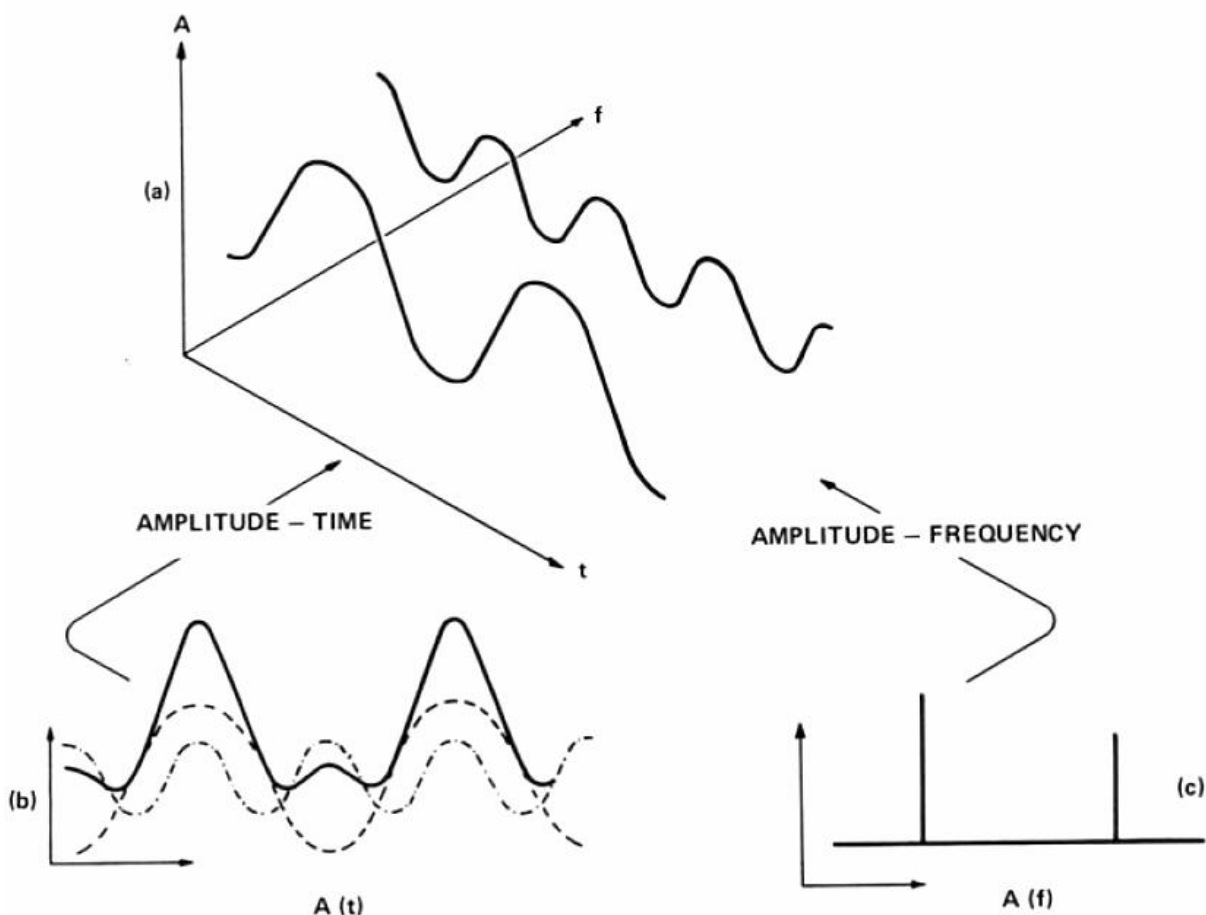


## 1. Analizator widma, budowa i działanie.

Tradycyjny sposób obserwacji sygnałów elektrycznych to oglądanie ich w domenie czasu za pomocą oscyloskopu. Obserwacja w domenie czasu jest używana do uzyskania charakterystyki względem czasu, oraz informacji fazowej, które są potrzebne do scharakteryzowania obwodów elektrycznych. Jednak nie wszystkie obwody można jednoznacznie charakteryzować w domenie czasu. Elementy układów, takie jak wzmacniacze, oscylatory, miksery, modulatory, detektory i filtry najlepiej charakteryzuje się w domenie częstotliwości. Jednym z instrumentów, który do tego służy to analizator widma.

### Czym jest domena częstotliwości?

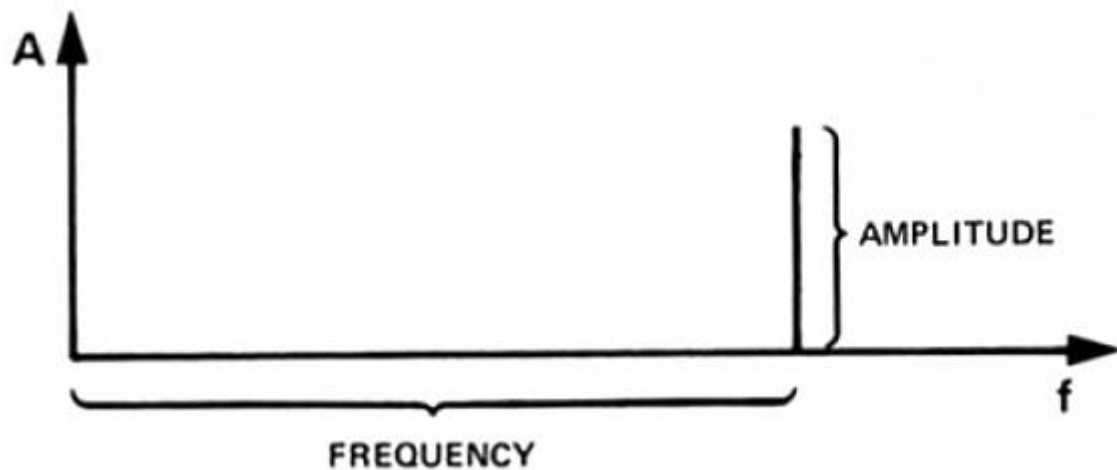
Domena częstotliwości jest graficznym przedstawieniem amplitudy sygnału w funkcji częstotliwości. Rysunek 1.1 przedstawia zależność pomiędzy domeną czasu, a domeną częstotliwości. W domenie czasu, wszystkie elementy częstotliwość sygnału są sumowane. W domenie częstotliwości, złożone sygnały (np. sygnał składa się z więcej niż jednej częstotliwości) są podzielone na składowe częstotliwości, dzięki temu poziom mocy przy każdej częstotliwości jest widoczny.



Rysunek 1.1 Związek czasu i częstotliwości: (a) Trójwymiarowe współrzędne pokazujące czas, częstotliwość i amplitudę. (b) Pokazany jest sygnał podstawowy i jego pierwsza harmoniczna.

## Czym jest analizator widma?

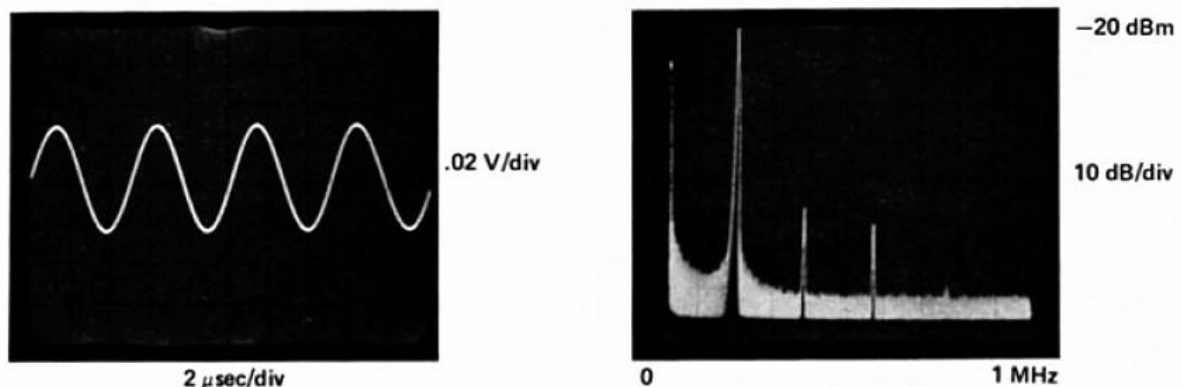
Aby wyświetlić sygnał w domenie częstotliwości wymagane jest urządzenie, które może rozróżnić poszczególne składowe częstotliwości, oraz ich poziom mocy. Do tego celu został zaprojektowany analizator widma, jest instrumentem, który przedstawia graficznie napięcie lub moc w funkcji częstotliwości na wyświetlaczu. Dzięki temu może być używany do analizy sygnałów w domenie częstotliwości.



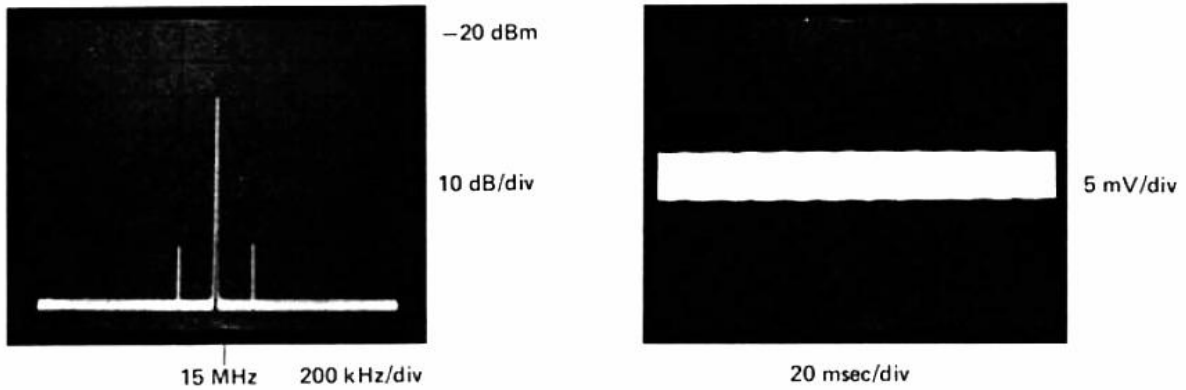
Rysunek 1.2 Sygnał CW przedstawiony w domenie częstotliwości.

## Zastosowanie analizatora widma.

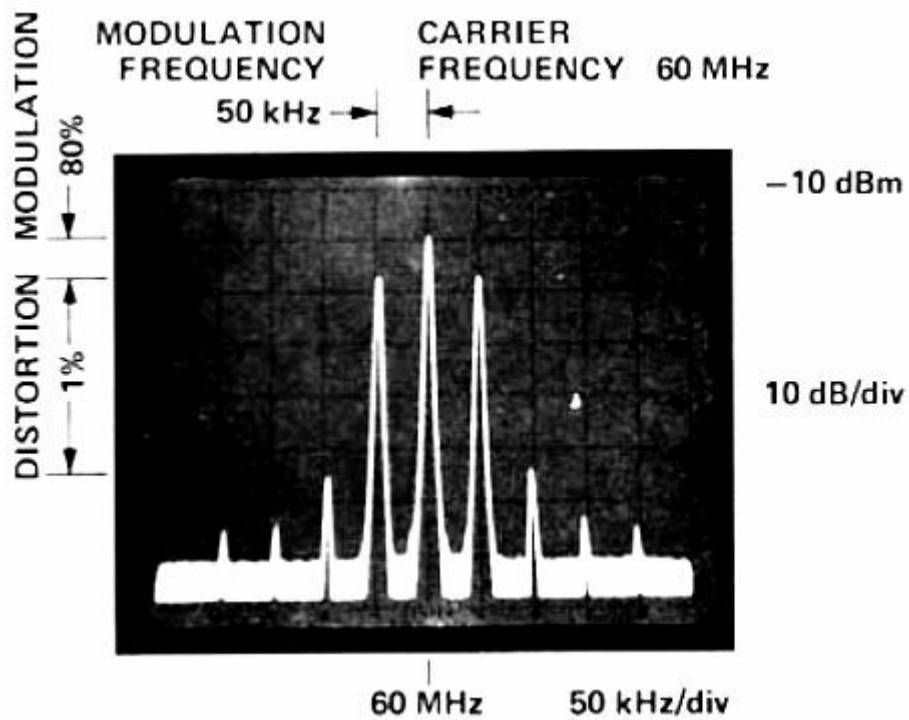
W domenie częstotliwości znajdujemy informacje których nie znaleziono w domenie czasu, w związku z tym, analizator widma ma pewne zalety, niedostępne w oscyloskopie.



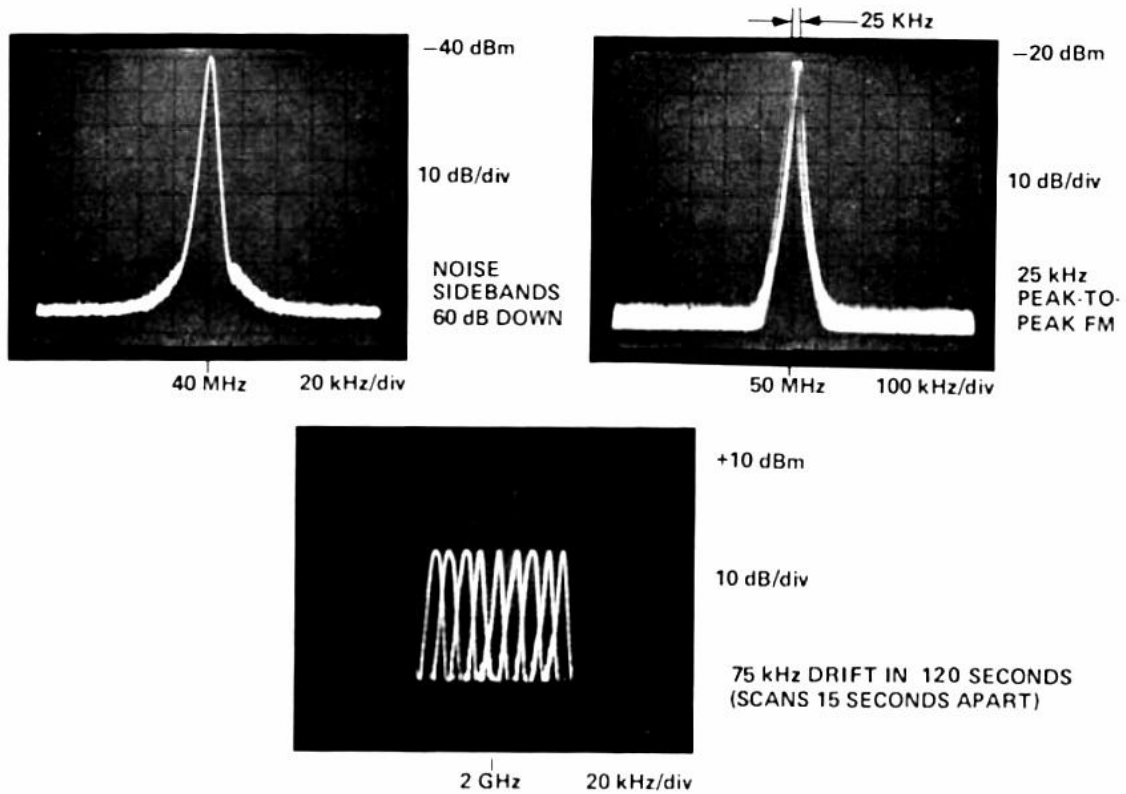
Rysunek 1.3 Analizator jest bardziej wrażliwy na niskie zniekształcenia niż oscyloskop. Sinusoida na rysunku wygląda dobrze w dziedzinie czasu, ale dopiero w dziedzinie częstotliwości, można zobaczyć zniekształcenia harmoniczne.



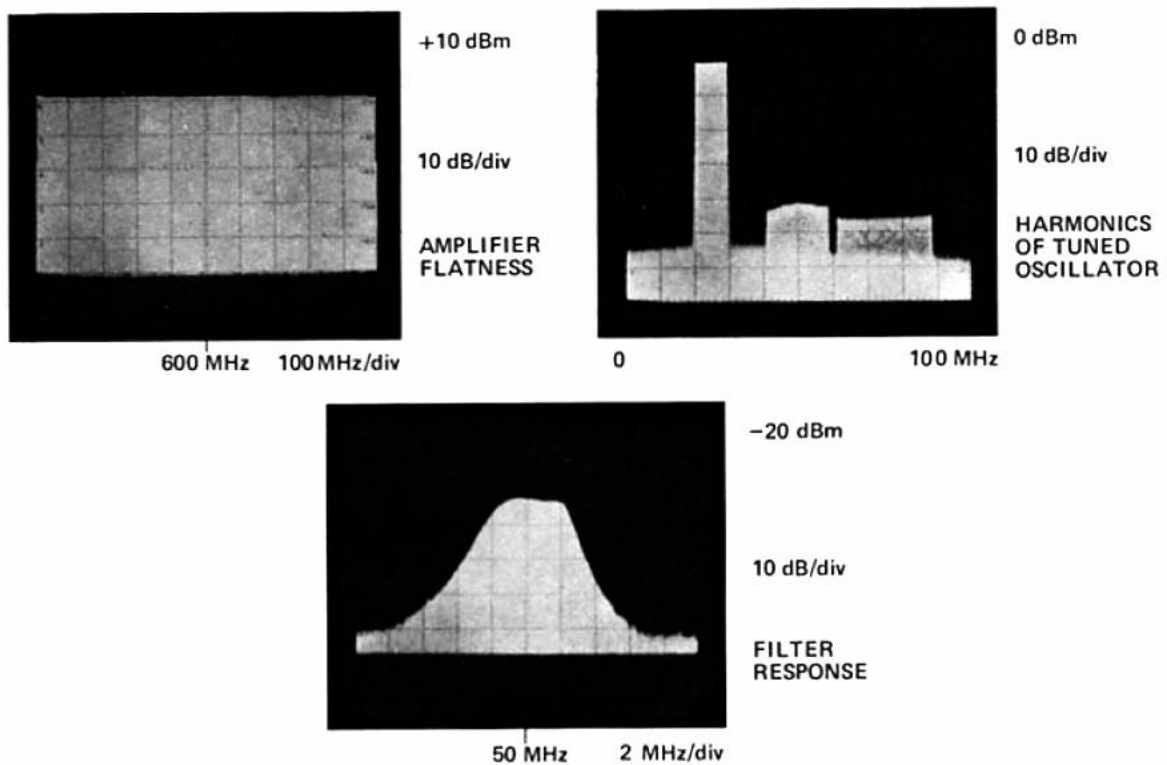
Rysunek 1.4 Czułość i szeroki zakres dynamiki analizatora jest użyteczny do pomiaru niskiego poziomu modulacji. Na rysunku pokazana jest 2% modulacja AM, można ją łatwo zmierzyć za pomocą analizatora widma, dla porównania ledwo ją widać na oscyloskopie.



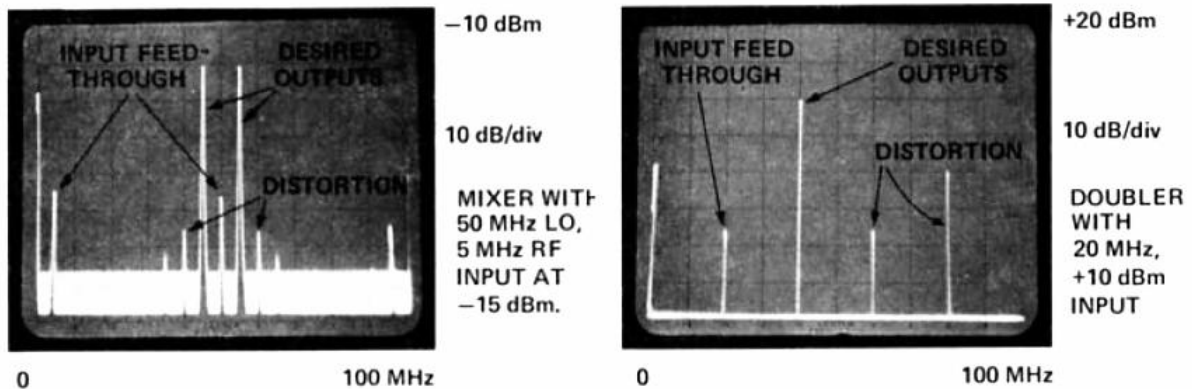
Rysunek 1.5 Analizator widma może być stosowany do pomiaru modulacji AM, FM oraz. Pokazuje, w jaki sposób analizator może być używany do pomiaru częstotliwości nośnej, częstotliwości modulującej, poziomu modulacji i zniekształceń modulacji.



Rysunek 1.6 Analizator widma może być stosowany do pomiaru długo-i krótkoterminowych stabilności. Parametry, takie jak pasma boczne szumów oscylatora, pozostałości FM źródła, oraz dryft częstotliwości podczas nagrzewania urządzenia.



Rysunek 1.7 Na rysunku widać pomiar generatorem przemiatającym pasmo przenoszenia wzmacniacza, filtra pasmowo-przepustowego, oraz zniekształceń harmonicznyc przestrajanego oscylatora. Pomiary te są uproszczone za pomocą funkcji variable persistence lub generatorem śledzącym.

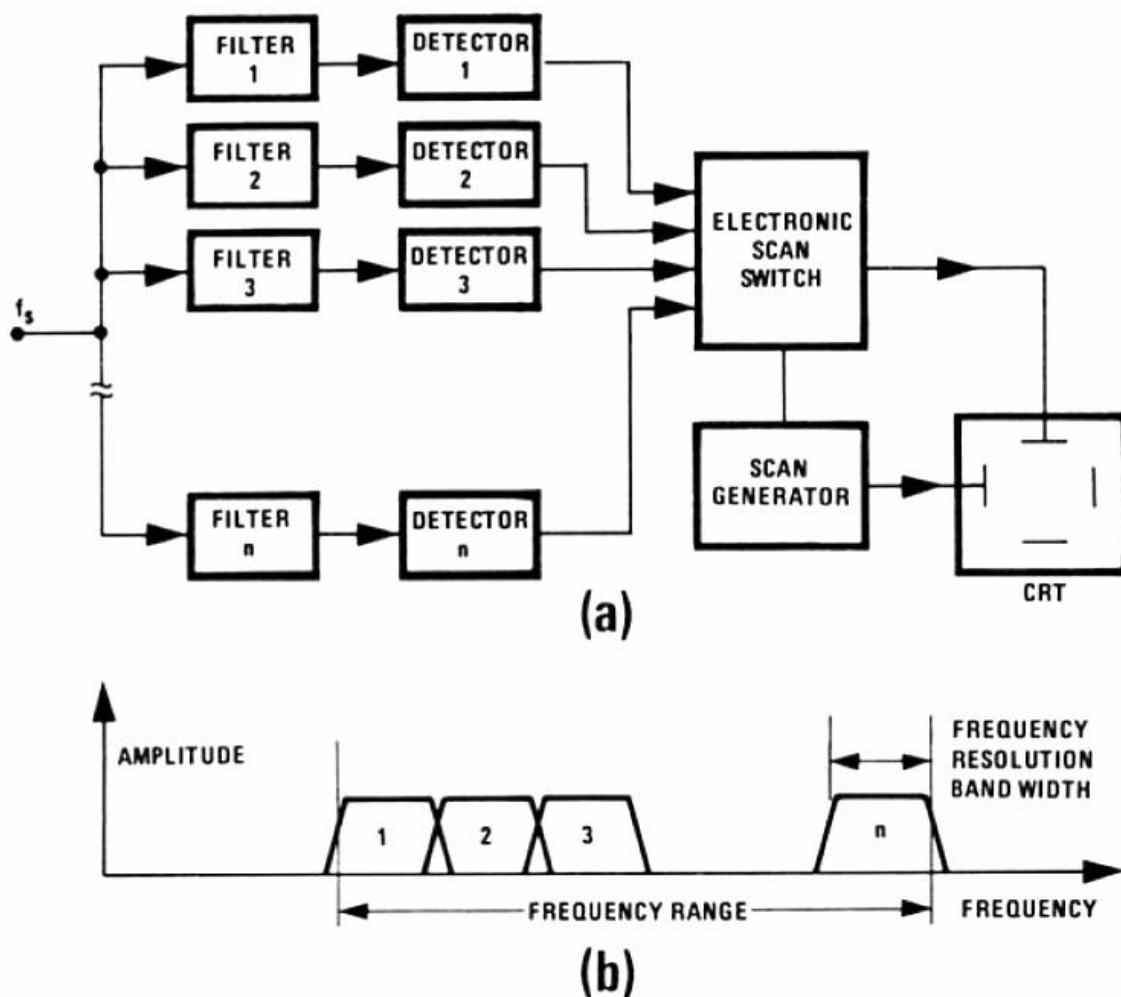


Rysunek 1.8 Konwertery częstotliwości mogą być łatwo charakteryzowane za pomocą analizatora widma. Takie parametry jak utrata konwersji, izolacji i zniekształcenia można łatwo odczytać z wyświetlacza.

### Rodzaje analizatorów widma.

Istnieją dwa podstawowe rodzaje analizatorów widma, swept-tuned, oraz w czasie rzeczywistego. Swept-tuned analizatory są strojone przez przemiatanie w ich zakresie częstotliwości, gdzie składniki widma częstotliwości, próbkowane są kolejno w czasie. Pozwala to na wyświetlanie okresowych i przypadkowych sygnałów, ale nie pozwala na wyświetlanie przejściowych odpowiedzi. Natomiast analizatory czasu rzeczywistego mogą jednocześnie wyświetlić amplitudy wszystkich sygnałów w zakresie częstotliwości analizatora, stąd nazwa czasu rzeczywistego (RTA). Dzięki temu zachowuje zależności czasowe pomiędzy sygnałami, pozwala to również na obrazowanie informacji o fazie sygnału.

Analizator RTA umożliwia wyświetlanie przejściowych odpowiedzi, jak również okresowych i przypadkowych sygnałów.



Rysunek 1.9 Schemat blokowy RTA.

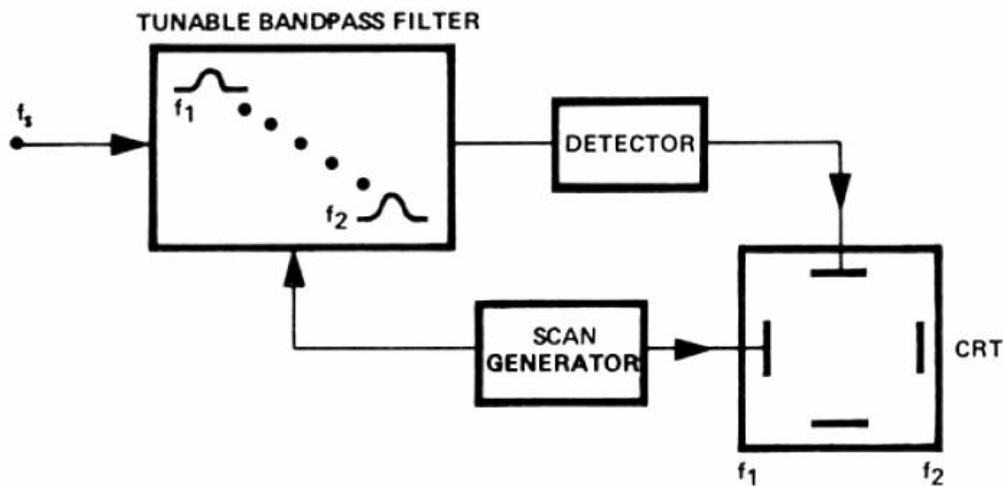
RTA lub wielokanałowy analizator jest po prostu zestawem filtrów pasmowo-przepustowych co pokazano na rysunku 1.9. Badany sygnał jest podawany na każdy filtr pasmowo-przepustowy, następnie jest wyświetlany jako funkcja zakresu częstotliwości filtra. Zakres częstotliwości analizatora jest ograniczony przez liczbę filtrów oraz ich pasmo przenoszenia. Układ ten jest zwykle bardzo drogi ze względu na dużą liczbę filtrów wymaganych na pokrycie całego wymaganego spektrum i brak elastyczności w skali częstotliwości ze względu na stałą rozdzielczość – szerokość filtrów. Tego typu układu używa się do analizy niskich częstotliwości, takich jak zakres audio, czy infradźwięki. Dlatego, że filtry pasmowo-przepustowe w tym zakresie mają być bardzo wąskie bez dużego wpływu prędkości przemiatania (przełączania filtrów i pobierania poszczególnych próbek) jak w przetoczonych analizatorach swept-tuned

### Analizatory swept-tuned.

Analizatory swept-tuned są zazwyczaj typu TRF (dostrojone częstotliwości radiowej) lub superheterodynowe. Schemat blokowy analizatora TRF jest pokazany na rysunku 1.10. Analizator TRF składa się z filtra pasmowego, którego częstotliwość środkowa jest strojona na żądany zakres częstotliwości, detektora sterującego odchyleniem w osi Y na wyświetlaczu i generatora odchylenia poziomego, służącego do określania częstotliwości na

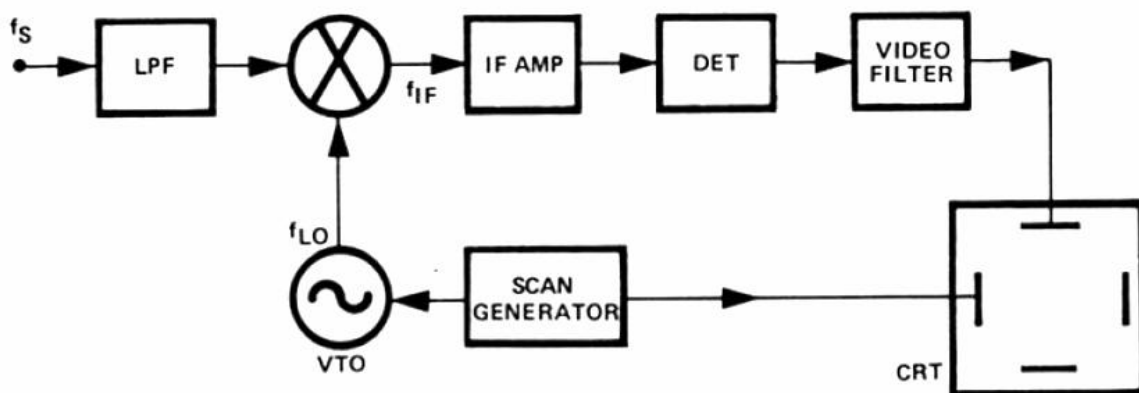
osi X wyświetlacza. Jest to prosty, tani analizator o szerokim zakresie częstotliwości, ale brakuje mu rozdzielczości i czułości. Ponieważ analizatory TRF mają przestrajane filtry, mają ograniczone pasma analizy, przez szerokość przestrajania filtra. Rozdzielczość analizatora jest określana przez filtr dla danego pasma, natomiast przestrajalne filtry zazwyczaj nie zachodzą na siebie zakresami.

Analizator TRF jest stosunkowo niedrogi i jest często używany do zastosowań mikrofalowych ze względu na łatwą konstrukcję szerokopasmowo przestrajanych filtrów.

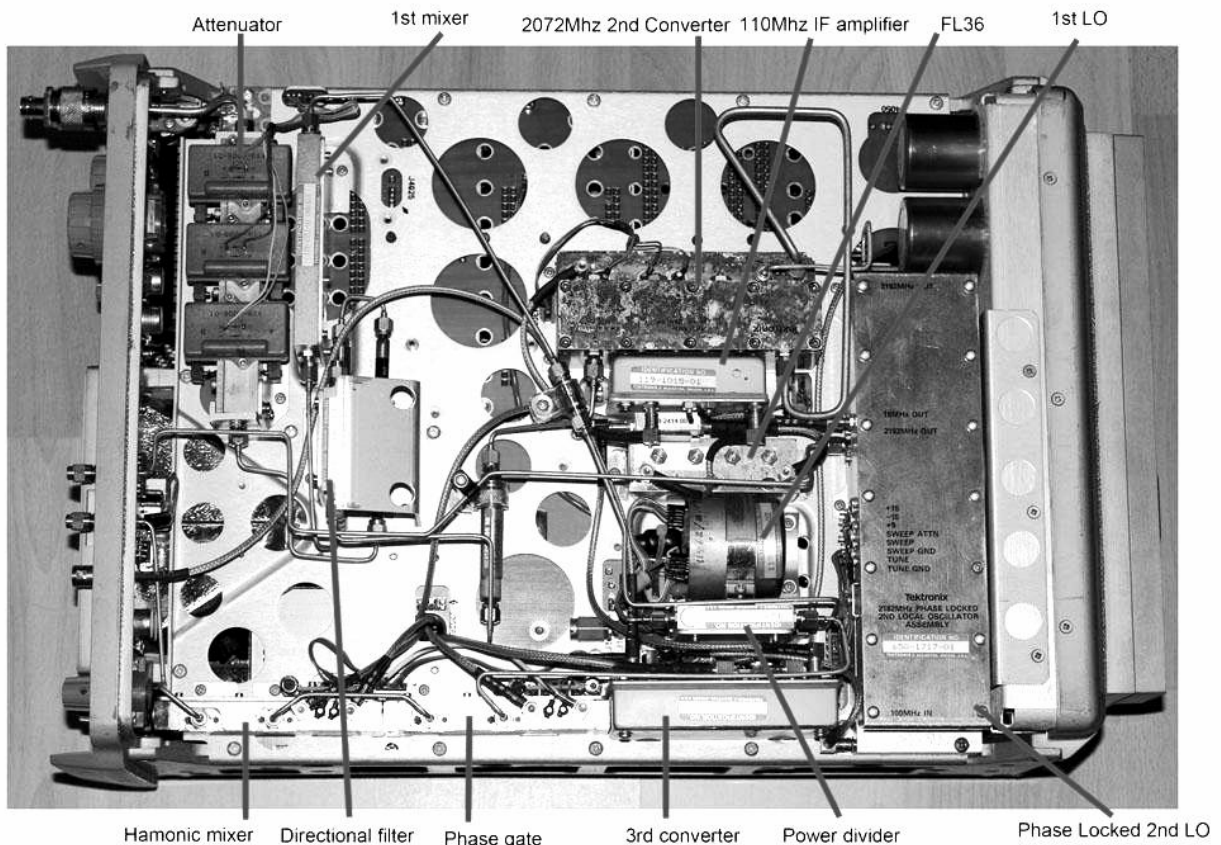


Rysunek 1.10 Schemat blokowy przestrajanego analizatora widma TRF. Częstotliwości jest analizowana za pomocą przestrajanego filtra pasmowego.

Najpopularniejszy typ analizatora widma różni się od analizatorów widma w TRF, tym że widmo jest przemiatane się przez stały filtr pasmowy zamiast przemiatania filtra przez widmo sygnału. Schemat blokowy analizatora widma z przemiatającą superheterodyną jest pokazany na rysunku 1.11. Analizator jest w zasadzie odbiornikiem wąskopasmowym, który ma elektronicznie dostrajaną częstotliwość odbioru przez zastosowanie generatora przebiegu piłokształtnego, do przestrajania generatora lokalnego VFO. Ten sam przebieg jest jednocześnie stosowany do odchylenia w osi X na wyświetlaczu. Natomiast wyjście odbiornika jest połączone z układem odchylenia w osi Y, dla obrazowania amplitudy sygnału.



Rysunek 1.11 Schemat blokowy analizatora widma z przemiatającą superheterodyną. Sygnał wejściowy jest mieszany z przemiatającą częstotliwością LO (oscylatora lokalnego) w celu uzyskania stałego sygnału IF, który następnie poddany jest detekcji i wyświetlony.



Rysunek 1.12 Przykładowy analizator widma i jego wnętrze.

Analizator jest dostrajany do zakresu częstotliwości poprzez odpowiednią zmianę napięcia na LO (oscylator lokalny). Częstotliwość LO miesza się z sygnałem wejściowym, dzięki czemu powstaje IF (częstotliwość pośrednia). Analizator działa tylko gdy częstotliwość LO, będzie większa aniżeli częstotliwość sygnału wejściowego:

$$f_s < f_{LO}$$

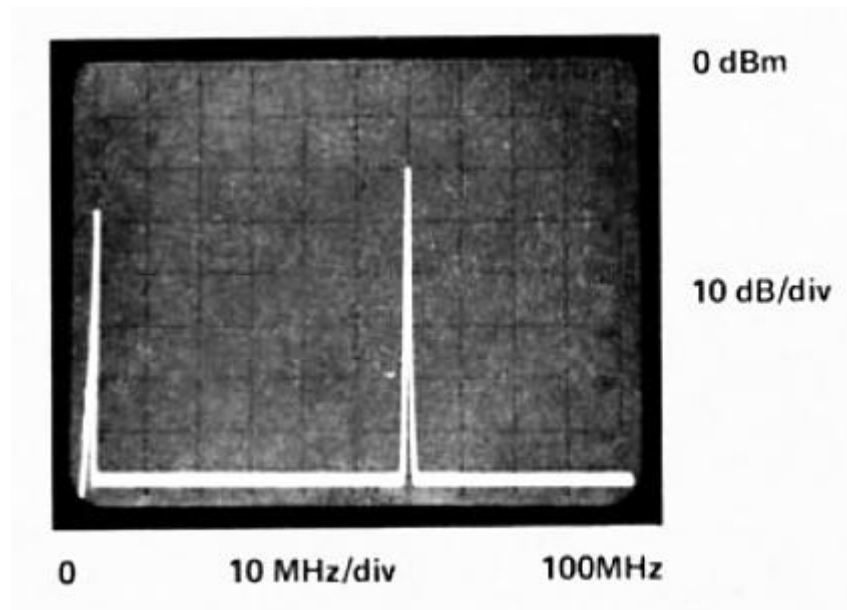
wtedy:

$$f_s = f_{LO} - f_{IF}$$

Na przykład, jeśli początek zakresu IF=200MHz, a LO przemiana w zakresie 200-310MHz, analizator miałby zakres strojenia 0-110MHz. Sygnał wejściowy  $f_s=50\text{MHz}$  będzie mieszać z LO o częstotliwości 250MHz i powstanie IF = 200MHz, w odpowiedzi pojawi się na wyświetlaczu pik dla 50MHz. Jest to podstawowe równanie wykorzystane do określenia zakresu częstotliwości analizatora. Zakres ten może być poszerzony przez zmieszanie sygnału wejściowego z harmonicznymi częstotliwości LO. Mieszanie harmonicznnych zostanie omówione dalej. Zalety techniki superheterodynowej są ogromne. Uzyskuje ona wysoka czułość za pomocą wzmacniaczy IF (pośredniej częstotliwości), jak i bardzo szeroki zakres przestrajania, np. 9kHz-40GHz. Ponadto, rozdzielczość można zmieniać przez zmianę szerokości pasma filtrów IF.



Analizator z przemiataną superheterodyną nie do końca działa w czasie rzeczywistym. Jednak ten sposób jest najbardziej elastycznym, co zostanie omówione dalej.

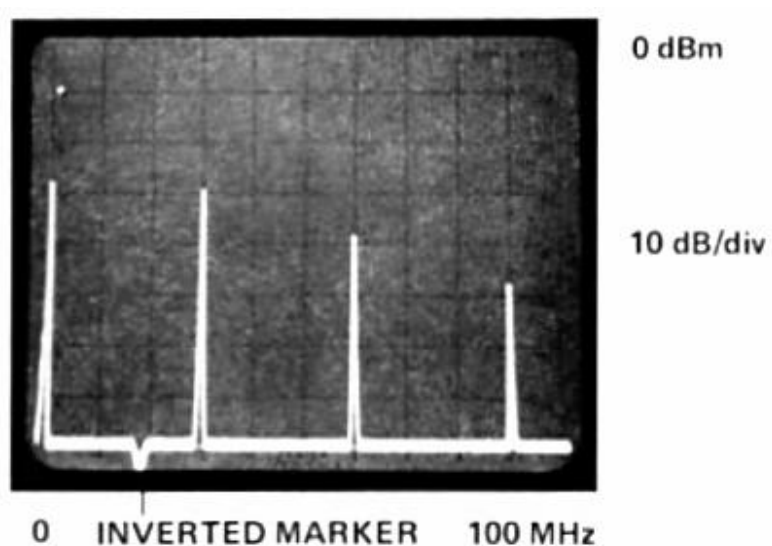


Rysunek 1.13 Sygnał CW

Na rysunku przedstawiony został sygnał CW. Sygnał może być zmierzony na wyświetlaczu. Na lewej krawędzi CRT jest czasami znacznik nazywany "częstotliwość zero Hz" lub start oscylatora lokalnego. Występuje wtedy, gdy analizator jest dostrojony od częstotliwości zerowej, a lokalny oscylator przechodzi bezpośrednio przez IF stwarza to odpowiedź na CRT nawet przy braku sygnału. (Dla częstotliwości zerowej przestrajania,  $f_{LO} = f_{IF}$ ). Jest to ograniczenie dolnego zakresu przestrajania.

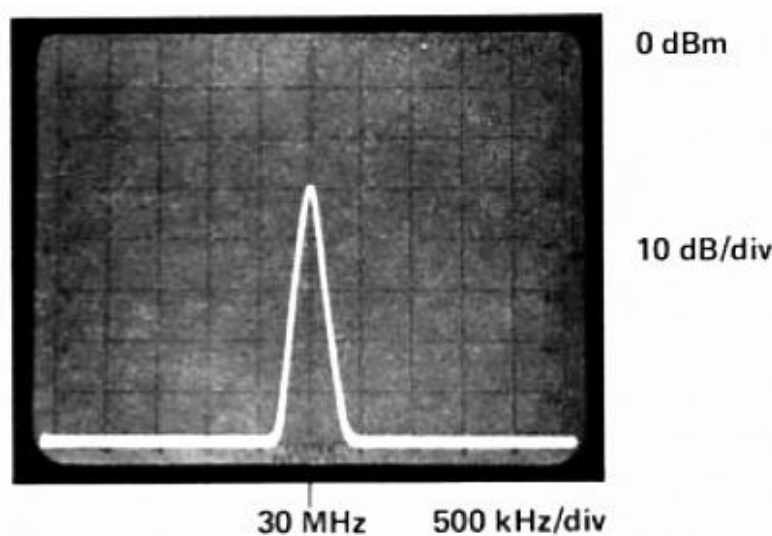
## Pomiary częstotliwości

Nowoczesne analizatory widma są kalibrowane dla częstotliwości i amplitudy, do pomiarów względnych i bezwzględnych. Kalibracja częstotliwości jest uzależniona od sposobu przestrajania i skali w osi X analizatora. Mogą być kalibrowane na trzy sposoby: pełne pasmo, na działkę, oraz w trybie zero scan. Tryb pełnego pasma jest używane do lokalizowania sygnałów, ponieważ wyświetlany jest cały dostępny zakres częstotliwości analizatora. Czasami odwrócony znacznik poniżej linii podstawowej, jak pokazano na rysunku 1.14, jest wykorzystywany do śledzenia częstotliwości badanego sygnału – tracking generator. Gdy znacznik jest ustawiony pod sygnałem, znamy częstotliwość badanego sygnału.



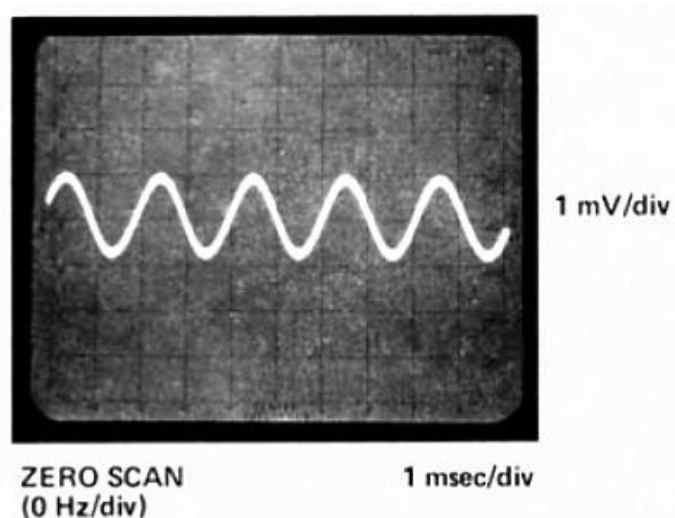
Rysunek 1.14 Odwrócony znacznik służy do wskazania częstotliwości, do której chcemy dostroić analizator. Marker występuje tylko w trybie pełnego skanowania.

Tryb przestrajania na działkę służy do powiększania danego sygnału, tak aby na szerokości wyświetlacza na każdą działkę przypadał ten sam zakres.



Rysunek 1.15 Przedstawia sygnał 30MHz, wyświetlany w trybie przestrajania na działkę.

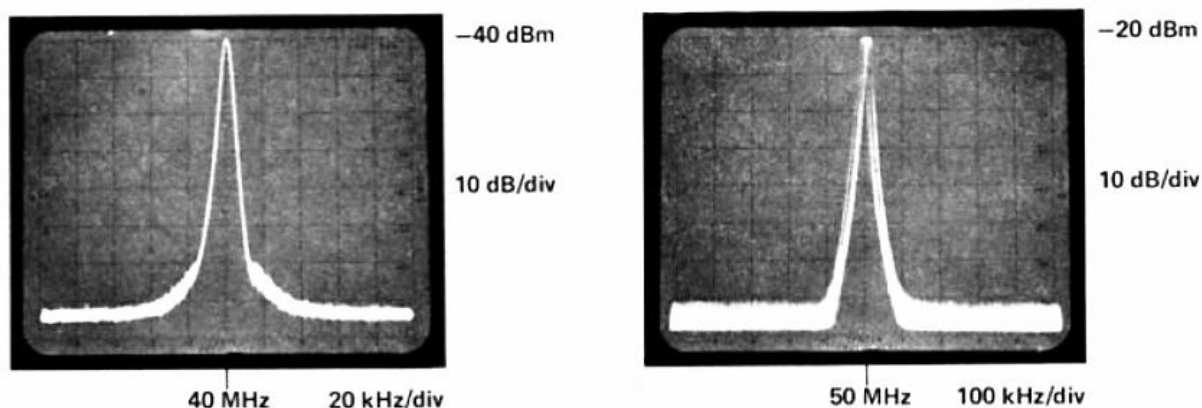
W trybie skanowania zera, analizator działa jak na stałe dostrojony odbiornik z możliwością wyboru przepustowości, do odzyskiwania modulacji sygnałów lub monitorowania w czasie rzeczywistym jednego sygnału.



Rysunek 1.16 Przedstawia modulującą falę z sygnału AM. Analizator wyświetla amplitudę w funkcji czasu dla ustalonej częstotliwości, w trybie zerowego przestrajania.

### Stabilność.

Ważne jest, aby analizator widma był bardziej stabilny niż sygnały mierzone. Stabilność analizatora zależy od stabilności częstotliwości jej lokalnych oscylatorów. Stabilność jest zazwyczaj charakteryzowana jako krótkoterminowa lub długoterminowa. Pozostałości FM jest miarą stabilności krótkoterminowej, który zazwyczaj jest w Hz od szczytu do szczytu. Krótkoterminowa stabilność charakteryzuje się również pasma boczne szumów, które są miarą czystości widmowej analizatora. Pasma boczne hałasu są określone w postaci dB i Hz dla danego pasma. Przykładem pasma boczne szumów i pozostałości FM przedstawiono na rysunku 1.17. Długoterminową stabilność charakteryzuje dryft częstotliwości LO. Dryft częstotliwości jest miarą tego, o ile zmienia się częstotliwość w określonym czasie (np. Hz/s lub Hz/h).

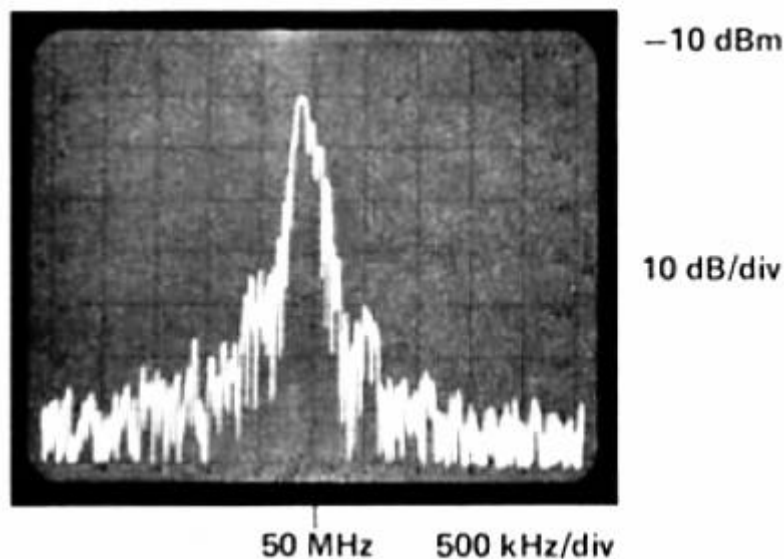


Rysunek 1.17 Sygnał z pasmami bocznymi szumów pokazujące niski poziom czystości widmowej po lewej. Pozostałość FM z oscylatora jest wyświetlana po prawej stronie.

Zarówno krótko- i długoterminowej stabilności może być poprawiona przez PLL w LO. Pętla PLL powinna zadziałać automatycznie, gdy badamy wąski wycinek widma.

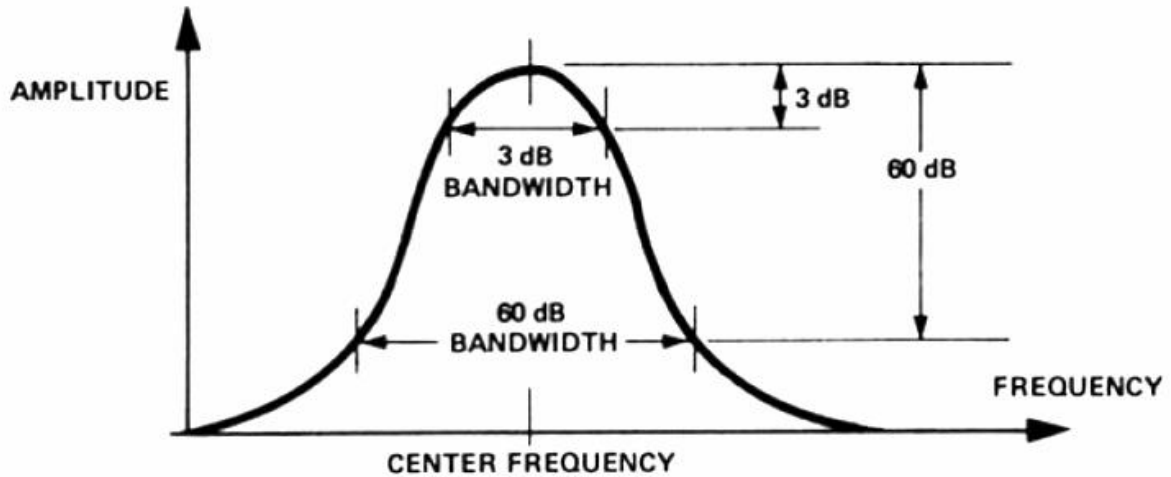
## Rozdzielczość

Zanim analizator wyświetli widmo częstotliwości na ekranie, musi je najpierw rozpoznać. Oznacza to odróżnienie poszczególnych składowych od siebie. Rozdzielczość analizatora widma jest ograniczona przez najwęższą szerokość pasma. Na przykład, jeśli najwęższym pasmem jest 1 kHz najbliższe dowolne dwa sygnały mogą zostać pokazane jako jeden sygnał 1kHz. To dlatego, że ślad IF ma kształt użytego filtra pasmowo-przepustowego, gdy przemiatający jest przez zakłócenia sygnału CW. Ponieważ rozdzielczość analizatora jest ograniczona przez szerokość filtra, wydaje się, że poprzez zmniejszenie szerokości filtra w nieskończoność, osiągnie się nieskończoną rozdzielczość. Niestety tak nie jest, gdyż rozdzielczość jest ograniczona stabilnością generatora w analizatorze - pozostałość FM. Jeśli wewnętrzny odchylenia częstotliwości analizatora wynosi 1 kHz, a najwęższym pasmem, które może być używane do rozróżniania jednego sygnału wejściowego wynosi 1 kHz. Wszelkie węższe filtry IF spowodują więcej niż jedną odpowiedź, lub przerywaną odpowiedź na jednej częstotliwości jak pokazano na rysunku 1.19.



Rysunek 1.19 Jitter sygnału, który jest większy niż pasmo filtra IF.

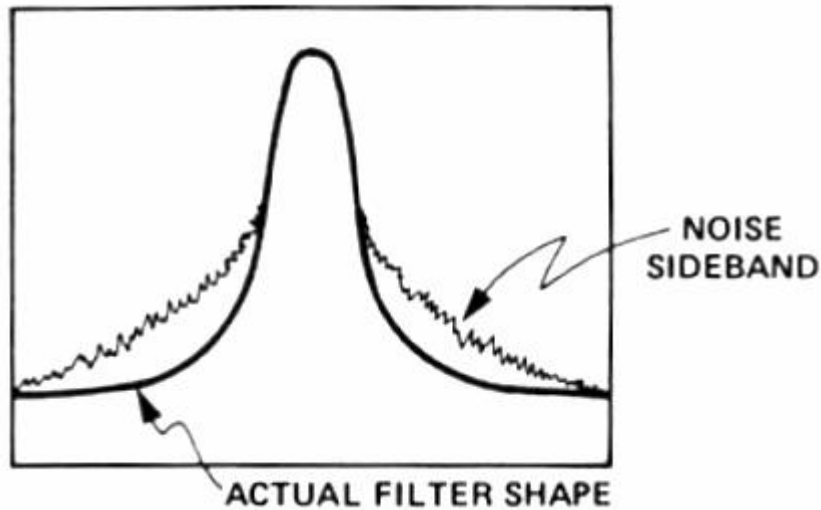
Rozdzielczość analizatora widma jest określony przez jego szerokość pasma filtra IF. Szerokość pasma jest zwykle 3 dB szerokością pasma filtra IF. Stosunek 60 dB pasma (w Hz) do 3 dB szerokość pasma (w Hz) jest znany jako współczynnik kształtu filtra. Im mniejszy jest współczynnik kształtu, tym większa jest zdolność analizatora do obrazowania bliskich siebie sygnałów o różnej amplitudzie. Jeśli współczynnik kształtu wynosi 15:1 dla danego filtra, a mamy dwa sygnały, których amplituda jest różni się o 60 dB, to ich częstotliwość musi się różnić o 7,5 szerokości pasma IF zanim będą mogły być odróżnione. W przeciwnym razie będą one widoczne jako jeden sygnał na wyświetlaczu analizatora widma.



Rysunek 1.20 Typowy filtr Gaussa. Sygnały o równych amplitudach mogą zostać pokazane, gdy są one oddzielone od 3 dB pasmo. Nierówne sygnały mogą być pokazane, jeśli są one oddzielone o więcej niż połowa szerokości pasma filtra IF.

Istnieje praktyczna ograniczenie współczynnika kształtu. Liczby biegunów stosowane w filtrach IF określają współczynnik kształtu synchronicznie przestrajanych filtrów. Synchronicznie przestrajane (lub Gaussa) filtry są zwykle używane ze względu na liniowość fazową. Współczynnik kształtu można poprawić za pomocą rozłożenie dostrojone filtry (lub kwadratowe zespolenie). Jednakże takie filtry mają nieciągłości fazy na krańcach pasm, a więc powstają odbicia, gdy sygnały są bardzo szybko przechodzą przez nie w analizatorze widma.

Czasami w filtrze IF współczynnik kształtu jest określony jako stosunek 60dB pasma do 6dB pasma, albo stosunek 40dB pasma do 3dB pasma. Może to powodować trudności przy porównywaniu filtrów. Na przykład, współczynnik kształtu 20:1 mierzony 60dB / 3dB odpowiada w przybliżeniu 10:1 współczynnik kształtu mierzonego przy 60dB / 6dB. Nawet jeśli współczynnik kształtu jest mniejszy, gdy określony jako stosunek 60dB / 6dB, zdolność rozdzielcza jest taka sama. W związku z tym współczynnik kształtu jest przydatny jako środek do oznaczania stromości filtru tylko wtedy, gdy pasma dB używane do określenia współczynnika kształtu są takie same dla filtrów, które są porównywane. Zdolność analizatora widma do rozróżniania bliskich siebie sygnałów o różnej amplitudzie nie jest funkcją filtru IF lecz jego współczynnik kształtu. Pasma boczne szumów może również zmniejszyć rozdzielczość. Pojawiają się one wokół pasma filtru IF, mogą przez to ograniczyć możliwość zaobserwowania małych sygnałów. To ogranicza rozdzielczość przy pomiarze sygnałów o różnej amplitudzie.



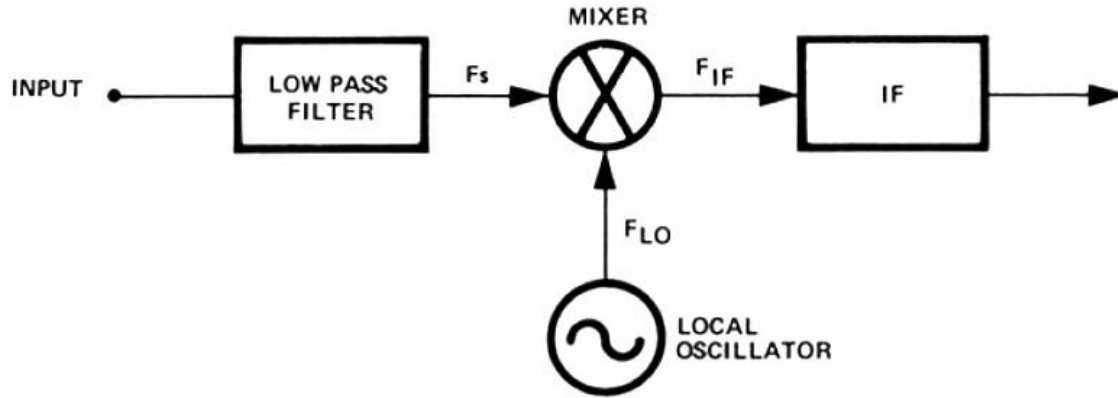
Rysunek 1.21 Pasma szumów bocznych, zmniejszające rozdzielczość.

Kiedy analizator widma może zarówno bezwzględnego i względnego poziomu mocy, to mówi się, że o bezwzględnej kalibracji amplitudy. Analizator musi spełniać następujące wymagania:

1. Tłumik wejściowy musi mieć równą charakterystykę w całym paśmie.
2. Mixer wejściowy musi mieć stałe wzmocnienie w całym zakresie przestrajania LO.

## Poszerzanie pasma analizatora poprzez miewanie harmonicznych.

Aby to zrozumieć należy pokazać schemat blokowy analizatora.



Rysunek 1.22 Schemat blokowy analizatora widma.

Jak wiadomo  $f_s = f_{LO} - f_{IF}$ , więc  $f_{LO} - f_s = f_{IF}$

Aby rozszerzyć zakres częstotliwości analizatora, konieczne byłoby rozszerzenie pasma przestrajania LO. Stabilność, dokładność i technologia są czynnikami ograniczającymi budowę oscylatora o bardzo szerokim paśmie przestrajania.

Więc cóż, jak poszerzyć pasmo?

Jednym ze sposobów byłoby usunięcie filtra dolnoprzepustowego na wejściu. W ten sposób równanie przestrajania mogą zostać zmodyfikowane, aby sygnały wyższych częstotliwości niż IF mogły być wyświetlane.

$$f_s - f_{LO} = f_{IF}$$

$$f_{LO} - f_s = f_{IF}$$

wtedy :

$$|f_s - f_{LO}| = \pm f_{IF}$$

oraz

$$f_s = f_{LO} \pm f_{IF}$$

Chociaż ogólne równanie pozwala rozszerzyć pasmo, nadal istnieją ograniczenia ze względu na dostępny zakres częstotliwości oscylatora lokalnego. Biorąc pod uwagę wpływ tworzenia harmonicznych lokalnego oscylatora na wejściu mixera. Pozwoliłoby to aby korzystając z normalnego generatora LO, wytworzyć sygnał o dużo większej częstotliwości. Na przykład, używając 2-4GHz LO, mamy 10-tą harmoniczną od 20 do 40GHz, zaspokajając w ten sposób zapotrzebowanie na wysokiej częstotliwości LO.

Równanie przestrajania staje się:

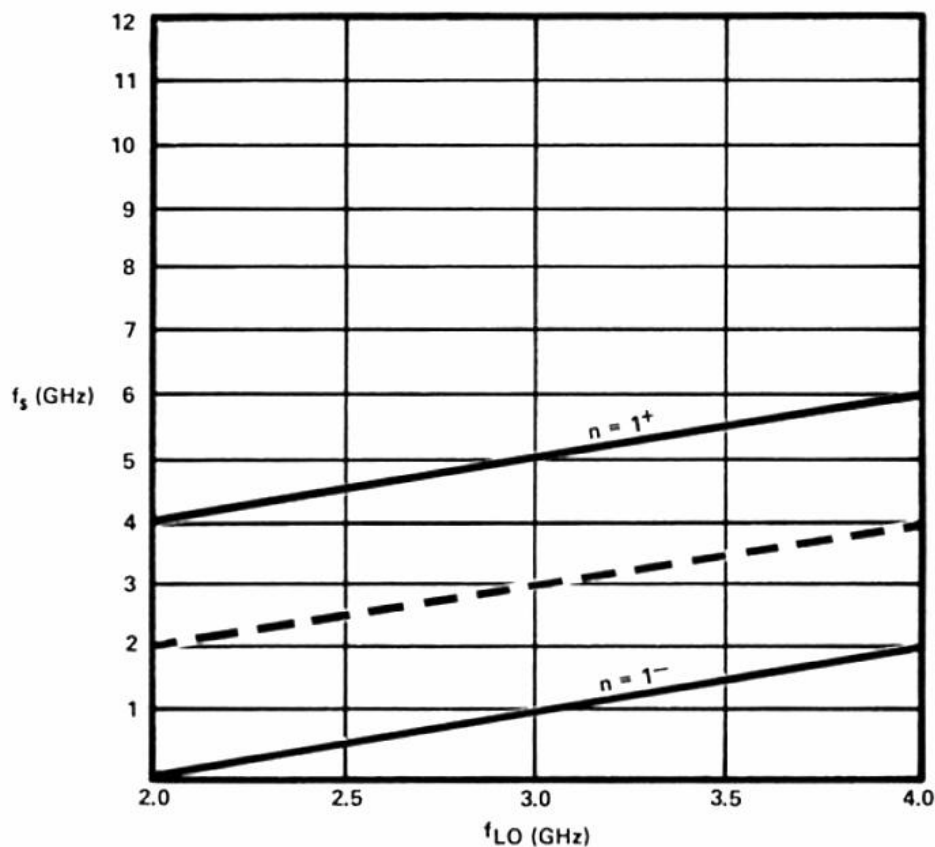
$$f_s = n f_{LO} \pm f_{IF}$$

Jest to ogólne równanie przestrajania analizatora widma z mieszaniem harmonicznymi. Sygnał wejściowy można mieszać z podstawowymi lub z harmonicznymi oscylatora lokalnego w celu wytworzenia odpowiedniego IF.

### Zakres strojenia

Aby pokazać, jak działa mieszanie harmonicznymi, wybierzmy kilka typowych wartości i pokażmy wykres wyników. Na podstawie poniższych wykresów, przyjmujemy 2GHz IF i 2-4GHz LO.

Po pierwsze, niech  $n = 1$ . Ponieważ  $n$  jest harmoniczną z LO, która jest używana, jest to tzw. podstawowe mieszanie. Możemy wykreślić częstotliwości LO na wykresie w osi X i częstotliwości harmonicznej LO na pionowej skali. Wtedy łatwo jest wyobrazić sobie przestrajanie analizatora.

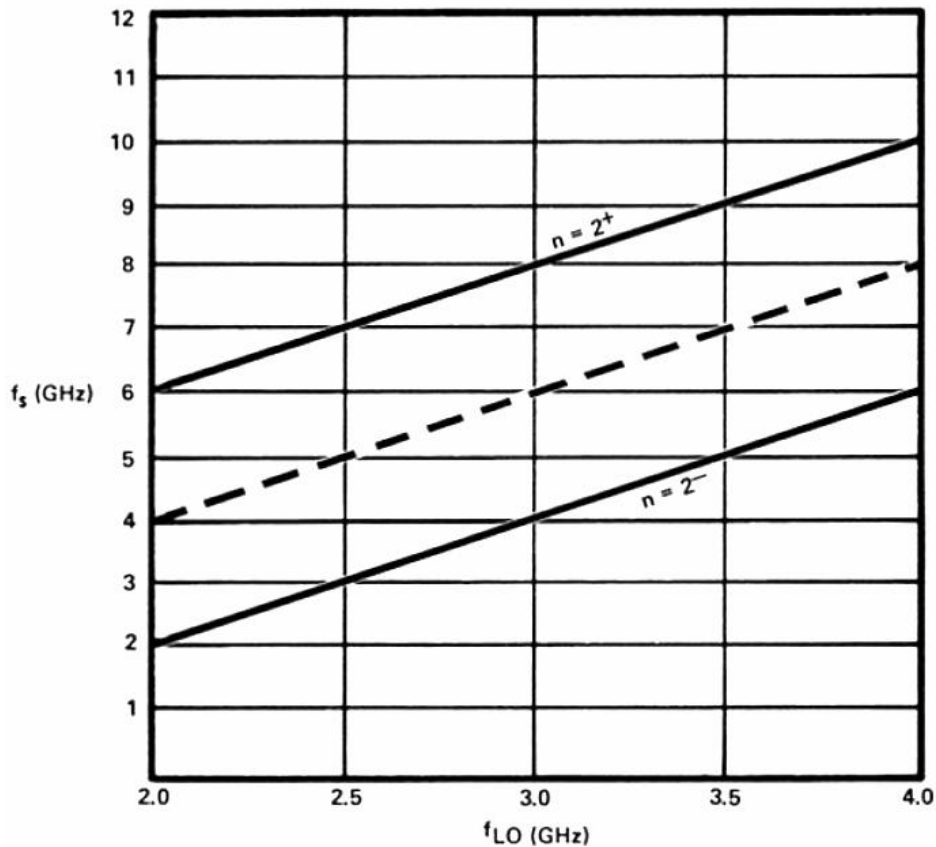


Rysunek 1.23, przedstawienie sposobu mieszania harmonicznymi 1+ i 1-.

Linia przerywana przedstawia harmoniczną LO (na pionowej skali) jako podstawę przestrajania 2-4GHz. Podstawowe częstotliwości mieszania są takie same. Teraz możemy wyciągnąć jedną krzywą za pomocą znaku minus w równaniu i jedną dla znaku plus. Te



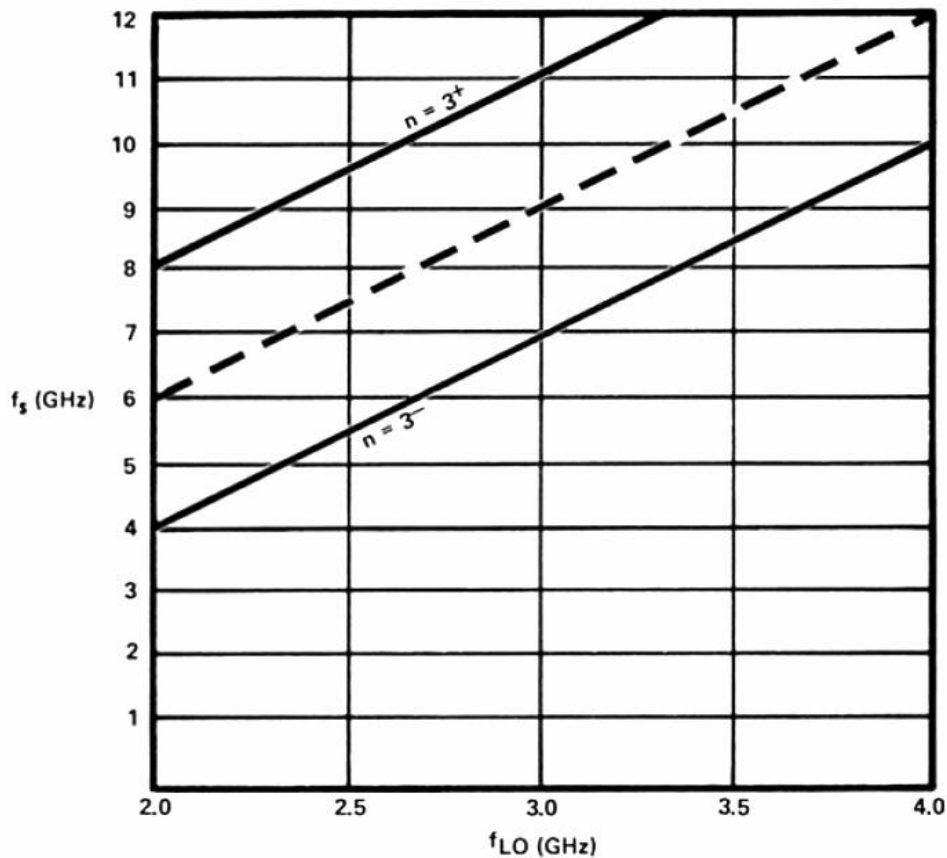
stanowiłyby częstotliwości sygnału  $1+$  i  $1-$  sposobów mieszania. Liczba oznacza harmoniczną LO, która jest wykorzystywana plus, lub minus wskazuje oznaczenie używane w podstawowym równaniu przestrajania. Z podstawowego równania przestrajania widzimy, że krzywe zawsze będzie oddzielona od linii przerywanej (częstotliwość LO) przez IF (2GHz). Następnie odbędą się dwie krzywe dla każdej harmonicznnej LO, oddzielonych o podwojoną częstotliwość razy IF (4GHz).



Rysunek 1.23 Mieszanie drugiej harmonicznnej

Teraz możemy łatwo określić krzywe strojenia dla  $n = 2$ , czyli drugiej harmonicznnej mieszania. Po pierwsze, wykres częstotliwości drugiej harmonicznnej LO jako linia przerywana. W LO przestrajają się od 2 do 4GHz, druga harmoniczna przestrajają się od 4 do 8GHz.

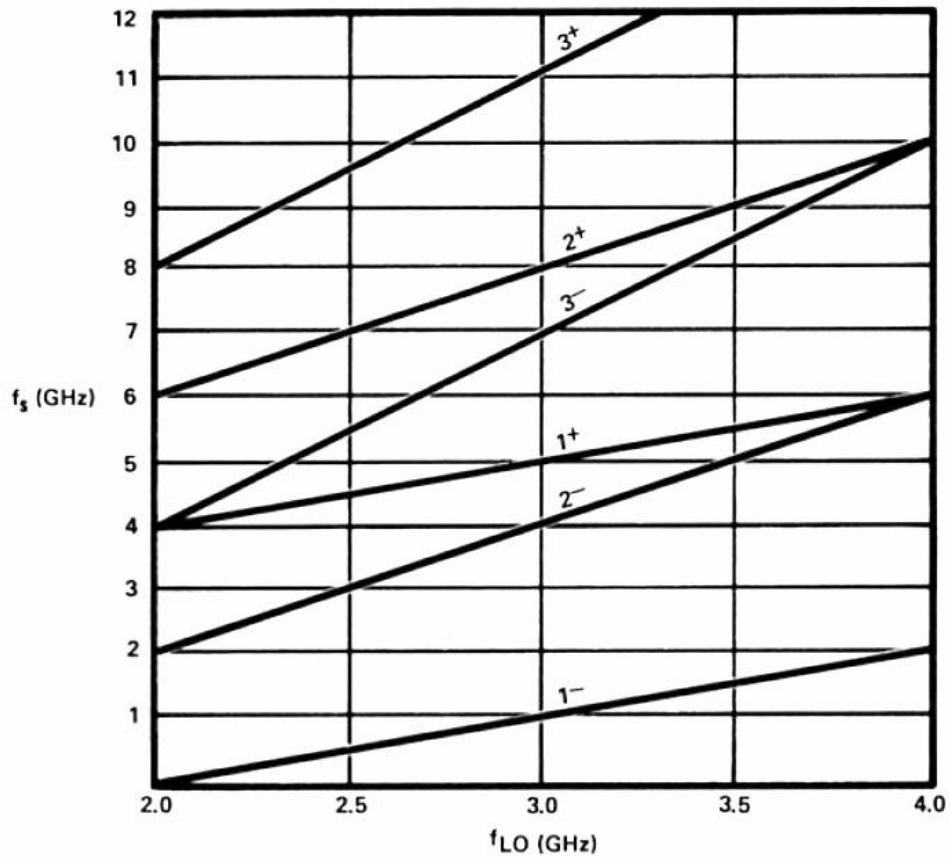
Korzystając z mieszania drugiej harmonicznnej, poszerzy nam zakres analizatora od 2 do 10GHz.



Rysunek 1.25 Mieszanie trzeciej harmonicznej.

Przechodząc o jeden krok dalej, łatwo zauważyć, że trzecia harmoniczna z LO przestrasza się od 6 do 12GHz

Teraz możemy połączyć wszystkie krzywe strojenia na jednym wykresie. Zauważ, że za pomocą trzech pierwszych harmonicznych LO możemy zmierzyć sygnały w zakresie 0-12GHz. W nowoczesnych analizatorach harmoniczne wykorzystywane są do rozszerzenia pasma użytkowego częstotliwości powyżej 110GHz.

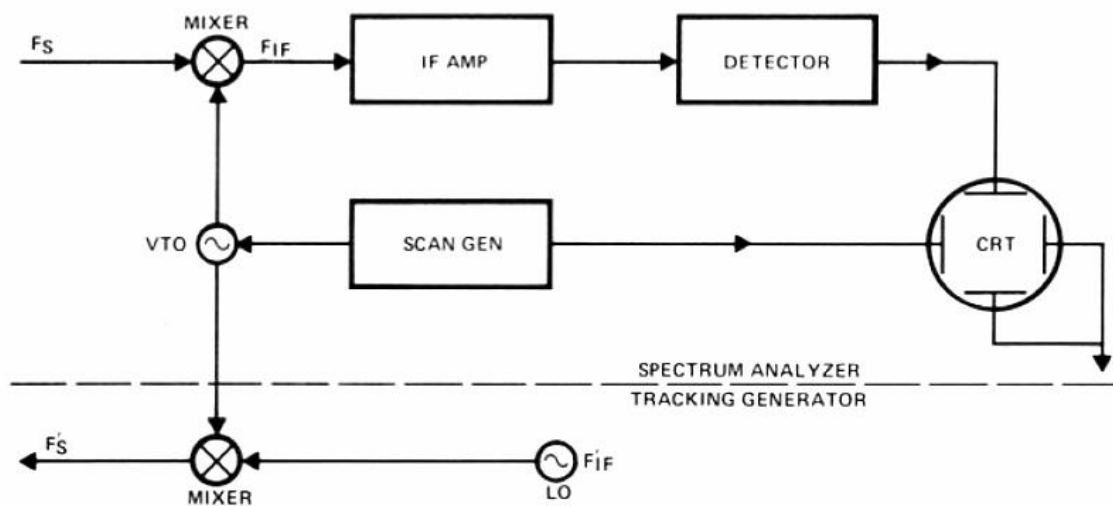


Rysunek 1.26 Wszystkie krzywe przestrajania LO z harmonicznymi.

Oś częstotliwości na wyświetlaczu jest analogiczna do częstotliwości oscylatora lokalnego, ponieważ plamka na ekranie jest przesuwana przez napięcie przestrajające LO. Oznacza to, że na wyświetlaczu, sygnały, które mieszają się z mniejszą częstotliwością LO pojawią się na lewo od sygnałów, które mieszają się z większą częstotliwością LO. Aby dokładnie określić częstotliwość sygnału na wyświetlaczu, ważne jest, aby wiedzieć, która z harmonicznymi jest mieszana.

## Generator śledzący

Generator śledzący jest specjalnym źródłem sygnału. W połączeniu z analizatorem widma, generator śledzący wytwarza sygnał, którego częstotliwość dokładnie śledzi przestrajanie analizatora widma. Ze względu na tę funkcję, dwa instrumenty łączą się wszechstronnym system pomiarowy. Jednak przed rozpoznaniem możliwości pomiarowych systemu, pokrótce rzucić okiem na uproszczony schemat blokowy analizatora / generatora śledzenia, jak pokazano na rysunku poniżej.



Rysunek 1.27, Uproszczony schemat blokowy analizatora widma z generatorem śledzącym.

Równanie analizatora z generatorem śledzącym:

$$f'_{IF} = f_{IF}$$

$$\text{wtedy, } f_s = f'_s$$

gdzie'

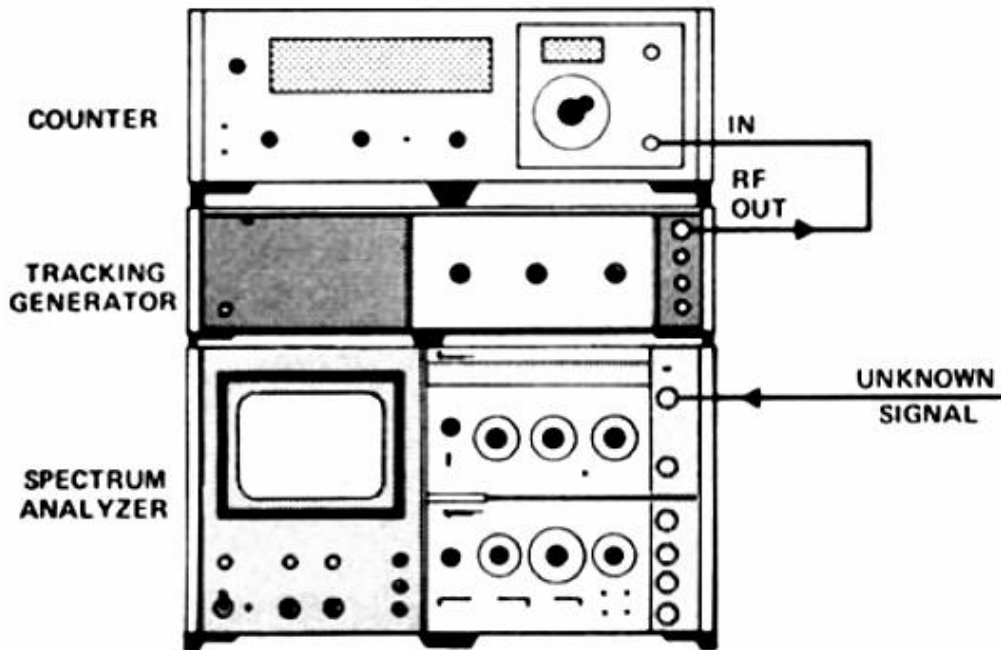
$$f_s = f_{VTO} - f_{IF}$$

oraz

$$f'_s = f_{VTO} - f'_{IF}$$

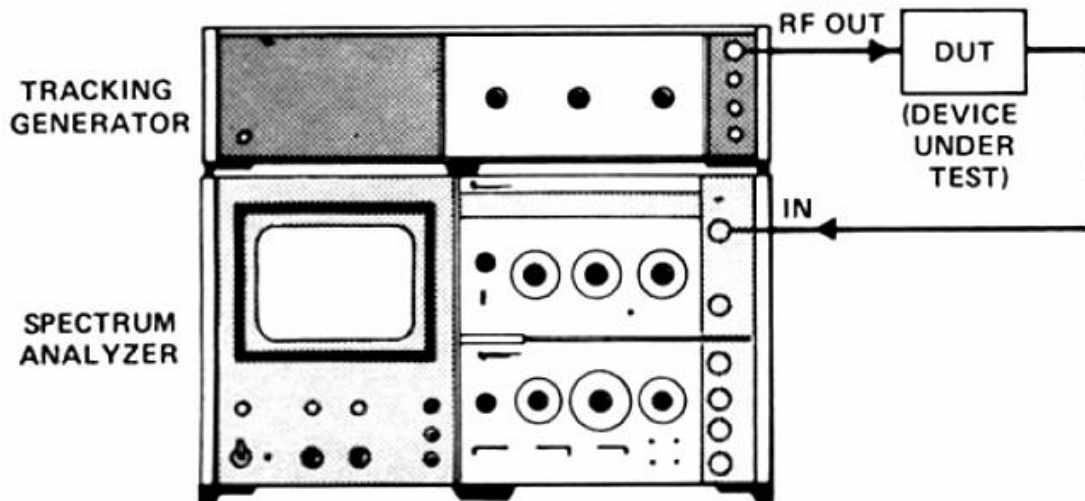
W związku z tym śledzenie częstotliwości generatora ( $f'_s$ ) dokładnie śledzi strojenie analizatora widma ( $f_s$ ), ponieważ oba są dostrojone przez ten sam VTO. Ta precyzja śledzenia istnieje we wszystkich trybach przestrajania.

Analizator widma / system śledzenia stosowany jest w dwóch konfiguracjach: z otwartą pętlą i w zamkniętej pętli. Co zostało pokazane na rysunkach poniżej.



Rysunek 1.28 Konfiguracja otwartej pętli.

W konfiguracji otwartej pętli, nieznanne zewnętrzne sygnały są podłączone do wejścia analizatora widma. Generator śledzący jest podłączony do licznika. Konfiguracja ta służy do wykonywania selektywnego i precyzyjnego pomiaru częstotliwości.



Rysunek 1.29 Konfiguracja zamkniętej pętli.

W konfiguracji pętli zamkniętej, generator śledzący jest podłączony do badanego urządzenia, a wyjście testowanego urządzenia jest podłączone do wejścia analizatora. Konfiguracja ta służy do wykonywania pomiarów przejścia transmisja / odbicie, tj. tłumienność, Return Loss, SWR, i współczynnika odbicia.