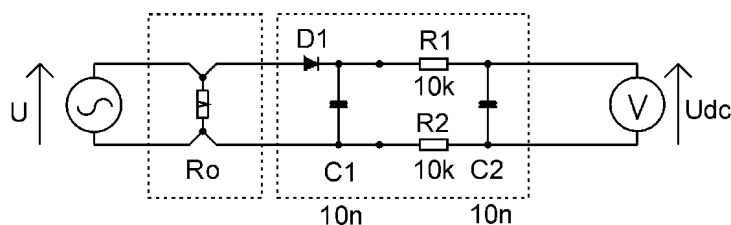


Pomiar mocy w.cz. - jeden z najważniejszych pomiarów dla konstruktora urządzeń QRP – możemy - na szczęście wykonać w bardzo prosty sposób, używając diodowego detektora i miernika uniwersalnego. Na schemacie jest pokazany diodowy detektor szczytowy, którym można mierzyć z zadawalającą dokładnością moce poziomu od setek miliwatów do 10W, przy częstotliwościach do 30MHz.



Opis układu:

- Ro – obciążenie rezystancyjne 50om (zintegrowane z detektorem lub osobne)
- D1 – dioda szybka ($V_{rrm} \geq 70V$ lub 2 diody szeregowo $V_{rrm} > 35V$)
 krzemowa: 1N4148, 1N914, BAW62, BAS32, ...
 Schottky: BAT41, BAT46, BAS70, HP2800, 1N5711, zalecane do pomiaru mniejszych mocy
 ostrzowa: 1N60, AAPxxx, AAY37 (zabytki)
- C1, C2 - kondensatory 1-100nF/100V ceramiczne
- R1, R2 - rezystory 5-22k separujące miernik
 Przy zastosowaniu rezystorów na obu biegunach wyjścia, można tym detektorem mierzyć również napięcia na wyjściach symetrycznych. Rezystory chronią też miernik cyfrowy przed wpływem napięcia w.cz., które może spowodować błąd pomiaru.

Moc	U	Um	Udc
	skuteczne	szczytowe	mierzone
[W]	[V]	[V]	[V]
0,05	1,58	2,24	1,99
0,2	3,16	4,47	4,22
0,5	5,00	7,07	6,82
1	7,07	10,00	9,75
2	10,00	14,14	13,89
5	15,81	22,36	22,11
10	22,36	31,62	31,37
Ro=50om, D1=1N4148, Ri=10Mom			

Napięcie Udc, mierzymy woltmierzem napięcia stałego o dużej rezystancji wewnętrznej. Wartość Udc odpowiada napięciu szczytowemu w.cz. Um na rezystorze Ro, pomniejszonemu o napięcie przewodzenia diody. Moc w.cz. w zależności od Udc wyraża się więc wzorem:

$$P = U^2 / Ro = Um^2 / 2Ro = (Udc + Vf)^2 / 2Ro$$

U – napięcie skuteczne na wejściu, Um – napięcie szczytowe na wejściu, Udc – napięcie stałe mierzone woltmierzem, Vf – napięcie przewodzenia diody, Ro – rezystancja obciążenia w.cz.

Uwzględnienie wpływu diody przez wprowadzenie napięcia przewodzenia Vf jest pewnym uproszczeniem, akceptowalnym dla napięć powyżej kilku woltów. Wartość Vf zależy od typu użytej diody i rezystancji wewnętrznej Ri woltmierz. Można przyjmować Vf=0,25-0,3V dla diod krzemowych, Vf=0,1-0,15V dla diod Schottky'ego i ostrzowych, jeżeli używamy woltmierzem o rezystancji wewnętrznej 10Mom.

Jeżeli używamy woltmierzem o mniejszej rezystancji wewnętrznej lub, po prostu mikroamperomierzem z rezystorem szeregowym, to napięcie Vf będzie większe, ze względu na większy prąd płynący przez diodę. Vf może osiągać 0,5V dla diod krzemowych i 0,3V dla Schottky'ego i ostrzowych.

Zamiast szacować napięcie przewodzenia diody lepiej wykonać skalowanie detektora. Przy proponowanym układzie detektora szczytowego można użyć do skalowania napięcia stałego. Przykładając do wejścia detektora napięcie stałe Uidc symulujemy podanie napięcia w.cz. o identycznej wartości szczytowej $Um = Uidc$ odpowiadającego mocy $P = Uidc^2 / 2Ro$. Dla przykładu podanie na wejście napięcia 22,36V spowoduje takie

wskazanie woltomierza jak sinusoidalne napięcie odpowiadające mocy 5W na 50 omach. Skalowanie napięciem stałym pozwala rozszerzyć użyteczny zakres pomiaru mocy do rzędu dziesiątek miliwatów, gdzie napięcia mierzone są porównywalne z napięciem przewodzenia diod. W tym zakresie tylko wykonanie skalowania zapewni nam wiarygodne wyniki.

Przy większych mocach (i napięciach) możemy nawet pominąć wpływ diody i przyjmować wartość odczytaną z woltomierza wprost za wielkość amplitudy sygnału w.cz. Powyżej mocy 1W na 50om błąd nie powinien przekroczyć 5% dla diod krzemowych, jak pokazuje poniższa tabela:

U _{dc} mierzone [V]	Moc obliczona [W]	U _m szczytowe [V]	Moc rzeczywista [W]	Błąd pom. mocy [%]
1	0,01	1,25	0,02	-36,00
2	0,04	2,25	0,05	-20,99
5	0,25	5,25	0,28	-9,30
10	1,00	10,25	1,05	-4,82
20	4,00	20,25	4,10	-2,45
30	9,00	30,25	9,15	-1,65

Ro=50om, D1=1N4148, Ri=10Mom

Przykład pomiaru mocy w.cz. z podstawieniem napięcia stałego.

Załóżmy, że przy pomiarze mocy w.cz. na rezystorze 51om, woltomierz cyfrowy dołączony do detektora wskazał napięcie 12,5V. Odłączamy detektor od rezystora 51om, podłączamy do zasilacza regulowanego i ustawiamy na zasilaczu takie napięcie, aby woltomierz wskazał identyczną wartość 12,5V. Teraz mierzymy napięcie na wyjściu zasilacza, które wyniesie np. 12,8V. Wobec tego moc w.cz. wydzielająca się na rezystorze 51om była równa:

$$P = 12,8^2 / (2 \cdot 51) = 1,61W.$$

Uwagi.

Pomiar detektorem szczytowym i obliczenia według podanych wzorów będą dokładne jedynie dla przebiegu sinusoidalnego. Detektor ten reaguje również na składową stałą napięcia wejściowego. Zakres pomiaru napięć można rozszerzyć stosując kilka diod połączonych szeregowo.

Przykład wykonania.



Detektor szczytowy wmontowany we wtyk BNC (w czarnej izolacji, po prawej), dołączony przez trójnik do linii koncentrycznej z obciążeniem 50om/5W oraz rezystor obciążający 50om / 5W ze złączem BNC – w zbliżeniu.

Tabela mocy i napięcie dla detektora szczytowego z diodą 1N4148.

Podano moc na obciążeniu 50om, i teoretycznie wyliczone napięcie, jakie powinien wskazywać woltomierz cyfrowy o rezystancji wewnętrznej 10Mom dołączony do opisanego detektora z diodą 1N4148.

Przyjęto $V_f=0,25V$.

P	Udc	P	Udc	P	Udc	P	Udc
[W]	[V]	[W]	[V]	[W]	[V]	[W]	[V]
0,1	2,9	2,6	15,9	5,1	22,3	7,6	27,3
0,2	4,2	2,7	16,2	5,2	22,6	7,7	27,5
0,3	5,2	2,8	16,5	5,3	22,8	7,8	27,7
0,4	6,1	2,9	16,8	5,4	23,0	7,9	27,9
0,5	6,8	3,0	17,1	5,5	23,2	8,0	28,0
0,6	7,5	3,1	17,4	5,6	23,4	8,1	28,2
0,7	8,1	3,2	17,6	5,7	23,6	8,2	28,4
0,8	8,7	3,3	17,9	5,8	23,8	8,3	28,6
0,9	9,2	3,4	18,2	5,9	24,0	8,4	28,7
1,0	9,8	3,5	18,5	6,0	24,2	8,5	28,9
1,1	10,2	3,6	18,7	6,1	24,4	8,6	29,1
1,2	10,7	3,7	19,0	6,2	24,6	8,7	29,2
1,3	11,2	3,8	19,2	6,3	24,8	8,8	29,4
1,4	11,6	3,9	19,5	6,4	25,0	8,9	29,6
1,5	12,0	4,0	19,8	6,5	25,2	9,0	29,8
1,6	12,4	4,1	20,0	6,6	25,4	9,1	29,9
1,7	12,8	4,2	20,2	6,7	25,6	9,2	30,1
1,8	13,2	4,3	20,5	6,8	25,8	9,3	30,2
1,9	13,5	4,4	20,7	6,9	26,0	9,4	30,4
2,0	13,9	4,5	21,0	7,0	26,2	9,5	30,6
2,1	14,2	4,6	21,2	7,1	26,4	9,6	30,7
2,2	14,6	4,7	21,4	7,2	26,6	9,7	30,9
2,3	14,9	4,8	21,7	7,3	26,8	9,8	31,1
2,4	15,2	4,9	21,9	7,4	27,0	9,9	31,2
2,5	15,6	5,0	22,1	7,5	27,1	10,0	31,4

Ro=50om, D1=1N4148, Ri=10Mom

Marcin Świetliński, SP5JNW
październik 2005.