

INSTRUKCJA UŻYTKOWANIA

CZĘŚĆ VI

WTYCZKI DEDYKOWANE

UZUPEŁNIENIE DO CZĘŚCI IV

zatytułowanej

WYPOSAŻENIE POMOCNICZE

WYDANIE PIERWSZE

WARSZAWA, LIPIEC 2020

SPIS TREŚCI

Wtyczki dedykowane – Wprowadzenie	3
Wtyczka WDS	4
Wtyczka WdZ (WDSu0r0)	6
Wtyczka WdI	8
Wtyczka WdG	9
Wtyczka WdK	10
Wtyczka WdB	12

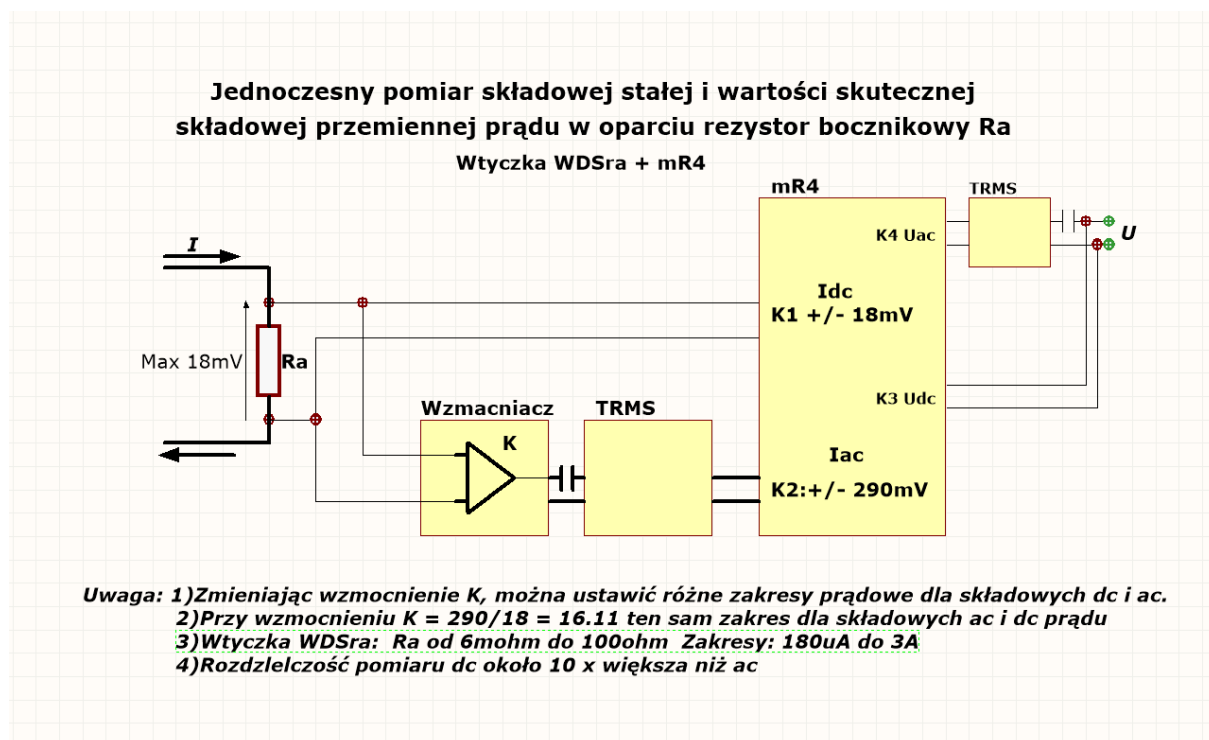
Wtyczki dedykowane – Wprowadzenie

Wtyczki dedykowane to dodatkowe adaptery dołączane do rejestratorów mR3p/mR4 w celu wykonywania specjalistycznych pomiarów. Zamieniają one kanały K1...K4 rejestratorów, mierzące wolnozmiennie napięcie dc , w kanały mierzące dowolną inną wielkość fizyczną (np. prąd ac lub dc , napięcie ac , temperaturę, ciśnienie, wilgotność, natężenie oświetlenia itp.), którą to wielkość w sposób liniowy można zamienić na napięcie.

Współczynniki kalibracji (dwa punkty równania prostej kalibrującej zamieniającej napięcie na żadaną wielkość fizyczną), krótki opis tego, co mierzymy (nazwa), jednostka mierzonej wielkości (np. [V][A][mA][hPa][%Rh][°C] itd.) oraz zakres napięciowy (tu: 100 V, 10 V, 290 mV bądź 18 mV) są zapisywane w znajdującej się w każdej wtyczce nieulotnej pamięci EEPROM. Parametry te są ustawiane w procesie produkcji w oparciu o proces kalibracji lub o dane kalibracji pobierane z kart katalogowych dotyczących czujników/przetworników wielkości fizycznych na napięcie. Sposób nastawy tych parametrów jest dostępny dla użytkownika z programu mRgui. Nastaw tych nie należy zmieniać. Ponieważ jednak pamięć EEPROM nie ma blokady zapisu, nastawy te mogą zostać zmienione przypadkowo. W celu przywrócenia właściwych nastaw należy skorzystać z protokołu wyrobu, który jest dostarczany z każdą wtyczką dedykowaną, i przepisać te wartości, nastawiając w kolejności: zakres, nazwę, jednostkę, wartość kalibracyjną prostej x_0 , y_0 i x_1 , y_1 oraz ewentualnie limity (program mRgui, pole „Programowanie/Nastawianie”, kanały K1...K4). Następnie należy użyć kolejno przycisków: „do MR” i „do Wtyczki”. Wartości kalibracyjne dla wtyczek dedykowanych, których to wartości nie należy zmieniać, w panelu nastaw K1...K3 opatrzone są komunikatem „Kanał dedykowany” (na jasnobrązowym tle).

Wtyczka WDS

Wtyczka WDS służy do jednoczesnego pomiaru prądu (I_{ac} , I_{dc}) oraz napięcia (U_{ac} , U_{dc}). Zakres prądowy dobiera się poprzez dobór rezystora bocznikowego R_a oraz dodatkowo dla pomiaru prądu I_{ac} poprzez dobór wzmacnienia K . Schemat ideowy przedstawiający współpracę wtyczki z rejestratorem mR4 przedstawiono na poniższym rysunku (Rys.1).



Rys. 1

Wtyczka WDS wyposażona jest w dwa wejścia, każde z wychodzącymi z nich przewodami zakończonymi banankami:

- żółte – wejścia prądowe
- czerwone – wejścia napięciowe

Prąd mierzy się jako spadek napięcia na wewnętrznym (we wtyczce), precyzyjnie skalibrowanym boczniku – na niskonapięciowym zakresie ± 18 mV. Poza tym zarówno kanał napięciowy, jak i prądowy są wyposażone niezależnie w przetworniki wartości skutecznej sygnału przemiennego na wartość stałą TrueRMS. Uzyskano w ten sposób cztery przyrządy dokonujące pomiarów w sposób synchroniczny:

- miliamperomierz prądu stałego I_{dc} – Kanał K1
- miliamperomierz prądu przemiennego I_{ac} – Kanał K2
- woltomierz prądu stałego U_{dc} – Kanał K3
- woltomierz prądu przemiennego U_{ac} – Kanał K4,

z których każdy pobiera sygnał z dwóch par zacisków, tj. z pary prądowej i pary napięciowej.

Sposób podłączenia do mierzonego obiektu należy wykonać w sposób klasyczny, tj.:

- dla prądu – w szereg
- dla napięcia – równolegle do mierzonego spadku napięcia na obiekcie/odbiorniku.

Dla kanałów *dc* polarność jest określona kolorami przewodów (**plus** – żółty: +I <bananek żółty>, **minus** – kolor czarny: -I <bananek żółty>, **plus** – czerwony: +U <bananek czerwony>, **minus** – czarny: -U <bananek czerwony>) oraz dodatkowo oznakowana odpowiednio jako: +U, -U, +I, -I.

Dobór zakresów prądowych (K1 i K2) należy wyspecyfikować w zamówieniu. Możliwości doboru zakresu I_{dc} i odpowiadające im boczniki są takie same jak te przedstawione poniżej w opisie wtyczki WDI.

Przykładowo wtyczki WDS o numerach DS00001...DS00005 są skalibrowane na następujące zakresy:

- K1: $\pm 100 \text{ mA}_{dc}$ - wartość bocznika $R_a = 180 \text{ m}\Omega$
- K2: 100 mA_{Ac} - ($R_a = 180 \text{ m}\Omega$), $K = 16.11$
- K3: $\pm 100 \text{ V}_{dc}$
- K4: 50 V_{ac}

Dopuszczalne maksymalne parametry dla tych wtyczek to:

- wartość skuteczna sumy prądów *ac* i *dc* w kanałach K1 i K2: 2 A
- maksymalne napięcia w kanałach K3 i K4: 150 V_{pp}

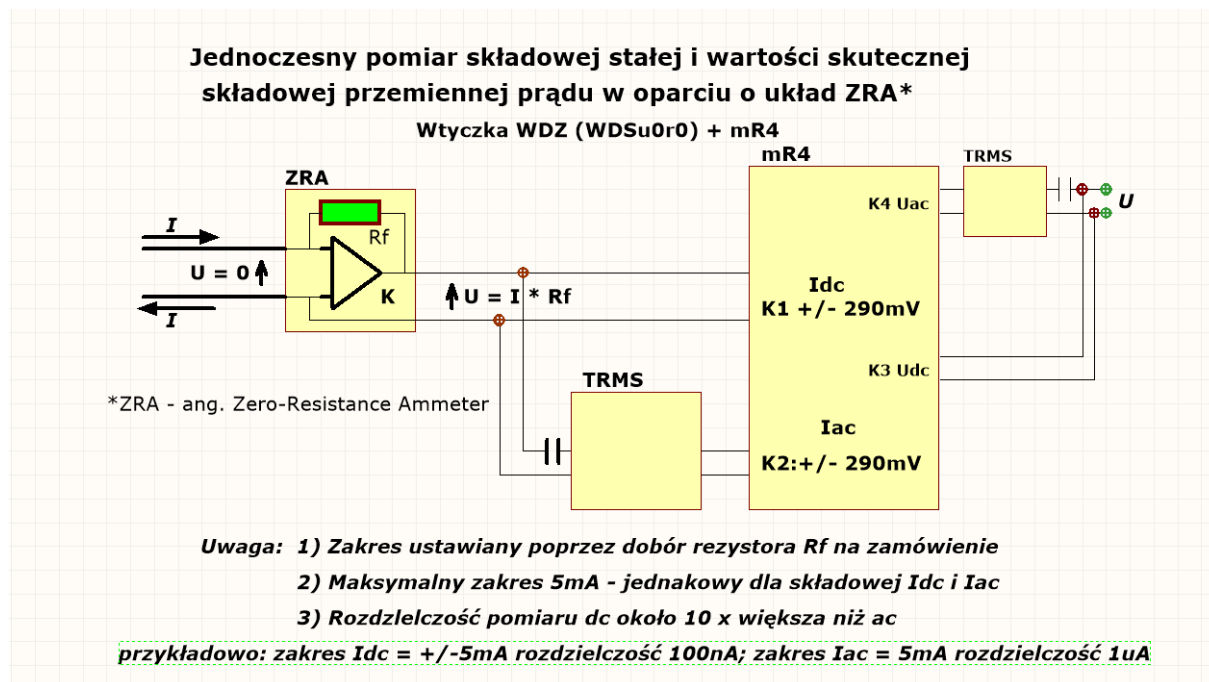
Przetworniki TrueRMS – uwagi eksploatacyjne

- 1) Przetworniki TrueRMS są dostosowane do pomiaru sygnałów o relatywnie niskich częstotliwościach, tj. od ok. 30 Hz do maks. kilkunastu kHz. W zastosowaniach w ochronie katodowej są przeznaczone do pomiaru sygnałów pochodzących od sieci energetycznej i dla takich sygnałów (tj. dla 50 Hz) są kalibrowane.
- 2) Idealna odpowiedź na skok jednostkowy (skok o wartość stałą) to krótki impuls, tzw. delta Diraca. Odpowiedź rzeczywista to skok, za którym ciągnie się linia o charakterze wykładniczym zanikającym.

Takie zachowanie będzie można obserwować w kanałach *ac* (prądowym lub napięciowym), jeżeli będzie włączone kluczkowanie stacji ochrony katodowej (SOK) w cyklach ON/OFF. Dlatego w celu łatwiejszej interpretacji wyników w kanałach *ac* należy pomiary te wykonywać przy załączonej lub wyłączonej stacji SOK, ale nie w cyklu kluczkowania (przerywania).

Wtyczka WDW (WDSu0r0)

Wtyczka WDW służy do jednoczesnego pomiaru prądu (I_{ac} , I_{dc}) oraz napięcia (U_{ac} , U_{dc}). Schemat ideowy przedstawiono na poniższym rysunku (Rys.2).

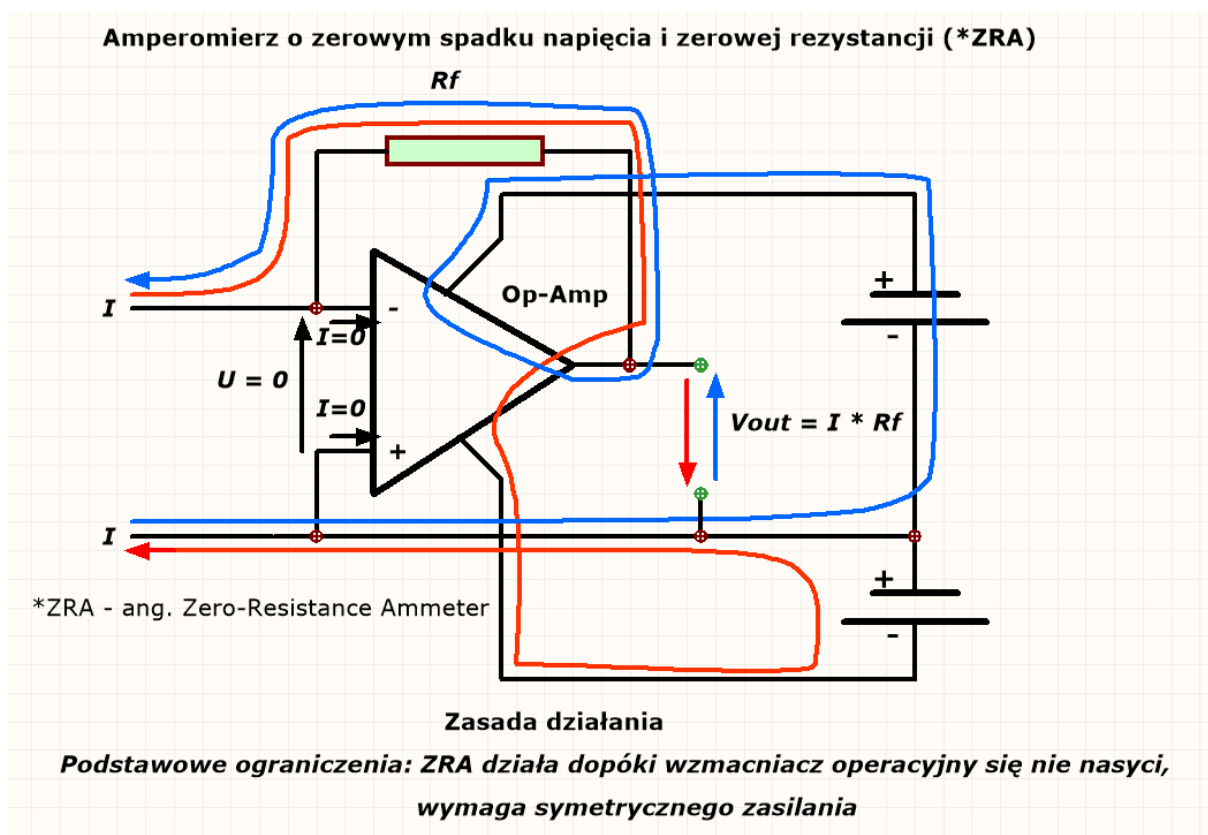


Rys. 2

Klasyczny pomiar prądu odbywa się na zasadzie pomiaru spadku napięcia na boczniku rezystancyjnym. W obwodach, gdzie wymuszenia są niskonapięciowe (np. w elektrochemii te wymuszenia są często poniżej 1 V), pomiar prądu na zasadzie wprowadzenia dodatkowego spadku napięcia na boczniku może w sposób znaczący zmienić warunki pomiarowe.

Poprawny pomiar prądu w obwodach niskonapięciowych za pomocą uniwersalnych mierników może prowadzić do bardzo dużych błędów lub może okazać się wręcz niemożliwy. Rozwiązaniem jest użycie miliamperomierza (mikroamperomierza) o zerowej rezystancji lub zerowym spadku napięcia (ZRA – ang. *zero resistance ammeter*). Bocznik rezystancyjny jest zastąpiony elektronicznym układem aktywnym, tj. wzmacniaczem operacyjnym, który – dopóki nie wejdzie w stan nasycenia – utrzymuje na wejściu spadek napięcia równy zero, jednocześnie generując na swoim wyjściu napięcie proporcjonalne do płynącego prądu, które to napięcie jest następnie podawane na wejście przetwornika ADC. Z chwilą nasycenia się wzmacniacza (koniec zdolności prądowej) przestanie działać kompensacja i na wejściu ZRA pojawi się napięcie. Dzieje się to oczywiście w warunkach przekroczenia deklarowanego zakresu pomiarowego.

Schemat ideowy wzmacniacza ZRA i kierunki przepływu prądów przedstawiono na poniższym rysunku (Rys. 3).



Rys. 3

Plusy ZRA:

- kompensacja spadku napięcia na boczniku i poprawny pomiar prądów w obwodach niskonapięciowych

Minusy ZRA:

- konieczność budowy układu zasilania
- zakres pomiarowy ograniczony do wydolności prądowej wzmacniacza i układów zasilających
- zwiększenie zużycia energii na potrzeby kompensacji prądowej, mogące prowadzić do znacznego skrócenia czasu pracy urządzeń zasilanych bateryjnie

Wtyczka WDW (WDSu0r0) jest wariantem wtyczki WDS, w którym to bocznik rezystancyjny do pomiaru prądu zastąpiono wzmacniaczem operacyjnym pracującym jako ZRA.

W standardowej wersji zakresy prądowe wynoszą:

- K1: ± 5 mA dc_z z rozdzielczością 0,1 μ A
- K2: 5 mA dc_z z rozdzielczością ok. 1 μ A

Na życzenie możliwe jest zmniejszenie zakresów pomiarowych prądów od 2 do około 10 razy, oraz przesunięcie odpowiednio o daną wartość rozdzielczości pomiaru (np. zakres ± 500 μ A dc_z z rozdzielczością do ok. 10 nA).

Zakresy napięciowe to:

- K1: ± 100 V dc
- K1: 50 V ac

Uwaga 1: kanałów ZRA nie należy używać w obwodach, gdzie wymuszenie napięciowe przekracza ± 15 V (maksymalna bezpieczna wartość napięcia przy nasyceniu wzmacniacza ZRA)

Uwaga 2: kolory przewodów wychodzących z wtyczki, opisy oraz uwagi dotyczące przetworników TrueRMS, jak również sposób włączenia w układ pomiarowy – jak w opisie wtyczki WDS

Uwaga 3: przy zwarcu zacisków prądowych obserwuje się wzrost szumu. Jest to wzmacniony szum napięcia niezrównoważenia wzmacniacza ZRA. Dlatego zerowanie kanałów należy obserwować przy otwartych obwodach prądowych.

Wtyczka WDI

Informacje dodatkowe do informacji zawartych w części IV

Wtyczka ta służy do pomiarów prądów i napięć wolnozmiennych dc. W wersji standardowej wtyczka posiada dwa kanały napięciowe: K1: 10 V oraz K4: 100 V, jak również dwa kanały prądowe: K2 i K3, których zakresy są kształtowane poprzez dobór i wmontowanie na stałe rezystorów bocznikowych. Użytkownik dokonuje doboru wartości zakresów pomiarowych przed montażem wtyczki.

Możliwości doboru są następujące:

Zakres	Wartość bocznika	Zakres	Wartość bocznika	Zakres	Wartość bocznika	Zakres	Wartość bocznika
3 A	6 mΩ	0.8 A	22 mΩ	0.21 A	82 mΩ	50 mA	360 mΩ
2.5 A	7 mΩ	0.6 A	30 mΩ	0.2 A	90 mΩ	18 mA	1 Ω
2 A	9 mΩ	0.45 A	40 mΩ	150 mA	120 mΩ	5 mA	3.6 Ω
1.8 A	10 mΩ	0.36 A	50 mΩ	120 mA	150 mΩ	1.8 mA	10 Ω
1.5 A	12 mΩ	0.3 A	60 mΩ	100 mA	180 mΩ	180 μA	100 Ω
1.2 A	15 mΩ	0.25 A	70 mΩ	80 mA	220 mΩ		
1 A	18 mΩ	0.225 A	80 mΩ	72 mA	250 mΩ		

Dobór zakresów prądowych (K3 i K4) należy wyspecyfikować w zamówieniu.

Ograniczenia prądowe, których w trakcie pomiarów nie wolno przekraczać, są spowodowane grubościami ścieżek i przewodów oraz ograniczoną do 1 W mocą rezystorów bocznikowych.

Maksymalny prąd, jaki może przepływać przez układ pomiarowy, wynika z dwóch następujących ograniczeń:

$$I_{MAX} = \sqrt{\frac{1W}{R_b}} \quad \text{lub} \quad I_{MAX} = 4 \text{ A, z których uwzględnia się wartość mniejszą.}$$

Kanały K1 i K2 są poprzez zaciski wewnętrzne wtyczki bezpośrednio podłączone do kanałów rejestratorów (mR4 lub mR3p). Dla zakresów napięciowych 10 V i 100 V dopuszczalne maksymalne napięcie to ± 150 V.

Zarówno kanały prądowe, jak i napięciowe są wyprowadzone na zewnątrz wtyczki za pomocą przewodów zakończonych banankami. Kolory bananków odpowiadają kolorom przebiegów wyświetlanych na wykresach w czasie rzeczywistym:

K1: żółty K2: zielony K3: czerwony K4: niebieski

Kolor przewodu czarny odpowiada masie analogowej danego kanału (U- lub I-), a kolor inny niż czarny – elektrodzie aktywnej (U+ lub I+). Podłączenie do mierzonego obiektu należy wykonać w sposób klasyczny, tj.:

- dla kanałów prądowych – w szereg
- dla kanałów napięciowych – równolegle, do mierzonego spadku napięcia na obiekcie/odbiorniku

Wtyczka WDG

Wtyczka ta służy do pomiarów DCVG, IFO i intensywnych – wersja 3

Opis wtyczki WDG w wersji 1 jest dostępny w *Instrukcji Użytkowania – część IV. Wyposażenia pomocnicze*.

Poniżej przedstawiono opis zmian w konstrukcji wtyczki, wynikających z doświadczeń pomiarowych.

Doświadczenie użytkowników wynikające z prowadzenia pomiarów intensywnych, mających na celu wyszukanie defektów w izolacji gazociągów i oceny i ochrony, doprowadziły do niewielkiej zmiany konstrukcji. W wersji 1 użyto trzy kanały wyposażone we wzmacniacze o zakresach pracy do ± 10 V, zamieniające rezystancję wewnętrzną wejść z $10\text{ M}\Omega$ na $100\text{ M}\Omega$. Kanały te są wykorzystywane w następujący sposób:

- K2: pomiar potencjału E
- K3: pomiar lewego gradientu dU_l
- K4: pomiar prawego gradientu dU_p

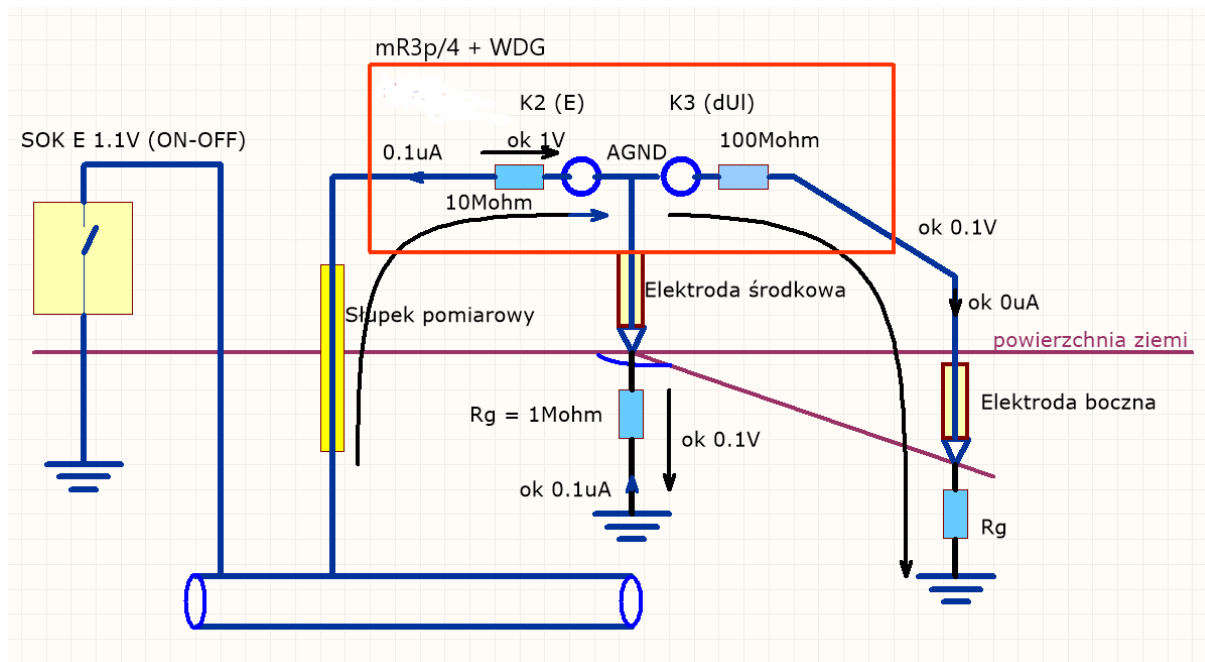
Pomiar potencjału jest wykonywany nad defektem poprzez połączenie rejestratora z rurociągiem bardzo długim przewodem rozwijanym z wcześniej przygotowanej szpuli niesionej przez osobę wykonującą pomiar. Takie połączenie cechuje się dużą indukcyjnością, która w warunkach normalnych nie ma większego znaczenia – jednak, przechodząc pod liniami wysokiego napięcia, takie połączenie stanowi antenę. Jeden koniec tej anteny dołączony jest do rurociągu, drugi zaś do układu pomiarowego, tj. do wzmacniacza o rezystancji wejściowej $100\text{ M}\Omega$. W układzie pomiarowym od wypływu linii WN generuje się napięcie na tyle duże, że nasycza wzmacniacz wejściowy i uniemożliwia poprawny pomiar.

Choć energetycznie generowany sygnał jest niewielki, to rezystancja wejścia jest na tyle duża ($100\text{ M}\Omega$), że nie tłumi sygnału przemiennonapięciowego.

Rozwiązaniem w wersji 2 było wyłączenie wzmacniacza zwiększającego rezystancję wejścia naturalnym zakresem pomiarowym rejestratora mR3p/mR4 ± 100 V o rezystancji wewnętrznej $10\text{ M}\Omega$ i bardzo dobrym tłumieniem składowej przemiennej 50 Hz.

Kolejnym doświadczeniem pomiarowym prowadzącym do zmiany konstrukcji były pomiary potencjału i gradientu w gruncie o bardzo wysokiej rezystywności. Zauważono, że w przypadku jednoczesnego pomiaru potencjału i gradientu, na kanale mierzącym gradient pojawiał się przebieg prostokątny zsynchronizowany z cyklem ON/OFF, co mogłoby świadczyć o tym, że w pobliżu znajduje się defekt, choć panowało przekonanie, że tym miejscu defektu nie ma.

Sytuację pomiarową przedstawia poniższy rysunek (Rys.



Poprzez wejście pomiarowe (rezystancja $10\text{ M}\Omega$) wpływa niewielki prąd (ok. $0,1\text{ }\mu\text{A}$) polaryzujący to wejście. Źródłem tego prądu jest pracująca w cyklu ON/OFF stacja ochrony katodowej SOK o przyjętej dla rozważań różnicy napięć ON-OFF wynoszącej $1,1\text{ V}$. Zakładając, że rezystancja przejścia do ziemi R_g ma oporność $1\text{ M}\Omega$, to $1/10$ potencjału $E_{\text{ON-OFF}}$ odłoży się na rezystancji R_g (napięcie U_g równe ok. 1 V). Ponieważ rezystancja kanału K2 jest bardzo duża ($100\text{ M}\Omega$), to w przybliżeniu napięcie U_g będzie mierzone w kanale K3. Prąd w kanale K3 jest dla celów rozważania pomijalny.

Eksperymentalna zamiana kanału K2 ($10\text{ M}\Omega$) na kanał K4 ($100\text{ M}\Omega$) zlikwidowała ten problem, ponieważ prąd polaryzujący woltomierz w kanale pomiaru potencjału zmalał dziesięciokrotnie i proporcjonalnie zmalało napięcie U_g .

Opisane zjawiska, tj. wpływ linii WN i pomiary w miejscach o bardzo wysokiej rezystywności gruntu, wykluczają możliwość zastosowania jednorodnego rozwiązania.

W wersji 3 wtyczki WDG pogodzone oba rozwiązania. Do pomiaru potencjału wyprowadzono dla kanału K2 dwa przewody (kolor bananów: zielony). Użytkownik, w zależności od warunków i doświadczenia pomiarowego, wybiera jedno z wejść ($10\text{ V} - 100\text{ M}\Omega$) lub ($100\text{ V} - 10\text{ M}\Omega$). Wyboru należy dokonać nie tylko przez wpięcie odpowiedniego przewodu, ale także przez wybór (zmianę) odpowiedniego zakresu w programie „mRgui” i zapisanie tego wyboru do wtyczek.

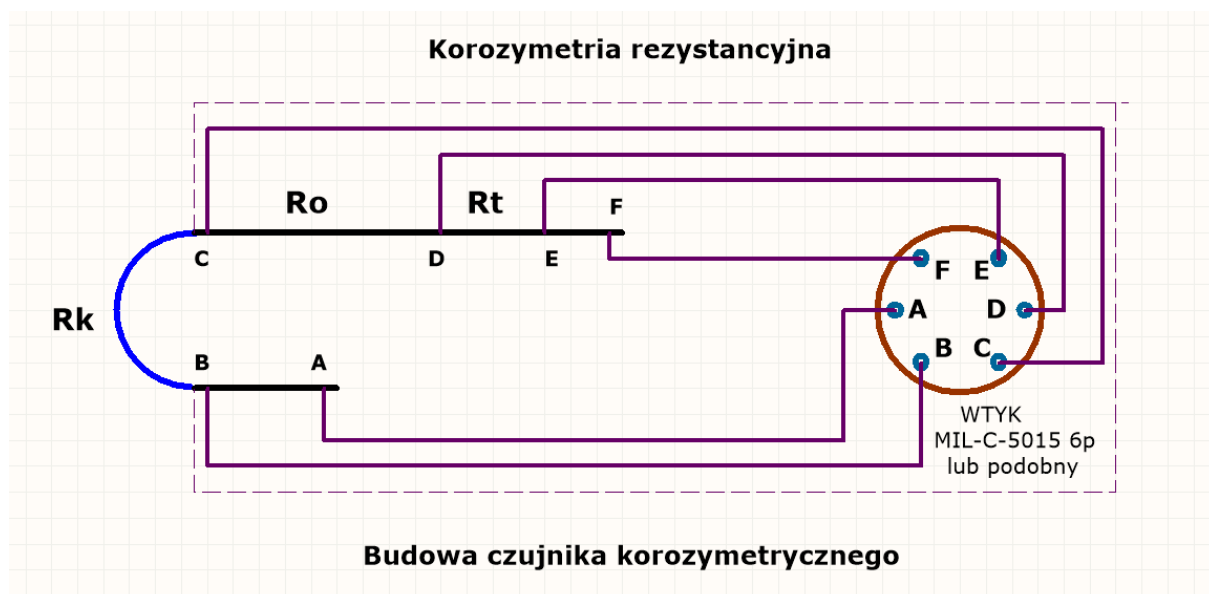
Uwaga: dodatkowo zaleca się wykonywanie pomiarów w terenach suchych (o bardzo dużej rezystywności gruntu) w takich okresach roku, kiedy wilgotność gruntu jest zwiększona, tj. po opadach atmosferycznych.

Wtyczka WDK

Wtyczka ta służy do pomiaru stosunku rezystancji korodującej do rezystancji odniesienia w czujnikach korozymetrycznych celem obliczania szybkości korozji.

Zasady działania korozymetrii rezystancyjnej są dobrze opisane w referacie panów Marka Fiedorowicza i Michała Jagiełły pt. „Korozymetria rezystancyjna w badaniach korozji podziemnych gazociągów” (Jurata 2010) oraz na stronie internetowej firmy Corropol, producenta czujników rezystancyjnych. Szybkość korozji oblicza się na podstawie pomiarów stosunku rezystancji

odniesienia R_o (metal czujnika zabezpieczony przed korozją) do rezystancji korodującej R_k (metal czujnika wystawiony na oddziaływanie korozji), wykonywanych okresowo (1÷4 razy w roku) i przeliczanych według dostarczonego przez producenta czujników wzoru na określoną w $\mu\text{m}/\text{rok}$ szybkość korozji. Dla niektórych czujników dodatkowo mierzy się stosunek rezystancji testowej (również chronionej przed korozją) do rezystancji odniesienia R_o . Ponieważ oba odcinki metalu R_t i R_o są chronione przed korozją, to w czasie całej eksploatacji czujnika stosunek ten praktycznie nie powinien się zmienić. Duża zmiana tego stosunku świadczy o uszkodzeniu czujnika. Sposób podłączenia elementów metalowych czujnika do wyprowadzającego sygnały pomiarowe złącza przedstawiony jest na poniższym rysunku:



Przy pomocy wtyczki WDK, rejestratora mR4 i programu „mRgui” można zmierzyć oba stosunki rezystancji, tj. $S = R_o/R_k$ oraz $T = R_t/R_o$.

Pomiaru dokonuje się nastawionym prądem stałym (do wyboru: 0.1 A, 0.25 A i 0.5 A) o przełączanym kierunku, co pozwala na eliminację błędów związanych z wystąpieniem mikroogniów powstających na styku dwóch metali oraz napięć niezrównoważenia (błędy zerowania) kanałów mierzących sygnały mikrowoltowe. Pełny pomiar składa się z serii dziesięciu pomiarów cząstkowych o dwukierunkowym przepływie prądu.

Procedura pomiarowa

Przed pomiarem należy naładować wewnętrzne ogniwo litowo-jonowe Lion za pomocą dołączonego do przyrządu mR4 zasilacza 6 V. Ogniwo we wtyczce WDK ładuje się przy przełączniku załączenia nastawionym w stan OFF. Po około 3–5 sek od momentu dołączeniu zasilacza dioda LED oznaczona „Lion chargé” zapali się na zielono. Zapalenie się diody oznacza rozpoczęcie się procesu ładowania. Gdy dioda zgaśnie, akumulator jest w pełni naładowany. Wbudowany we wtyczkę kontroler pilnuje charakterystyki ładowania i nie pozwala na przeładowanie ogniwa. W pełni naładowany akumulator osiąga napięcie 4.2 V.

Kolejność postępowania w czasie pomiarów:

- 1) ustawić przełącznik zakresów (we wtyczce WDK) na „0 A”
- 2) podłączyć czujnik i rejestrator
- 3) uruchomić program „mRgui” i nawiązać łączność przez Bluetooth

- 4) w panelu „Pomiary” mRgui odnaleźć przycisk $K_r(WDK)$ i użyć go – otworzy się panel „Pomiary korozymetryczne” do obsługi wtyczki WDK
- 5) ustawić przełącznik zakresów na wybrany zakres prądowy – jeden z: „0.1 A, 0.25 A, 0.5 A”
- 6) do rozpoczęcia pomiarów użyć przycisku „START”
- 7) po zakończeniu cyklu pomiarów ustawić przełącznik wyboru zakresu prądowego na „0 A”
- 8) w celu zapisania wyników do pliku wypełnić pola opisu i użyć przycisku „Zapisz”
- 9) powtórzyć procedurę pomiarową (od pkt 6) przy tym samym lub innym wyborze zakresu prądowego

UWAGA: Po zakończonych pomiarach należy niezwłocznie ustawić przełącznik wyboru zakresu prądowego na pozycję „0 A”.

Wtyczka WDB

Opis wtyczki WDB jest dostępny w *Instrukcji Użytkowania – część IV. Wyposażenia pomocnicze*.
Poniżej przedstawiono procedurę pomiarową:

- 1) Przed pomiarem naładować ogniwo litowo-jonowe Lion (opis jak dla WBK)
 - 2) Ustawić potencjometr na „0 A”
 - 3) Podłączyć WDK do rejestratora
 - 4) Uruchomić program „mRgui” i nawiązać łączność przez Bluetooth
 - 5) Podłączyć czteroprzewodowo skalowany bocznik rurociągowy do wtyczki:
 - zewnętrzne zaciski – prąd źródła I_z (prąd kalibrujący) – (kanał K4)
 - wewnętrzne zaciski – mikrowoltomierz – (kanał K3)
 para przewodów: czerwony i czarny, zakończone banankami
 - 6) W panelu „Pomiary” odnaleźć przycisk $R_b(WDB)$ i użyć go – otworzy się panel „Wyznaczanie rezystancji bocznika $R_b(WDB)$ ”
 - 7) Ustawić potencjometrem żądany prąd (zwykle maksymalny, tj. ok. 1.05 A)
 - 8) Do rozpoczęcia pomiarów użyć przycisku „START”
 - 9) Po zakończeniu cyklu pomiarów ustawić potencjometr na „0 A” – odczytać następujące wyniki: rezystancja bocznika $R_b[m\Omega]$ lub współczynnik kalibracji $S=1/R_b[mA/\mu V]$
 - 10) W celu zapisania wyników do pliku wypełnić pola opisu i użyć przycisku „ZAPISZ”
 - 11) Powtórzyć procedurę pomiarową przy takim samym lub innym nastawieniu prądu I_z
 - 12) Opcjonalnie: w celu zamiany mikrowoltomierza (kanał K3) w amperomierz użyć przycisku „ $S(1/R_b)$ do $mR(K3)$ ”.
- Zamiast spadku napięcia na boczniku będzie wyświetlany prąd w kanale K3. Nad kontrolką wyświetlającą wartość prądu pojawi się nowe równanie prostej kalibrującej (mała czcionka na żółtym tle).
- 13) Rozłączyć połączenie prądu I_z , ponieważ przy nierozłączonym połączeniu I_z i przy potencjometrze skreślonym do „0 A” może jeszcze płynąć szczątkowy prąd źródła
 - 14) Jeżeli zaistnieje taka potrzeba, to kanał K2 użyć do pomiaru potencjału
 - 15) Przystąpić do rejestracji prądu (jeżeli wykonany został krok 12) lub spadku napięcia (jeżeli krok 12 został pominięty)

UWAGA: 1. W stanie spoczynkowym ustawić potencjometr na „0 A”.

2. Do wyznaczenia rezystancji odcinkowej przyjąć różnicę spadku napięcia lub prądu oraz potencjału jako różnicę ON – OFF (dla pomiaru wykonywanego w tej samej chwili czasowej w dwóch punktach prądowych).