

## NA01

miernik uniwersalny 0.5-30MHz

Dokumentacja techniczna, podręcznik użytkownika

(wersja poprawiona i poszerzona 11-2012)

## Spis treści

|   |          |
|---|----------|
| <b>1 Analizator NA01 – konstrukcja.....</b>           | <b>3</b> |
| 1.1 Zasada działania.....                             | 3        |
| 1.2 Płytką drukowaną.....                             | 4        |
| <b>2 Dokumentacja użytkownika .....</b>               | <b>5</b> |
| 2.1 Klawisze.....                                     | 5        |
| 2.2 Menu podstawowe.....                              | 5        |
| 2.3 Menu pomiarowe .....                              | 6        |
| 2.4 Kalibracja dla pomiarów w paśmie.....             | 8        |
| 2.5 Pomiary w paśmie pracy.....                       | 9        |
| 2.5.1 Pomiary urządzeń pasywnych oraz aktywnych ..... | 9        |
| 2.5.2 Pomiary układów wąskopasmowych.....             | 10       |
| 2.6 Pomiar + $Q$ .....                                | 12       |
| 2.7 Pomiar mocy.....                                  | 13       |
| 2.8 Mostek SWR.....                                   | 14       |
| 2.9 Monitor .....                                     | 16       |
| 2.10 Pomiar częstotliwości .....                      | 17       |



Wejście miernika to logarytmiczny wzmacniacz sygnału skutecznego AD8307, który mierzy sygnał skuteczny na wyjściu badanego układu. Napięcie na wyjściu tego układu związane jest z mocą sygnału wejściowego w relacji 5mV napięcia na 1dB różnicy poziomu mocy na wejściu. Napięcie to mierzone jest przez mikrokontroler za pomocą portu A/D o dokładności przetwarzania 10 bitów (1024 kroków dla napięcia 0-5V) a następnie przeliczane w ustalony sposób i prezentowane w formie graficznej jako przebieg mierzonego parametru w funkcji częstotliwości. Nieco inny przebieg sygnału ma miejsce przy pomiarze częstotliwości. W tym trybie pracy wejście przełączone zostaje za pomocą przełącznika do wzmacniacza wstępnego na układzie AD9814. Wejście zawiera również wstępny ogranicznik sygnału na dwóch diodach 1N4148. Wzmacniacz AD9814 pracuje tak, że sygnał na wyjściu kształtowany jest do postaci sygnału TTL, który następnie podany jest na dzielnik przez 4 na układzie 74AC74 skąd podany jest na port licznika mikroprocesora. Najbardziej aktualny schemat urządzenia można znaleźć na stronie autora: <http://lx-net.pl/hr/netw/na01.html>

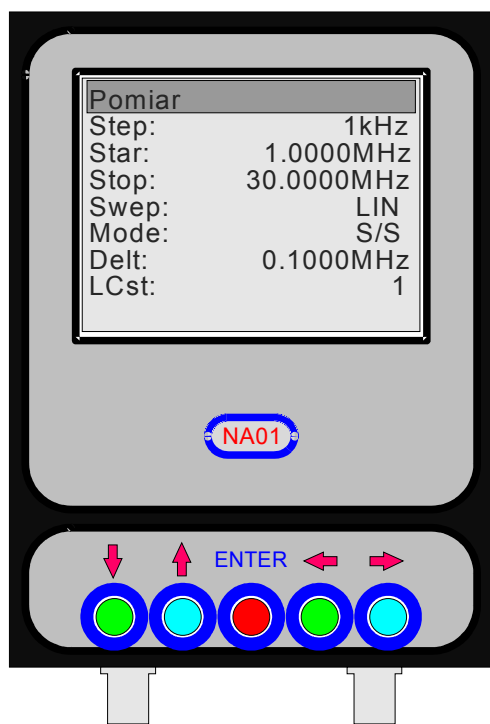
## 1.2 Płytki drukowane

Układ zmontowany został na dwustronnym laminacie metodą mieszaną powierzchniową i przewlekana z użyciem elementów SMD zarówno przy generatorze i wzmacniaczu sygnału jak i przy detektorze. Płytki z klawiszami mocowane są na dwóch tulejkach dystansowych o wysokości 5mm na płytce głównej a połączenia między płytkami należy wykonać za pomocą miedzianej krosówki lub srebrzanki. Najbardziej aktualne wersje druku urządzenia można znaleźć na stronie autora: <http://lx-net.pl/hr/netw/na01.html>

## 2 Dokumentacja użytkownika

### 2.1 Klawisze

Miernik posiada pięć klawiszy oraz dwa gniazd pomiarowe a także gniazdo zewnętrznego zasilania +12V i wyłącznik zasilania. Niezależnie od zasilania zewnętrznego miernika można dołączyć do niego zespół akumulatorów np. 12V/700mAH pozwalający na niezależną pracę do 3 godzin bez zasilania sieciowego.



Dwa klawisze z lewej strony to klawisze nawigacyjne pozwalające na przesuwanie się po menu w pionie w górę i w dół podczas ustawiania miernika do pracy i wyboru sposobu pomiaru. Klawisze te służą również do przemieszczania na ekranie linii odniesienia tłumienia (ruchoma linia pozioma).

Dwa klawisze z prawej strony to klawisze nawigacyjne pozwalające na zmianę ustawień na wybranej pozycji menu. W trakcie pomiaru te klawisze służą do przemieszczania po ekranie pionowej linii odniesienia częstotliwości.

Klawisz środkowy to klawisz funkcyjny, którego rola zależy od kontekstu w jakim znajduje się akurat miernik. Zwykle rola ta polega na akceptowaniu wartości (funkcja ENTER) lub pozwala na opuszczenie aktualnego trybu pracy (funkcja ESCAPE).

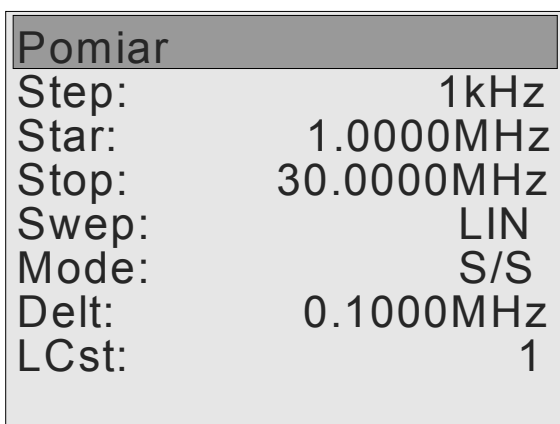
Aktualny stan miernika sygnalizowany jest przez podświetlenie wybranej pozycji menu lub komunikat na wyświetlaczu.

wejście

wyjście

### 2.2 Menu podstawowe

Po włączeniu miernika na wyświetlaczu pojawia się na kilka sekund ekran powitalny informujący o aktualnej wersji zainstalowanego oprogramowania a następnie pojawia się podstawowe



menu pozwalające na ustawienia głównych parametrów miernika. Ze względu na rozdzielczość wyświetlacza jednorazowo może być zaprezentowanych 8 linii z 11 liniowego menu. Przemieszczanie się po menu zapewniają dwa klawisze z lewej strony miernika a zmianę na danej pozycji daje użycie prawych klawiszy nawigacyjnych. Znaczenie poszczególnych pozycji menu jest następujące:

- **Pomiar** – wybór tej pozycji umożliwia przejście do menu pomiarowego gdzie można wybrać odpowiedni tryb pomiarowy

- **Step** – w tej pozycji menu możliwa jest zmiana kroku z jakim modyfikowane będą kolejne zmienne dotyczące częstotliwości i pasma pomiarowego. Dopuszczalne wartości kroku to **10Hz, 100Hz, 1kHz, 10kHz, 100kHz i 1MHz**. Skrajny prawy klawisz nawigacyjny zwiększa krok a klawisz lewy tej pary zmniejsza krok pomiaru
- **Star** – oznacza dolną (startową) częstotliwość zakresu pomiarowego. Zmianę tej częstotliwości umożliwiają prawe klawisze nawigacyjne ze skokiem ustawionym dla parametru **Step**.
- **Stop** - oznacza górną (końcową) częstotliwość zakresu pomiarowego. Zmianę tej częstotliwości umożliwiają prawe klawisze nawigacyjne ze skokiem ustawionym dla parametru **Step**.
- **Swep** – oznacza sposób przemiatania w ustawionym zakresie częstotliwości. Ta pozycja menu ma tylko dwie wartości: **LIN** oznacza przemiatanie liniowe w paśmie a **LOG** oznacza przemiatanie logarytmiczne. Przemiatanie logarytmiczne przydaje się dla obrazowania charakterystyk amplitudowych mierzonych układów. Zmianę na tej pozycji umożliwia dowolny z prawych klawiszy nawigacyjnych.
- **Mode** – oznacza sposób definiowania zakresu pomiarowego. Ten parametr przyjmuje dwie wartości: **S/S** oznaczający pracę w trybie **Start/Stop** (od częstotliwości **Star** do częstotliwości **Stop**), **DEL** oznacza pracę w trybie stałego pasma przemiatania o szerokości **DEL** o częstotliwości początkowej ustawianej za pomocą parametru **Star**. Jeśli parametr **Mode** ma wartość **S/S** a wartość **Star** to 1MHz i **Stop** to 10MHz to miernik będzie badał mierzony układ w paśmie 1-10MHz. Jeśli parametr ten ma wartość **DEL** a dodatkowo parametr **Delt** ma wartość 2MHz to przy wartości **Star** również 1MHz pomiar odbywał się będzie w zakresie od 1MHz do  $(1+2)=3$ MHz a dodatkowo wartość parametru **Stop** automatycznie ustawi się na 3MHz. Zmianę na tej pozycji umożliwia dowolny z prawych klawiszy nawigacyjnych.
- **Delt** – to wartość pasma pomiarowego jeśli w pozycji **Mode** wybrano tryb **DEL**. Zmiana tego parametru odbywa się z krokiem określonym na pozycji **Step** menu. Zmianę na tej pozycji

|       |            |
|-------|------------|
| Stop: | 30.0000MHz |
| Swap: | LIN        |
| Mode: | S/S        |
| Delt: | 0.1000MHz  |
| LCst: | 1          |
| Lr :  | 10uH       |
| Cr :  | 47.0pF     |
| SAVE  |            |

- umożliwia dowolny z prawych klawiszy nawigacyjnych.
- **LCst** – to wartość kroku zmiany indukcyjności i pojemności referencyjnej (**Lr** i **Cr**). Ten parametr można zmieniać za pomocą prawych klawiszy nawigacyjnych w krokach: 0.1, 1, 10, 100 i 1000 – odpowiednio uH dla indukcyjności i pF dla pojemności.
- **Lr** – to wartość indukcyjności referencyjnej wyrażonej w uH i ustawianej z krokiem **LCst** za pomocą prawych klawiszy nawigacyjnych. Górną granicą dla tego parametru jest 100000uH (100mH)

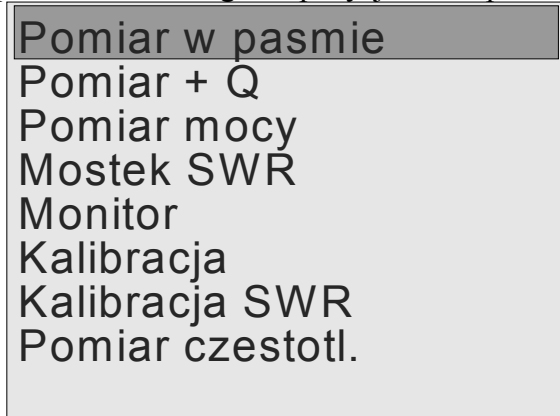
- **Cr** - o wartość pojemności referencyjnej wyrażonej w pF i ustawianej z krokiem **LCst** za pomocą prawych klawiszy nawigacyjnych. Górną granicą dla tego parametru jest 100000pF (100nF)
- **SAVE** – to funkcja zapamiętania ustawionych wartości (**Star, Stop, Swap, Mode, Delt, Lr, Cr**). Wartości tych parametrów pojawia się na ekranie miernika po jego wyłączeniu i ponownym włączeniu. Parametr **Step** ustawia się zawsze na 1kHz a parametr **LCst** zawsze na 1.

### 2.3 Menu pomiarowe

Po wybraniu parametrów pomiaru możliwe jest jego wykonanie po wyborze pozycji Pomiar z podstawowego menu. Z reguły, system pomiarowy wymaga przeprowadzenia przed wykonaniem

pomiaru procedury kalibracyjnej. Taką procedurę należy wykonywać przed pierwszym pomiarem lub jeśli pasmo pomiarowe zmieniło się w sposób istotny. Sposób wykonania procedury kalibracyjnej prezentowany jest na ekranie wyświetlacza w formie komunikatów informujących jak taką procedurę należy wykonać.

Menu pomiarowe zawiera 8 pozycji dotyczących zarówno konkretnych pomiarów jak i procedur kalibracyjnych związanych z pomiarami. Podświetlenie wskazuje na wybrana pozycję, która staje się aktywna po zaakceptowaniu klawiszem ENTER. Jeśli pomiar jest kolejnym to o tym czy konieczna jest procedura kalibracyjna należy zdecydować biorąc pod uwagę zakres zmiany parametrów pomiaru. Poszczególne pozycje menu pomiarowego oznaczają:



Pomiar w paśmie  
Pomiar + Q  
Pomiar mocy  
Mostek SWR  
Monitor  
Kalibracja  
Kalibracja SWR  
Pomiar czestotl.

- **Pomiar w paśmie** – to klasyczny pomiar charakterystyki amplitudowej w funkcji częstotliwości. Ten pomiar wymaga wstępnej kalibracji przez wybranie funkcji **Kalibracja**.
- **Pomiar + Q** – umożliwia pomiary rezonansu rezonatorów kwarcowych lub obwodów rezonansowych. Dodatkowo, w tym trybie miernik sam określa częstotliwość rezonansu oraz wylicza dobroć obwodu lub rezonatora kwarcowego. Ta funkcja pozwala również na określenie pojemności szeregowego obwodu rezonansowego przy znanej indukcyjności lub określenie indukcyjności przy

znanej pojemności odniesienia. W tym trybie należy używać przystawki do pomiaru rezonansu. Wybranie tej opcji powoduje konieczność wykonania początkowej kalibracji.

- **Pomiar mocy** – ta funkcja pozwala na pomiar mocy skutecznej mierzonego sygnału. Do pomiaru należy używać obciążenia pomiarowego lub tłumika. Miernik może być przed pomiarem kalibrowany za pomocą wewnętrznego źródła sygnału, można go również kalibrować za pomocą źródeł zewnętrznych. Po wykonaniu kalibracji system zapisuje dane do pamięci co pozwala na późniejsze wykonywanie pomiarów już bez wstępnej kalibracji.

- **Mostek SWR** – w tym trybie możliwy jest pomiar SWR badanego urządzenia z użyciem dodatkowego mostka pomiarowego. Przed wykonaniem pomiaru SWR niezbędna jest kalibracja za pomocą obciążenia dopasowanego (50 omów)

- **Monitor** – funkcja ta zapewnia podstawową funkcjonalność analizatora widma i wymaga do wykonania pomiaru użycia mieszacza pomiarowego.

- **Kalibracja** – to podstawowa czynność przygotowująca miernik do pomiaru charakterystyk amplitudowo- częstotliwościowych (patrz funkcja **Pomiar w paśmie**)

- **Kalibracja SWR** – to czynność wstępna związana z pomiarem SWR.

- **Pomiar czestotl.** – pozwala na mierzenie częstotliwości dołączonego sygnału w zakresie od 20uW do 1W przy częstotliwościach od zera do 30MHz.

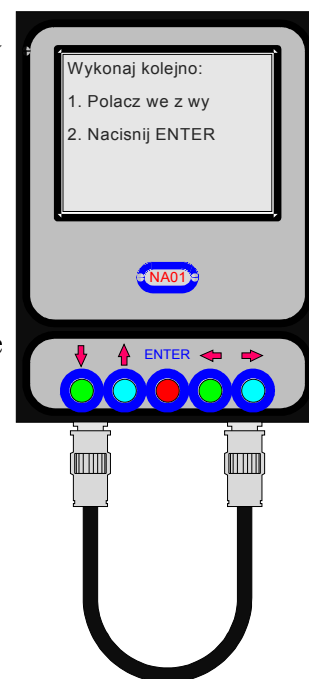
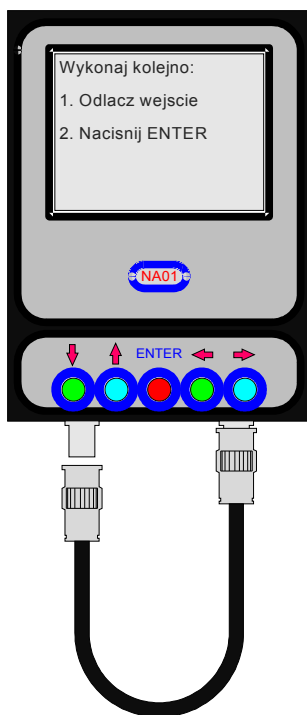
## 2.4 Kalibracja dla pomiarów w paśmie

**Kalibracja** to procedura, którą należy wykonać przed pierwszym pomiarem charakterystyki amplitudowej **po ustawieniu żadanego zakresu częstotliwości**. Kalibrację wykonuje się po wybraniu opcji **Kalibracja** z menu pomiarowego. Pierwszym krokiem jest odłączenie od gniazda wejścia

miernika kabla pomiarowego. Zamiast tego można na wejście pomiarowe założyć tłumik lub obciążenie dopasowane 50 omów. Po zaakceptowaniu pierwszego kroku klawiszem ENTER system dokona w ciągu ok. 1 sek. wewnętrznego pomiaru sygnału na wejściu co odpowiada pomiarowi tła własnego miernika. Im mniejsze tło własne tym większa czułość i dynamika pomiaru.

Drugi krok w procedurze kalibracji polega na zwarceniu wejścia z wyjściem przewodem pomiarowym a następnie zaakceptowaniu tego stanu klawiszem ENTER. W ciągu 1 sek. system zmierzy sygnał na wejściu w paśmie pomiarowym w sytuacji kiedy w torze pomiarowym nie ma żadnego tłumienia. Na podstawie obu kroków kalibracyjnych system buduje zestaw wartości odniesienia na podstawie których określa poziom odniesienia względem tłumienia zerowego co powoduje, że mierzona charakterystyka nie zmienia swojego kształtu wraz ze zmianą sygnału generatora w trakcie przemiatania w paśmie pomiarowym. Teoretycznie **kalibracja jest ważna** jedynie dla ustawionego zakresu częstotliwości pomiarowych ale jeśli nie

zależy przy pomiarze na największej dokładności lub zmiana pasma pracy nie jest zbyt wielka to nie ma potrzeby powtarzania tej procedury.

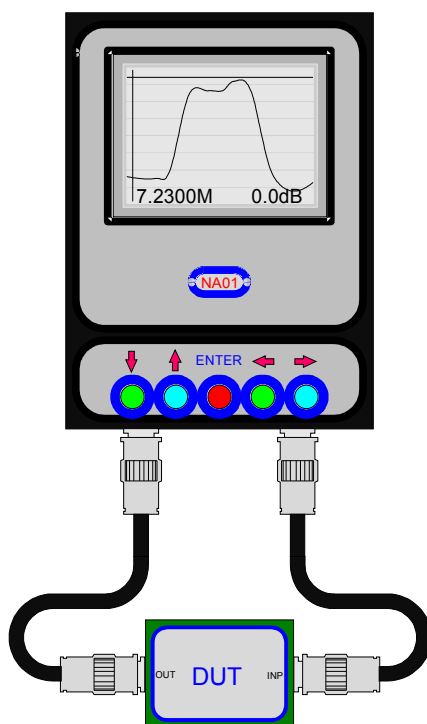




## 2.5 Pomiary w paśmie pracy

### 2.5.1 Pomiary urządzeń pasywnych oraz aktywnych

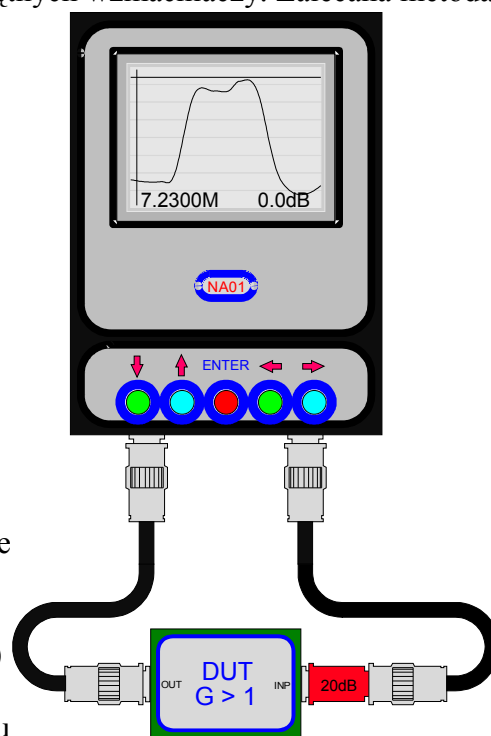
Po wykonaniu kalibracji system automatycznie przechodzi do procedury pomiarowej. Pomiedzy wyjście a wejście należy wpiąć badany układ. Jeśli nie jest on symetryczny to do wyjścia miernika należy dołączyć wejście badanego układu a do wejścia miernika wyjście badanego układu. Jeśli badany układ jest aktywny to, zwykle na wejście należy włączyć tłumik o wartości nie mniejszej niż



przewidywane wzmocnienie układu. Miernik zaokrągla do wartości odpowiadającej 0dB wszystkie sygnały, których amplituda jest większa niż poziom odniesienia określony w procedurze kalibracji. Jeśli spodziewane wzmocnienie układu jest mniejsze niż 20dB należy w tor pomiarowy wstawić na wejście układu tłumik co najmniej o wartości 20dB. W takim przypadku kalibrację należy wykonać bez tłumika a pomiar właściwy z wtrąconym tłumikiem. Ponadto, większość układów aktywnych ma ograniczoną dynamikę pracy co należy przewidzieć wykonując pomiar takiego urządzenia. Sygnał pomiarowy z wyjścia NA01 ma poziom ok. 1-2V a więc z reguły zbyt duży dla przeciętnych wzmacniaczy. Zalecana metoda pomiaru jest więc w takim wypadku **zastosowanie podczas kalibracji dodatkowego tłumika o wartości 20-30dB**.

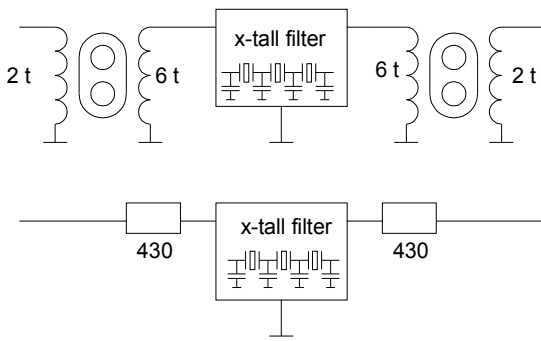
Kalibrację wykonuje się z dołączonym tłumikiem a pomiar właściwy wymaga użycia kolejnego tłumika o wartości nie mniejszej niż

spodziewane wzmocnienie układu jak to opisano poprzednio. W trakcie pomiaru można przesuwac klawiszami nawigacyjnymi pionową linię częstotliwości oraz poziomą linię tłumienia a bieżące wartości odpowiadające położeniu tych linii wyświetlane są na dole wyświetlacza. Jeśli wykonane zostanie przesunięcie linii częstotliwości stojącej skrajnie **na lewo w lewą stronę lub stojącej skrajnie na prawo w prawa stronę** to odpowiednia częstotliwość startu lub końca pomiaru) **zostanie przesunięta** odpowiednio w górę lub w dół o ok. 10% aktualnego zakresu pomiarowego. Zasada przesuwania zakresu pomiarowego w prawo lub w lewo o ok. 10% obowiązuje również dla pomiarów innych parametrów określanych w pasmie pracy np. WFS ale **w każdym przypadku dotyczy tylko sytuacji kiedy przemiatanie jest liniowe!**

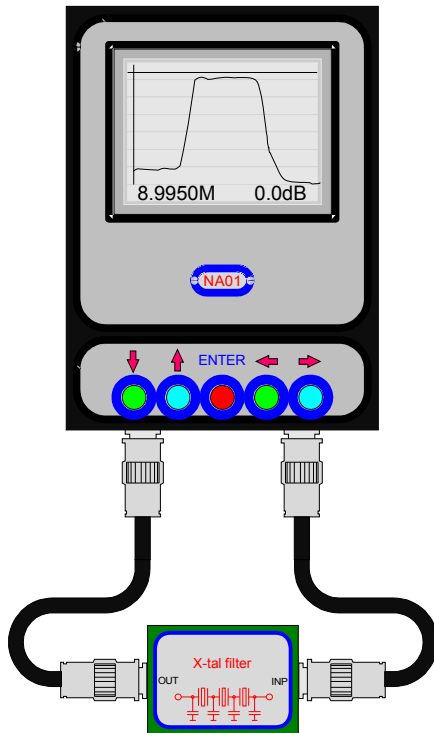


## 2.5.2 Pomiary układów wąskopasmowych

Szczególną uwagę należy zwrócić na pomiary urządzeń o bardzo wąskich pasmach. Pełny zakres pomiarowy w osi częstotliwości określony jest przez 128 dyskretnych punktów rozłożonych pomiędzy granicami pomiaru **STAR** oraz **STOP** lub **STAR + DEL**. Oznacza to na przykład, że dla częstotliwości STAR=1MHz oraz STOP=11MHz krok pomiarowy wynosi  $(11\text{MHz}-1\text{MHz})/128 = \text{ok. } 78\text{kHz}$  a więc kolejne pomiary wypadają dla 1MHz, 1.078kHz, 1.156kHz itd. . W takim przypadku jest mało prawdopodobne, że pomiar wypadnie akurat w paśmie przenoszenia urządzenia wąskopasmowego, na przykład filtra kwarcowego. W takim wypadku należy wstępnie określić węższy zakres pomiaru tak **aby krok pomiaru był mniejszy niż spodziewana szerokość pasma**



przenoszenia mierzonego układu. Gdy częstotliwości pracy urządzenia są znane z większą dokładnością można od razu określić żądany zakres pomiarowy. Szczególnym przypadkiem pomiaru charakterystyk pasmowym jest pomiar filtra kwarcowego. Ze względu na ok. 10 krotnie większą impedancję filtrów kwarcowych niż impedancja NA01 (50 omów) zaleca się pomiar filtra z układem dopasowania lub w układzie pracy filtra. Pomiar w układzie pracy powinien obejmować oba stopnie: działający przed i za filtrem kwarcowym ale wtedy należy stosować się do zasad opisanych przy pomiarze urządzeń aktywnych wtrącając w tor pomiarowy tłumienie co najmniej takie jak



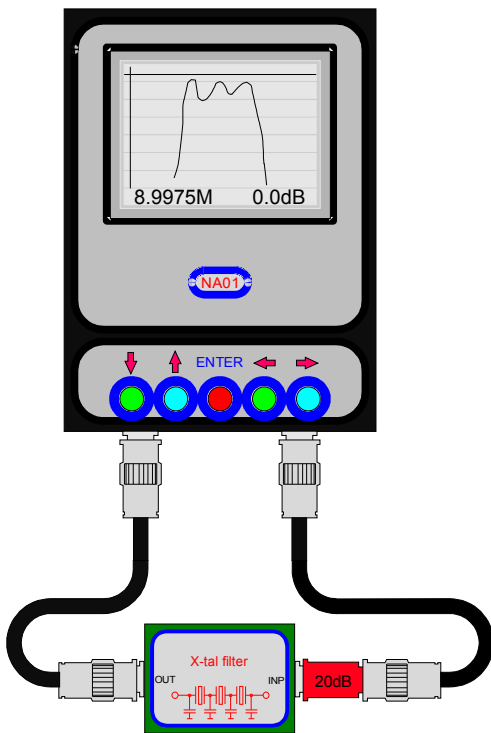
spodziewane wzmocnienie układu z uwzględnieniem dynamiki mierzonego urządzenia.

Dopasowanie filtra do pomiaru można wykonać w formie bezstratnej za pomocą transformatorów lub w formie stratnej za pomocą rezystancji tak jak to pokazuje rysunek.

Zwykle znana jest przybliżona częstotliwość środkowa filtra oraz pasmo przenoszenia. Należy więc ustawić częstotliwości STAR i STOP tak aby obejmowały pasmo pracy filtra a szerokość pasma była ok. 4 krotnie szersza. Dla przykładu filtr 9MHz z pasmem 2.4kHz powinien być mierzony wstępnie dla częstotliwości STAR=7.9950MHz oraz STOP=8.0050MHz a więc w paśmie 10kHz. Taki pomiar pozwoli na pokazanie całej charakterystyki filtra czyli na ocenę kształtu z uwzględnieniem tłumienia poza pasmem przenoszenia. Dynamika pomiaru w osi pionowej jest w takiej sytuacji pełna i wynosi ok. 50 kroków w skali ok. 80dB. Oznacza to, że rozdzielczość pomiaru w pionie wynosi ok.  $80\text{dB}/50=1.6\text{dB}$ . Jest to zbyt mało aby prawidłowo ocenić charakterystykę w paśmie przenoszenia filtra. Ten stan można poprawić zmniejszając dynamikę pomiaru wtrącając w tor pomiarowy dodatkowe tłumienie **zarówno podczas kalibracji jak i pomiaru charakterystyki**. Dla przykładu zastosowanie tłumika 20dB pozwoli na zmniejszenie dynamiki do ok. 60dB oraz zwiększenie rozdzielczości w pionie do  $60\text{dB}/50=1.2\text{dB}$  na krok. Zastosowanie tłumika 40dB zwiększy rozdzielczość do  $40\text{dB}/50=0.8\text{dB}$  na

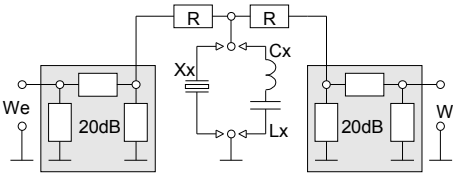
20dB pozwoli na zmniejszenie dynamiki do ok. 60dB oraz zwiększenie rozdzielczości w pionie do  $60\text{dB}/50=1.2\text{dB}$  na krok. Zastosowanie tłumika 40dB zwiększy rozdzielczość do  $40\text{dB}/50=0.8\text{dB}$  na

krok pomiarowy. Jednocześnie warto zmniejszyć pasmo pomiarowe z 10kHz do 5kHz czyli mniej więcej do podwójnej wartości pasma przenoszenia filtra. W przypadku pomiaru filtrów pomocna jest funkcjonalność przesuwania częstotliwości pomiarowych (obrazu na ekranie) przez przesunięcie linii częstotliwości poza zakres dolnego lub górnego zakresu pracy. Oczywiście dotyczy to sytuacji kiedy **przemiatanie w paśmie pomiarowym ma charakter liniowy**.



## 2.6 Pomiar + Q

Ten typ pomiaru wymaga użycia przystawki pomiarowej LC zawierającej dwa tłumiki o wartości około 20dB pomiędzy które wtrąca się badany szeregowy układ rezonansowy, którym może być rezonator kwarcowy lub obwód rezonansowy.



Pomiar wymaga wstępnej kalibracji układu z przystawką, która jest niemal identyczna jak kalibracja dla pomiaru w paśmie z tą różnicą, że w drugim stopniu kalibracji zwarcie wyjścia i wejścia układu pomiarowego odbywa się nie za pomocą prostego kabla ale za pomocą przystawki LC. W tym kroku w gniazdach przystawki nie może znajdować się ani rezonator ani

badane elementy LC. Po wykonaniu kalibracji miernik przechodzi w tryb pomiarowy. Do gniazd przystawki należy wtedy wstawić badany rezonator kwarcowy lub obwód rezonansowy. Podczas badania rezonatorów kwarcowych pasmo przemiatania nie powinno być większe niż ok. 10kHz,

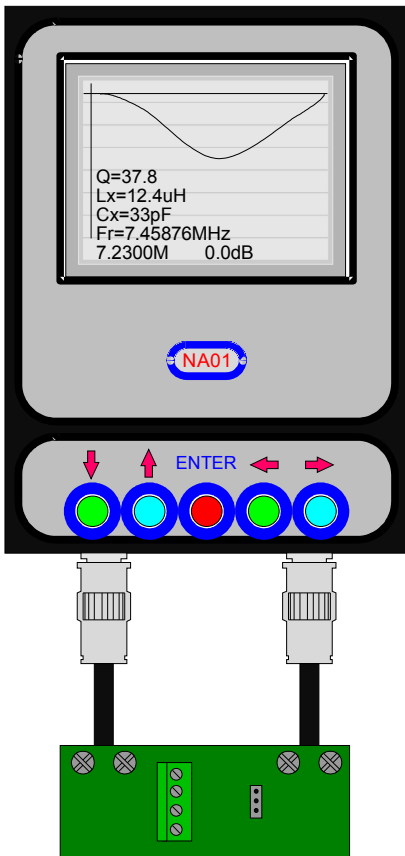
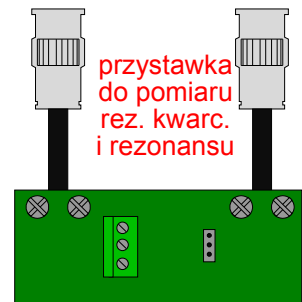
dla obwodów rezonansowych może wynosić kilka MHz z późniejszym zawężeniem po znalezieniu rezonansu.

W tym pomiarze ważne jest aby znaleziony rezonans szeregowy miał swoje minimum mniej więcej w środkowej części

wyświetlacza. Procedura pomiarowa znajduje częstotliwość rezonansową przez automatyczne odstrojenie w obie strony od rezonansu do wysokości 3dB w stosunku do minimum krzywej. Na tej podstawie znajdowane jest zarówno minimum krzywej (częstotliwość rezonansowa) jak i dobroć mierzonego kwarcu lub układu rezonansowego przez odniesienie częstotliwości rezonansu do pasma na wysokości 3dB. Najdokładniejszy pomiar ma miejsce kiedy krzywa rezonansu jest możliwie szeroka i ma głębokość większą niż 3dB.

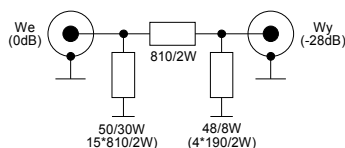
Przy okazji pomiaru rezonansu system określa (wylicza) wartości pojemności  $C_x$  i indukcyjności  $L_x$  **komplemetarnych** do indukcyjności  $L_r$  oraz pojemności  $C_r$  referencyjnych które ustawia się w menu głównym pomiaru. W ten sposób, mając na przykład dobrze określoną pojemność referencyjną  $C_r$  można sprawdzić zarówno jaka będzie częstotliwość rezonansowa z mierzoną cewką jak i stwierdzić jaka jest indukcyjność tej cewki. Na podobnej zasadzie można określić jaką pojemność ma badany kondensator  $C_x$  połączony szeregowo z cewką o znanej indukcyjności  $L_r$ .

Pomiary układów LC wymaga ustawienia zakresu pomiarowego rzędu MHz w otoczeniu rezonansu. Pomiary układów o bardzo dużej dobroci (n.p. rezonatorów kwarcowych) wymaga dokładniejszego ustawienia zakresu częstotliwości pomiarowych oraz odpowiednio wąskiego pasma pracy. Pasma to powinno wynosić kilka kHz w otoczeniu częstotliwości rezonansu. W tym wypadku może być pomocna funkcja przesunięcia zakresu pomiarowego przez przesunięcie linii pomiarowej poza widoczny zakres w prawo lub w lewo (**przy przemiataniu liniowym**).



## 2.7 Pomiar mocy

Miernik pozwala na pomiar mocy w szerokim zakresie od uW do kilkudziesięciu watów a nawet więcej o ile zastosuje się odpowiednie obciążenie (sondę) pomiarową. Zastosowane w rozwiązaniu

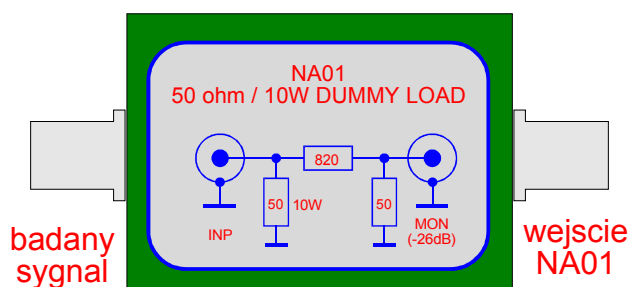


modelowym obciążenie ma moc nie mniejszą niż 10W (ok. 30W dla krótkich przeciążeń) oraz wbudowany tłumik o wartości ok. 28dB co pozwala na pomiar mocy prawie do 100W. Sonda do pomiaru mocy zbudowana jest z dwóch koncentrycznych gniazd w obudowie z laminatu. Gniazdo od strony wejściowej to sztuczne obciążenie złożone z 15 oporników o mocy 2W i łącznej oporności równoległej ok. 50 omów.

Gniazdo od strony wyjściowej jest wyjściem monitorowania mierzonej mocy. To gniazdo należy przy pomiarze dołączyć do wejścia miernika. **Pomiar**

**mocy wymaga wstępnej kalibracji** miernika z użyciem źródła mocy o znanej wartości skutecznej. W tym celu, po wyborze zadania pomiaru mocy z menu pomiarowego należy odpowiedzieć pozytywnie na pytanie o kalibrację mocy. Kalibracja polega na dołączeniu do wejścia sondy mocy o znanej wartości a następnie na ustawieniu na wyświetlaczu wartości tej mocy za pomocą prawej pary klawiszy nawigacyjnych.

Jeśli nie ma w dyspozycji źródła mocy o odpowiedniej wartości można skorzystać z wewnętrznego generatora, który na czas kalibracji

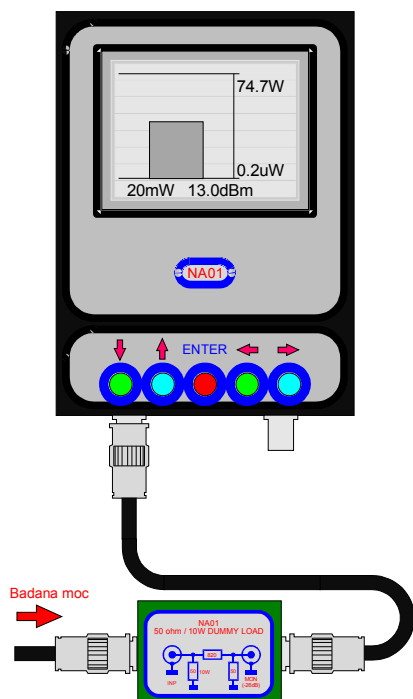


ustawiony zostaje na częstotliwość 5MHz. Generalnie, poziom tej mocy dla każdego z mierników może być różny ale powinien znajdować się w zakresie 15-30mW. Wartość tą należy ustalić raz dla konkretnego egzemplarza mierząc napięcie skuteczne na wyjściu generatora na obciążeniu 50 omów. (dla sygnału sinusoidalnego moc skuteczna to  $U^2/(8 \cdot R)$  gdzie U to **napięcie międzyszczytowe sinusoidy** a R to oporność obciążenia – w tym przypadku 50 omów.

Mierzona moc wyświetlana jest na ekranie miernika w formie wartości w dolnej linii ekranu w jednostkach bezwzględnych (uW, mW i W) oraz w odniesieniu do mocy 1mW czyli w dBm. Dodatkowo, poziom mocy prezentowany jest w formie graficznej jako słupek odpowiadający poziomowi zmierzonej mocy umieszczony pomiędzy dwoma liniami poziomymi określającymi zakres pomiaru od dołu jak i od góry. Oba te poziomy mocy opisane są wartościami cyfrowymi z prawej strony ekranu.

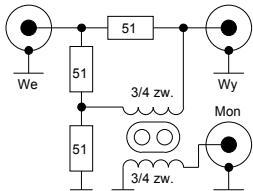
Raz wykonana kalibracja miernika dla znanej mocy oraz dla tej samej sondy pomiarowej wystarcza aby w kolejnych pomiarach pominąć procedurę kalibracyjną. Pomiar jest najdokładniejszy w zakresie kilku rzędów w otoczeniu mocy referencyjnej. Dla zwiększenia dokładności pomiaru dla konkretnej częstotliwości

należy zastosować źródło sygnału mocy referencyjnej leżące możliwie blisko częstotliwości mierzonego sygnału ze względu na różnice w charakterystyce sondy w paśmie pracy.



## 2.8 Mostek SWR

Do pomiaru SWR wymagany jest mostek pomiarowy stanowiący klasyczny układ czteroramienny gdzie w trzech ramionach znajdują się oporności 50 omów, w czwartej gałęzi znajduje się mierzona impedancja a równowagę mostka określa się przez pomiar napięcia rozrównoważenia na



przekątnej mostka. Ze względu na pracę szerokopasmową oraz symetryzację wyjścia, w przekątnej mostka włączony jest transformator szerokopasmowy wykonany z ferrytowego rdzenia dwuotworowego.

Zasada pomiaru współczynnika SWR wiąże się z faktem, że napięcie na jego przekątnej jest tym

większe im bardziej mierzona impedancja różni się wartością od impedancji charakterystycznej (w tym wypadku 50 omów). Jeśli mierzona impedancja ma wartość impedancji charakterystycznej to mostek jest w równowadze, napięcie na przekątnej ma wartość 0 a współczynnik SWR ma wartość 1. Dwa skrajne

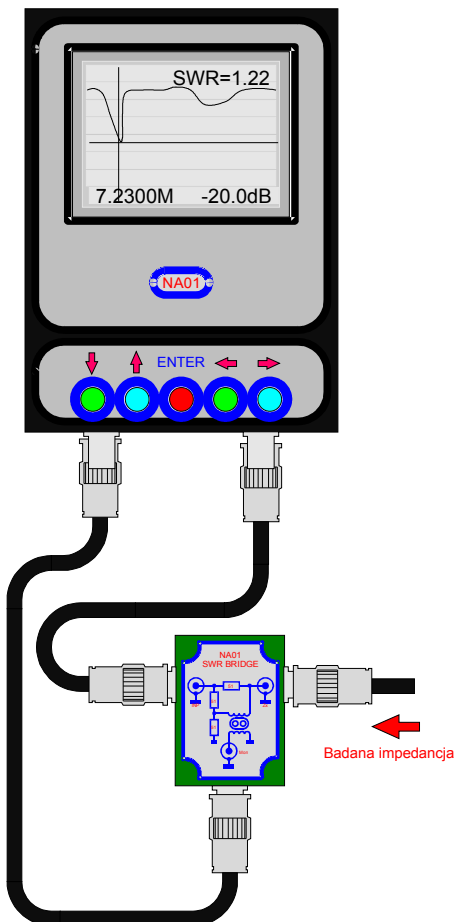
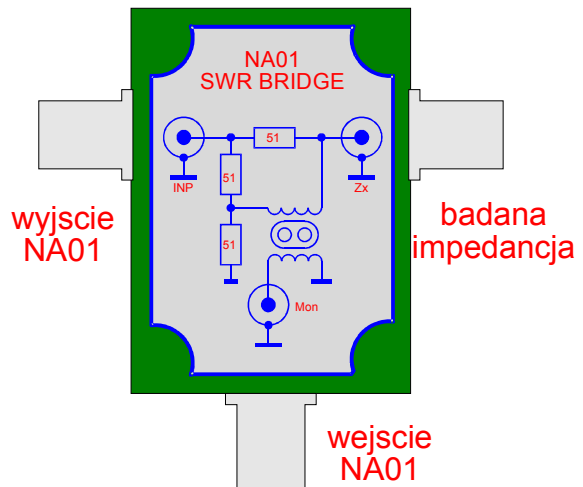
przypadki to kiedy mostek jest zwarty i rozarty na wyjściu.

Odpowiada to wartości SWR

równej nieskończoności. Pomiedzy wartościami skrajnymi SWR przyjmuje w mierzonym paśmie wartości zgodne z wartością SWR na danej częstotliwości co jest szczególnie ważne przy pomiarach anten. Zbyt duży współczynnik odbicia anteny oznacza, że część mocy wraca do nadajnika powodując w skrajnych przypadkach jego uszkodzenie.

Przed wykonaniem pomiaru SWR **niezbędne jest wykonanie kalibracji oznaczonej w menu pomiarowym jako kalibracja SWR**. W celu wykonania kalibracji SWR należy połączyć układ pomiarowy z mostkiem jak na pokazanym rysunku oraz dołączyć w pierwszym kroku do wyjścia pomiarowego obciążenia charakterystycznego (50 omów). Ten krok należy zaakceptować klawiszem ENTER. W kroku drugim obciążenie dopasowane 50 omów należy odłączyć i zaakceptować drugą część kalibracji klawiszem ENTER. Pomiar SWR odbywa się z reguły w pewnym paśmie częstotliwości gdzie obowiązują podobne zasady dla linii odniesienia na ekranie. Linia pozioma pozwala odczytać wartość SWR przez jej przesunięcie w pionie za pomocą prawej pary klawiszy nawigacyjnych a lewa para klawiszy pozwala na ustalenie częstotliwości gdzie następuje odczyt mierzonego

współczynnika SWR. Podobnie, przesuwanie pionowej linii odczytu częstotliwości poza skrajne



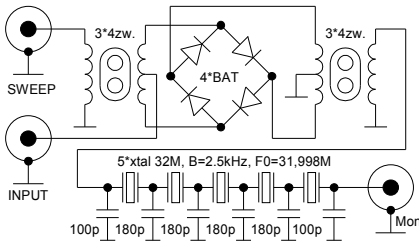
punkty z prawej lub lewej strony powoduje przesunięcie zakresu pomiaru w dół lub w górę o ok. 10% aktualnej wartości pasma.

W wyniku pomiaru SWR otrzymuje się wartość w formie składowej od 1 do nieskończoności. Wartości jeden odpowiada pełen dopasowanie impedancji (do wartości 50 omów) a dla nieskończoności układ jest rozwarty lub zwarty na wyjściu. Pomiar impedancji ma szczególne znaczenie dla anten gdzie decyduje o mocy wypromieniowanej i odbitej do nadajnika. Generalnie biorąc, jeśli SWR jest mniejszy niż 3 elementy aktywne stopnia mocy mają pewien zapas obciążenia to nie ma powodu aby niepokoić się stanem anteny bo stale promieniuje ona ok. 75% dostarczonej mocy (pozostałe 25% wraca do stopnia mocy i wydziela się w elementach aktywnych tego stopnia). Tabela poniżej pokazuje, dla różnych wartości impedancji  $Z_x$ , wartość odpowiadającego mu współczynnika odbicia (Gamma), wartość SWR oraz odpowiadające jej poziomy mocy w antenie wyrażone w [%] względem mocy przy dopasowaniu.

| $Z_x$ [ohm] | 50  | 60    | 70    | 80    | 90    | 100   | 150 | 200 | 250   | 300   | 500   | 10000 |
|-------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-------|-------|-------|-------|
| Gamma       | 0   | 0,09  | 0,17  | 0,23  | 0,29  | 0,33  | 0,5 | 0,6 | 0,67  | 0,71  | 0,82  | 0,99  |
| WSF         | 1   | 1,2   | 1,4   | 1,6   | 1,8   | 2     | 3   | 4   | 5     | 6     | 10    | 200   |
| P ant [%]   | 100 | 99,17 | 97,22 | 94,67 | 91,84 | 88,89 | 75  | 64  | 55,56 | 48,98 | 33,06 | 1,98  |

## 2.9 Monitor

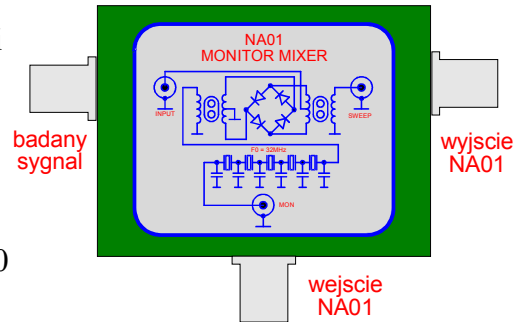
Funkcja monitor zawiera podstawowe możliwości analizatora widma. System pomiarowy



składa się z dodatkowego, podwójnego mieszacza zrównoważonego oraz działającego za nim wąskopasmowego filtra kwarcowego o częstotliwości ok. 32MHz dzięki któremu możliwa jest dość dokładna analiza sygnału na wejściu mieszacza. W tym przypadku układ działa jako odbiornik o paśmie przenoszenia ok. 2.3kHz. Heterodyna tego odbiornika może być przestrajana w zakresie od ok.

31.5MHz do 0.5 MHz i

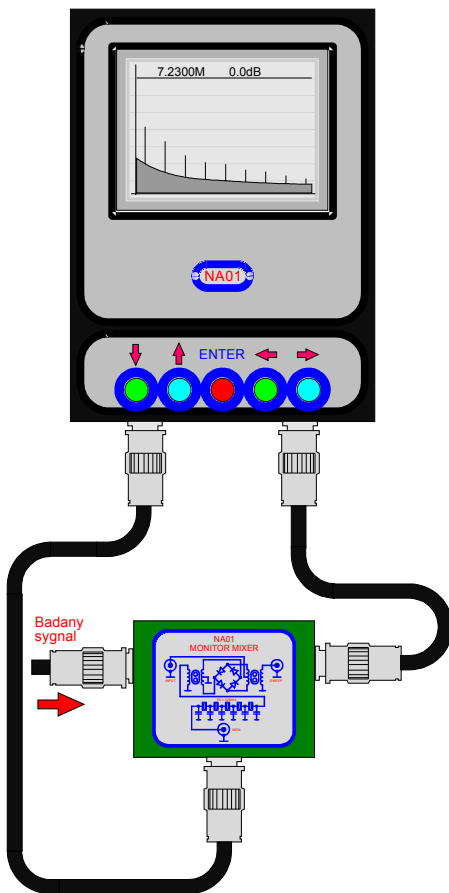
leży poniżej częstotliwości pośredniej co powoduje, że kierunek wyświetlania wyniku jest na wyświetlaczu odwrócony. Dokładność przemiatania jest rzędu pasma przenoszenia zastosowanego filtra kwarcowego co powoduje, że czas pomiaru wydłuża się ze wzrostem zakresu analizy sygnału i osiąga dla pasma 1-30MHz ok. 10



sek. Sam pomiar wymaga wykonania

wstępnej kalibracji jak dla pomiaru w pasmie. Po wykonaniu tej kalibracji należy do miernika dołączyć mieszacz pomiarowy oraz wybrać funkcję Monitor. Należy pamiętać, że ze względu na większą częstotliwość pośrednią niż częstotliwość badanego sygnału niezbędne jest odpowiednie wyliczenie zakresu przestrajania. Zakładając, że częstotliwość pomiaru zmienia się ma pomiędzy  $F_{min}$  a  $F_{max}$  należy dobrać częstotliwość startową jako  $Start=32-F_{min}$  a częstotliwość końcową jako  $Stop=32-F_{max}$  zakładając, że zarówno  $F_{min}$  jak i  $F_{max}$  wyrażone są w MHz.

W wyniku pomiaru na wyświetlaczu pojawia się u dołu wyszarzony pasek odpowiadający tłu własnemu miernika oraz pionowe prążki odpowiadające składowym częstotliwościom badanego sygnału. Częstotliwości prążków składowych widma można odczytać przez przesunięcie pionowej linii odniesienia częstotliwości. Za pomocą linii poziomej możliwe jest odczytanie względnej różnicy mocy (w dB) pomiędzy poszczególnymi prążkami. Dokładność miernika można powiększyć stosując na wyjściu mieszacza dodatkowy wzmacniacz aktywny.





## 2.10 Pomiar częstotliwości

Pomiar częstotliwości należy do najprostszych bo wymaga jedynie wyboru tego trybu pracy oraz podłączenia do wejścia miernika badanego źródła częstotliwości. Zakres pomiarowy to częstotliwości od niemal zera do 32MHz z poziomami od ok. 20mW (ok. 30mV) do ok. 1W (ok. 7V) przy czym dla górnego zakresu mocy pomiar **nie może trwać zbyt długo** ze względu na możliwe uszkodzenie opornika smd 100 omów oraz diod 1N4148 ogranicznika wejściowego sygnału. Dla pomiarów częstotliwości sygnałów o większych mocach należy zastosować tłumiki, do tego celu może być użyte na przykład obciążenie opisane przy pomiarze mocy zapewniające tłumienie od 200 do 300 razy (dla napięcia).

Pomiar polega na odczycie ilości impulsów na wejściu licznika w określonym czasie referencyjnym (ok. 0.3 sek). Jednocześnie 3 kolejne pomiary zostają uśrednione poprawiając dokładność pomiaru do poziomu  $10^{-5}$  dla wersji 6 oraz  $10^{-6}$  dla wersji 7. Wynik pojawia się w postaci poziomego paska na tle skali od 0 do 30MHz oraz w formie cyfrowej.

Ze względu na rozrzut parametrów wzorca częstotliwości (rezonator 16MHz) zegara mikroprocesora możliwa jest korekta odczytów częstotliwości za pomocą klawiszy (←) oraz (→). W celu wykonania korekty miernika częstotliwości należy na wejście doprowadzić sygnał referencyjny o średniej częstotliwości i mocy a następnie doprowadzić do zgodności wyświetlacza z częstotliwością

wzorca obniżając częstotliwość na ekranie klawiszem (←) oraz podwyższając ją klawiszem (→). Zmiana na ekranie na ostatniej pozycji mierzonej częstotliwości wymaga kilkusekundowego użycia odpowiedniego klawisza. Jako przybliżonego źródła częstotliwości można wykorzystać NA01 bowiem podczas pomiaru częstotliwości, na wyjściu miernika pojawia się sygnał o częstotliwości 5MHz o ile wcześniej wykona się wejście do procedury pomiaru mocy. Wykonana korekta częstotliwości jest trwała bo zastosowany współczynnik korekty zachowywany jest w pamięci nieulotnej.

