



NOWE MOŻLIWOŚCI
POMIAROWE REJESTRATORA MRA

NEW MEASUREMENT CAPABILITIES
OF MRA RECORDER

Jacek Barański

L.Instruments

Słowa kluczowe: rejestrator dwukanałowy, pomiar prądu, pomiar ładunku, pomiar mocy, pomiar rezystancji

Key words: two-channel recorder, current measurement, charge measurement, power measurement, resistance measurement

Streszczenie

Dobierając odpowiednio zewnętrzny boczny prądowy, użytkownik dwukanałowego rejestratora *mRA* może teraz dowolnie kształtować jego zakres prądowy I (μA , mA , A) w przedziale od $16\mu\text{A}$ (bez bocznika, rozdzielczość poniżej 1nA) do ponad 160A (bocznik 0.001Ω). Rejestrator może obliczyć przepływający ładunek Q (Ah). Dzięki jednoczesnemu w drugim kanale pomiarowi napięcia U (V) rejestrator oblicza moc P (W) i rezystancję R (Ω) obwodu zewnętrznego w bardzo szerokim zakresie.

Przedstawiono sposób kompensacji rezystancji własnej obwodów wejściowych przy zdejmowaniu charakterystyk napięciowo-prądowych dla bardzo małych sygnałów.

Summary

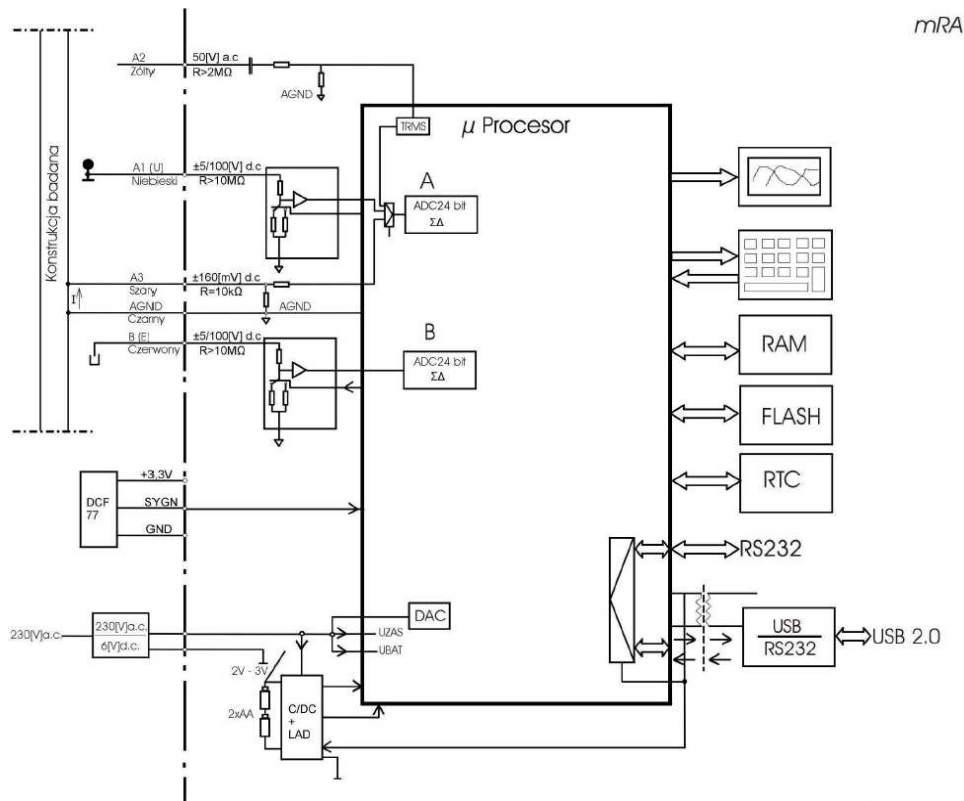
By selecting properly the external shunt a user of the two-channel *mRA* recorder is able to modify a current range I (μA , mA , A) of the recorder, depending on the needs, in the spectrum from $16\mu\text{A}$ (without the shunt, resolution below 1nA) to over 160A (shunt 0.001Ω). The recorder provides an option allowing to calculate, on an on-going basis, a flowing charge Q (Ah). Taking into account a voltage U (V), measured simultaneously in the other of the channels, the recorder is calculating power P (W) and resistance R (Ω) of the external circuit in a very wide spectrum.

A method has been described on how the specific resistance of input circuits can be compensated when measuring characteristics of low signals in terms of voltage and current.

Rejestrator *mRA* jest dwukanałowym (kanały A i B) rejestratorem przebiegów wolno-zmiennych, wyposażonym w dwa synchronicznie działające 24-bitowe przetworniki ADC typu sigma-delta. Dodatkowo, kanał A może być multipleksowy. Przed rozpoczęciem pomiaru można dokonać wyboru wejścia, tzn. zakresu napięciowego $U_A = \pm 100V$ lub $\pm 5V$, zakresu ac $U_A = 50V$ TRMS lub zakresu $\Delta U_A = \pm 160mV$ do pomiaru spadku napięć.

Kanał B pozwala zmierzyć napięcia wolnozmiennne w zakresie $U_B = \pm 100V$ lub $\pm 5V$.

Schemat ideowy rejestratora *mRA* jest przedstawiony na rys. 1:



Rys. 1. Schemat ideowy rejestratora *mRA*

Nowe rozwiązanie oprogramowania w wersji 2.0 daje możliwość pomiaru prądu w bardzo szerokim zakresie. Teraz to użytkownik kształtuje zakres prądowy poprzez dobór bocznika. Bocznikiem może być praktycznie każdy rezystor, w tym także fragment konstrukcji metalowej (np. rurociągu lub szyny), przez którą płynie prąd. Jednak przy pomiarze dużych prądów powinien to być rezystor specjalny posiadający osobne wyprowadzenie pomiarowe tak, aby ustrzec się od pomiaru dodatkowych spadków napięć na przewodach lub zaciskach doprowadzających prąd. Bocznik dołącza się na zewnątrz, równolegle do rezystancji wewnętrznej R_{weW} wejścia ΔU_A ($\pm 160mV$). Rezystancja wewnętrzna R_{weW} wejścia ΔU_A wynosi

$\sim 10\text{k}\Omega$, a dokładnie jej wartość jest wpisywana do przyrządu w procesie kalibracji. Tak więc prąd w czasie pomiaru przepływa przez rezystancję zastępczą R_z będącą równoległym połączeniem rezystancji wewnętrznej R_{wew} i rezystancji bocznika R_{bocz} .

W procesie przygotowania rejestratora do pracy użytkownik wprowadza z klawiatury wartość rezystancji bocznika R_{bocz} . Rejestrator wylicza rezystancję zastępczą R_z , brana następnie do obliczeń prądu, oraz zakres prądowy I_{zakres} . Użytkownik ma możliwość nastawienia wartości R_{bocz} (w Ω) z siedmiocyfrową rozdzielczością, co pozwala precyzyjnie wykalibrować zakres prądowy.

I tak, przy braku rezystancji R_{bocz} ($R_{bocz} = \infty$), otrzymujemy nanoamperomierz, którego zakres prądowy wynosi $\pm 16\mu\text{A}$, a rozdzielczość i poziom szumów są mniejsze niż 1nA , natomiast przy rezystancji $R_{bocz} = 0,001\Omega$ otrzymamy amperomierz, którego zakres prądowy wynosi $\pm 160\text{A}$.

Zakres prądowy oblicza się ze wzoru:

$$I_{zakres} = 0.16\text{V} / R_z$$

Rejestrator doskonale współpracuje z bocznikami pomiarowymi, których napięcie znamionowe wynosi 60mV , dopuszczając 2,5-krotną możliwość przekroczenia tego napięcia.

Aby uzyskać jak największą dynamikę mierzonego prądu, należy bocznik dobrać tak, aby przy maksymalnym mierzonym prądzie odkładający się na nim spadek napięcia był niewiele mniejszy niż 160mV .

Mając pomiar prądu i znając krok próbkowania, można wyliczyć ładunek przepływający przez wejście prądowe rejestratora. Ładunek liczy się z następującego wzoru:

$$\Sigma Q_n = \Sigma Q_{n-1} + I_n * t_p,$$

gdzie:

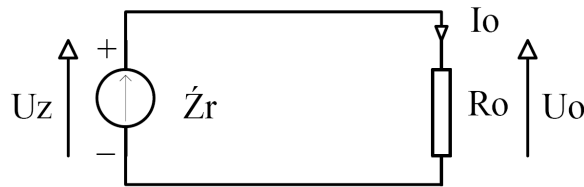
ΣQ_n – jest obliczana w każdej chwili próbkowania jako suma ładunku ΣQ_{n-1} z poprzedniej chwili i iloczynu zmierzonego prądu oraz czasu kroku próbkowania t_p .

Ponieważ wejście prądowe jest bipolarne, rejestrator **mRA** ma możliwość zmierzenia ładunku dodatniego Q_+ , ujemnego Q_- oraz całkowitego Q_c . W zależności od doboru zakresu prądowego ładunek może być mierzony w μAh , mAh i Ah . Pomiar może zostać w każdej chwili wyzerowany z klawiatury.

Dzięki możliwości jednoczesnego pomiaru prądu w kanale A i napięcia w kanale B rejestrator pozwala na zdejmowanie charakterystyk prądowo-napięciowych badanego obiektu, a także oblicza moc P_θ (W) i rezystancję R_θ (Ω) w bardzo szerokim zakresie.

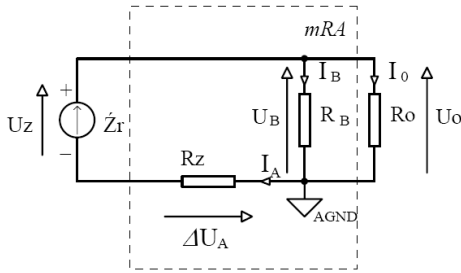
Powstaje pytanie, jak rejestrator podłączyć oraz jaki jest wpływ rezystancji wewnętrznej R_B wejścia napięciowego w kanale B.

Rozpatrzmy najprostszy obwód składający się ze źródła zasilania U_z i obiektu badanego o rezystancji R_θ (niekoniecznie liniowej) (rys.2).



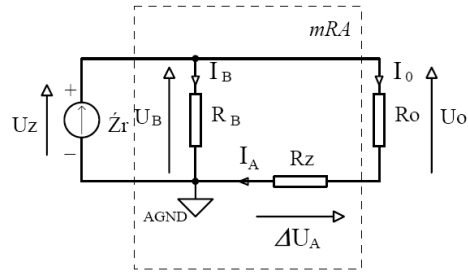
Rys. 2

Istnieją dwie możliwości podłączenia rejestratora *mRA*, przedstawione na rys. 3a i 3b:



$$I_A = I_B + I_0 \quad ; \quad U_0 = U_B$$

Rys. 3a



$$U_B = U_0 + \Delta U_A \quad ; \quad I_0 = I_A$$

Rys. 3b

Na rys. 3a i 3b oznaczenie R_z to rezystancja zastępcza wejścia prądowego miernika, omówiona powyżej, a R_B to rezystancja kanału napięciowego B, wynosząca $\sim 10.37\text{M}\Omega$ dla zakresu 100V i $\sim 13.6\text{M}\Omega$ dla zakresu 5V, ΔU_A to spadek napięcia mierzony na rezystancji R_z , a I_A to prąd mierzony w kanale A.

Naturalnym połączeniem wydaje się to z rys.3a, gdzie wejście napięciowe U_B łączymy równolegle z badanym obiektem, a wejście ΔU_A szeregowo, podłączając masę analogową przyrządu do obiektu.

Interesujący nas prąd obiektu $I_0 = I_A - I_B = I_A - U_B/R_B$, a napięcie $U_0 = U_A$. Maksymalny prąd wejścia napięciowego U_B dla zakresu 100V wyniesie $I_{B100V} = 100\text{V}/10.37\text{M}\Omega = 9.64\mu\text{A}$, a dla zakresu 5V wyniesie $I_{B5V} = 5\text{V}/13.6\text{M}\Omega = 0.37\mu\text{A}$.

Jeżeli prąd obiektu jest dużo większy od prądu polaryzacji wejścia B, np. 1000-krotnie, wpływ prądu polaryzacji wejścia U_B można całkowicie zaniedbać. Jeżeli jednak przedmiotem badania będzie np. zdjęcie charakterystyki przewodzenia diody w kierunku zaporowym, gdzie prądy są bardzo małe, dużo mniejsze od prądów polaryzacji wejścia B, to bez wprowadzenia do obliczeń rezystancji wejścia B otrzymamy bardzo niedokładne wyniki.

Metoda z rys. 3a wymaga więc wprowadzenia do przyrządu w procesie kalibracji wartości rezystancji R_B dla każdego zakresu, a także ciągłego wykonywania operacji dzielenia według przedstawionego wzoru. Metoda z rys. 3b jest znacznie prostsza obliczeniowo i to ona jest zaimplementowana w przyrządzie *mRA* do redukcji wpływu rezystancji wejścia B na otrzymane charakterystyki I-U.

W tym przypadku:

$$U_0 = U_B - \Delta U_A \quad \text{oraz} \quad I_0 = I_A$$

Wielkość ΔU_A jest wielkością bezpośrednio mierzoną w kanale A, a prąd I_A jest liczony ze wzoru $I_A = \Delta U_A / R_z$. W tym przypadku rezystancja R_B wejścia B nie wchodzi do wzorów, a prąd, który przez nią płynie, jest pobierany ze źródła U_Z .

Rejestrator w oparciu o zmierzony prąd I_A , spadek napięcia ΔU_A i napięcie U_B oblicza i wyświetla na ekranie moc P oraz rezystancję R , według wzorów:

$$P = U_B * I_A$$

$$R = U_B / I_A$$

dla połączeń z rys. 3a (z pominięciem wpływu R_B);

$$P_0 = (U_B - \Delta U_A) * I_A$$

$$R_0 = (U_B - \Delta U_A) / I_A$$

dla połączeń z rys.3b.

Należy zauważyć, że na rys. 3a wektory napięć ΔU_A i U_B oraz prądów I_A i I_B są przeciwne w odniesieniu do masy analogowej przyrządu (I_B wpływa, a I_A wypływa z punktu AGND), a na rys. 3b powyższe wektory są zgodne (ΔU_A i U_B wychodzą z punktu AGND, a I_A i I_B wpływają do tego punktu). Właściwość ta w bardzo prosty sposób pozwala nam na identyfikację sposobu dołączania przyrządu **mRA** do obiektu badanego. Otrzymane charakterystyki I-U dla połączeń według rys. 3a będą znajdować się w drugiej i czwartej ćwiartce układu współrzędnych (prąd będzie miał inny znak niż mierzone napięcie). Jeżeli dołączymy przyrząd według sposobu przedstawionego na rys. 3b, charakterystyki badanego obiektu znajdą się w 1 i 3 ćwiartce układu I-U.

Tak więc wyświetlanie wartości rezystancji R_0 ze znakiem „-”, nie oznacza, że mamy do czynienia z ujemną rezystancją, ale że prąd I_A i napięcie U_B brane do obliczeń mają różne znaki.

Na zakończenie warto dodać, że aby otrzymać charakterystyki prądowo-napięciowe badanego obiektu z dużą dokładnością, należy starannie dobrać zarówno wartość bocznika, jak i wartość źródła zasilania – tak, aby mierzony prąd i napięcie były znacznie wyższe niż szumy własne przyrządu.