



## BADANIE STAŁOŚCI DŁUGOTERMINOWEJ KWARCOWYCH WZORCÓW CZĘSTOTLIWOŚCI

Long-term frequency stability measurements of quartz frequency standards

Andrzej Milewski (1,2), Mariusz Tupaj (1), Sylwester Gawor (1)

1 Instytut Tele I Radiotechniczny Warszawa, 2 Akademia Techniczno Rolnicza Bydgoszcz  
[amilewski@itr.org.pl](mailto:amilewski@itr.org.pl)

### STRESZCZENIE.

W 1992 roku w ITR uruchomiono stanowisko do pomiaru stałości długoterminowej generatorów kwarcowych. Do dzisiaj na tym stanowisku zmierzono ponad 5000 generatorów. Niniejsza praca przedstawia analizę statystyczną wyników pomiarów. Stałość długoterminowa mierzonych generatorów mieściła się w przedziale  $1 \cdot 10^{-9}$  do  $5 \cdot 10^{-11}$ . Stanowisko pomiarowe umieszczone jest w klimatyzowanym pomieszczeniu. Dodatkowo ciśnienie i wilgotność są rejestrowane. System pomiarowy kontrolowany jest przez komputer. Jednocześnie w stanowisku można mierzyć do 100 generatorów. Jak wiadomo częstotliwość generatora zmienia się w czasie. Największe zmiany obserwowane są na początku działania generatora. W niniejszej pracy omówiono obserwowane zmiany częstotliwości generatorów.

### 1. WPROWADZENIE

Niniejsza praca przedstawia analizę statystyczną wyników pomiarów stałości długoterminowej generatorów kwarcowych.

Na stanowisku mierzono generatory różnych typów, niemniej większość z nich to generatory sześciu typów. Typy te oraz ich długoterminowa dobową stałość częstotliwości podane są w tabeli 1.

Tabela 1. Typy oraz długoterminowa dobową stałość częstotliwości generatorów.

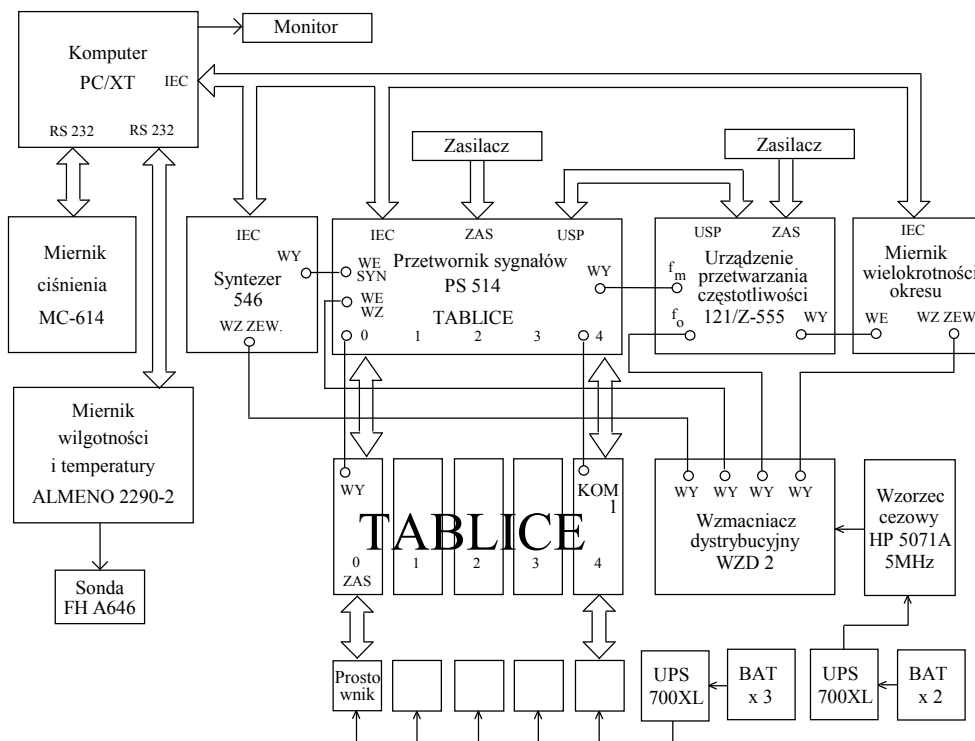
Typ	Długoterminowa stałość częstotliwości
OCXO-94	$5 \cdot 10^{-9}$
OCXO-80	$5 \cdot 10^{-10}$ ( $1 \cdot 10^{-10}$ )
OCXO-100	$5 \cdot 10^{-9}$ ( $1 \cdot 10^{-10}$ )
OCXO-101	$1 \cdot 10^{-9}$ ( $5 \cdot 10^{-10}$ )
OCXO-105	$1 \cdot 10^{-9}$ ( $5 \cdot 10^{-10}$ )
OCXO-2001	$1 \cdot 10^{-10}$ ( $5 \cdot 10^{-11}$ )

## 2. STANOWISKO POMIAROWE.

Stanowisko pomiarowe umieszczone jest w klimatyzowanym pomieszczeniu z kontrolą wilgotności. Ciśnienie, wilgotność i temperatura są rejestrowane. Stanowisko jest zautomatyzowane, jego pracą steruje komputer. W stanowisku jest 100 pozycji pomiarowych dla generatorów z których jedna jest zajęta przez generator wzorcowy. Generatory zasilane są poprzez zasilacze awaryjne (UPS) w celu uniknięcia wpływu zaników napięcia zasilania na pracę generatorów. Każdy generator mierzony jest co dwie godziny (pomiar częstotliwości). Jako wzorzec pomiarowy stosowany był w początkowym okresie wzorzec synchronizowany sygnałem GPS, w 2000r zakupiony został wzorzec cezowy HP 5071A. Błędy pomiaru częstotliwości stanowiska podano w tabeli 2. Schemat blokowy stanowiska pomiarowego przedstawiono na rysunku 1.

Tabela 2. Błędy pomiaru częstotliwości stanowiska.

Wzorzec	HP 5071A	Austron 2200A
Błąd	$1 \cdot 10^{-13}$	$1 \cdot 10^{-11}$

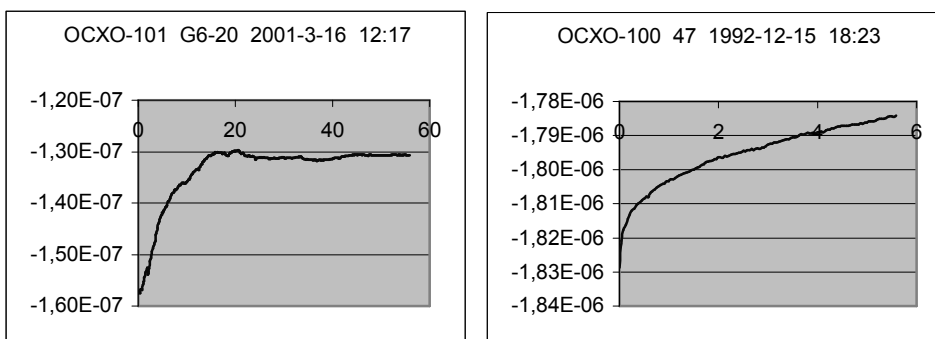


Rysunek 1. Schemat blokowy stanowiska pomiarowego.

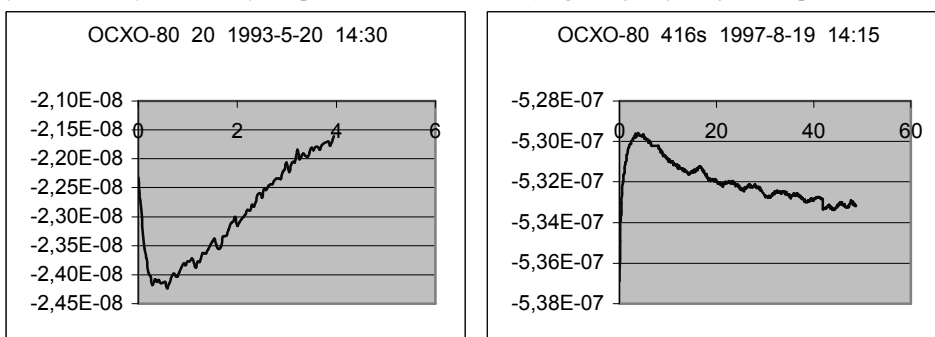
### 3. DŁUGOTERMINOWA STAŁOŚĆ CZĘSTOTLIWOŚCI GENERATORÓW.

Długoterminowa stałość częstotliwości generatorów definiowana jest jako średnia dobowa zmiana częstotliwości generatora uśredniona za okres 2 tygodni po miesiącu nieprzerwanej pracy. Aby zmierzyć tą wartość należy więc mierzyć częstotliwość generatora co najmniej przez jeden miesiąc. Przepustowość naszego stanowiska jest więc nie większa niż 1200 generatorów rocznie.

Częstotliwość generatora zmienia się w czasie. Dla większości przypadków szybkość zmian częstotliwości (niestałość) też zmniejsza się w czasie. Największe zmiany obserwuje się zaraz po włączeniu zasilania nowo wytworzonego generatora. Dopiero po pewnym czasie pracy generator osiąga wymagany poziom stałości długoterminowej. Zachowanie takie wynika głównie ze zmian zachodzących na powierzchni rezonatora kwarcowego (oczyszczanie się powierzchni pod wpływem drgań mechanicznych płytki). Przykłady wyników w/w pomiarów przedstawione są na rysunku 2. Częstotliwość tych generatorów rośnie przez cały okres pomiaru i asymptotycznie dąży do pewnej wartości. W opisany sposób zachowuje się większość populacji generatorów produkowanych w ITR. Częstotliwości nie zawsze rośnie w funkcji czasu. Niekiedy można zaobserwować zjawisko początkowego malenia a następnie wzrostu częstotliwości (rysunek 3). Zdarzają się również zafalowania tych zmian na początku okresu pomiarowego (rysunek 4). Aby generator uznać za spełniający warunki techniczne jego dobowe zmiany częstotliwości powinny być mniejsze od wartości wymaganej i zmniejszać się w czasie w końcowym okresie pomiaru, w zasadzie częstotliwość nie powinna maleć.

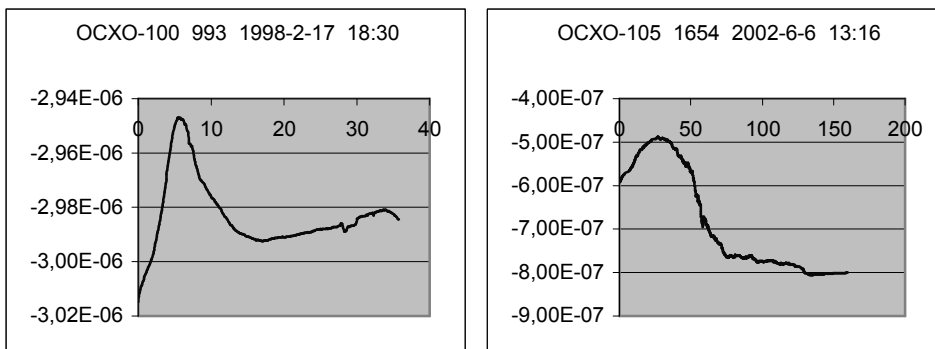


Rysunek 2. Przykładowe wyniki pomiaru częstotliwości (względnej) w funkcji czasu pomiaru (dni).

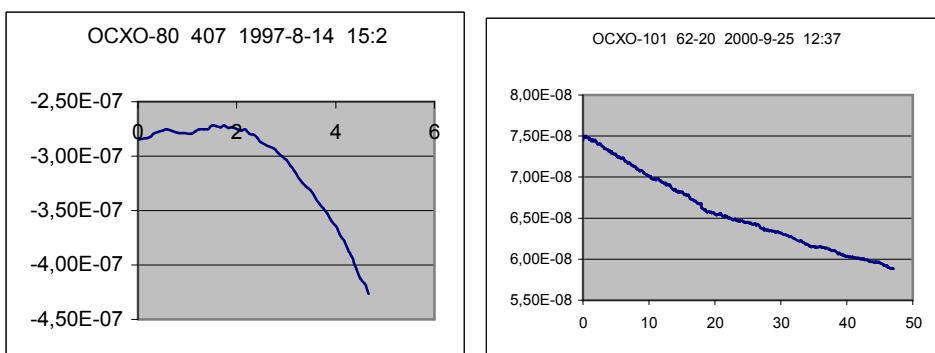


Rysunek 3. Przykładowe wyniki pomiaru częstotliwości (względnej) w funkcji czasu pomiaru (dni).

Jeżeli częstotliwość generatora zmniejsza się systematycznie w dłuższym okresie czasu i szybkość tego zmniejszania rośnie lub jest duża to znaczy że generator jest wadliwy. Najczęściej wada polega na nieszczelności obudowy rezonatora. Przykłady pokazano na rysunku 5.



Rysunek 4. Przykładowe pomiaru częstotliwości (względnej) w funkcji czasu pomiaru (dni).



Rysunek 5. Przykładowe pomiaru częstotliwości (względnej) w funkcji czasu pomiaru (dni).

#### 4. WNIOSKI KOŃCOWE.

Generatory potrzebują różnych czasów pracy, aby osiągnąć wymagany poziom zmian częstotliwości. Niekiedy wystarczy tydzień a niekiedy trzeba kilku miesięcy. Największy czas wymagany jest dla generatorów najwyższej klasy (OCXO-2001). Generatory klasy najniższej (OCXO-100 stabilizują się szybciej).

#### LITERATURA

1. A. MILEWSKI, M.TUPAJ, S. GAWOR, Pomiary stałości długoterminowej generatorów kwarcowych produkowanych w ITR, XXXI Zimowa Szkoła Akustyki Molekularnej i Kwantowej, Ustroń 2004.
2. B. KALINOWSKA, M.TUPAJ, Systemy pomiarowe do badań wysokiej klasy wzorców częstotliwości, Praca badawcza Instytutu Tele i Radiotechnicznego, Warszawa 2001
3. K. WEISS, M. ŚWIDERSKI, L. NAFALSKI, Opracowanie nowego stanowiska do pomiaru stałości długoterminowej częstotliwości generatorów wysokostabilnych, Praca badawcza Instytutu Tele i Radiotechnicznego, Warszawa 2003