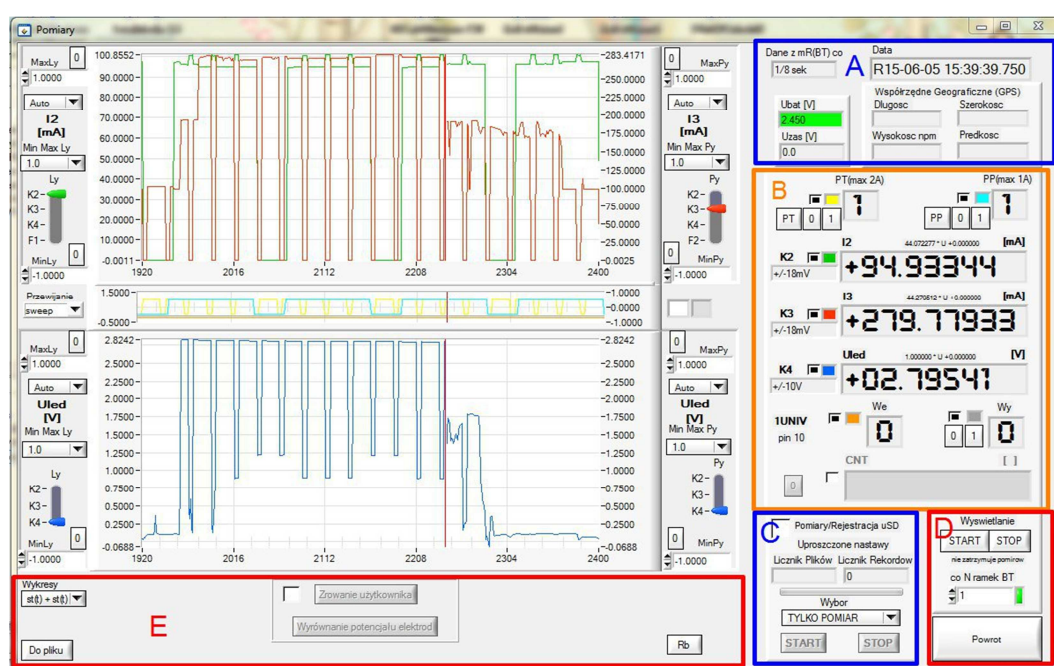
Rys. 17. Panel „Pomiary” (tu: rejestrator *mR3p*)



Rys. 18. Panel „Pomiary”. Skalowanie wykresów analogowych (tu: rejestrator *mR4*)

Na wykresach wielkości analogowych wyświetlane są maksymalnie dwa sygnały, które wybiera się za pomocą kontroltek 'Ly' (lewa oś Y) i 'Py' (prawa oś Y). Podjęty wybór definiuje osobno lewą i prawą oś Y i przypisuje jej odpowiednio wybrany przebieg.

Po obu stronach każdego z wykresów analogowych znajduje się szereg kontroltek służących do skalowania wykresów odpowiednio i niezależnie przypisanych do osi Y: lewej 'Ly' lub prawej 'Py' – rys. 18. Skalowanie wykresów może być automatyczne (nastawienie domyślne), tj. takie, w którym wykresy są rozciągane w osi Y maksymalnie w wybranym oknie czasowym lub ręcznie 'Manual', tj. takie, w którym maksymalne i minimalne wartości wyświetlane w osi Y są ustawione przez użytkownika na stałe. Po wyborze trybu 'Manual' służą do tego odpowiednio kontrolki 'MaxLy', 'MinLy' oraz 'MaxPy' i 'MinPy'.



Rys. 19. Panel 'Pomiary'. Wyodrębnione grupy pól A, B, C, D (tu: rejestrator **mr3p**).

Wartości w tych kontrolkach możemy inkrementować/dekrementować za pomocą strzałek lub wpisać z klawiatury i zaakceptować klawiszem 'Enter'.

Do szybkiego skalowania osi Y służą dodatkowo kontrolki 'MinMaxLy' i 'MinMaxPy' oraz kontrolki '0'. Te pierwsze służą do wpisania wybranych i okrągłych wartości skalowania osi Y, natomiast kontrolki '0' wpisują odpowiednio wartość zero dla dolnej lub górnej granicy wyświetlania wielkości analogowych (do kontroltek 'MinLy', 'MaxLy', 'MinPy', 'MaxPy').

Po prawej stronie panelu 'Pomiary' (rys. 19) znajduje się szereg pól i kontroltek wyświetlających stan bieżący oraz pozwalających na uproszczone sterowanie rejestratora. Można podzielić je na pięć grup na rys. 19 dla ułatwienia odczytania rysunku oznaczonych kolorowymi literami:

-informacje ogólne (A)

- wielkości mierzone (B)
- uproszczone nastawy (C)
- wyświetlanie (D)
- dodatkowe opcje (E)

4.5.1 Informacje ogólne

W grupie kontrolerek (A) zawierających informacje ogólne wyświetlane są:

- krok próbkowania
- aktualna data i czas
 - R – z zegara RTC bez synchronizacji z GPS
 - G – z zegara RTC zsynchronizowanego z GPS
- napięcie baterii 'Ubat [V]'
 - Ubat > 2,6 V – bateria naładowana
 - Ubat < 2,3 V – bateria rozładowana
- zewnętrzne napięcie zasilania 'Uzas [V]'

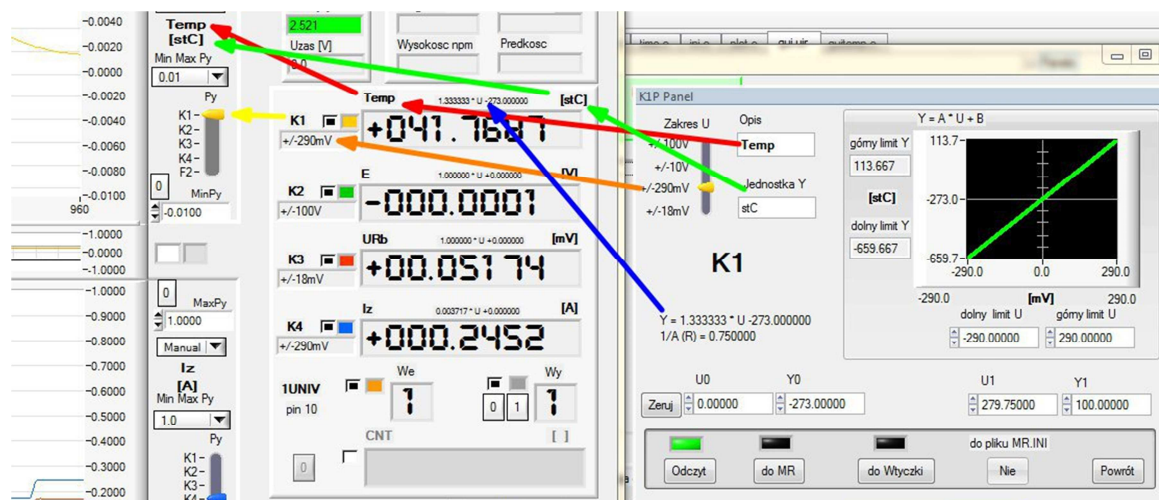
Uwaga 1. Napięcie to jest pomniejszone o spadek na diodzie Schottky zabezpieczającej obwód przed odwróceniem polaryzacji.

Uwaga 2. 'Współrzędne Geograficzne GPS' to 'Długość' geograficzna i 'Szerokość' geograficzna, 'Wysokość nrm' i 'Prędkość' [km/h].

Dane pobierane z GPS są przedstawiane w formacie zgodnym z NMEA0183 i wyświetlane tylko wtedy, gdy GPS jest załączony, zestrojony i gdy w panelu głównym jest wybrana opcja 'Ramki GPS – pozycja w ramce danych'.

4.5.2 Wielkości mierzone

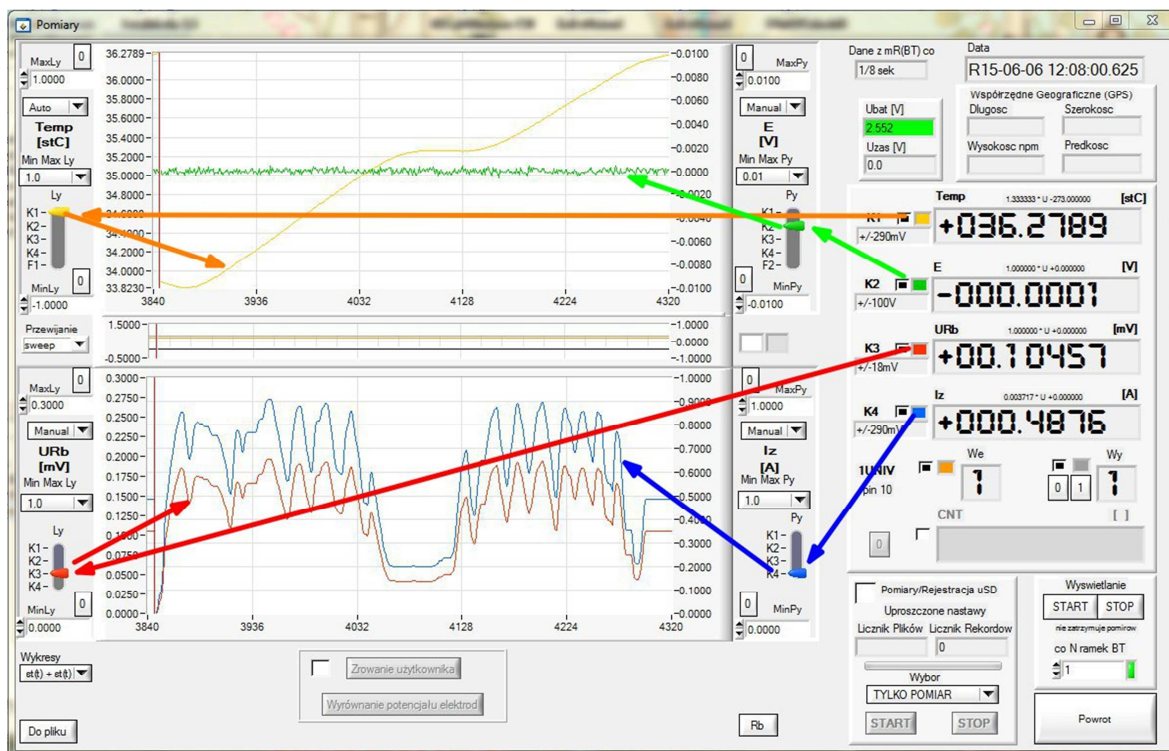
Pole wielkości mierzonych (B) przedstawia przede wszystkim w postaci cyfrowej wartości mierzone w kanałach K1...K4 (**MR4**) lub K2...K4 (**MR3p**) (rys. 19). Pola liczbowe opisane są dodatkowo nazwą i jednostką nadaną w procesie kalibracji, a także kontrolnie równaniem prostej kalibracyjnej zapisanej małą czcionką, standardowo na szarym tle.



Rys. 20. Oznaczenia w polu „wielkości mierzone” i na wykresach przebiegów analogowych

Równanie prostej, a zarazem tło napisu może się zmienić po przekalibrowaniu kanałów z poziomu panelu 'Pomiary', np. w procesie 'zerowanie użytkownika' lub 'wyznaczanie rezystancji bocznika Rb'.

Dodatkowo każde z pól liczbowych dla kanałów 'Kx' (x = 1...4) opisane jest po lewej stronie polem zakresu (wartości przyjmowane to $\pm 18\text{mV}$, $\pm 290\text{mV}$, $\pm 10\text{V}$, $\pm 100\text{V}$) oraz dwiema kontrolkami. Pierwsza określa kolor wybrany dla kanału 'Kx', druga wskazuje, czy przebieg kanału 'Kx' jest wyświetlony na wykresie.



Rys. 21. Barwy przypisane przebiegom na wykresach

Kolor identyfikuje nie tylko sam przebieg na wykresie, ale także suwaki (rys. 21) kontrolki wyboru wyświetlanego przebiegu 'Ly' i 'Py'. Kolory na wykresach można zmieniać, ale standardowo przyjęto:

- K1** – żółty,
- K2** – zielony,
- K3** – czerwony,
- K4** – niebieski.

W celu ułatwienia identyfikacji kanałów tę samą kolorystykę przyjęto dla zacisków i przewodów we wtyczkach dedykowanych, stanowiących wyposażenie pomocnicze.

W polu wielkości mierzonych znajdują się dodatkowo pola opisujące bieżący stan wyjść dwustanowych oraz kontrolki sterujące tymi wyjściami.

Dla rejestratora **mR3p** wyświetlany jest zero-jedynkowy stan pracy torów przerywacza PT i PP, gdzie '1' oznacza odpowiednio zwarcie (na wykresie stan wysoki), a '0' przerwę odpowiednich zacisków (stan niski). Znajdujące się w pobliżu pola odczytu stanu bieżącego kontrolki przycisków pozwalają ręcznie wprowadzić każdy kanał przerywacza osobno w stan '0' lub '1', a także w stan cyklicznej pracy. Stan ten może być obserwowany na środkowym (wąskim wykresie), przy czym kolor wykresu odpowiada kolorom odpowiednich kontrolki w polach 'PP' i 'PT'.

Druga grupa przebiegów dwustanowych to stan wejścia/wyjścia '1UNIV'. Wyróżnione są osobne pola i osobna kolorystyka dla wejścia i wyjścia, jak również dwa przyciski '0' i '1' do sterowania wyjściem.

Ze względu na budowę we/wy '1UNIV' (Cz. I, 2.4.4), aby odczytać stan wejścia, wyjście należy wprowadzić w stan '1'. Stan wejścia i wyjścia jest także wizualizowany na środkowym wykresie czasowym.

W niestandardowych rejestratorach **mR4/mR3p**, wykonanych na specjalne życzenie klienta, przewidziano w polu 'wielkości mierzone' miejsce na wyświetlanie wartości licznika CNT.

4.5.3 Uprozczone nastawy (C)

W wielu niestandardowych działaniach pomiarowych istnieje potrzeba szybkiego rozpoczęcia i zakończenia procesu pomiarowego z zapisem lub bez zapisu na karcie *micro SD*.

Po zaznaczeniu pola 'Pomiary/Rejestracja uSD' odblokowują się kontrolki wyboru rodzaju startu zapisu oraz kontrolki 'START' i 'STOP' odpowiednio zaczynające i kończące pomiar.

Aby przez omyłkę nie skończyć bieżącej rejestracji, rozpoczęcie nowego pomiaru lub zakończenie wymaga dodatkowo świadomej akceptacji. W polu 'uproszczone nastawy' znajduje się także licznik wskazujący liczbę rekordów pozostałych do końca rejestracji, licznik plików używany tylko w rejestracji wielokrotnej oraz pasek postępu związany z licznikiem rekordów.

4.5.4 Wyświetlanie

W polu 'wyświetlanie' (D) znajdują się przyciski 'START' i 'STOP', które uruchamiają i zatrzymują strumień danych przesyłanych przez *Bluetooth*. Można ich użyć w każdej chwili. Nie zatrzymuje to procesu pomiarów i zapisu danych na karcie *micro SD*. Zatrzymuje natomiast wyświetlanie opisu przebiegów zarówno w postaci liczbowej, jak i graficznej. Proces ten można wznowić w każdej chwili przyciskiem 'START'.

Dodatkowo w polu 'wyświetlanie' znajduje się kontrolka 'co N Ramek BT' nastawiana standardowo na wartość '1'. Ustawienie innej, większej liczby spowalnia wyświetlanie wielkości mierzonych przedstawionych w postaci liczbowej.

5 OPCJE DODATKOWE

W panelu 'Pomiary' (E) bezpośrednio pod wykresami przebiegów analogowych (rys. 19 E) znajduje się kilka przycisków pozwalających na wybór dodatkowych opcji poszerzających funkcjonalność przyrządu.

Są to:

- 'Zerowanie użytkownika'
- 'Wyrównanie potencjału elektrod'
- 'Rb' – pomiar rezystancji bocznika
- 'Do pliku' – szybka rejestracja bez udziału zapisu na karcie *micro SD*
- 'Wykresy'

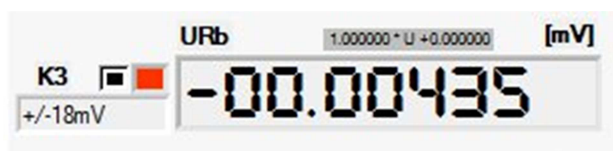
5.1 Zerowanie

Czasem gdy rejestrator przy zwartym wejściu w wybranym kanale i na wybranym zakresie mierzy niewielką stałą wartość (np. wskutek powstających w obwodzie pomiarowym termoogniw) istnieje potrzeba wyzerowania kanału (rys. 22). Służy do tego specjalny panel 'Zerowanie użytkownika'.

Proces zerowania polega na zmierzeniu wartości średniej niezrównoważenia w pewnym nastawionym czasie i odjęcie tej wartości od równania prostej, a więc *de facto* wyznaczenia nowego współczynnika B w równaniu kalibracyjnym

$$Y = A \cdot u + B$$

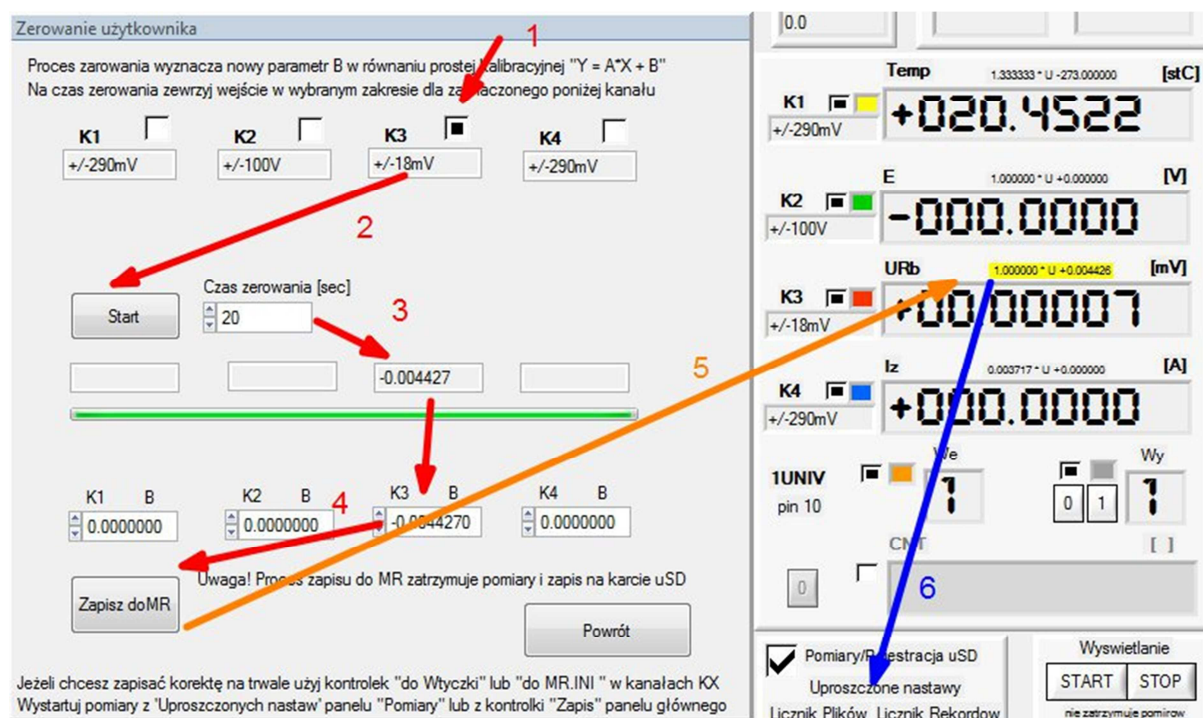
Proces ten dokonuje się niezależnie w każdym zaznaczonym kanale. Proces zerowania należy przeprowadzić z uwagą i tylko wtedy, gdy jest to konieczne, gdyż łatwo o pomyłkę. Aby zwrócić uwagę, że proces się zakończył, nowe równanie prostej jest specjalnie wyświetlone na żółtym tle (rys. 22).



Rys. 22. Chwilowa wartość ($-4.35\mu V$) zmierzona w kanale K3 na zakresie $\pm 18mV$ przed procesem zerowania użytkownika

Procedura zerowania użytkownika jest następująca (rys. 23):

- wybór numeru kanału do zerowania i zwarcie wejścia do odpowiadającej mu masy analogowej, tu: K3($\pm 18mV$) – AGND3,
- ustawienie czasu zerowania (domyślnie 20s) i start procesu,
- oczekiwanie na wynik pomiaru (średnia za 20s z wybranego kanału),
- możliwość ręcznej korekty wyniku,
- zapis wyniku do rejestratora **mR** (nowe równanie prostej kalibracji),
- ponowny start pomiarów i/lub rejestracji z pola 'Uproszczone nastawy' lub 'Zapis'.



Rys. 23. Procedura zerowania użytkownika.

Tu: wartość chwilowa $+0.07\mu V$ w kanale K3 po zakończeniu procedury

5.2 Wyrównanie potencjałów

Pomiary tych samych wielkości fizycznych dokonywane w różnych kanałach przy pomocy identycznie wykalibrowanych czujników/przetworników tego samego typu mogą się od siebie nieco różnić.

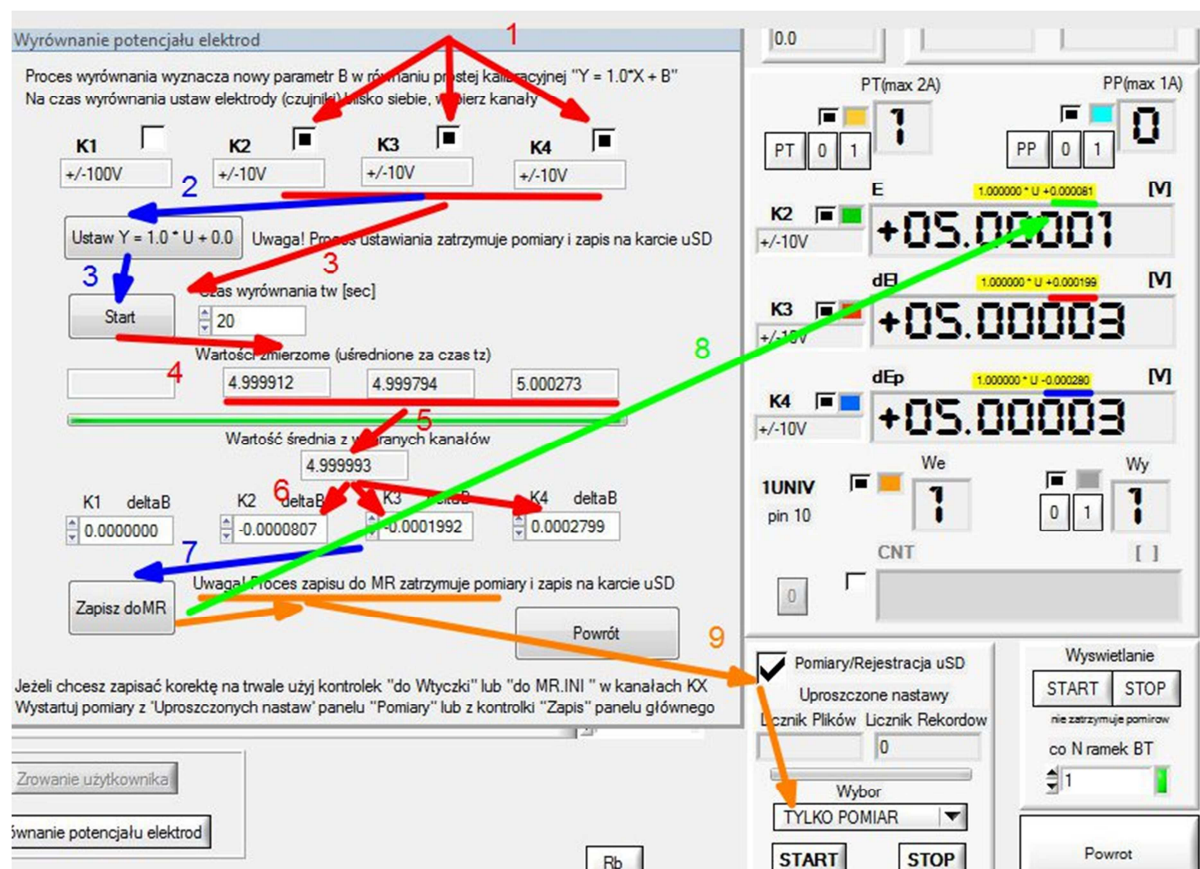
Przykładem mogą być elektrody używane w ochronie katodowej służące do pomiaru potencjału podziemnych konstrukcji stalowych. Oprogramowanie **mRgui** daje użytkownikowi możliwość wprowadzenia poprawek celem wyrównania mierzonych wartości. Proces ten nazwano umownie 'wyrównanie potencjału elektrod', lecz można go zastosować do innych czujników i przetworników.

Proces 'wyrównanie potencjału elektrod' różni się od procesu 'zerowanie użytkownika' tym, że w procesie zerowania wszystkie wejścia wybranych kanałów są zwarte do odpowiadających im mas analogowych, a w procesie wyrównania na wejścia podane są określone napięcia lub wielkości fizyczne, które powinny być sobie równe; elektrody powinny być umieszczone jak najbliżej siebie i mierzyć ten sam potencjał, podobnie czujniki/przetworniki wielkości fizycznych, np. temperatury, powinny być umieszczone blisko siebie, a pomiar należy rozpocząć po czasie wyrównania temperatury wewnątrz struktur mierzonych.

Celem procesu wyrównania jest wyznaczenie nowych równań kalibracyjnych dla wybranych i zaznaczonych kanałów. Proces ten wymaga zaznaczenia co najmniej dwóch kanałów. Przed rozpoczęciem równania prostej kalibracyjnej w zaznaczonych kanałach mają postać:

$$Y_x = A_x \cdot u + B_x$$

gdzie x – numer zaznaczonego kanału (x = 1, 2, 3, 4).



Rys. 24. Kolejność postępowania w procesie wyrównywania potencjału elektrod
(tu: w kanałach K2, K3, K4)

Proces wyrównania polega na pomiarze sygnałów dołączonych do wybranych kanałów W_x i uśrednienia ich przez czas wyrównania t_w . Następnie wyliczana jest wartość średnia W_{mean} dla wybranych (zaznaczonych) kanałów. Potem wyliczane są poprawki 'deltaBx' osobno dla każdego z zaznaczonych kanałów:

$$\text{deltaB}_x = W_x - W_{mean}$$

Po procesie kalibracji równania kalibracyjne przyjmą postać:

$$Y_x = A_x \cdot u + B_x - \text{deltaB}_x$$

W wyniku otrzymuje się równania prostych równoległych do prostych sprzed kalibracji. Efektem procesu powinno być zlikwidowanie – z pominięciem szumu własnego – różnic mierzonych wielkości. Proces wyrównania należy przeprowadzić z uwagą, gdyż łatwo o pomyłkę. Procedura wyrównania potencjałów jest następująca (rys. 24):

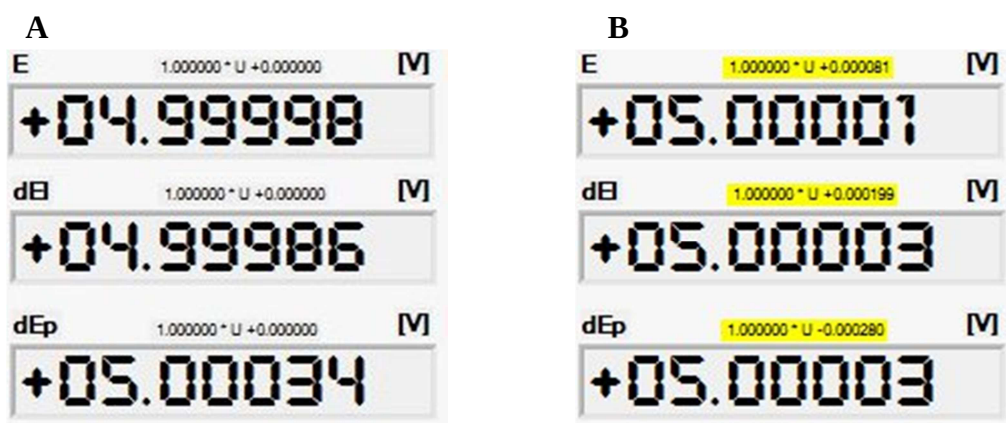
-umieszczenie elektrod lub czujników w jednakowych warunkach środowiskowych i wybranie kanałów do których są przyłączone,

-ustawienie równań prostych kalibracji: $Y = 1.0 \cdot u + 0.0$,

Uwaga. Jest to krok opcjonalny wykonywany tylko wtedy, gdy w wybranych kanałach nie wykonano kalibracji użytkownika i gdy chce się dokonać ponownego wyrównania.

Krok ten należy pominąć, gdy w dołączonych czujnikach w równaniu prostej kalibracji $Y = A \cdot u + B$ współczynnik A jest różny od 1.0 lub współczynnik B jest różny od 0.0, jak w przypadku czujników temperatury AD592 (3.3.4.1).

- start procesu wyrównania dla nastawionego wcześniej czasu t_w ,
- pomiar i obliczenie średniej w każdym z wybranych kanałów za czas t_w osobno,
- obliczenie średniej z wybranych kanałów,
- obliczenie poprawek delta,
- zapis wyników do rejestratora **mR**,
- wyznaczenie nowych równań kalibracyjnych (dla odróżnienia zaznaczonych na żółtym tle) – rys. 25,
- ponowne uruchomienie pomiarów lub/i rejestracji. ,
- chcąc zachować wyniki procesu wyrównania w wybranych kanałach na stałe, z paneli 'Kalibracja użytkownika Kx' należy wpisać nastawy 'do Wtyczki' lub/i 'do MR.INI'.



Rys. 25. Przykładowe wartości chwilowe sygnałów mierzone,
A: przed procesem wyrównania potencjałów, B: po procesie

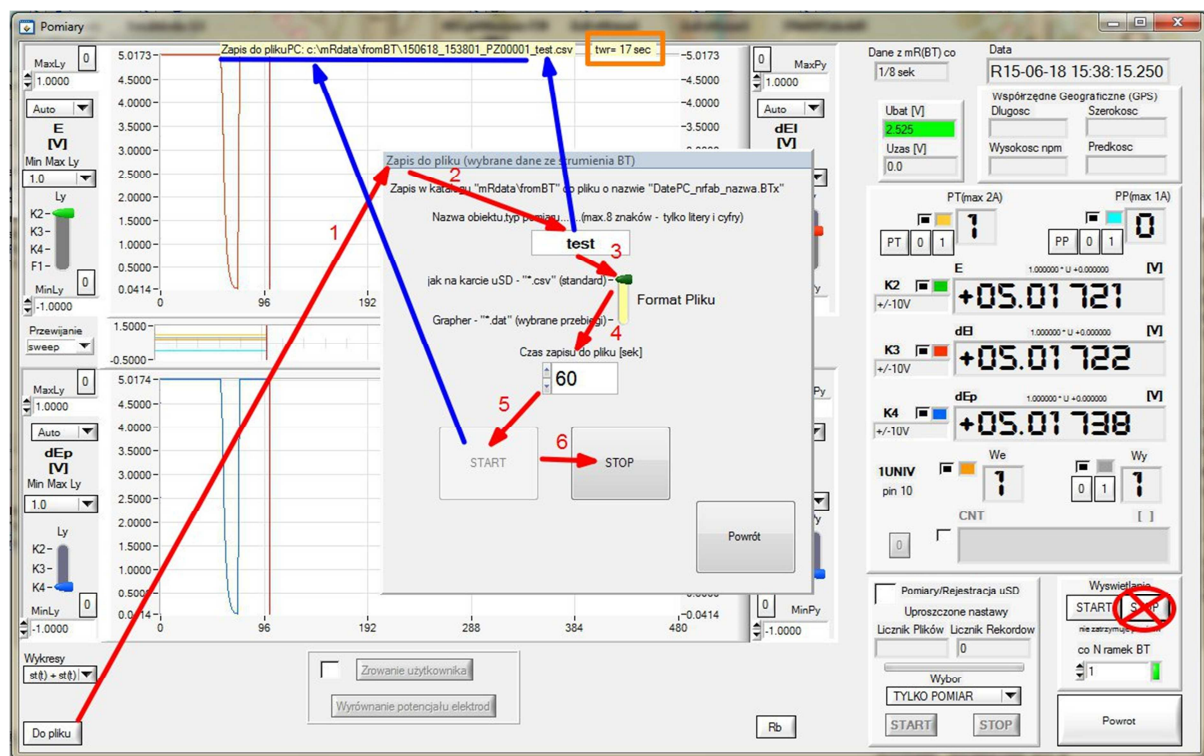
5.3 Zapis 'Do pliku'

Program **mRgui** daje możliwość alternatywnego zapisu danych pomiarowych niezależnie od zapisu na karcie *micro SD*. Dane są pobierane ze strumienia *Bluetooth* i w zależności od wyboru mogą być zapisywane w dwóch formatach:

- *.csv – format jak na karcie *micro SD*,
- *.dat – prosty format tekstowy używany przez program do wizualizacji danych 'Grapher'.

Dane są przechowywane w katalogu C:\mRdata\BT\

Funkcja zapisu alternatywnego jest przeznaczona do wykorzystania przy krótkich rejestracjach i jest bardzo użyteczna, gdyż nie wymaga już inicjacji nastaw, które – jak opisano wcześniej – zatrzymują proces rejestrowania danych na karcie *micro SD*. Funkcję można uruchomić i zatrzymać w dowolnej chwili. Jedynym warunkiem poprawnej pracy jest ciągle załączenie strumienia *Bluetooth*; co za tym idzie nie należy używać kontrolki 'STOP' w funkcji 'Wyświetlanie'. Na rys. 26 pokazano sposób alternatywnej rejestracji.



Rys. 26. Aktywacja alternatywnego zapisu danych pomiarowych

Kolejność postępowania jest następująca:

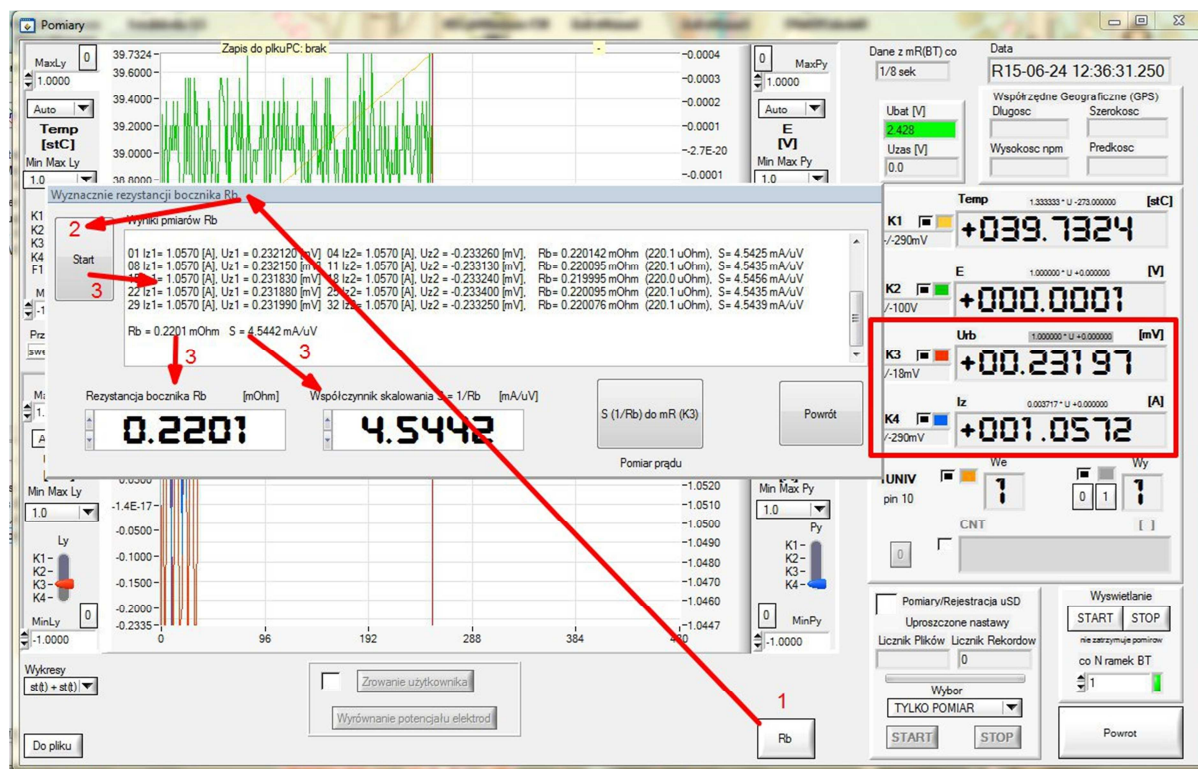
- aktywacja kontrolki 'Do pliku' i otwarcie panelu 'Zapis do pliku' (dane ze strumienia BT),
- opcjonalne wpisanie nazwy obiektu lub typu pomiaru - tekst 8 znaków pojawia się na końcu nazwy pliku,
- wybór formatu pliku,
- nastawienie czasu zapisu,
- początek zapisu – przycisk 'START'
- koniec zapisu – przycisk 'STOP' lub zamknięcie aplikacji *mRgui*.

Katalog, w którym zapisywane są dane, nazwa pliku, aktualny stan zapisu oraz czas trwania liczony od początku zapisu wyświetlane są nad górnym wykresem przedstawiającym przebiegi analogiczne.

5.4 Wyznaczanie rezystancji boczników i pomiar prądu

Funkcja dostępna po użyciu kontrolki 'Rb' służy do obsługi wtyczki dedykowanej **WDB** i ma na celu wykalibrowanie bocznika prądowego R_b o małej rezystancji, a następnie pomiar prądu przepływającego przez ten bocznik (rys. 27).

Narzucone jest przyporządkowanie kanałów. Kanał **K4** mierzy prąd źródła wymuszającego prąd w obwodzie pomiarowym, natomiast kanał **K3** podczas kalibracji mierzy spadek napięcia na boczniku. Po kalibracji w kanale **K3** mierzony jest płynący w boczniku prąd.



Rys. 27. Aktywacja procesu wyznaczania rezystancji bocznika R_b

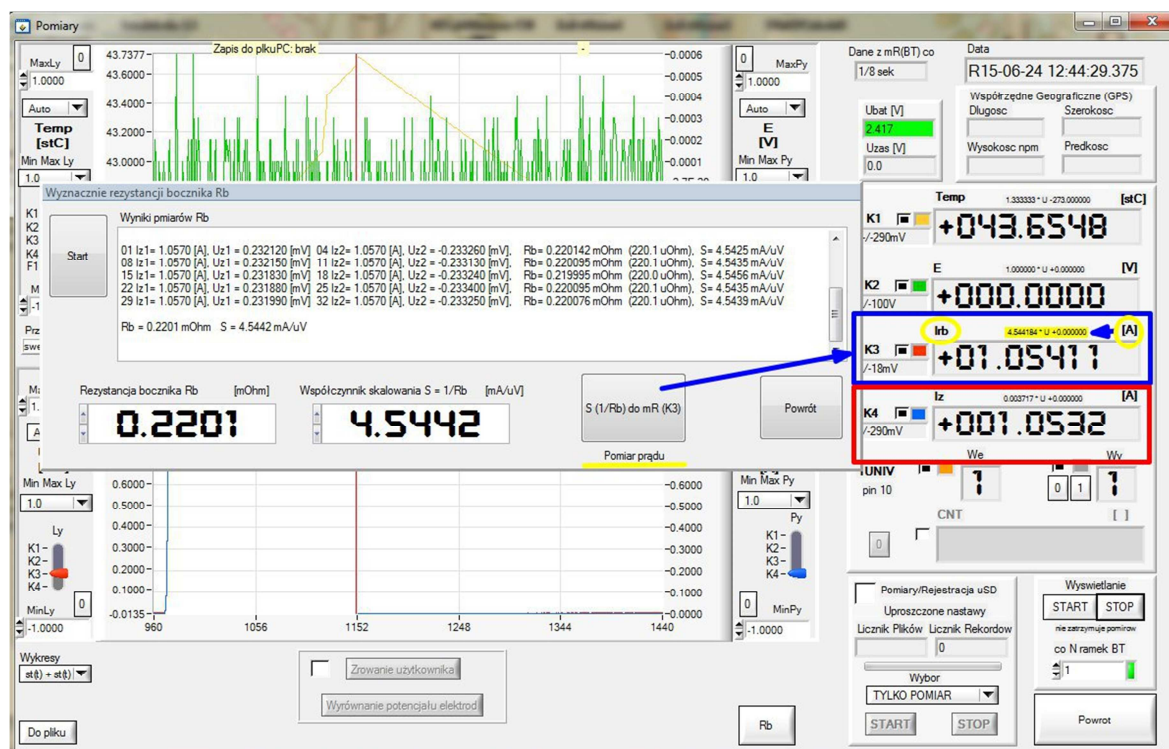
Po podłączeniu układu pomiarowego kolejność postępowania jest następująca:

- aktywacja przycisku 'Rb' i wywołanie panelu 'Wyznaczanie rezystancji bocznika R_b ',
- start procesu kalibracji (3.3.2.2),
- czekanie na wynik.

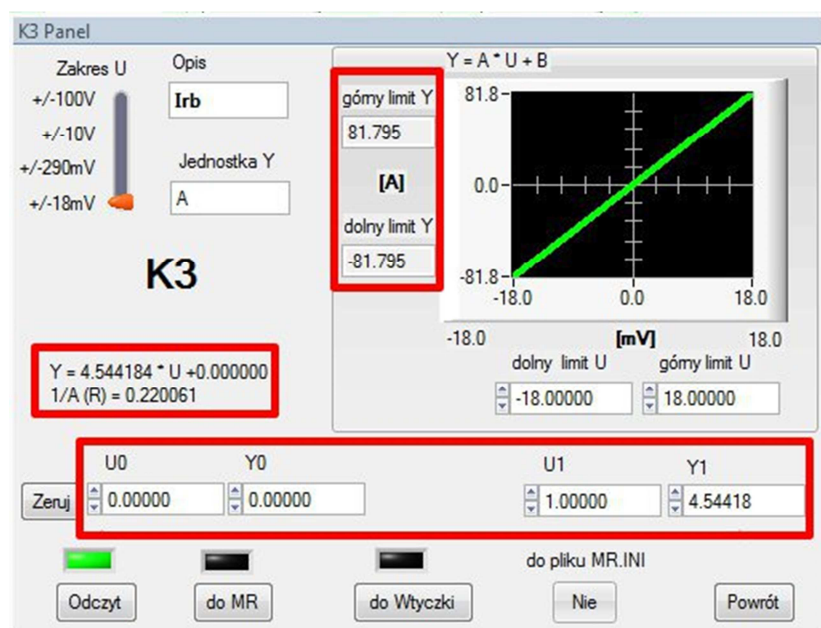
Jeżeli znana jest wyznaczona wcześniej precyzyjna wartość bocznika R_b lub jego współczynnik skalowania S , to w odpowiednich kontrolkach można wpisać tę wartość, omijając krok 2 i 3.

Aby zmierzyć prąd płynący przez bocznik trzeba następnie kanał **K3** (zakres $\pm 18\text{mV}$) zmienić w amperomierz. Wymaga to aktywacji kontrolki 'S ($1/R_b$) do mR (K3)' – rys. 28. Kanał **K3** otrzymuje nowy opis, jednostkę oraz nowe równanie kalibracyjne (niebiesko obwiedzione pole). Można teraz porównać prąd źródła w kanale **K4** (czerwono obwiedzione pole) i prąd w kanale **K3** mierzony na boczniku.

W celu zrozumienia procesu kalibracji można teraz obejrzeć panel nastaw dla kanału **K3** (rys. 29). Należy zwrócić uwagę na punkty kalibracyjne oraz limity określające maksymalną zdolność pomiarową. W przypadku pokazanym na rysunku dla boczniaka $220\mu\Omega$ wynoszą one ± 81.795 A.



Rys. 28. Zamiana mikrowoltomierza w amperomierz dokonywana po procesie wyznaczenia R_b



Rys. 29. Kalibracja kanału **K3** mierzącego prąd w boczniaku R_b

Ponieważ pomiar prądów jest *de facto* pomiarem spadku napięcia na bocznikach o bardzo małej rezystencji, często na poziomie pojedynczych mikrowoltów, należy zwrócić baczną uwagę na towarzyszące mu zjawisko mikroogniów powstających w obwodzie pomiarowym na styku dwóch różnych metali zniekształcające pomiar. Metoda pomiarowa zastosowana we wtyczce **WDB** eliminuje związane z tym zjawiskiem błędy podczas kalibracji bocznika R_b , ale nie eliminuje tych błędów przy pomiarze prądu płynącego przez ten bocznik. Minimalizację wpływu termoogniów na pomiar prądu można uzyskać poprzez maksymalne skrócenie i uproszczenie połączeń (jak najmniej złączyć różnych metali) i poprzez wyrównanie temperatur na złączach. W miejscach, gdzie to jest możliwe zastosowanie metod pomiarowych ON-OFF, w których mierzymy różnicę prądu pochodzącego od kluczowanego, znanego nam źródła, również poprawia wyniki.

5.5 Wykresy

W lewej dolnej części panelu „Pomiary” znajduje się kontrolka „Wykresy”. Postać przebiegów prezentowanych w górnym i dolnym oknie określają następujące oznaczenia:

- st(t) + st(t)
- st(t) + gr(t) + CIPS
- st(t) + XY
- st(t) + spectrum

-st(t) – (ang. *stripchart*)

Jest to wykres przebiegów analogowych w czasie. Do końca przebiegu dopisywany jest ostatni punkt pomiarowy. Sposób przewijania określa kontrolka ‘Przewijanie’:

- .sweep – wymiatanie,
- .blok – wyświetlanie blokowe,
- .continuous –przesuwanie ciągle.

Uwaga. Ekran st(t) + st(t) został opisany wcześniej (rys. rys. 17, 18, 19, 21, 26, 27, 28)

-gr(t) – (ang. *graph*)

Ten wykres służy do oceny w wybranym czasie danych pomiarowych zawartych w st(t). Dane są gromadzone w pamięci przez czas wyświetlania ustawiony za pomocą kontrolki ‘Tcykl’ i następnie wyświetlane. Cztery kursory umożliwiają wybór i zdefiniowanie czterech punktów przedstawionych przebiegów.

W ochronie katodowej ten rodzaj wykresów może być stosowany np. do synchronizacji wyświetlania przebiegów z cyklem ON/OFF.

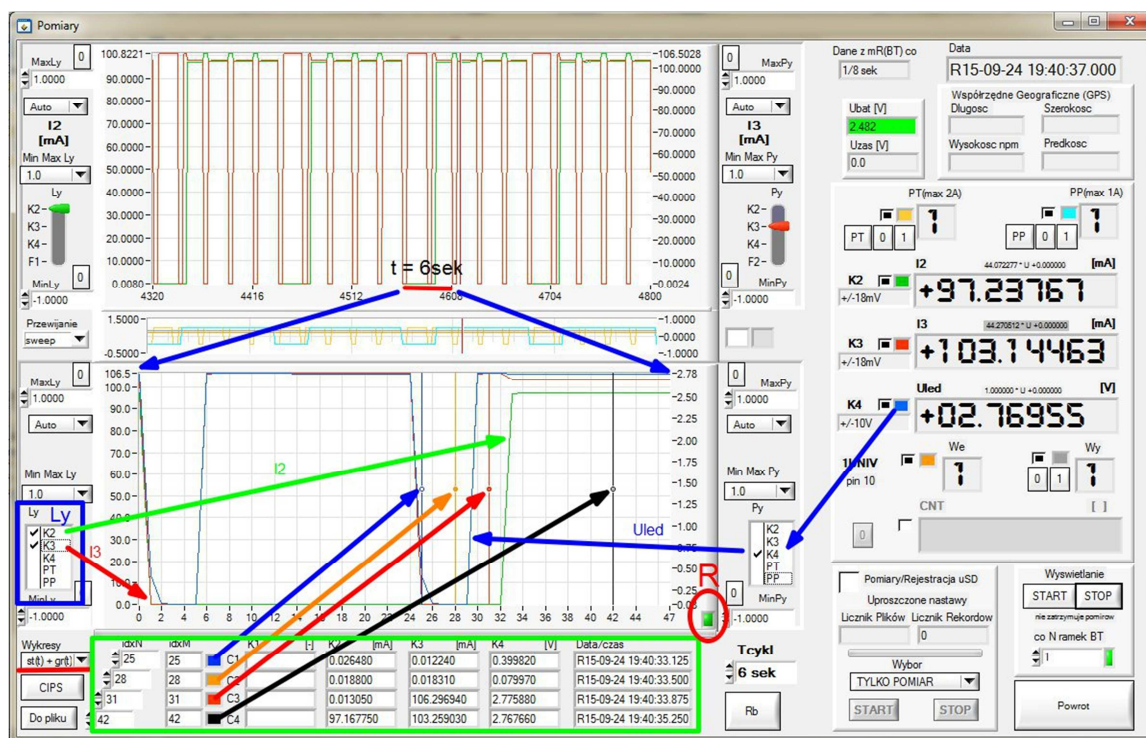
-CIPS: w ochronie katodowej służy do przejścia do pomiarów wyłączeniowych i intensywnych.

-XY: przedstawia przebiegi na płaszczyźnie funkcji skorelowanych XY,

-spectrum: przedstawia przebiegi w postaci pasków spektralnych.

5.5.1 Ekran $st(t)$ + $gr(t)$ + CIPS

Jako przykład na rys. 29 przedstawiono przebieg prądów I_2 i I_3 diod LED, załączanych i wyłączanych: jednej za pomocą przerywacza PT rejestratora **mR3p**, a drugiej za pomocą jego przerywacza PP. Nastawiony krok próbkowania rejestratora $1/8$ s, nastawiony cykl przerywacza PT 3s (ON = 2,375s, OFF = 0,625s), nastawiony cykl przerywacza PP w cyklu 15s (ON = 12s, OFF = 3s).



Rys. 29. Ekran $st(t)$ + $st(t)$ + CIPS.
Przebiegi prądów I_2 i I_3 w funkcji czasu (przerywanie)

Środkowy wykres przedstawia przebiegi dwustanowe: żółty przerywacza PT (cykl 3s) i niebieski przerywacza PP (cykl 15s).

Dolny wykres przedstawia zaznaczony poziomą linią czerwoną wycinek $t = 6$ s górnego wykresu przebiegów.

- prąd ' I_2 ' przerywany przez PP w cyklu 15s, o długości $6/15 \cdot 15s = 6s$ (PP w stanie wyłączenia) w kanale **K2**,
- prąd ' I_3 ' przerywany przez PT w cyklu 3s, o długości dwóch cykli $2 \cdot 3s = 6s$ (przerywacz PT) w kanale **K3**,
- napięcia ' U_{led} ', (nie pokazany na wykresie górnym) w kanale **K4**.

Należy zwrócić uwagę, że osi Y na wykresie dolnym $gr(t)$ można przypisać większą liczbę przebiegów, tu: dwóch (pole Ly oznaczone niebieską ramką), podczas gdy na wykresie górnym $st(t)$ każdej osi Y (lewej lub prawej) może być przypisany tylko jeden przebieg.

Jako przykład przedstawiono na rys. 30 przebiegi czasowe wilgotności i temperatury, pobierane z odpowiednich czujników. Na wykresie górnym $st(t)$ widać je w funkcji czasu (kolejne numery próbek pomiarowych). Wykres dolny XY przedstawia korelację: wilgotność (oś Y) w %RH w funkcji temperatury (oś X) w stC .

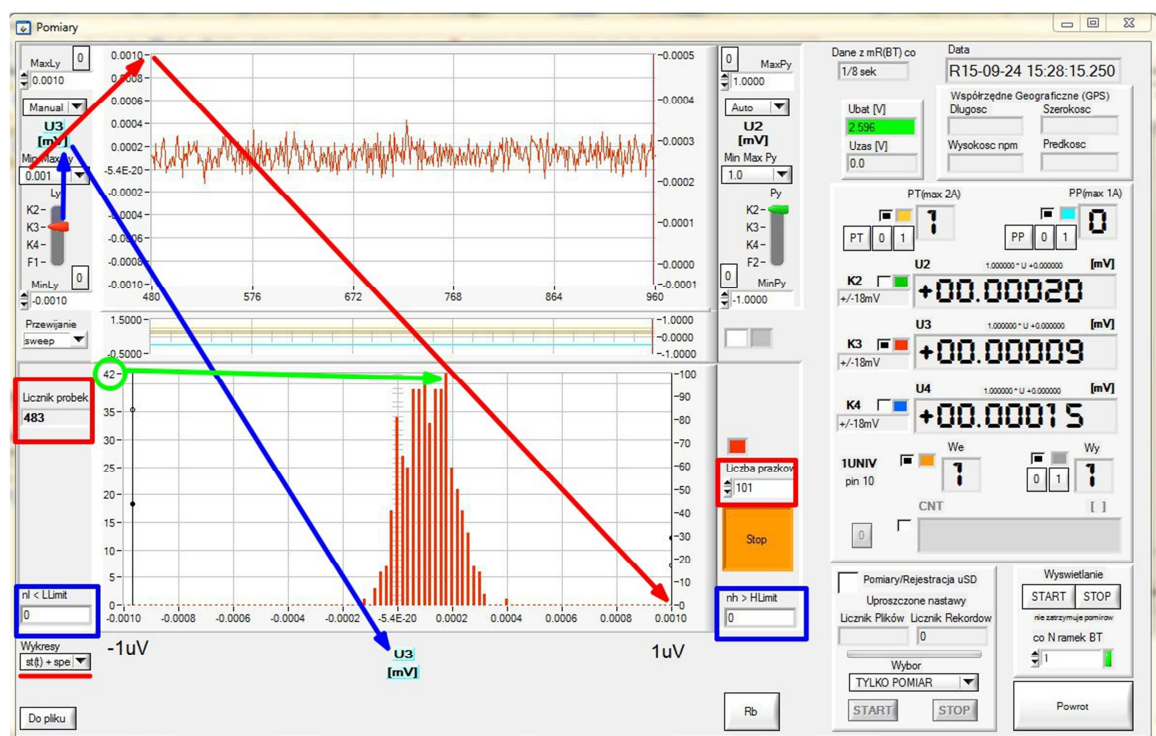
Przyporządkowanie osi oznaczono strzałkami: niebieską dla osi X oraz pomarańczową dla osi Y. Wybór przebiegów do korelacji i przyporządkowanie ich do odpowiednich osi można dowolnie zaznaczać w polach 'Ly' i 'Py', a skala dla osi wykresu XY jest przepisywana odpowiednio z lewej 'Ly' i prawej 'Py' osi Y wykresu $st(t)$.

Aby na wykresie XY określić następstwo czasowe punktów korelacji określono w polu 'KZK' (kierunek zmiany kolorów) sekwencję występujących po sobie kolorów oraz liczbę N próbek, po wyświetleniu których nastąpi zmiana koloru, co oznaczono zielonymi strzałkami.

Dla lepszego zobrazowania zjawiska krótkimi strzałkami oznaczono przesunięte w czasie maksimum temperatury (czerwona) i minimum wilgotności (niebieska) odpowiednio na wykresach czasowym $st(t)$ i XY. Osobnym kolorem zdefiniowano „punkt wiodący” czyli ostatni dodany punkt.

Do inicjacji, zerowania wykresu XY i zakończenia rysowania służy przycisk 'START/STOP'.

5.5.3 Ekran $st(t)$ + spectrum



Rys. 31. Ekran $st(t)$ + spectrum.
Szum własny kanału K3

Rys. 31 przedstawia przebieg czasowy $st(t)$ (górny wykres) oraz odpowiadające mu widmo (dolny wykres). Jako przykład przedstawiono szum własny kanału **K3** (zaznaczony niebieską strzałką wyboru) dla zakresu 18mV, otrzymany przy próbkowaniu $1/8$ s i zwartym wejściu. Lewą oś Y wykresu $st(t)$ wyskalowano w trybie *Manual* na zakres $<-1\mu V, +1\mu V>$, a liczbę prążków (czerwona ramka po prawej stronie) nastawiono na 101.

Proces rysowania rozpoczęto i zatrzymano przyciskiem 'START/STOP'. Wykres spektralny zawiera 483 próbki (w czerwonej ramce po lewej stronie), przy czym najdłuższy pasek wskazuje 42 próbki. Dodatkowo zaznaczone niebieskimi ramkami pola 'LLimit' i 'HLimit' oznaczają liczbę próbek, które nie zmieściły się na odpowiednio wyskalowanym wykresie spektrum (tu: wartość '0').

Uwaga. Warto zwrócić uwagę na szerokość widma, które wynosi $0.5\mu V$ tj. $<-0,1\mu V, +0,4\mu V>$, co świadczy o bardzo wysokiej rozdzielczości zakresów $\pm 18mV$.