

**REJESTRATOR POMIAROWY
czterokanałowy**

mR4

i

**REJESTRATOR POMIAROWY
trójkanałowy z przerywaczem**

mR3p

**Część V.
PROGRAM GRAFICZNY
mRgraph 3p4 v.1.0
PREZENTACJA i ANALIZA POMIARÓW**

WYDANIE PIERWSZE

Warszawa maj 2017

2.

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

Część V. Program graficzny **mRgraph 3p4**

Spis treści

1 Przeznaczenie programu	5
2 Wymagania sprzętowe	5
3 Rozpoczęcie pracy	6
4 Okno główne programu	7
5 Zakładka Tab 0	8
5.1 Podział ekranu	8
5.2 Kursory	9
5.3 Skalowanie wykresów w osi czasu	9
5.3.1 Użycie myszki	10
5.3.2 Kontrolki numerów próbek	10
5.3.3 Przesuwanie wykresów	10
5.3.4 Skalowanie metodą <i>Cursors Zoom</i>	10
5.3.5 Skalowanie dolnego wykresu $fdn(t)$ w osi czasu	11
5.3.5.1 'Razem'	12
5.3.5.2 'Osobno'	12
5.3.5.3 'Według kursorów <i>up</i> '	13
5.3.5.4 'Według przesuwu <i>up</i> '	14
5.3.6 Kursory w procesie przesuwu i skalowania osi czasu	16
6 Postkalibracja	16
7 Funkcje i całki	17
7.1 Wprowadzenie	17
7.2 Korzystanie z funkcji i całek	19
8 Zakładki Tab 1 $fup(t)$, Tab 2 $fdn(t)$	20
9 Zakładka Tab 3 $XY up$	21
9.1 Informacje ogólne	21
9.2 Wyznaczenie równania wybranego odcinka	21
9.3 Równanie prostych regresji	22
9.4 Dodatkowe obliczenia statystyczne (stosowane w ochronie katodowej)	23
9.5 Przykład ciekawej korelacji	23
10 Prezentacja pomiarów na mapie <i>Google Earth</i>	24
10.1 Wstęp	24
10.2 Zdarzenie pomiarowe prezentowane na mapie	24
10.3 Generowanie pliku '*KML'	26

1 PRZEZNACZENIE PROGRAMU

Program **mRgraph 3p4** służy do szybkiego przeglądania wyników pomiarów ciągłych zarejestrowanych w plikach w formacie *.csv i odczytanych z kart pamięci *microSD* rejestratorów **mR3p** lub **mR4**. Program ma na celu ułatwienie prezentacji wyników pomiarów.

Dane pliku rejestracji są przedstawiane w postaci wykresów przebiegów graficznych, przy czym można wybrać dowolny fragment (oś czasu) i przeskalować osie mierzonych wielkości fizycznych (lewa i prawa oś y), np. napięcia, prądu, temperatury, ciśnienia i innych, przypisując każdej z nich wybrany kanał pomiarowy. Wykresom przebiegów towarzyszą obliczenia statystyczne (min, max, wartości średnie, odchylenie standardowe, mediana itd.).

Dowolnie wybrane ekrany można wydrukować zyskując w ten sposób gotowe protokoły wykonanego pomiaru.

W razie potrzeby możliwe jest przeskalowanie zarejestrowanych przebiegów na inne wielkości, inne jednostki miary i nadanie innej nazwy. Tej procedurze nadano nazwę *postkalibracja*.

Na przebiegach zarejestrowanych w dowolnie wybranych kanałach można wykonać działania matematyczne: dodawanie, odejmowanie, mnożenie, dzielenie, całkowanie. Dzięki temu mierząc w dwóch dowolnie wybranych kanałach np. prąd i napięcie można uzyskać przebieg mocy, rezystancji zmierzonej metodą techniczną, a także ładunku (Ah) i energii (Wh).

Zaimplementowane na wykresach kursory pozwalają odczytać wartość próbki pomiarowej w dowolnie wybranej przez użytkownika chwili.

W razie potrzeby wykresy można powiększyć do wielkości ekranu komputera.

Wykresy wielkości skorelowanych można przedstawić w postaci korelacji XY, przypisując wybranej osi odpowiedni numer kanału. Na wykresie XY można aktywować kursory i wyznaczyć proste regresji liniowej wraz z odpowiadającymi im obliczeniami statystycznymi dla jednego (całości), dwóch lub trzech obszarów w zależności od liczby użytych kursorów. Można wyznaczyć równanie prostej między dwoma punktami, dowolnie wybranymi na wykresie XY.

Kolejną cechą programu **mRgraph 3p4** jest możliwość generacji skryptów *.kml pozwalających wyświetlać wyniki pomiarów na trójwymiarowej mapie *Google Earth*. Przykładowo dla pomiarów wykonanych na pokładzie poruszającego się tramwaju można w każdym punkcie trasy przedstawić na mapie nie tylko przebieg prędkości, ale także prądu, napięcia, pobieranej mocy i zużywanej energii.

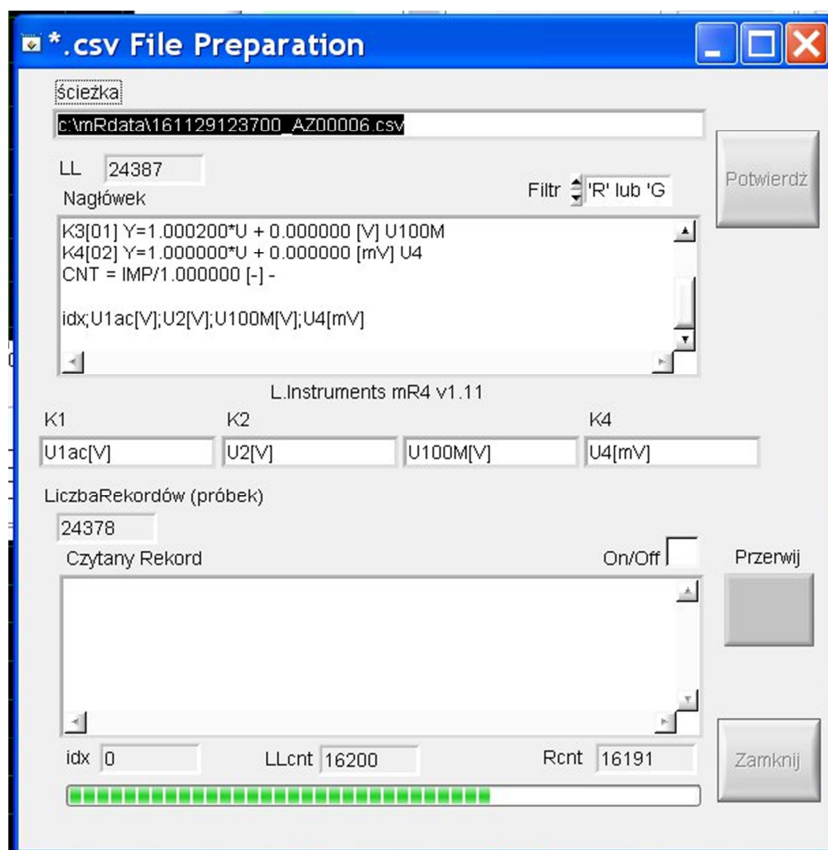
2 – WYMAGANIA SPRZĘTOWE

Sprzęt niezbędny do prawidłowej pracy programu:

- komputer PC z jednym z systemów Windows (7, 8.1, 10),
- ekran minimum Full HD (1920 x 1080 pixeli),
- RAM minimum 4GB,
- zalecany szybki procesor: I3, I5, I7 lub podobny.

3 – ROZPOCZĘCIE PRACY

Pracę należy rozpocząć wybierając plik do analizy. Pliki zawierające wyniki pomiarów powinny znajdować się w katalogu *C:\mRdata*. Jeżeli taki katalog nie istnieje, to należy go założyć, a następnie utworzyć podkatalog *C:\mRdata\KML*, gdzie standardowo będą umieszczane pliki **.kml* generowane przez program.



Rys. 1. Wybór pliku do analizy

Po wybraniu pliku komendą *File* → *Load File *.csv* otwiera się panel **.csv File Preparation*. Następnie po niewielkiej chwili oczekiwania (czas załadowania pliku) aktywuje się przycisk *Potwierdz*, którego należy użyć aby pójść dalej, a także przycisk *Zamknij* służący do wycofania się w przypadku złego wyboru. Potwierdzenie wyboru rozpoczyna proces alokacji pamięci i ładowanie danych do tablic. Proces ten w zależności od wielkości pliku może trwać od części sekundy do kilkunastu sekund. W dole panelu widać zielony pasek postępu. Po zakończeniu procesu alokacji automatycznie otwiera się okno z wykresami w zakładce *Tab 0* pozwalające na analizę zarejestrowanych przebiegów.

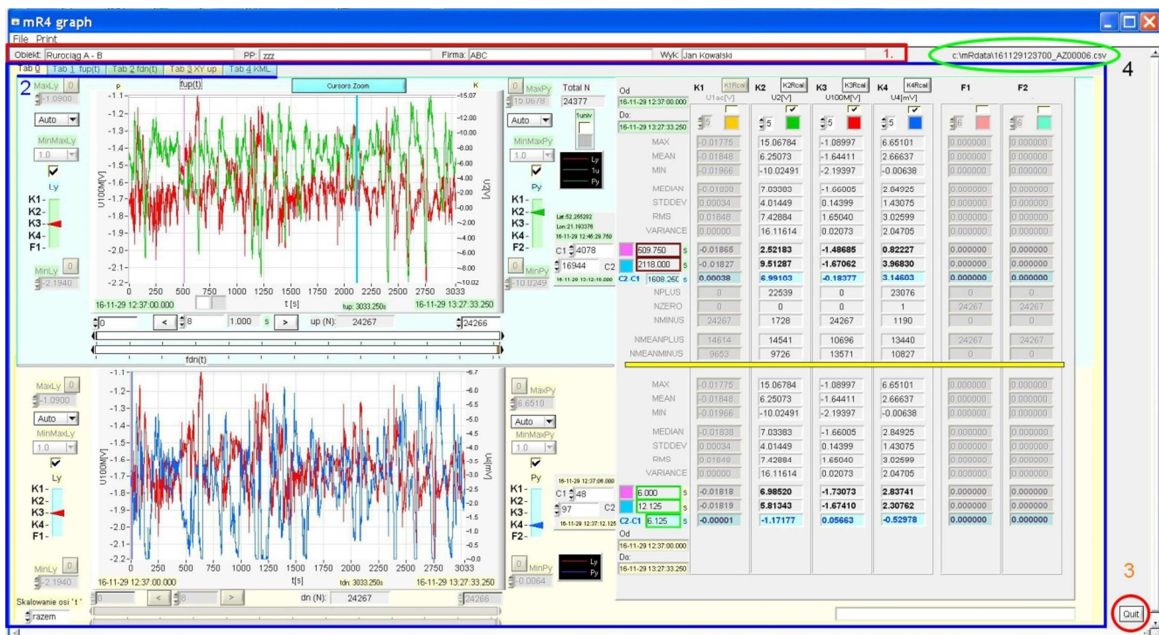
Istnieje możliwość skorzystania z filtru, który z pliku danych wybierze tylko rekordy oznaczone 'R' (zegar RTC), 'G' (zegar GPS) lub wszystkie ('R' i 'G'). Przy korzystaniu z GPS zaleca się użycie filtru 'G', co eliminuje pętelki czasowe, które mogą – choć nie muszą – zdarzyć się przed pierwszą synchronizacją GPS lub przy utracie widzialności satelitów przez antenę GPS.

4 – OKNO GŁÓWNE PROGRAMU

Możliwości programu **mRgraph 3p4** przedstawiono poniżej na przykładzie badania korelacji przebiegów zarejestrowanych podczas pomiarów tzw. drenażu polaryzowanego. Drenażem polaryzowanym jest nazywany układ elektryczny stosowany w ochronie katodowej przed korozją mający na celu obniżenie potencjału chronionego rurociągu przez wymuszone odprowadzenie prądu (drenaż elektryczny) do szyn torów zelektryfikowanych kolei lub tramwajów. Drenaż składa się diody mocy i rezystora.

Rys. 2 przedstawia proponowany wzór protokołu pomiaru, który zawiera nazwę obiektu badanego, tu: 'Rurociąg A - B'; nazwę/oznaczenie stacji pomiarowej, tu: 'zzz'; nazwę firmy wykonującej pomiar, tu: 'ABC'; nazwisko wykonawcy pomiaru, tu: 'Jan Kowalski'; ścieżkę dostępu i nazwę archiwizowanego pliku, która zawiera datę i chwilę rozpoczęcia pomiaru, tu: 29 11 2016, godzina 12:37 oraz numer fabryczny rejestratora, tu AZ00006.

Mierzono – kanał **K1**: nieczynny
 – w kanale **K2** U2[V]: potencjał E ,
 – w kanale **K3** U100M[V]: napięcie rurociąg – szyny U_{rs} ,
 – w kanale **K4** U4[mV]: spadek napięcia na boczniku prądowym 250A/60mV.



Rys. 2. Wzór protokołu pomiaru.

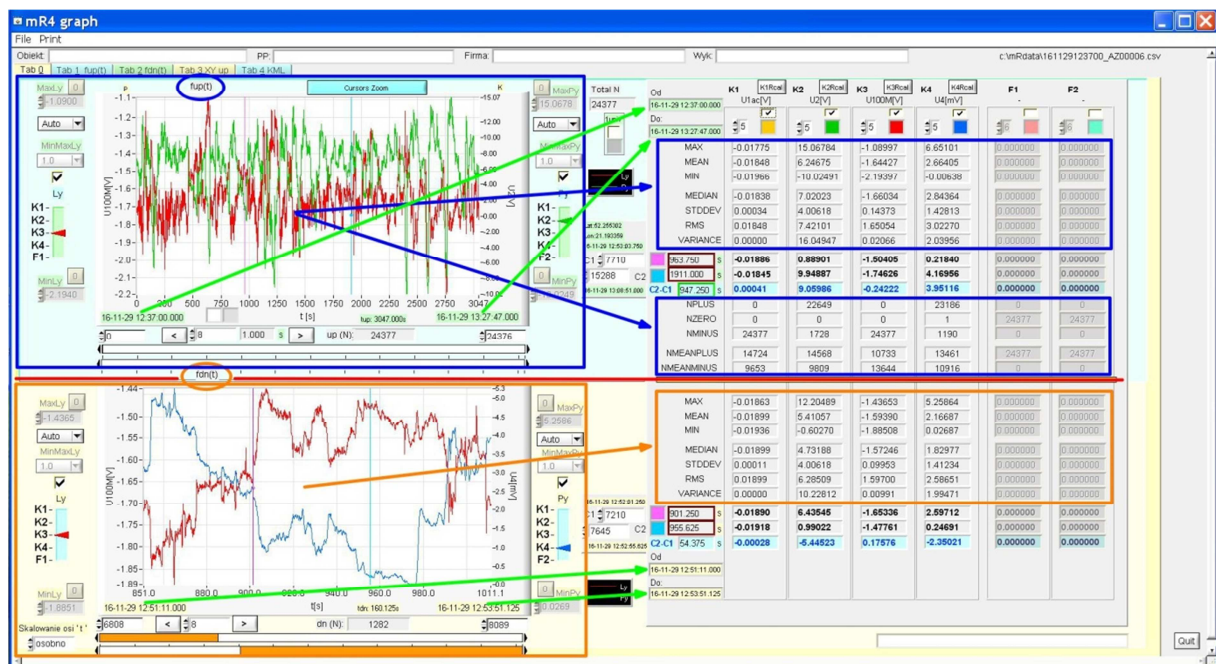
Okno główne programu **mRgraph 3p4**. Kolorowe ramki wskazują grupy danych

W oknie głównym (rys. 2) są wyodrębnione następujące grupy danych:

- dane wpisywane przez użytkownika, stale widziane, niezależnie od wyboru zakładki wykresów
 - . obiekt i miejsce pomiaru (stacja pomiarowa, punkt pomiarowy) PP,
 - . firma i wykonawca pomiaru,
- grupa zakładek wykresów Tab 0', Tab 1, Tab 2, Tab 3 Użytkownik wybiera zakładkę zawierającą wykresy i towarzyszące im obliczenia statystyczne, a

także dodatkowe funkcje programu, np. do badania wcześniej wspomnianej korelacji służy zakładka Tab 3,
 -ścieżka dostępu i nazwa analizowanego pliku. Jeżeli użytkownik nie zmienił nazwy pliku, to zawiera ona datę i chwilę rozpoczęcia pomiaru i numer fabryczny rejestratora,
 -przycisk *Quit* zamykający program.

Komenda *Print* w górnym pasku narzędziowym pozwala na zewnętrznej drukarce wydrukować ekran pomiarów. Może on stanowić formalny protokół pomiaru jako dokument, który zawiera komplet wyników oraz wskazuje czas, miejsce i wykonawcę pomiaru.



Rys. 3. Zakładka Tab 0.
 Okna wykresów i tablice wyników obliczeń statystycznych.
 Strzałki pokazują związki wykresów z danymi liczbowymi

5 – ZAKŁADKA Tab 0

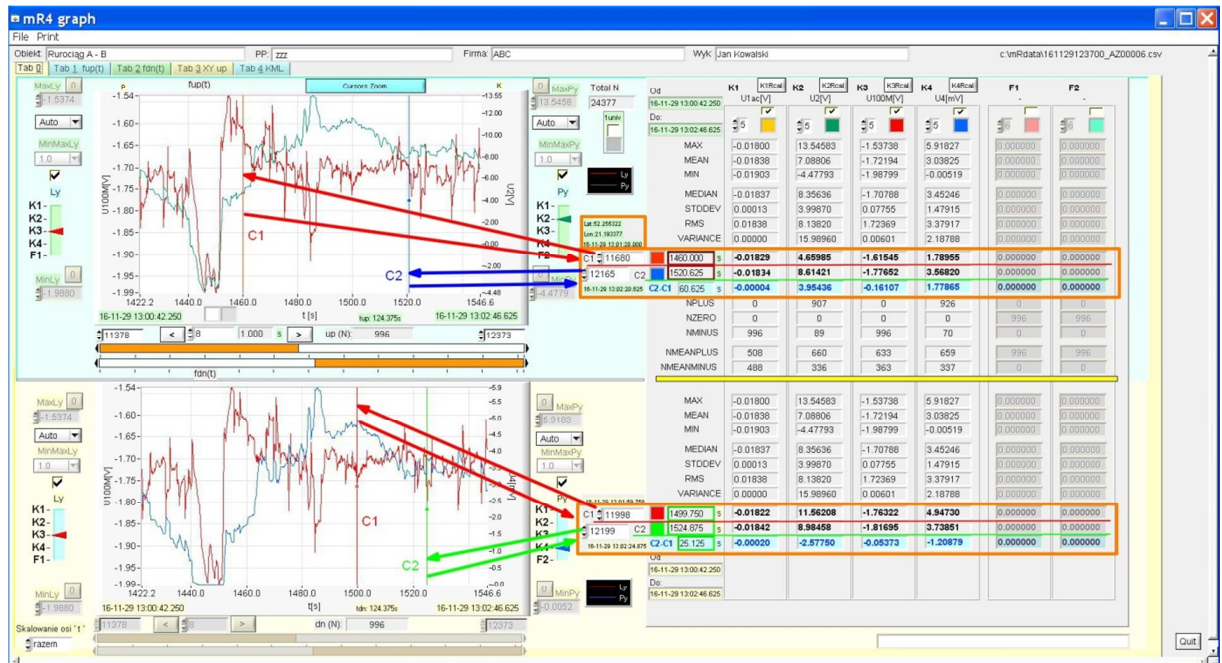
5.1 Podział ekranu

Zakładka *Tab 0* jest główną zakładką programu. Wielkości ustawione w niej (np. podczas skalowania wykresów) są wykorzystywane w następnych zakładkach. Zakładka *Tab 0* jest podzielona na dwie części, górną *up* i dolną *dn*. Każda z nich zawiera z lewej strony okno wykresów w funkcji czasu, odpowiednio $fup(t)$ i $fdn(t)$ oraz z prawej strony tablice wyników obliczeń statystycznych (rys. 3).

W każdym z okien wykresów $fup(t)$ i $fdn(t)$ są zdefiniowane dwie osie Y: lewa *Ly* i prawa *Py*. Za pomocą kontrolki wyboru *Ly* i *Py* użytkownik może przypisać osi wielkość fizyczną zapisaną w jednym z kanałów pomiarowych *K1 ... K4* lub *F*. Skalowanie każdej z osi odbywa się osobno, w trybie automatycznym lub ręcznym. Zasady skalowania przedstawiono w dokumentacji programu *mRgui* ((Instrukcja użytkownika. Część II – Program *mRgui*)).

5.2 Kursory

Każdemu z wykresów $fup(t)$ i $fdn(t)$ przypisano dwa niezależne kursory $C1$ i $C2$ (rys. 4). Położenie kursorów można zmieniać na wykresach za pomocą myszki lub dotyku (ekran dotykowy). Bardziej precyzyjnie można to zrobić wpisując numer próbki pomiarowej w odpowiedniej kontrolce lub inkrementując/dekrementując o jedną próbkę za pomocą przypisanych do kontrolki strzałek. Aby ustalić położenie wybranej próbki pomiarowej w pewnej chwili (w czasie liczonym w sekundach od początku pomiaru) należy ustawić na niej kursor. Ten czas oraz wartości zmierzone (we wszystkich kanałach) można odczytać w tablicy wyników.



Rys. 4. Odczytywanie zmierzonych wartości w chwilach wskazanej przez kursory

Na rys. 4 kursorem $C1$ wybrano na wykresie $fup(t)$ chwilę $t = 1460.000s$, w której na osi Ly zmierzona w kanale $K3$ wartość $U100M[V] = -1.61545$; na osi Py w kanale $K2$ zmierzono $U2[V] = 4.65985$. Na wykresie $fdn(t)$ wartość zmierzona w kanale $K4$ $U4[mV] = 1.78955$, a w $K1$ (tu: nieczynnym) zarejestrowano szum.

Podobnie można odczytać wartości wskazywane w innych chwilach w górnej części przez kursor $C2$ oraz kursory $C1$ i $C2$ w dolnej części ekranu. Aby ocenić zmianę wartości w czasie między jedną wybraną chwilą, a drugą należy nastawić kursory $C1$ i $C2$ na chwilę początkową i końcową, a następnie odczytać obliczoną automatycznie wartość $C2 - C1$.

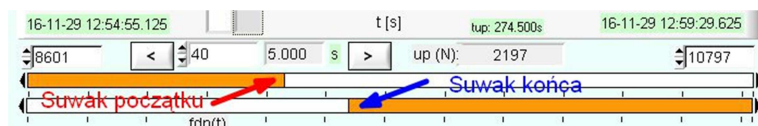
Dodatkową wielkością przypisaną kursorowi $C1(up)$ są geograficzne współrzędne, szerokość lat (*latitude*) i długość lon (*longitude*) w formacie dogodnym do wyświetlenia na mapach *Google Earth*. Funkcja ta jest aktywna tylko wtedy, gdy podczas rejestracji był załączony odbiornik GPS i w programie *mRgui* wybrano opcję 'pozycja w ramce danych'.

5.3 Skalowanie wykresów w osi czasu

W programie *mRgraph 3p4* zaimplementowano kilka sposobów szybkiego i precyzyjnego skalowania osi czasu.

5.3.1 Użycie myszki

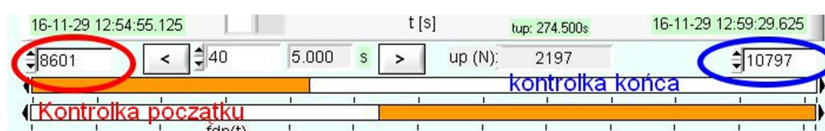
W każdym oknie poniżej wykresów znajdują się dwa suwaki (rys. 5) obsługiwane myszką, służące odpowiednio do ustawienia początku i końca wyświetlanego przebiegu. Po ich użyciu w odpowiednich polach wyświetla się czas początku (lewa strona) i końca (prawa strona) oraz odpowiadające im numery próbek. Ten sposób jest szczególnie przydatny, gdy chodzi o szybki powrót do wyświetlenia całego eksperymentu pomiarowego.



Rys. 5. Skalowanie osi czasu

5.3.2 Kontrolki numerów próbek

Suwakom są przypisane kontrolki numerów próbek (rys. 6), odpowiednio dla początku i końca wyświetlanego przebiegu.

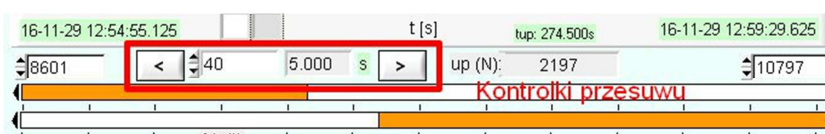


Rys. 6. Kontrolki numerów próbek

Numer próbki po uaktywnieniu kontrolki można wpisać z klawiatury. Takie działanie jest szczególnie przydatne, gdy wraca się do badania wcześniej analizowanego fragmentu, znając numery próbek początku i końca. Precyzyjne ustawienie początku i końca można osiągnąć za pomocą przypisanych kontrolkom strzałek inkrementacji/dekrementacji.

5.3.3 Przesuwanie wykresu

Często zdarza się potrzeba przejrzania całego zapisu eksperymentu pomiarowego.



Rys. 7. Przesuwanie wykresu skokami

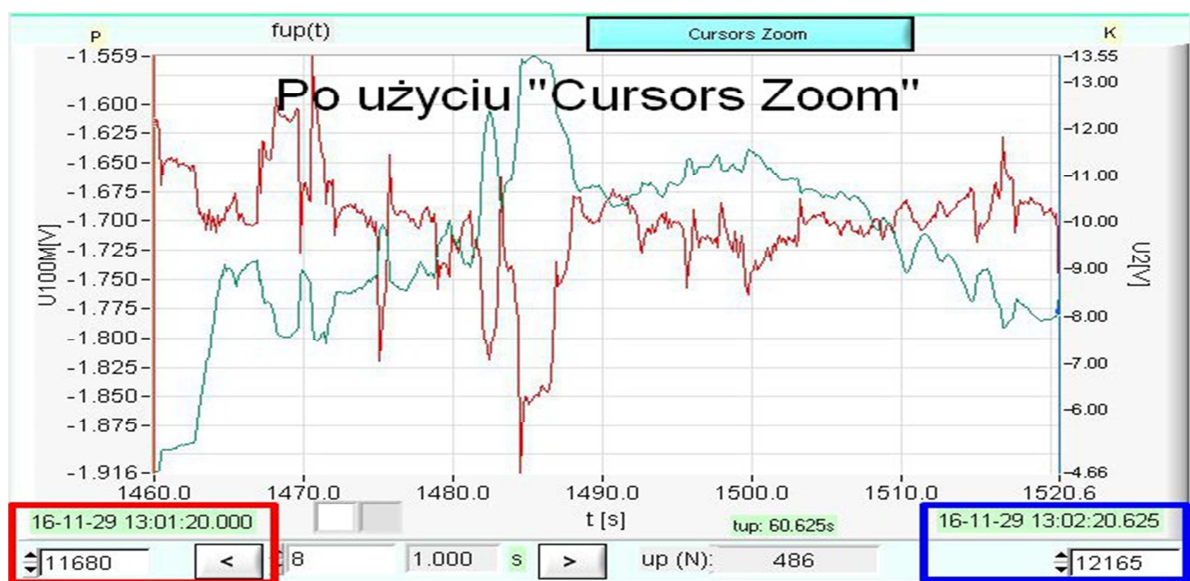
Zamiast przesuwania wykresu po jednej próbce można przesuwania go skokowo, o stałą większą liczbę próbek lub o stały czas. We właściwej kontrolce ustawia się w tym celu liczbę próbek odpowiadającą skokowi przesuwu. Na rys. 7 wybrano skok co 40 próbek, co odpowiada okresowi 5.000 sekund. Kolejne skoki przesuwu wykonuje się manualnie przyciskami '<' lub '>'.

5.3.4 Skalowanie metodą *Cursors Zoom*

Metoda *Cursors Zoom* umożliwia szybkie wyodrębnienie interesującego fragmentu przebiegu pomiarowego. W tym celu na wykresie $fup(t)$ należy ustawić kursory C1 i C2 na chwilach stanowiących granice fragmentu przeznaczonego do rozpatrzenia, a następnie użyć przycisku *Cursors Zoom*. Na rys. 8 widać cały wykres i kursory C1 i C2 ustawione na granicach wybranego fragmentu, na rys. 9 widać sam wybrany w ten sposób fragment.



Rys. 8. Skalowanie metodą Cursors Zoom.
 Na wykresie widać wybrany do dalszej analizy fragment ograniczony kursorami C1 (próbka 11680 ~ 1460s) i C2 (próbka 12165 ~ 1520.625 s)

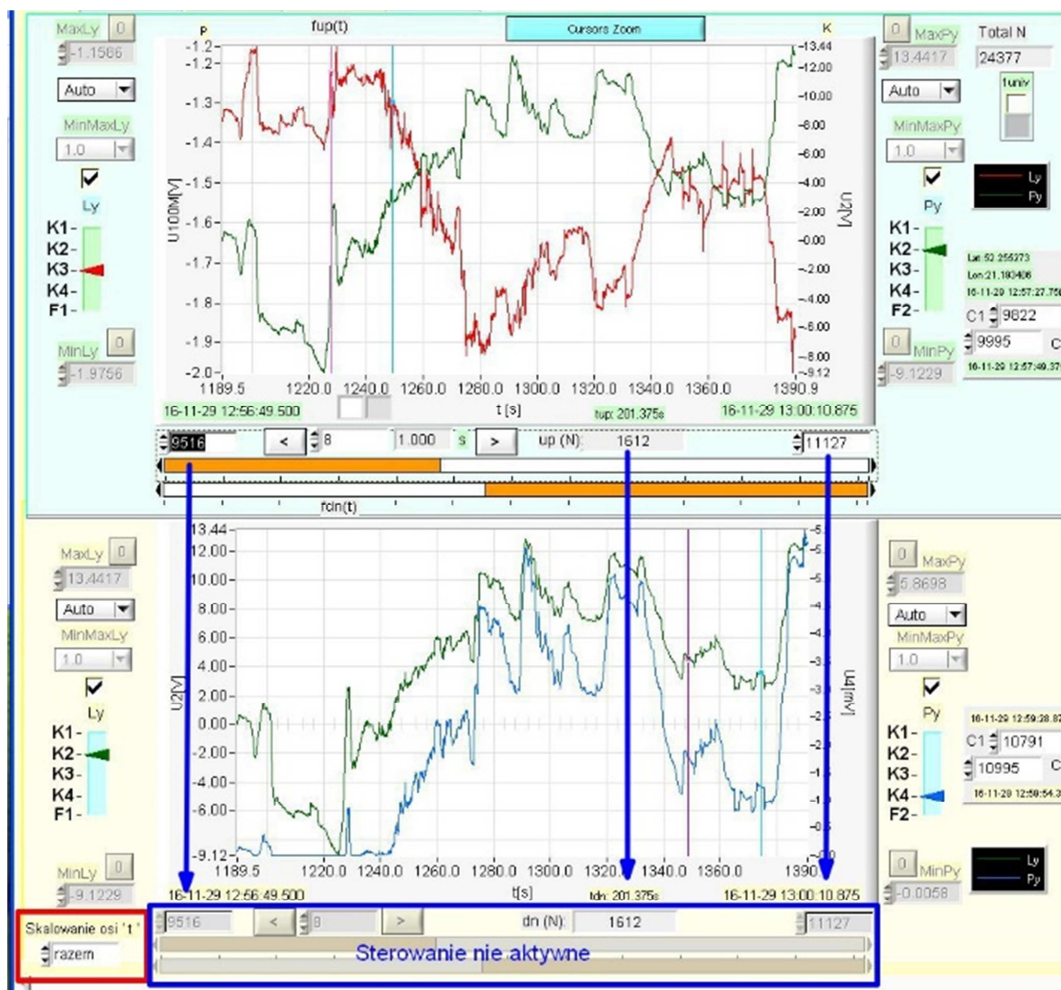


Rys. 9. Fragment wykresu z rys. 8 w granicach (próbka 11680 ~ 1460s i próbka 12165 ~ 1520.625 s)

5.3.5 Skalowanie dolnego wykresu $f_{dn}(t)$ w osi czasu

Kontrolka 'Skalowanie osi t' w lewej dolnej części ekranu określa sposób powiązania czasowego wykresu w górnej części $f_{up}(t)$ z wykresem w dolnej części ekranu $f_{dn}(t)$.
 Możliwe są cztery kombinacje:

- razem
- osobno
- według kursorów up
- według przesuwu up



Rys. 10. Skalowanie dolnego wykresu $f_{dn}(t)$ w osi czasu. Opcja 'Razem'

5.3.5.1 'Razem'

Wybór opcji 'Razem' oznacza, że wykresy górny i dolny są skalowane w osi czasu jednocześnie, przy użyciu kontrolki skalowania tylko wykresu górnego (rys. 10). Kontrolki skalowania wykresu dolnego są nieaktywne (wyszarzone). Numery próbek początku i końca oraz proporcje suwaków są przepisywane z wykresu górnego do dolnego. Jakakolwiek zmiana skali wyświetlonego wykresu górnego jest jednocześnie wprowadzona do wykresu dolnego. Opcja ta pozwala oglądać przebiegi zarejestrowane we wszystkich czterech kanałach pomiarowych w tym samym przedziale czasowym w dowolnej kombinacji.

5.3.5.2 'Osobno'

Opcja 'Osobno' pozwala oglądać w części górnej i dolnej przebiegi dowolnie wybrane z różnych czasów rejestracji. Kontrolki skalowania są aktywne i niezależne dla wykresów $f_{up}(t)$ i $f_{dn}(t)$. W każdej części przebiegi są wyświetlane w różnym czasie.

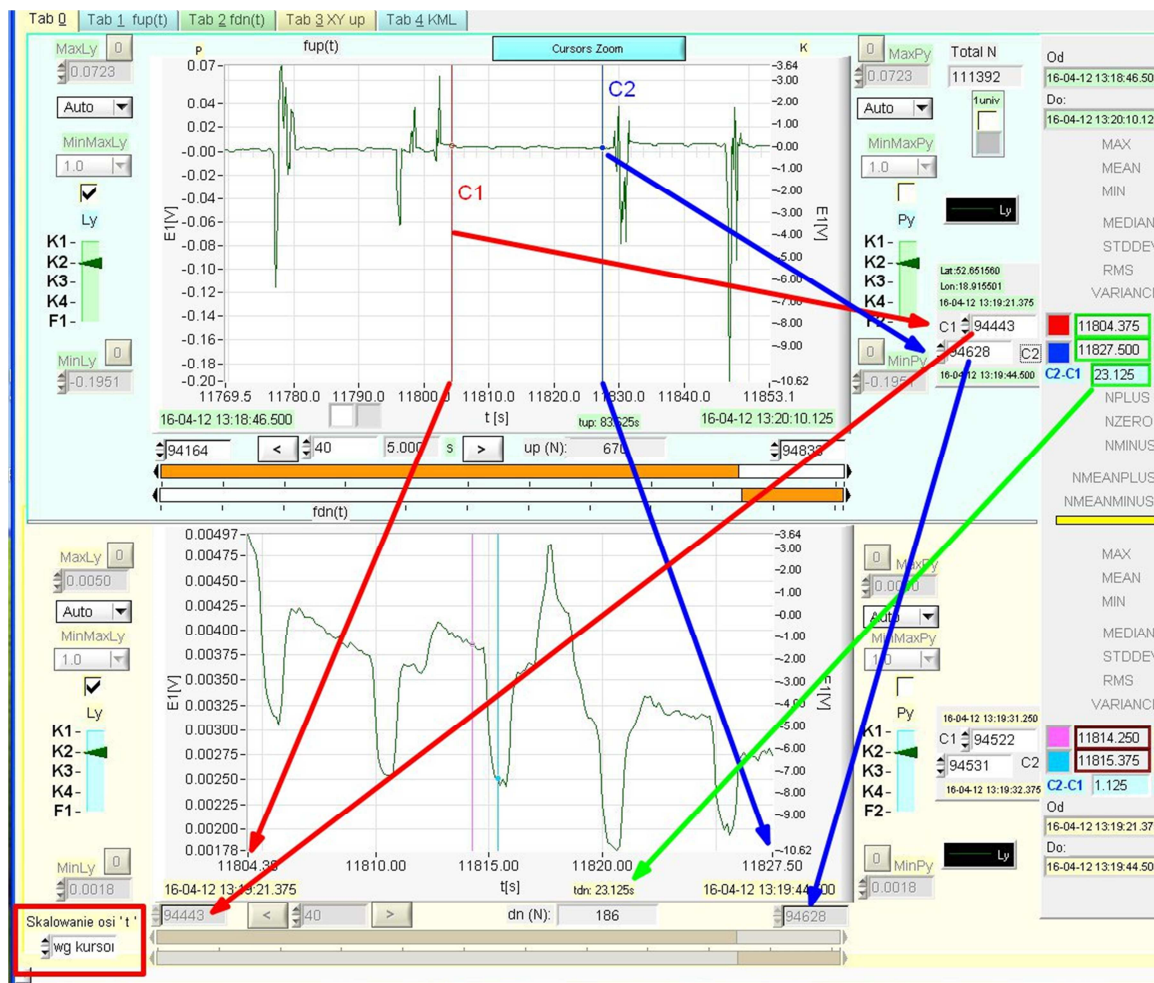


Rys. 11. Opcja 'Osobno'.
Skalowanie dolnego wykresu $f_{dn}(t)$ w osi czasu

5.3.5.3 'Według kursorów up'

Jako przykład przedstawiono wyniki stosowanych w ochronie przed korozją pomiarów metodą DCVG, która polega na pomiarze gradientów napięcia prądu stałego nad trasą rurociągu podziemnego dwiema elektrodami na powierzchni ziemi w celu lokalizacji defektów powłoki rurociągu. Prąd ochrony płynący w ziemi do defektu powłoki przerywa się na krótko (tu na 1 sekundę) i ponownie włącza. Tu cały cykl przerywania ON – OFF wynosił 5 sekund. Przebieg na rys. 12 przedstawia gradient potencjału nad znalezionym defektem.

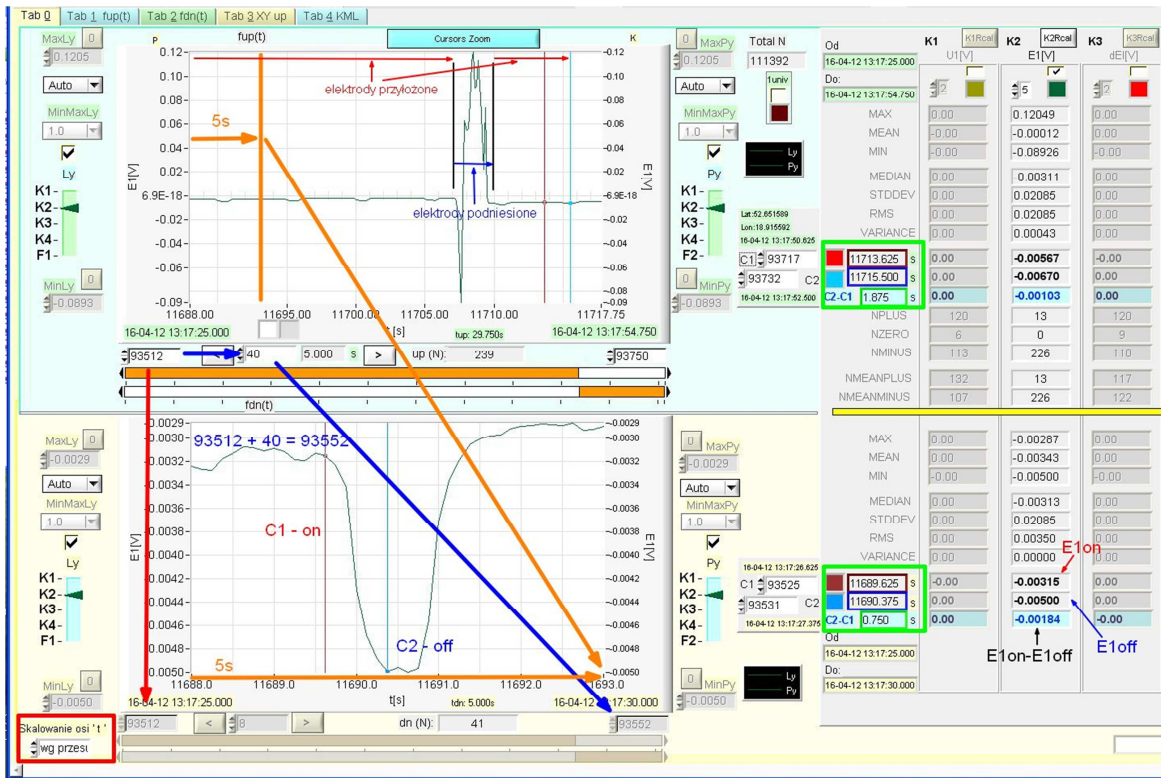
W opcji 'Według kursorów up' (rys. 12) szerokość czasową (obserwowany okres) wykresu dolnego $f_{dn}(t)$ wskazuje położenie kursorów C1 i C2 na wykresie górnym. Kursorowi lewemu odpowiada początek osi czasu wykresu $f_{dn}(t)$, a kursorowi prawemu koniec osi tego wykresu. Ten sposób skalowania jest szczególnie przydatny w analizie przebiegów o charakterze okresowym np. związanych ze wspomnianym wyżej cyklem załączania prądu ON – OFF. Przesuw nastawiony na wartość cyklu ($t_{ON} + t_{OFF}$) przy użyciu przycisków '<' i '>' umożliwia przesuwanie wykresów $f_{up}(t)$ i $f_{dn}(t)$ o czas cyklu do przodu lub do tyłu. Ustawiając prawidłowo kursory na dolnym wykresie można odczytać wartości ON i OFF wielkości zarejestrowanej (potencjału lub prądu). Na dolnym wykresie można w razie potrzeby oglądać więcej niż jeden cykl.



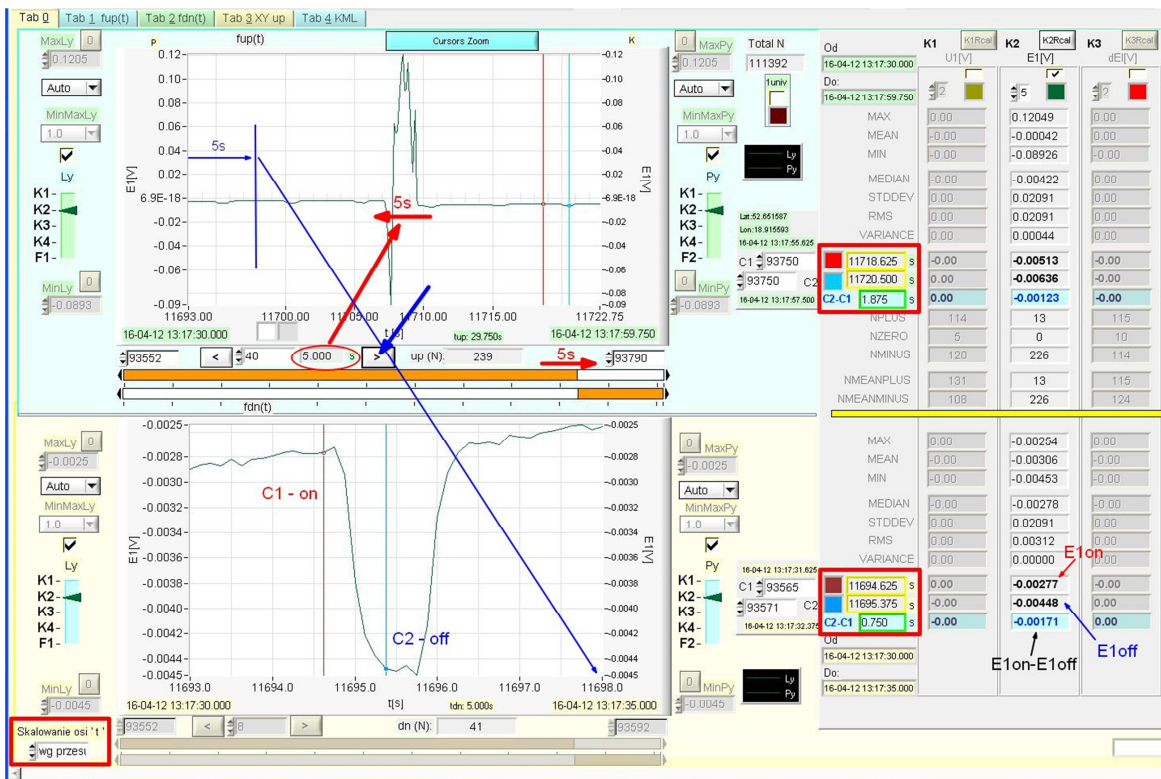
Rys. 12. Opcja 'Według kursorów up'
Skalowanie dolnego wykresu $f_{dn}(t)$ w osi czasu

5.3.5.4 'Według przesuwu up'

Skalowanie osi czasu 'Według przesuwu up' jest podobne do skalowania 'Według kursorów up' i także służy do oglądania i analizy przebiegów okresowych. Różnica polega na tym, że długość przebiegu na wykresie dolnym $f_{dn}(t)$ jest równa czasowi przesuwu, a jego początek jest równy początkowi wykresu górnego $f_{up}(t)$. Jeżeli czas przesuwu jest równy czasowi cyklu ($t_{ON} + t_{OFF}$), to na wykresie dolnym $f_{dn}(t)$ wystąpi pełny cykl. Aby obejrzeć stan OFF na wykresie dolnym w dogodnym miejscu, np. w środku (rys. 13), należy zmienić numer początkowej próbki, inkrementując ją lub dekrementując ją o '1' w kontrolce suwaka początku 'up'. Przez odpowiednie ustawienie kursorów na wykresie dolnym można odczytać wartości ON i OFF. Ponowne użycie przycisku przesuwu '>' (rys. 14) pozwoli obejrzeć na dolnym wykresie kolejny pełny cykl i odczytać z położenia kursorów wartości ON i OFF.



Rys. 13. Opcja 'Według przesuwu'.
Skalowanie dolnego wykresu fdn(t) w osi czasu



Rys. 14. Opcja 'Według przesuwu'.
Skalowanie dolnego wykresu fdn(t) w osi czasu.
Po jednokrotnym użyciu strzałki przesuwu '>' znaczniki czasowe przesunęły się o 5s w prawo,
a górny wykres o 5s w lewo. Na dolnym wykresie nowy pełny cykl ON - OFF

5.3.6 Kursory w procesie przesuwu i skalowania osi czasu

Po przeprowadzeniu procesu skalowania w osi 't' kursory starają się wskazywać chwilę (numer próbki) z przed procesu skalowania. Jeżeli to nie jest możliwe, np. gdy wykres został bardzo zwężony, to ustawiają się przypadkowo. Natomiast po dokonaniu przesuwu kursory wskazują nową chwilę przesuniętą o czas przesuwu, jednak nie zmieniają położenia na wykresie, pozostając w tej samej odległości od lewej i prawej krawędzi (osi y) wykresu. Ocenę zmiany położenia kursorów ułatwiają kolory ramek wokół kontrolki czasu wskazywanego przez kursory:

- brązowy – kursor został przestawiony myszką lub przez dotyk na wykresie
- niebieski – kursor został przestawiony kontrolką wskazującą numer próbki
- zielony – kursor w procesie skalowania nie zmienił pozycji
- żółty – kursor został poprawnie przesunięty o czas przesuwu i na wykresie nie zmienił pozycji
- czerwony – kursor ustawił się przypadkowo

Jeżeli w wyniku skalowania lub przesuwu nie zmieniła się różnica czasów C2 - C1 wskazywana przez odpowiednią kontrolkę, to ramka tej kontrolki zapala się na zielono. W przeciwnym wypadku ramka gaśnie (kolor jasno szary). Obserwacja koloru ramek bardzo ułatwia ocenę poprawności odczytu wartości ON i OFF ułatwia badanie cykli przebiegów okresowych.

6 POSTKALIBRACJA

Rejestratory **mR4/mR3p** charakteryzuje wbudowany mechanizm kalibracji. Przed rozpoczęciem pomiaru można wyskalować rejestrator tak, by po dołączeniu odpowiedniego czujnika lub przetwornika wskazywał właściwą wielkość i jednostkę miary (rekalibracja). Czasem jednak jest to nieuzasadnione lub niemożliwe. W takim przypadku można przeprowadzić proces postkalibracji (*Rcal*).

Jako przykład podano niżej postkalibrację wielkości mierzonych podczas badania układu drenażu polaryzowanego gazociągu. Rejestrator **mR4** z wtyczką dedykowaną **WDP** zarejestrował:

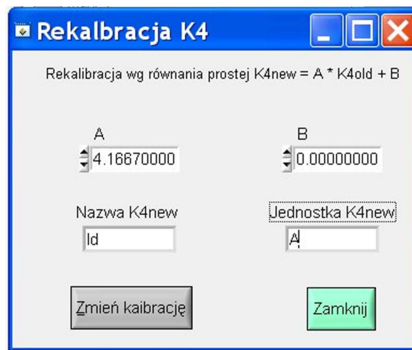
- w kanale **K2** – U2[V] - napięcie rurociąg – szyny
- w kanale **K3** – U100M[V] - potencjał rury względem elektrody odniesienia
- w kanale **K4** –U4[mV] - spadek napięcia na boczniku 60mV/250A (w celu zarejestrowania prądu)



Rys. 15. Przyciski postkalibracji

W kanale **K2** postkalibracja polega tylko na wprowadzeniu oznaczenia 'U_{rs}', w kanale **K3** wprowadzono E; jednostki V (wolty) w obu kanałach pozostały bez zmian. W kanale **K4** miliwoltomierz przez skalowanie zostanie zastąpiony amperomierzem; polega to na wprowadzeniu wartości A i B do równania prostej kalibracji $Y = AX + B$:

$$A = \frac{250A}{60mV} = 4.1667A/mV, B = 0.$$



Rys. 16. Rekalibracja



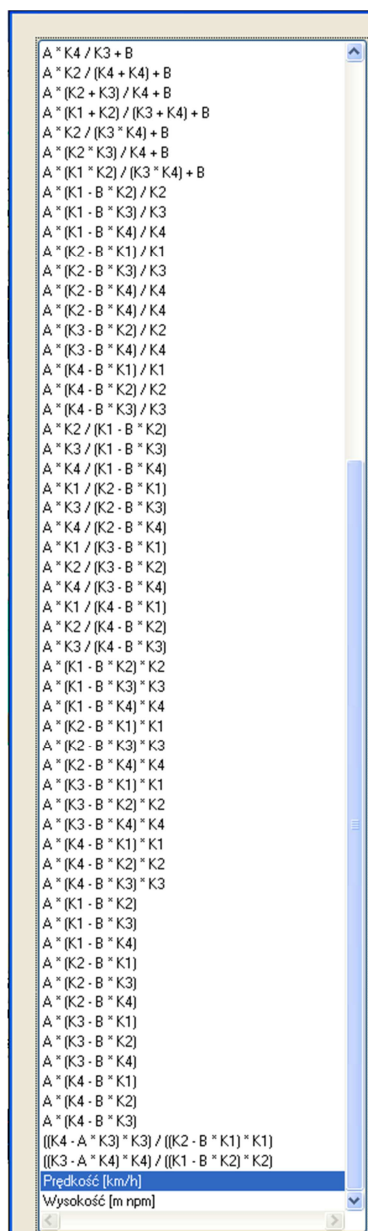
Rys. 17. Po rekalibracji:
 wielkości mierzone **K2** – U_{rs} [V], **K3** – E [V], **K4** – I_d [A]

W polu 'NazwaK4new' wpisano tekst 'Id', a w polu 'Jednostka K4' wpisano A (ampery). Po każdej zaakceptowanej zmianie w panelu 'Rekalibracja Kx' przycisk wywołania rekalibracji w zakładce 'Tab 0' zmienia kolor (kolor kanału Kx). Pozwala to później sprawdzić na otrzymanych wydrukach, czy miała miejsce postkalibracja.

7 FUNKCJE I CAŁKI

7.1 Wprowadzenie

W rozumieniu programu *mRgraph 3p4* działaniami arytmetycznymi są funkcje typu dodawanie, odejmowanie, mnożenie, dzielenie, skalowanie czyli mnożenie przez stały współczynnik na przebiegach zarejestrowanych w kanałach pomiarowych rejestratora (rys. 18). Przykładowo, mając zarejestrowane napięcie U i prąd I można uzyskać dla tego samego czasu przebieg mocy $P = U \times I$ lub rezystancji mierzonej metodą techniczną $R = U / I$.



Rys. 18. Lista funkcji (fragment)

Z wielu możliwych funkcji na uwagę zasługuje funkcja dzielenia dwóch iloczynów, którą można wykorzystać np. do określenia sprawności przetwornic DC/DC:

$$\eta = P_{wy} / P_{we} = (I_{wy} \times U_{wy}) / (I_{we} \times U_{we})$$

Sprawność można badać dalej jako funkcję mocy obciążenia, prądu obciążenia, napięcia wejściowego itd.

Dwie ostatnie funkcje na liście (rys. 18) to prędkość [km/h] i wysokość [m npm] pozyskiwane z odbiornika GPS.

Pomiar wielkości elektrycznych (napięcie i prąd), nieelektrycznych pozyskiwanych z czujników, prędkości pozycji geograficznej otrzymywanych z GPS pozwala badać ciekawe współzależności (korelacje) jak np. związek przyśpieszenia pojazdu elektrycznego z wydatkowaną mocą, zależność ciśnienia atmosferycznego od wysokości na której znajduje się czujnik (np. w samolocie lub balonie). Możliwe jest

też całkowanie dowolnie wybranej funkcji lub przebiegu w dowolnym kanale. Całka realizowana jest metodą kwadratów według wzoru:

$$\int_p^k f(t)dt \cong \sum_{i=p}^{k-1} f(t_i)\Delta t_i$$

gdzie: p – początek, k – koniec, Δt_i – krok próbkowania.

W odpowiedniej kontrolce przypisanej niezależnie funkcji F1 lub F2 można wybrać obszar całkowania (początek i koniec).

Do wyboru są następujące możliwości:

- 1 – ... brak całkowania,
- 2 – Total – cały eksperyment pomiarowy $p = 0, k = N - 1$
- 3 – up. $f(t)$ – górne okno,
- 4 – C1 – C2 up. $f(t)$ – obszar między kursorami C1 i C2 wykresu $fup(t)$.

Całka jest wyskalowana w jednostkogodzinach. Przykładowo, jeżeli całkowany prąd został zmierzony w [mA], to całka jest wyliczana w [mAh], jeżeli zaś prąd jest mierzony w [A], to całka jest w [Ah].

Popularne całki to:

$$\begin{aligned} \text{Energia (praca)} &= \int \text{moc} \, dt \\ \text{Ładunek} &= \int \text{prąd} \, dt \\ \text{Droga} &= \int \text{prędkość} \, dt \end{aligned}$$

7.2 Korzystanie z funkcji i całek

Korzystanie z funkcji i ich całek przedstawiono niżej (rys. 19) na przykładzie stosowanego w elektrochemicznej ochronie przed korozją układu drenażu polaryzowanego. Pokazano tu obliczenie mocy i na tej podstawie obliczenie energii traconej w obwodzie dioda – rezystor między rurociągiem a zelektryfikowanym torem kolejowym.



Rys. 19. Wykres górny: K4 (oś lewa) prąd I_d [A]; K2 (oś prawa) napięcie U_{rs} .
Wykres dolny $f_{dn}(t)$ w polu F1 $A = 1, B = 0, F1 = K2 * K4$

Na wykresie $fup(t)$ w kanale **K4** (oś lewa) wybrano prąd I_d [A], a w kanale **K2** (oś prawa) napięcie rurociąg – szyny U_{rs} .

Na wykresie dolnym $fdn(t)$ zaznaczono funkcję F1. W polu tej funkcji wybrano wzór 'A * K2 * K4 + B'. Po nastawieniu A = 1.0 i B = 0 wzór pozwala obliczyć moc

$$P = I_d * U_{rs}$$

W polach 'Nazwa' należy wpisać słowo 'Moc', a w polu jednostka 'W' (wat). W polu Σ należy zaznaczyć '...' czyli brak całkowania. Po wciśnięciu 'Zastosuj' zostanie wykreślony $fdn(t)$ przebieg mocy (kolor niebieski), a na osi lewej oraz nad statystyką pojawią się napisy 'Moc[W]'.

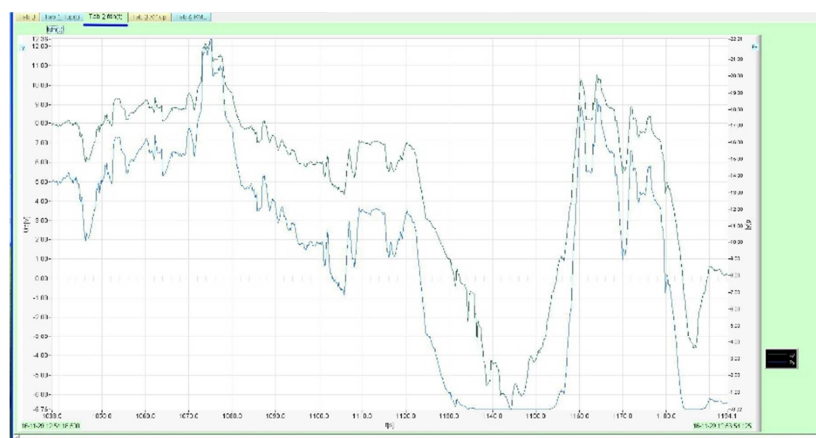
Chcąc zmienić jednostki na [kW] należy nastawić współczynnik A = 0.001 i w poprawionym tekście wprowadzić jednostkę [kW], po czym wcisnąć 'Zastosuj'. Prawidłowe wypełnienie pól 'Nazwa' i 'Jednostka' pozostaje w gestii użytkownika.

Do wyliczenia energii zamienianej w ciepło w obwodzie dioda – rezystor należy użyć funkcji F2 po prawej stronie u dołu wykresu $fdn(t)$. W otwierającym się polu funkcji F2 należy ponownie wybrać funkcję 'A * K2 * K4 + B', która wcześniej wyznaczyła moc i poddać ją całkowaniu, w polu oznaczonym Σ wybierając wartość '- Total'. W pole 'Nazwa' należy wpisać 'Energia', a w pole jednostka 'Wh' i potwierdzić obliczenie przyciskiem 'Zastosuj'. Na wykresie dolnym $fdn(t)$ pojawi się rosnący wykres całki z mocy. Wartość maksymalna w prawym górnym rogu wykresu stanowi wartość całej energii (utraczonej w postaci wydzielonego ciepła) w czasie całego eksperymentu pomiarowego.

W polu 'Statystyka' można odczytać ciekawe informacje w polach *max*, *mean* (wartość średnia) i *min*. Pola potencjału wskazują poziom ochrony katodowej. Pola prądu i mocy mogą służyć do oceny doboru diody i rezystora. Niewielki ujemny prąd minimalny, to prąd wsteczny diody, a wartość maksymalna w polu 'Energia'=77.769W jest ilością energii cieplnej wydzielonej w czasie 3047s.

8 ZAKŁADKI Tab 1 $fup(t)$, Tab 2 $fdn(t)$

Zakładki Tab 1 $fup(t)$, Tab 2 $fdn(t)$ służą do oglądania powiększonych, tj. rozciągniętych na cały ekran wykresów $fup(t)$ i $fdn(t)$, pokazanych w zakładce Tab 0. Wybrane przebiegi, skalowanie osi, kolory wykresów, a także tła i siatki są ustawione w zakładce Tab 0 i przepisywane do zakładek Tab 1 i Tab 2. Na rys. 21 przedstawiono dla przykładu powiększenie wykresu dolnego z rys. 17.

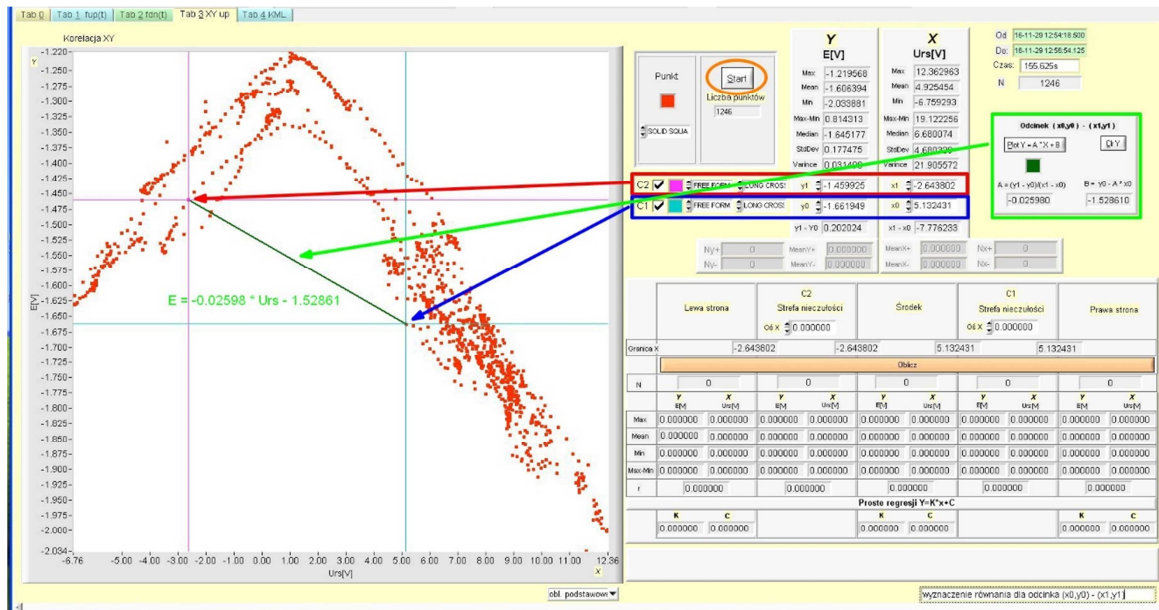


Rys. 21. Zakładka **Tab 2** $fdn(t)$.
Wykres dolny z rys. 17

9. ZAKŁADKA Tab 3 XY up

9.1 Informacje ogólne

Zakładka **Tab3 XYup** służy do badania korelacji dwóch wybranych wcześniej przebiegów czasowych. Przebiegi wybiera się w zakładce Tab 0. Analizie XY podlegają przebiegi z wykresów górnego $fup(t)$. Osi Y przypisywana jest lewa oś (Ly) wykresu $fup(t)$, a osi X prawa oś (Py) tego samego wykresu. Z wykresu $fup(t)$ jest przepisywane skalowanie osi, liczba próbek, początek i koniec analizy. Chcąc na przykład w osi Y umieścić potencjał E , a w osi X napięcie rurociąg – szyny U_{rs} , to wcześniej w zakładce Tab 0 na wykresie $fup(t)$ po lewej stronie należy wybrać potencjał E , a po prawej napięcie U_{rs} .



Rys. 22. Wykres korelacji potencjału jako funkcji napięcia rurociąg – szyny $E = f(U_{rs})$.
Wyznaczenie równania dowolnego odcinka

Analizę zawsze rozpoczyna naciśnięcie przycisku 'Start'. Kolor i kształt zaznaczanych punktów (próbek) można wcześniej ustawić w polu 'Punkt'. Domyślnie ustawiony jest czerwony wypełniony kwadrat. Podczas analizy bardzo dużych plików rysowanie trwa dość długo. W razie potrzeby można to przerwać przyciskiem 'Przerwij', który znika po wczytaniu wszystkich punktów. Na prawo od przycisku 'Start' wypełniają się pola wartości statystycznych, osobno dla każdej z osi X i Y oraz pola wskazujące czas startu, trwania i zakończenia eksperymentu pomiarowego oraz całkowitą liczbę próbek podlegającą analizie.

Na wykresie XY zdefiniowane są dwa kursory: $C2$ i $C1$, których status i kształt nastawia się oddzielnie. Status wskazuje, czy kursor jest w stanie wolnym (*freeform*) i może być ustawiony w dowolnym miejscu wykresu XY, czy też został przypisany do pewnego punktu wykresu (*snap to point*). W odpowiednich polach można odczytać pozycję kursorów: dla $C2$ pola 'y1' i 'x1', dla $C1$ pola 'y0' i 'x0'. Położenie kursorów ustawia się myszką na wykresie XY, dotykaniem, gdy ekran jest dotykowy lub w polach (y1, x1) i (y0, x0). Zależnie od wyboru aktywne mogą być dwa, jeden lub żaden kursor.

9.2 Wyznaczenie równania wybranego odcinka

Jeżeli aktywne są dwa kursory o pozycji odpowiednio (y1, x1) i (y0, x0), to równanie odcinka łączącego te punkty można wyliczyć we współrzędnych i jednostkach

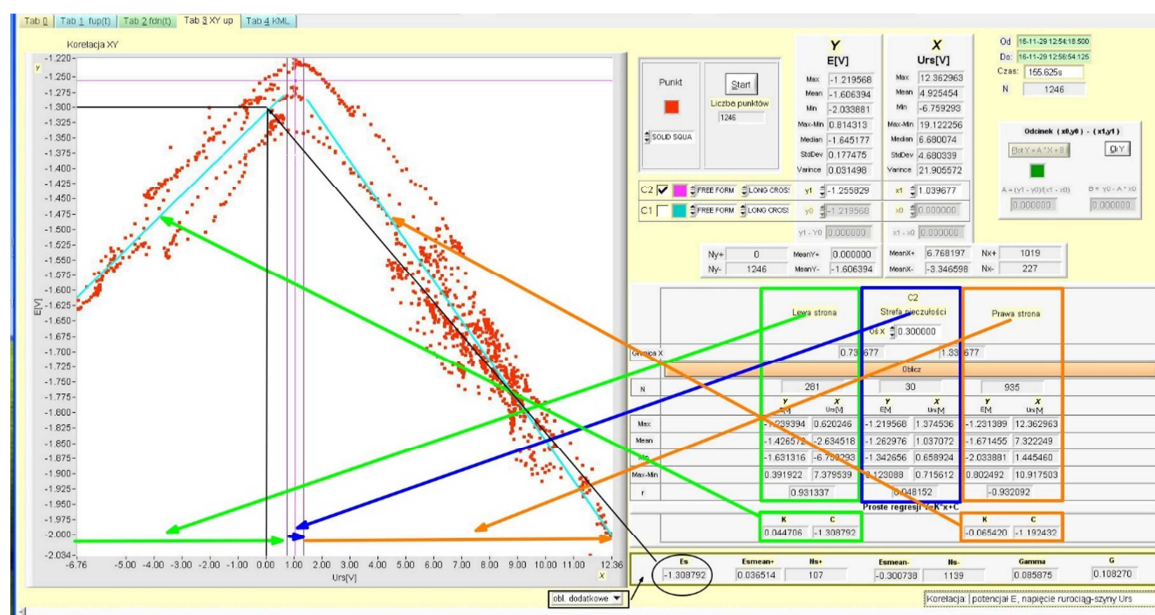
wykresu XY, a następnie narysować odcinek na ekranie. Należy w tym celu użyć przycisku 'Plot Y = A * x + B' w polu 'Odcinek' (zielona ramka na rys. 22). Ślad odcinka na ekranie można usunąć sąsiednim przyciskiem 'Clr Y'. W odpowiednich polach można odczytać współczynniki A i B tego odcinka. Zależnie od statusu kursorów odcinek może być przyczepiony do dwóch wybranych punktów na wykresie XY lub umieszczony niezależnie od punktów wykresu. Możliwość wyznaczenia równania odcinka jest bardzo przydatna w analizie zjawisk ilustrowanych korelacją zarejestrowanych przebiegów.

9.3 Równania prostych regresji

Wyznaczenie prostej regresji i współczynnika korelacji r jest znanym w statystyce narzędziem do określenia stopnia korelacji dwóch wielkości. Zależnie od tego, ile kursorów jest aktywnych i jak są położone, wykres można podzielić na obszary dla których wyznacza się proste regresji:

- jeden (brak aktywnych kursorów),
- dwa (jeden aktywny kursor),
- trzy (dwa aktywne kursory).

Sposób ich wyznaczenia przedstawiono przykładowo na podstawie pomiaru potencjału E jako funkcji napięcia rurociąg – szyny U_{rs} (rys. 23).



Rys. 23. Wyznaczenie równań regresji.

Potencjał E jako funkcja napięcia rurociąg – szyny U_{rs} , obliczenie dodatkowe aktywne

Na rys. 23 widać, że w rozpatrywanym przypadku drenażu polaryzowanego zbiór punktów (próbek) wyraźnie się załamuje, co jest związane z przechodzeniem układu dioda – rezystor z pracy zaporowej do przewodzenia. Aktywowany kursor C2 jest ustawiony na miejsce załamania. Dokoła tego miejsca trudno ustalić, które próbki należą do strony lewej zbioru punktów, a które do prawej. Z tego powodu pozostawiono niewielką strefę nieczułości ($\pm 0.3V$ wokół kursora), której próbki nie są zaliczone ani do strony lewej, ani do prawej. Po aktywacji przycisku 'Oblicz' zostały wyliczone dane statystyczne dla strony lewej, dla strefy nieczułości i strony prawej i powstały dwie proste regresji oznaczone 'Y = K * x + C'. Współczynniki 'K' i 'C' osobno podane dla strony lewej i prawej wykresu można odczytać w odpowiednich polach. Współczynnik korelacji, który może przybierać wartości od –

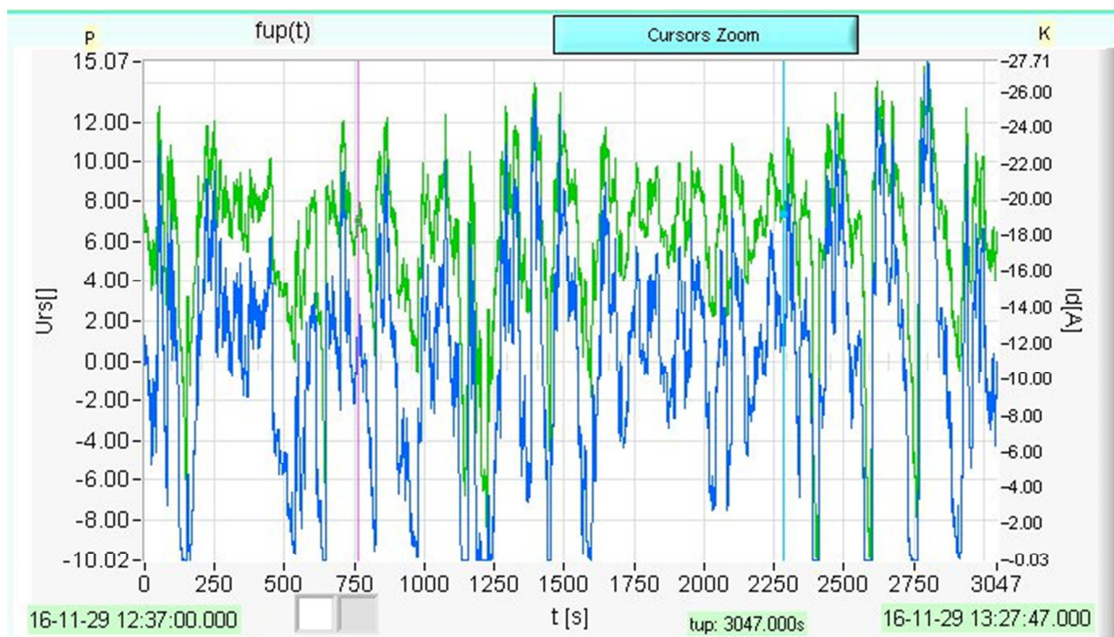
1 do 1, tutaj dla strony lewej wynosi $r = 0.931337$, dla prawej $r = -0.932092$, co świadczy o wysokiej korelacji przebiegów.

Uwaga: Wartość '0' świadczy o całkowitym braku korelacji, a '-1' i '1' o pełnej korelacji. W tym przypadku wszystkie próbki leżą na jednej prostej, przy czym znak '+' oznacza nachylenie prostej dodatnie, a '-' ujemne.

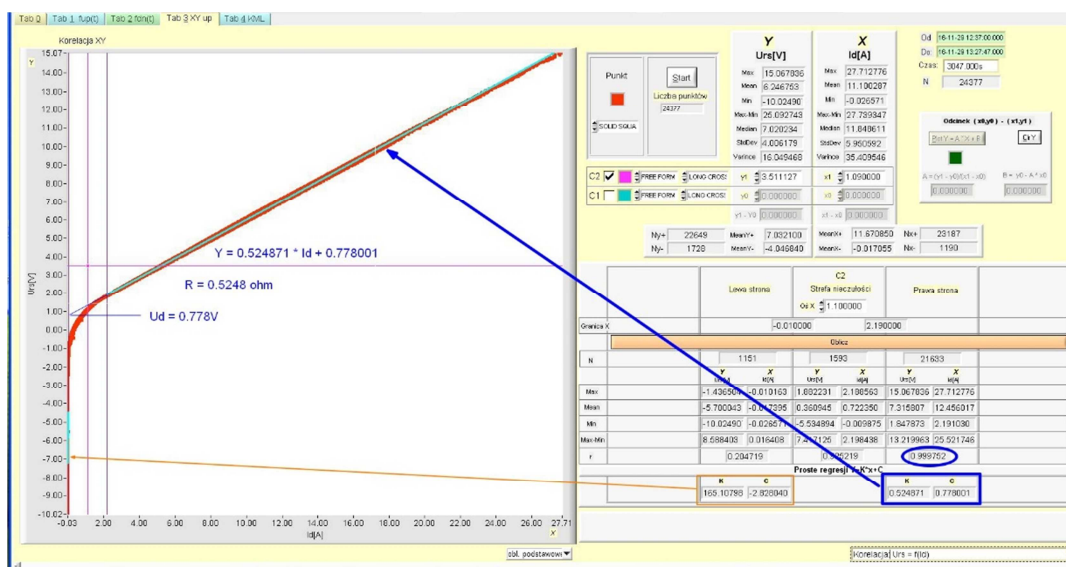
9.4 Dodatkowe obliczenia statystyczne (stosowane w ochronie katodowej)

W ochronie katodowej stosuje się dodatkowe obliczenia statystyczne ułatwiające ocenę zagrożenia korozyjnego. Wielkości te, oznaczone zwyczajowo E_s , E_{smean+} , N_{s+} , E_{smean-} , N_{s-} , γ , G . Ich wartości można odczytać po wybraniu opcji 'obl. dodatkowe' i wciśnięciu przycisku 'Oblicz'. Poprawne wyniki tych obliczeń zapewnia przypisanie osi X napięcia U_{rs} , a osi Y potencjału E .

9.5 Przykład ciekawej korelacji



Rys. 24. Prąd drenażu i napięcie rurociąg – szyny U_{rs} w funkcji czasu



Rys. 25. Równanie regresji.
Napięcie U_{rs} jako funkcja prądu I_d

Na rys. 25 widać napięcie U_{rs} jako funkcję prądu drenażu polaryzowanego I_d , składającego się z diody i rezystora. Skorelowano przebiegi $fup(t)$ (rys. 24).

Podobnie jak w 9.3 (rys. 23), zbiór punktów jest podzielony na trzy części:

- lewa strona – obszar pracy zaporowej diody,
- strefa nieczułości – stan przejściowy; dioda zaczyna przewodzić, ale nie osiąga jeszcze napięcia nasycenia,
- strona prawa – pełne przewodzenie diody.

Równanie regresji prawej strony 'Y = K * x + C' jest równaniem obwodu dioda + rezystor:

$$U_{rs} = R \cdot I_d + U_d$$

gdzie R jest rezystancją obwodu, a U_d napięciem progowym diody.

W ten sposób wyznaczono rezystancję obwodu użytego w drenażu rezystora $R = 0.5248\Omega$ i napięcie progowe diody $U_d = 0.778V$. Zmieniający się prąd I_d był prądem błądzącym pochodzenia trakcyjnego o kształcie i wartościach zarejestrowanych na rys. 24. Na uwagę zasługuje współczynnik korelacji $r = 0.999752$, który świadczy o prawie idealnej korelacji przebiegów.

10 PREZENTACJA POMIARÓW NA MAPACH GOOGLE EARTH

10.1 Wstęp

Wyświetlanie zarejestrowanych pomiarów na mapach jest możliwe dzięki dostępności trójwymiarowych map takich jak *Google Earth*. Wizualizacja wyników w trójwymiarowej przestrzeni Ziemi, łącząca wielkość zmierzoną z właściwą jej pozycją na mapie, przedstawia nowy sposób opisu zjawisk lub zdarzeń.

Wizualizacja polega na przypisaniu wielkości fizycznej zmierzonej w punkcie Ziemi, określonym przez współrzędne geograficzne GPS, odpowiedniej wysokości w metrach liczonej od powierzchni ziemi lub od poziomu morza (do wyboru). W tym celu jednostki zmierzonych wielkości np. ampery, wolty, waty, luxy, itd. należy przeliczyć na metry, następnie zapisać w specjalnym formacie i wyświetlić na mapie.

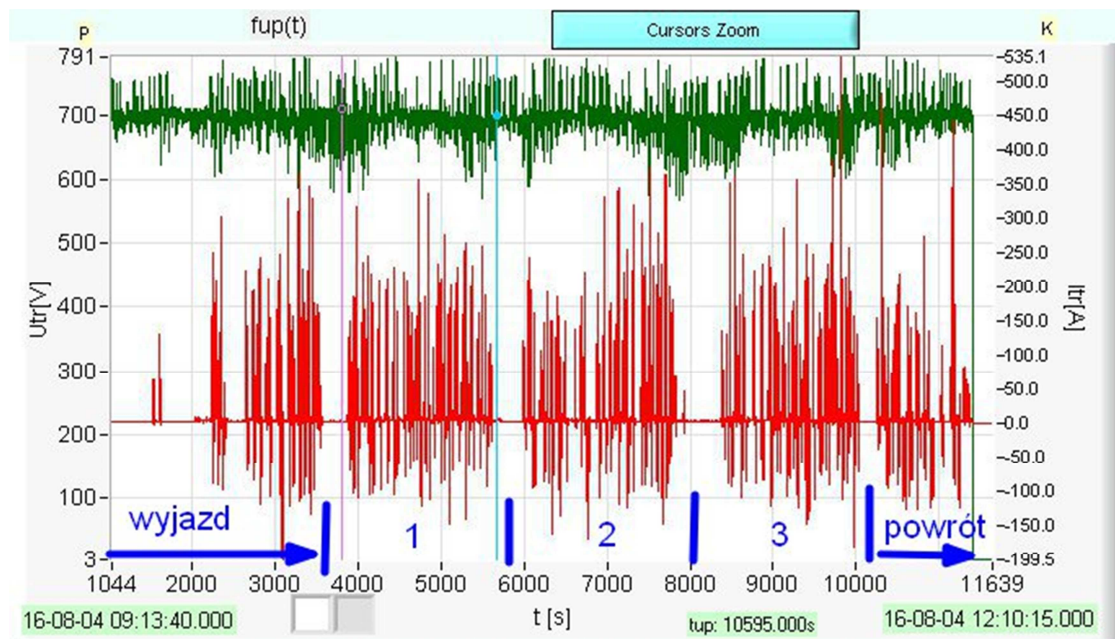
Do wyświetlenia obiektów na mapach *Google Earth* służy język skryptowy KML (*Keyhole Markup Language*) wywodzący się od języka XML, stanowiący otwarty standard zatwierdzony przez *Open Geospatial Consortium*. Język ten umożliwia wizualizację trójwymiarowych danych przestrzennych. Dla potrzeb pomiarów na mapach są wyświetlane polilinie, znaczniki i foldery.

10.2 Zdarzenie pomiarowe prezentowane na mapie

Jako przykład posłuży przejazd tramwaju, w którym zamontowano rejestrator **mR3p**, w kanale **K2** wyposażony w przekładnik LEM napięciowy, a kanale **K3** w przekładnik LEM prądowy. Ponieważ przed pomiarem nie wykonano skalowania, zastosowano mechanizm postkalibracji (6) wprowadzając przekładnię przekładnika napięciowego 182.5V/V i przekładnika prądowego 100A/V.

Wykresy napięcia U_{tr} i prądu I_{tr} na rys. 26 obejmują cały eksperyment pomiarowy. Napięcie sieci trakcyjnej oscyluje wokół 700V, a prąd przyjmuje wartości dodatnie (pobór energii) lub ujemne (oddawanie energii do sieci – rekuperacja). Tramwaj w ramach eksperymentu odbył trzy przejazdy od pętli do pętli, które oznaczono '1', '2', '3'. Do dalszej analizy wybrano pełny przejazd od pętli do pętli '1'. Górna część rys. 27 zawiera wykresy napięcia U_{tr} i prądu I_{tr} pobieranego przez tramwaj w czasie

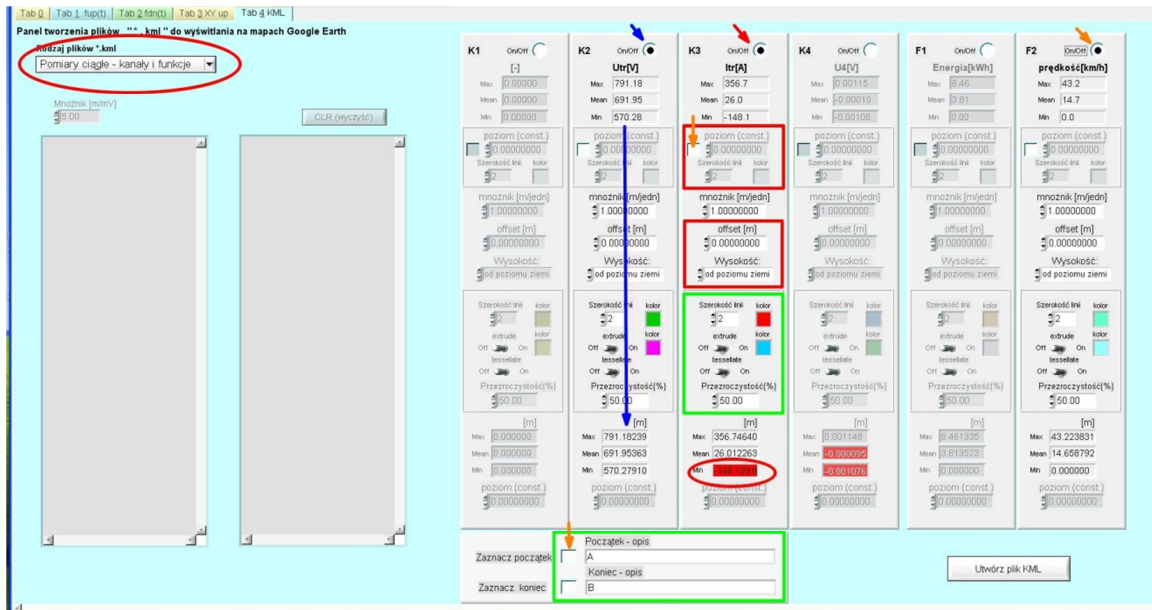
przejazdu '1'. W dolnej części widać narastające w czasie zużycie energii oraz prędkość tramwaju.



Rys. 26. Napięcie trakcyjnej 'Utr' i prąd 'Itr' podczas całego eksperymentu pomiarowego. Zaznaczono obszary: wyjazd z zajezdni, trzy pełne przejazdy ('1', '2', '3') i powrót. Kursory wskazują część zapisu poddanego dalszej analizie



Rys. 27. Napięcie sieci trakcyjnej 'Utr' i pobierany przez tramwaj prąd 'Itr'. Przejazd '1'



Rys. 28. Zakładka 'Tab 4 KML'

10.3 Generowanie pliku '*KML'

Po wybraniu zdarzenia pomiarowego przeznaczonego do prezentacji na mapie *Google Earth* [tu zapisy objęte kursorami na rys. 27], należy wykonać skalowanie wykresów i ustawienie ich parametrów w zakładce 'Tab 4 KML' (rys. 28). Należy zacząć od odblokowania kanałów i funkcji (On/Off), których wykresy mają być prezentowane na mapie [tu **K2**(Utr), **K3**(Itr), **F2**(prędkość) – krótkie strzałki skośne].

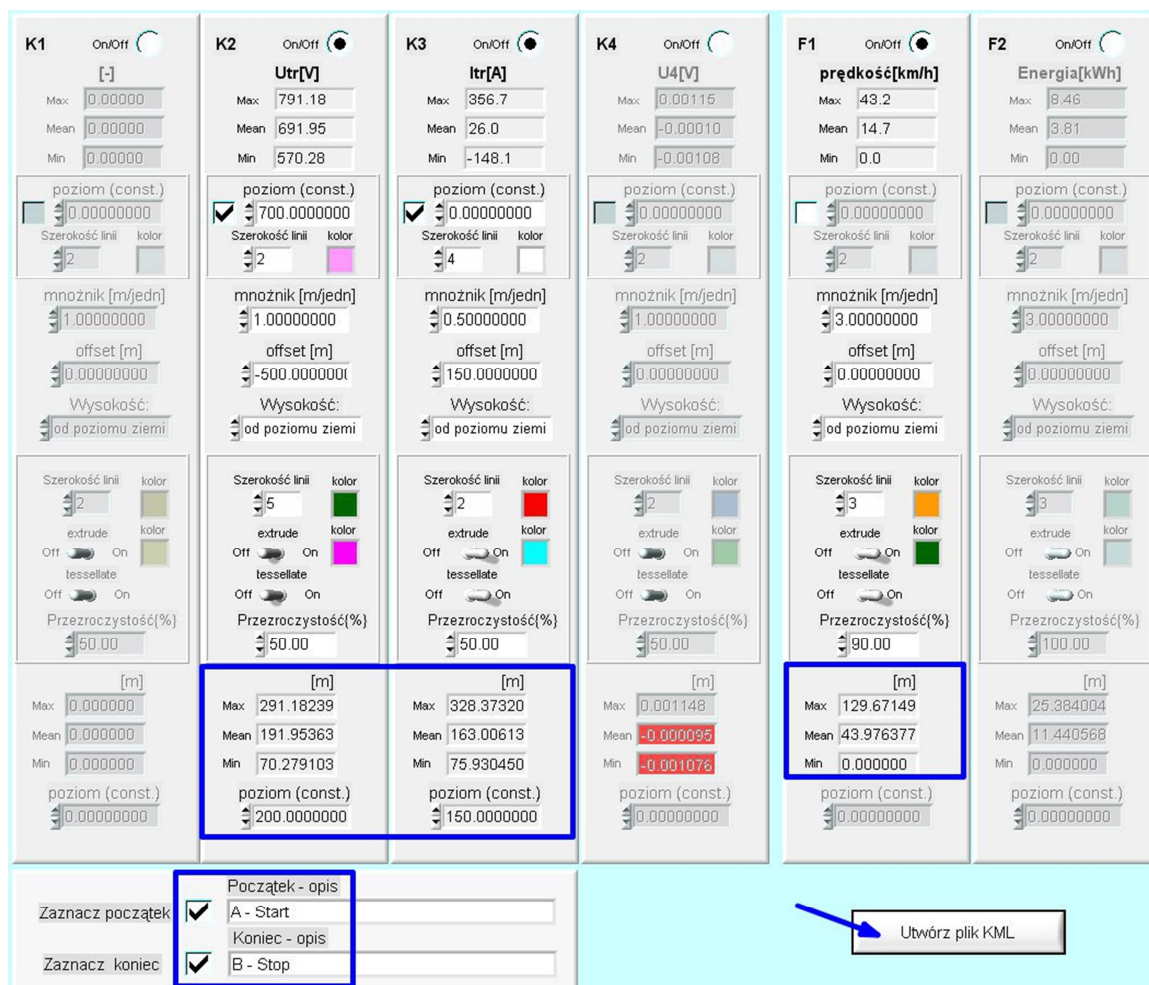
Zmierzone wielkości fizyczne: napięcie, prąd i prędkość zostaną przedstawione na mapie w postaci wysokości w metrach, liczonej od powierzchni ziemi na mapie. Domyślnie, tj. przy pierwszym otwarciu zakładki 'Tab 4 KML', wielkości fizyczne są przepisywane wprost, bez przeliczeń: długa niebieska strzałka w kanale **K2** pokazuje przepisane wartości, maksymalną, minimalną i średnią. Przeliczenie zgodnie z równaniem prostej:

$$\text{Wysokość [m]} = \text{mnożnik} * \text{wielkość fizyczna} + \text{offset}$$

Mnożnik i offset ustawia się dla każdego wybranego kanału osobno (rys. 29).

Aby prawidłowo dobrać wartości w polach 'mnożnik' i 'offset', należy ustalić, na jakiej wysokości nad ziemią mapy ma się znaleźć wykres. W rozpatrywanym przypadku w kanale **K2** napięcie maksymalne wynosi 791.18V, a więc wysokość maksymalna wynosi 791.18m, napięcie minimalne wynosi 570.28V, zatem wysokość minimalna jest 570.28m. Wykres nie musi być tak wysoki. Warto 'obciąć' zbędne 500m. W tym celu wprowadza się offset = -500m. Zmieniać mnożnika nie potrzeba, czyli mnożnik = 1.00 i równanie prostej **K2** jest (rys. 29):

$$\begin{aligned} \text{Wysokość [m]} &= 1.00 * \text{Utr} - 500 \\ \text{Wysokość maksymalna [m]} &= 1.00 * 791.18 - 500 = 291.18\text{m} \\ \text{Wysokość minimalna [m]} &= 1.00 * 570.28 - 500 = 70.28\text{m} \end{aligned}$$



Rys. 29. Skalowanie wykresów i ustawienie parametrów

Ciekawie wygląda tu przypadek zarejestrowany w kanale **K3**. Maksymalna wartość prądu wyniosła $I_{\max} = 356.7\text{A}$ (wartość dodatnia), a minimalna $I_{\min} = -148.1\text{A}$ (wartość ujemna). Dla wartości ujemnych wykres wszedłby pod powierzchnię umownej ziemi na mapie i nie mógłby być wyświetlony, o czym ostrzega podświetlone na czerwono odpowiednie pole wartości minimalnej (rys. 28). Należy więc wprowadzić taki offset, aby cały wykres znalazł się nad powierzchnią ziemi. Tu podniesiono go w tym celu o 150m. Dodatkowo ze względu na znaczną różnicę wartości ekstremów wykres został spłaszczony przez wprowadzenie mnożnika 0.5. Równanie prostej **K3**:

$$\begin{aligned} \text{Wysokość [m]} &= 1.00 * \text{Utr} + 150 \\ \text{Wysokość maksymalna [m]} &= 0.5 * 356.7 + 150 = 328.35\text{m} \\ \text{Wysokość minimalna [m]} &= 0.5 * -148.1 + 150 = 75.91\text{m} \end{aligned}$$

Aby odróżnić miejsca o dodatniej wartości prądu od miejsc o wartości ujemnej, należy aktywować kontrolkę 'poziom'. W **K3** nastawionej wartości '0.0' odpowiada wartość prądu $I_{\text{tr}} = 0.0\text{A}$, co po przeliczeniu na wysokość daje 150m. Należy wybrać kolor linii (tu: biały) i szerokość linii (tu: linia 4-punktowa). W ten sam sposób nastawiono poziom napięcia (**K2**) na wartość znamionową 700V. Wybrano kolor różowy.

Należy teraz nastawić parametry wykresów w każdym wyświetlanym kanale oddzielnie. Są to: szerokość linii, kolor wykresu, kolor wypełnienia, poziom

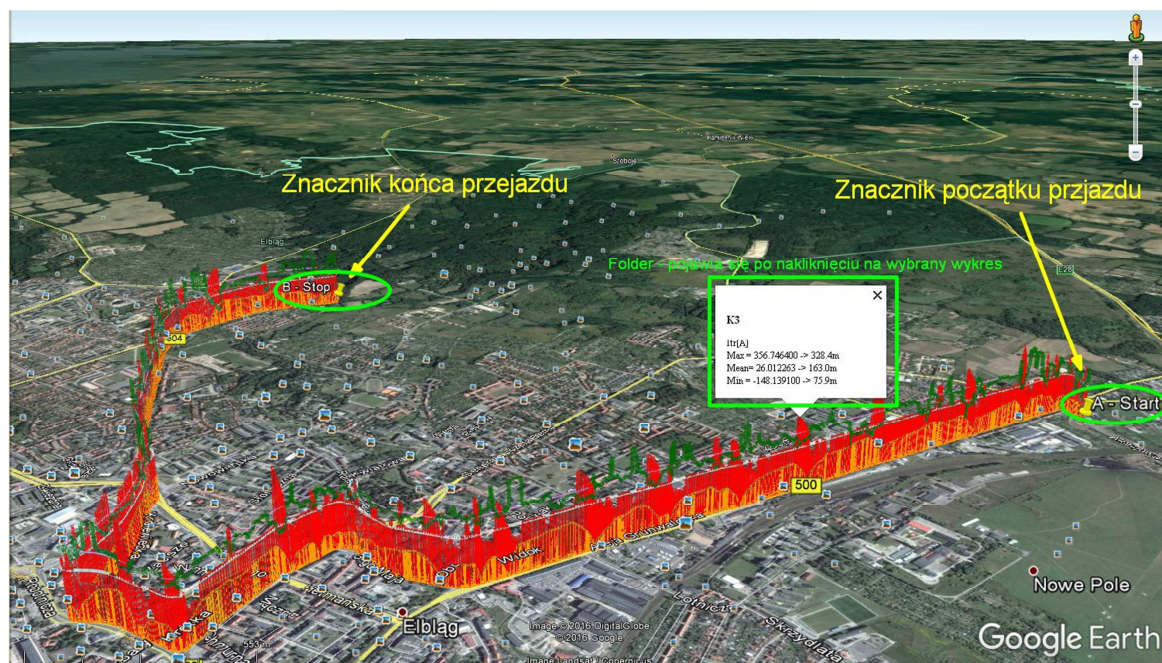
przezroczystości pod wykresem i parametry *tessellate* i *extrude*, których oryginalne terminy angielskie pozostawiono dla uniknięcia nieścisłości w przekładzie na język polski. *Tessellate* oznacza utworzenie pod linią wykresu siatki pionowych linii, a *extrude* oznacza umowne 'wciśnięcie' tych linii w równie umowną powierzchnię ziemi na mapie.

Parametr 'przezroczystość' określa stopień przezroczystości pola między wykresem a powierzchnią ziemi. Jest on tylko wtedy aktywny, gdy *tessellate* jest załączony.

Po wyskalowaniu w podobny sposób funkcji **F2** należy zdecydować, czy na początku i na końcu wykresu mają pojawić się znaczniki w postaci żółtych symboli pinieski.

Po zaznaczeniu wyboru i wstawieniu tekstów, które pojawią się na mapie na początku i na końcu wykresu, należy nacisnąć przycisk 'utwórz plik KML'.

Należy teraz odnaleźć utworzony w katalogu plik 'C:\\mRdata\\KML' i otworzyć go za pomocą wcześniej zainstalowanego programu 'Google Earth'. Gdyby zastosowane wysokości wykresów okazały się nieodpowiednie, można je łatwo poprawiać tak długo, aż uzyskają postać satysfakcjonującą.



Rys. 30. Przejazd '1' tramwaju od pętli 'A - Start' do pętli 'B - Stop'.

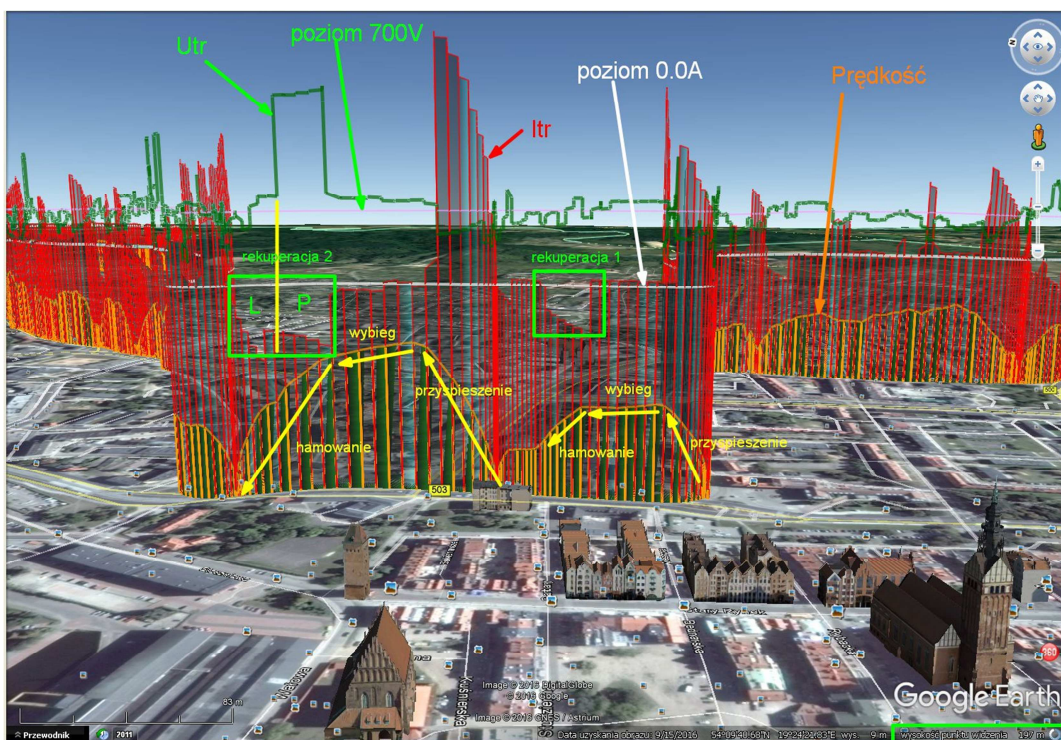
Kolory: napięcie **Utr**, prąd **Itr**, **prędkość**.

Linia różowa: $Utr = 700V$, linia biała: $Itr = 0.0A$

Rys. 30 przedstawia cały przejazd tramwaju od pętli 'A - Start' do pętli 'B - Stop', gdzie kolorem zielonym oznaczono napięcie **Utr**, czerwonym prąd **Itr**, pomarańczowym **prędkość**. Fragment tego przejazdu jest widoczny w szczegółach na rys. 31.

Widać fazy rozruchu przy ruszaniu z przystanków, charakteryzujące się dużym poborem prądu silników i wzrostem prędkości. Następnie po wyłączeniu prądu rozpoczyna się wybieg widoczny w postaci typowego powolnego zmniejszania prędkości. Kolejna faza to hamowanie, znaczny spadek prędkości i jednocześnie rekuperacja wytworzonego prądu z powrotem do sieci trakcyjnej. Widać, że po wyłączeniu prądu trakcyjnego ciągle jest pobierany niewielki prąd potrzeb

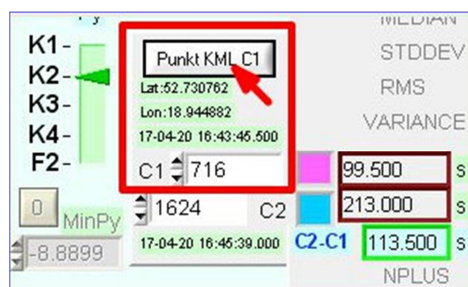
własnych. Interesujące jest, że o ile w obszarze oznaczonym 'rekuperacja 1' widać nieznaczne wahania napięcia w sieci trakcyjnej, o tyle w 'rekuperacji 2' wystąpił (pole P) znaczny podskok napięcia wskutek tego, że żaden inny tramwaj nie odebrał prądu wytworzonego podczas rekuperacji. Za chwilę jednak inny tramwaj pobrał rekuperowany prąd i napięcie obniżyło się (pole L).



Rys. 31. Fragment przejazdu '1'.
 Kolory: napięcie **Utr**, prąd **Itr**, **prędkość**.
 Linia różowa: $Utr = 700V$, linia biała: $Itr = 0.0A$

Wykresy na mapach *Google Earth* można oglądać z różnej wysokości i pod dowolnie wybranym kątem. Można je przesuwać i obracać tak, by najlepiej obejrzeć wykresy lub interesujące fragmenty. W prawym dolnym rogu wyświetlana jest wysokość w metrach, z jakiej mapa jest oglądana. Klikając wykres można uzyskać informację o jego parametrach: maksimum, minimum i wartości średniej (folder K3 w zielonej ramce, rys. 30).

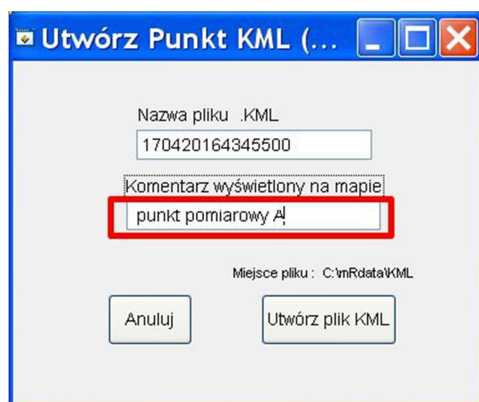
10.4 Pojedyncze punkty pomiarowe



Rys. 32. Przycisk generujący plik *.kml

Na mapie *Google Earth* można wyświetlić związany z pomiarem pojedynczy punkt (pinę) generując plik *.kml. W tym celu należy na ten punkt nastawić kursor C1

na górnym wykresie czasu UP (zakładka Tab 0). Jeżeli temu punktowi została przypisana pozycja geograficzna (tzn. moduł GPS był załączony), to nad kontrolkami opisującymi kursor C1 pojawi się przycisk generujący odpowiedni plik *.kml (rys. 32).



Rys. 33. Edytowanie nazwy pliku i komentarza

Użycie przycisku otwiera okienko (rys. 33), w którym można edytować nazwę pliku (domyślnie data i czas dla kursora C1) i wstawić dowolny tekst, który później zostanie wyświetlony na mapie. Przycisk 'Utwórz plik KML' generuje odpowiedni plik w katalogu C:\mRdate\KML.

Plik ten należy otworzyć za pomocą programu *Google Earth*. Na ekranie otworzy się mapa z naniesionym punktem w postaci pineski i wprowadzonym opisem (rys. 34).



Rys. 34. Wybrany punkt oznaczony na mapie Google Earth w postaci pineski