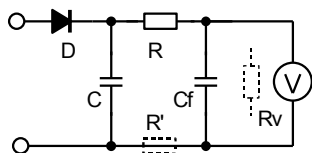


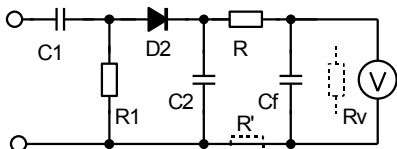
Diodowe detektory szczytowe pozwalają mierzyć woltomierzem prądu stałego wartość amplitudy przebiegów zmiennych. Działają na zasadzie ładowania pojemności przez diodę detekcyjną. Jeśli stosuje się diody o małym spadku napięcia i woltomierze o dużej rezystancji wejściowej, to napięcie wskazywane przez woltomierz jest zbliżone do wartości amplitudy mierzonego przebiegu. Dokładność detektorów diodowych zależy przede wszystkim od wielkości mierzonego napięcia w stosunku do napięcia przewodzenia diody. Dla małych amplitud, porównywalnych z napięciem przewodzenia diody detektor ma charakterystykę kwadratową. Przy większych amplitudach charakterystyka jest liniowa.

Detektor szeregowy.



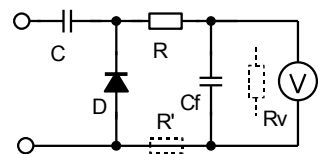
Detektor o dwóch ważnych własnościach: dużej rezystancji wejściowej i możliwości skalowania napięciem stałym. Rezystancja wejściowa tego detektora jest równa $R_i = (R + R_v)/2$, praktycznie ograniczona jest raczej rezystancją wsteczną diody, a nie rezystancją wejściową woltomierza. Można go wyskalować napięciem stałym nawet dla amplitud poniżej 1V. Nie nadaje się do pomiarów w punktach, gdzie występuje napięcie stałe.

Detektor szeregowy z odcięciem składowej stałej.



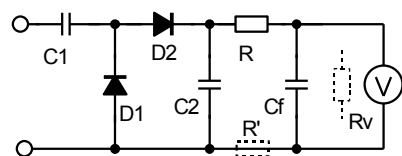
Uzupełniając podstawowy układ detektora szeregowego o kondensator szeregowy C1 i rezystor R1 uzyskamy możliwość pomiaru bez wpływu napięcia stałego. Rezystancja R1 zmniejsza jednak rezystancję wejściową - $R_i \approx R1 || (R + R_v)/2$

Detektor równoległy.



W tym układzie dioda jest równoległa do wejścia a kondensator szeregowo. Dzięki temu układ nie jest wrażliwy na napięcie stałe w punkcie pomiaru. W tym detektorze niezbędny jest filtr RCf, gdyż na katodzie diody występuje napięcie w.c.z. Rezystancja R tego filtra zmniejsza rezystancję wejściową detektora - $R_i \approx R || (R + R_v)/2$.

Detektor z podwajaniem.



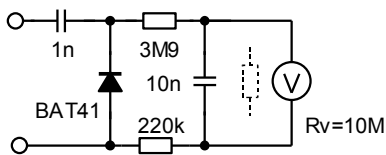
Łącząc razem detektor równoległy z detektorem szeregowym otrzymujemy układ z podwajaniem napięcia. Napięcie wyjściowe w tym układzie jest bliskie podwójnej wartości szczytowej mierzonego przebiegu. Ze względu na użycie 2 diod układ ma większe napięcie progowe, mniejszą rezystancję wejściową równą $R_i = (R + R_v)/8$ i dwukrotnie większą pojemność wejściową.

Cechy wspólne.

Filtr RCf pokazany na schematach zapewnia separację woltomierza ale nie jest niezbędny (poza detektorem równoległym). Dobierając wartość Cf można w szerokich granicach zmieniać stałą czasową detektora. Filtr można rozbudować do symetrycznego dodając pokazaną na schematach rezystancję R'. Wówczas również masa woltomierza jest separowana od sygnałów w.c.z., dzięki czemu można mierzyć napięcie w obwodach symetrycznych, a woltomierz jest lepiej chroniony przed zakłóceniami.

Do pomiaru mocy na rezystorze 50m wystarczy rezystancja wejściowa detektora rzędu kilku kiloomów ale przy pomiarze napięć we wzmacniaczach małosygnałowych w.c.z. wymagania są dużo większe. Rezystancja wyjściowa tranzystora może wahać się w granicach od kilku do kilkudziesięciu kiloomów, więc detektor dołączany do kolektora lub drenu powinien mieć znacznie wyższą rezystancję, co często jest trudne do spełnienia.

Wartość rezystancji R , R_1 i R' w układach detektorów wpływa nie tylko na rezystancję wejściową ale i na dokładność pomiaru. Te rezystancje wraz z rezystancją wejściową woltomierza tworzą dzielnik. Jeżeli chcemy zachować dokładność rzędu 1%, to rezystory w detektorze muszą mieć łączną rezystancję nie większą niż $R_v/100$. Dla typowego multimetru cyfrowego $R_v=10\text{M}\Omega$, więc rezystory w detektorze nie mogą łącznie przekroczyć rezystancji $100\text{k}\Omega$. Stąd wynika praktyczne ograniczenie rezystancji wejściowej detektorów.



Jeżeli detektor ma pracować z woltomierzem, o znanej dokładnie rezystancji wejściowej to można tak dobrać wartość rezystora, aby woltomierz wskazywał 0,707 wartości napięcia szczytowego, czyli wartość skuteczną przebiegu sinusoidalnego. Schemat pokazuje sondę wartości skutecznej z detektorem równoległym do woltomierza o rezystancji wejściowej $10\text{M}\Omega$.

Na pojemność wejściową detektorów składa się pojemność diod oraz pojemności montażu. Pojemność wejściowa nie wpływa na dokładność przy pomiarze mocy na małych rezystancjach ale może spowodować rozstrojenie obwodów, w których pojemność rezonansowa ma niewielką wartość.

Detektory w podanych układach mają różne czasy narastania i opadania napięcia na wyjściu. W każdym z układów czas narastania napięcia zależy głównie od sumy pojemności i wypadkowej rezystancji rezystorów. Czas opadania napięcia związany jest z sumaryczną pojemnością, rezystancją wsteczną diod i rezystancją wejściową woltomierza. Wobec tego czas opadania może być 10-100 razy dłuższy od czasu narastania napięcia. Ta właściwość sprawiająca, że uzyskujemy efekt „pamięci” może być pomocna przy pomiarze amplitudy przebiegów modulowanych.

Podzespoły i montaż.

Diody w detektorach powinny mieć małe napięcie progowe i małe pojemności. Najmniejsze napięcia progowe i pojemności mają diody Schottky'ego (stosowane nawet do 1GHz) i diody ostrzowe (do 100MHz). Popularne szybkie diody krzemowe mają większe napięcie progowe ale dobrze pracują nawet do 100MHz . Diody krzemowe mają najmniejsze prądy wsteczne, więc nadają się najlepiej do detektorów o bardzo dużych stałych czasowych. Napięcie wsteczne diod powinno być przynajmniej dwukrotnie wyższe niż wartość szczytowa mierzonych przebiegów. Przy wyższych amplitudach można łączyć diody szeregowo stosować na wejściu detektora dzielniki rezystancyjne lub pojemnościowe.

Kondensatory przy pomiarach napięć w.c.z. powinny być ceramiczne o pojemności od setek pikofaradów do pojedynczych nanofaradów. Większe wartości nie są wskazane ze względu na zwiększone indukcyjności i rezystancje pasożytnicze. Wartość pojemności wejściowej detektora ogranicza od dołu zakres częstotliwości pracy detektora. Przykładowo dla pojemności 1nF i rezystancji wejściowej detektora $100\text{k}\Omega$ dolna częstotliwość pracy jest rzędu 100kHz . Pojemność kondensatorów w detektorze decyduje też o stałej czasowej zaniku napięcia na woltomierzu. Dla $R_v=10\text{M}\Omega$ i pojemności 100nF stała czasowa rozładowania pojemności równa jest 1sek.

Napięcie pracy kondensatorów powinno co najmniej dwukrotnie przewyższać amplitudę mierzonego sygnału. Jeżeli potrzebne są duże pojemności, dla uzyskania większej stałej czasowej pomiaru, to należy stosować wyłącznie kondensatory foliowe o małej upływności ale zawsze bocznikowane kondensatorem ceramicznym.

Wobec małych pojemności diod (nawet poniżej 1pF) duży wpływ na pojemność wejściową ma sposób montażu (zwłaszcza powyżej 30MHz). Wejściowe elementy detektora muszą być z dala od płaszczyzny masy i obudowy, bo pojemności pasożytnicze mogą być większe niż pojemność samej diody. Szkodliwa jest też pojemność między wejściem, a wyjściem detektora, która powoduje przenikanie sygnału w.c.z. do woltomierza. W detektorach szeregowych ważne są krótkie połączenia diod i kondensatorów w obwodzie wejściowym..

Dokładność pomiaru.

Podstawowym źródłem błędów jest napięcie przewodzenia diody lub inaczej podchodząc do zagadnienia, rezystancja przewodzenia diody. Odczyt woltomierza jest mniejszy od napięcia szczytowego o spadek napięcia na diodzie. Stąd potrzeba stosowania woltomierzy o jak największej rezystancji wejściowej, aby dioda przewodziła jak najmniejszy prąd. Dla napięć o wartości do $1\text{-}2\text{V}$ wpływ spadku napięcia na diodzie jest bardzo duży, więc jeśli nie mamy możliwości wzorcowania to

odczyty z woltomierza możemy traktować jako orientacyjne. Już przy amplitudzie 5V błąd pomiaru (dla diody Schottky'ego) zmniejszy się do 2-3%. Przy napięciach 10-30V możemy wpływ diody pomijać. Kolejnym źródłem błędów jest spadek napięcia na rezystorach filtrów RC. Sumaryczna rezystancja powinna być przynajmniej 100 razy mniejsza od rezystancji wejściowej woltomierza. Przy pomiarach przebiegów niesinusoidalnych dokładność pomiaru napięcia szczytowego nie zmienia się istotnie ale obliczenie mocy na podstawie tak zmierzonego napięcia może być już znacznie niedokładne.

Napięcie szczytowe, skuteczne i moc.

Moc sinusoidalnego przebiegu zmiennego w zależności od napięcia szczytowego i rezystancji wyraża się wzorem:

$$P = \frac{U_P^2}{2R}$$

W zależności od napięcia skutecznego:

$$P = \frac{U_{RMS}^2}{R} \quad U_{RMS} = \frac{U_P}{\sqrt{2}}$$

P-moc, U_{RMS} -napięcie skuteczne, U_P -napięcie szczytowe, R-rezystancja

Marcin Świetliński, SP5JNW.

*Dokument utworzony: 07.03.06.
Modyfikacje: 09.03.06.*

Literatura:

- [1] Układy Elektroniczne. Nieliniowe układy analogowe, J.Pawłowski, WKŁ 1979*
- [2] Poradnik Ultrakrótkofalowca, Z.Bieńkowski SP6LB, WKŁ 1988*
- [3] ARRL Handbook For Radio Communications 2006*