

Badania obwodów rezonansowych analizatorem NanoVNA



Marcin SP5IOU
Warsaw Dx Club SP5PBE
Virtual Field Division of PZK
sp5iou73@gmail.com

Cześć!

Od pewnego czasu zastanawiałem się jak szerzej wykorzystać mój wektorowy analizator NanoVNA V 2_2 niż pomiary anten czy filtrów.

Pierwsza rzecz, która przyszła mi do głowy to pomiary pojemności i indukcyjności. Pomiar analizatorem ma istotną przewagę od pomiarów miernikami RLC, ponieważ możemy zbadać parametry elementu w zakresie częstotliwości na których ma on pracować. Mierniki RLC dają tu pewien wybór, ale zwykle kończy się zakres na kilkuset kilohercach. Np. LC-200A mierzy indukcyjności kilku mikrohenrów na częstotliwościach 500 - 650 KHz, co jest znacznie poniżej częstotliwości pracy urządzeń krótkofalarskich.

Drugi temat to badanie obwodów rezonansowych. Kiedyś używało się do tego Grid / gate dip metry czyli generatory z cewką na wierzchu obudowy, którą sprzęgało się z badanym obwodem. Gdy dostroiliśmy częstotliwość do rezonansu, część energii była pobierana przez badany obwód co widać było w postaci spadku napięcia na siatce lampy lub bramce feta i można było ze skali odczytać częstotliwość rezonansu badanego obwodu. Słabą stroną tych mierników był wpływ badanego obwodu na częstotliwość generatora, ale na podłączonym liczniku częstotliwości można było odczytać dokładną częstotliwość.

Postanowiłem spróbować wykorzystać VNA w podobny sposób.

Tyle na wstępie, a teraz do rzeczy.

Pomiar indukcyjności i pojemności za pomocą NanoVNA

Jest kilka metod, ale ja opiszę tu najprostszą metodę z wykorzystaniem kołowego wykresu Smitha.

Wykres ten, przy ustawieniu formatu wyświetlania R + L/C pokazuje wynik w postaci rezystancji w omach i reaktancji przeliczonej na jednostki indukcyjności (nH, uH...) lub pojemności (pF, nF) w zależności od znaku reaktancji obwodu.

Aby wykonać takie pomiary trzeba wykonać przewody z klipsami do podłączania elementów, najlepiej bezpośrednio podłączone do gniazda S11 (CH0) analizatora – gniazdo do pomiarów SWR anten. Sweep (stymulus) VNA możemy ustawić na jedną konkretną częstotliwość, lub zakres, który nas interesuje.

Do przetestowania tej metody wykonałem dwie cewki powietrzne z drutu 1.6mm, których indukcyjności wynikające z geometrii są 1 μ H i 2 μ H.

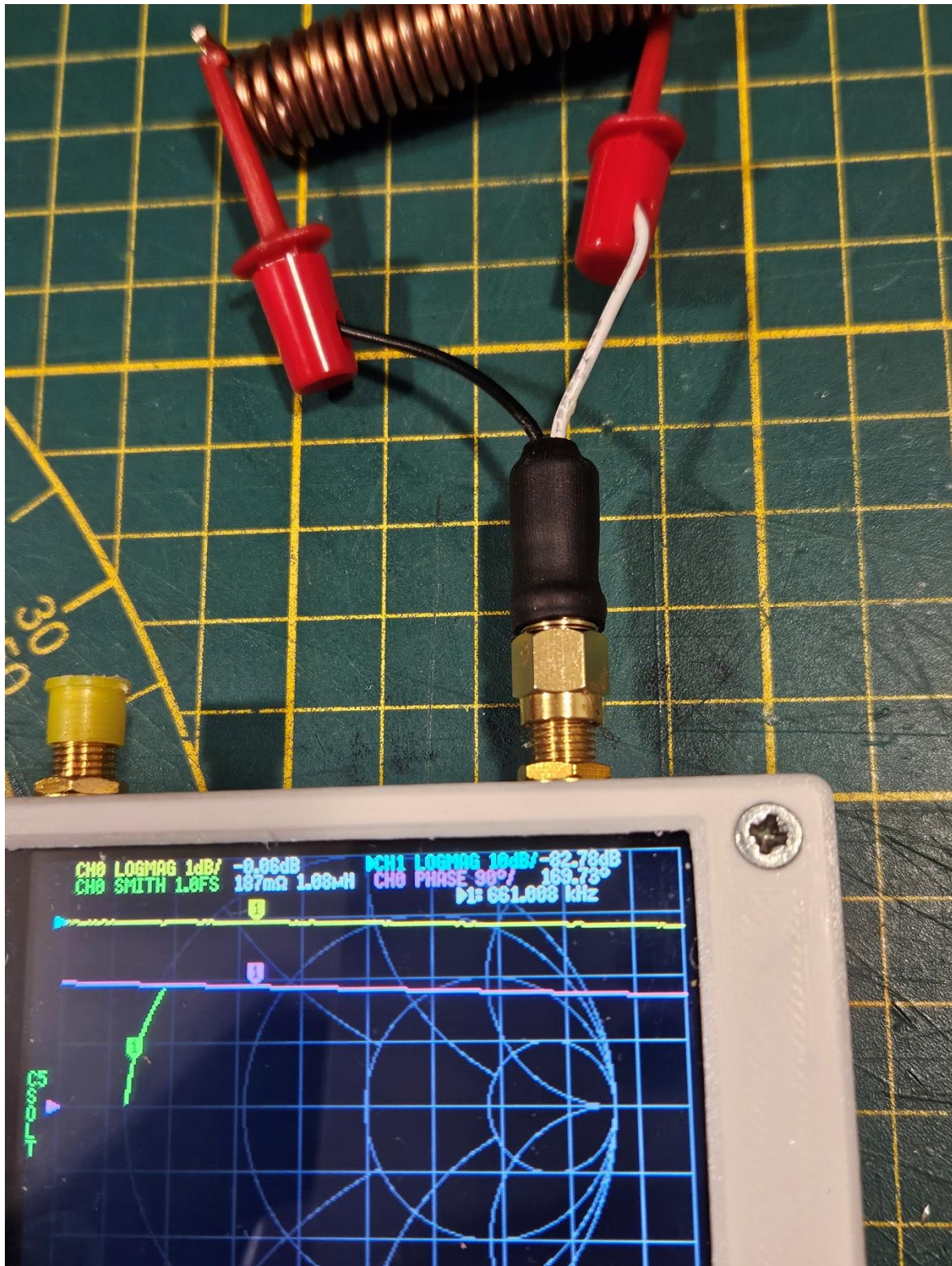


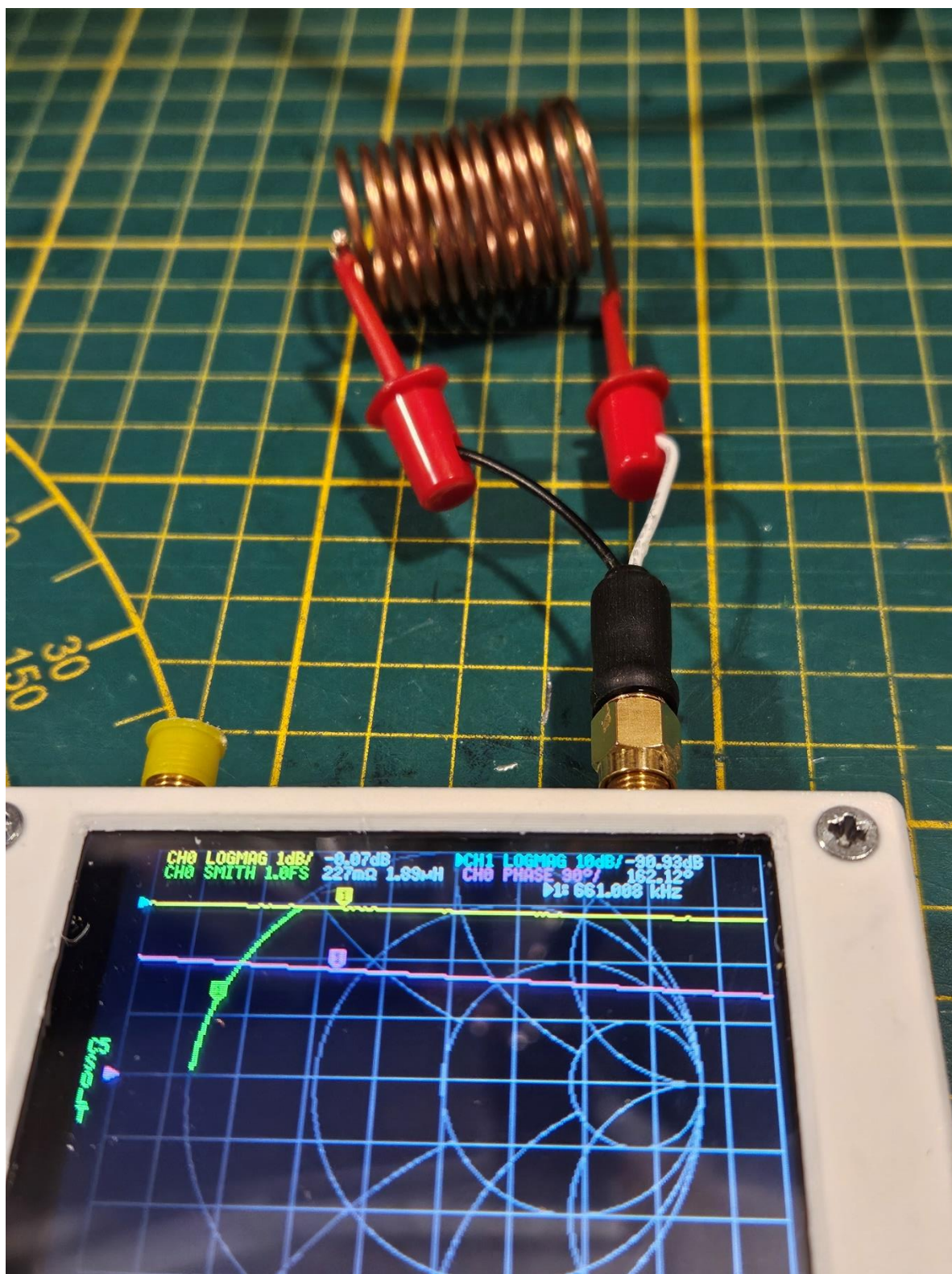
Wykonałem pomiary za pomocą miernika LC-200A. Wyniki widać na zdjęciach.





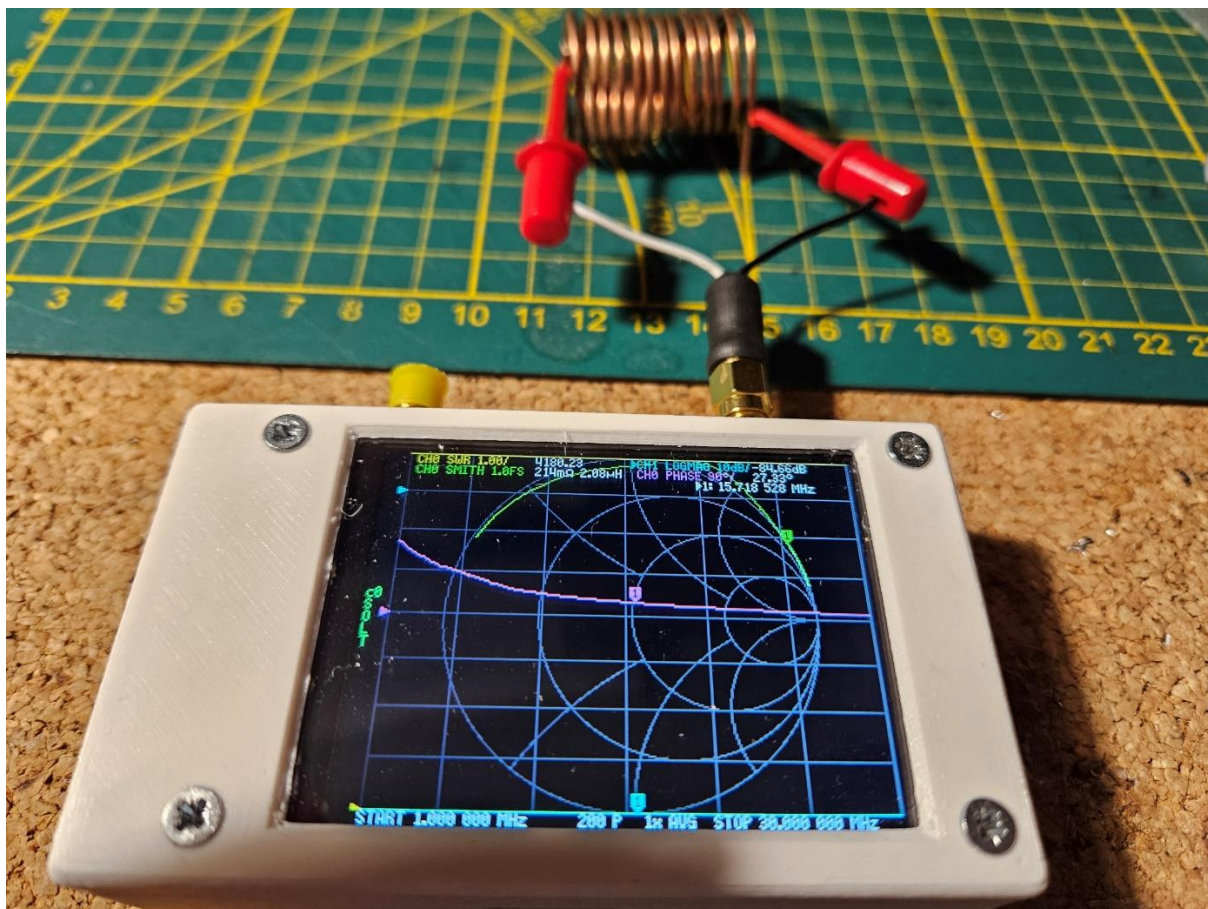
Następnie powtórzyłem pomiary za pomocą NanoVNA. Dla częstotliwości zbliżonej do pomiaru miernikiem LC-200A (ok 650KHz). Wartości widać w górnej części ekranu.





Następnie pomiary dla zakresu częstotliwości 1 - 30MHz. Kursor 1 ustawiłem dla częstotliwości ok 18MHz i 15MHz, zakładając że takie będą warunki pracy cewek.

Warto zwrócić uwagę iż wykres indukcyjności na wykresie Smitha jest zbliżony do regularnego okręgu, co oznacza iż choć wartość impedancji zmienia się z częstotliwością, jednak przeliczenie na indukcyjność da podobny wynik.



Przesuwając kursor po wykresie możemy odczytać składowe impedancji elementu dla poszczególnych częstotliwości.

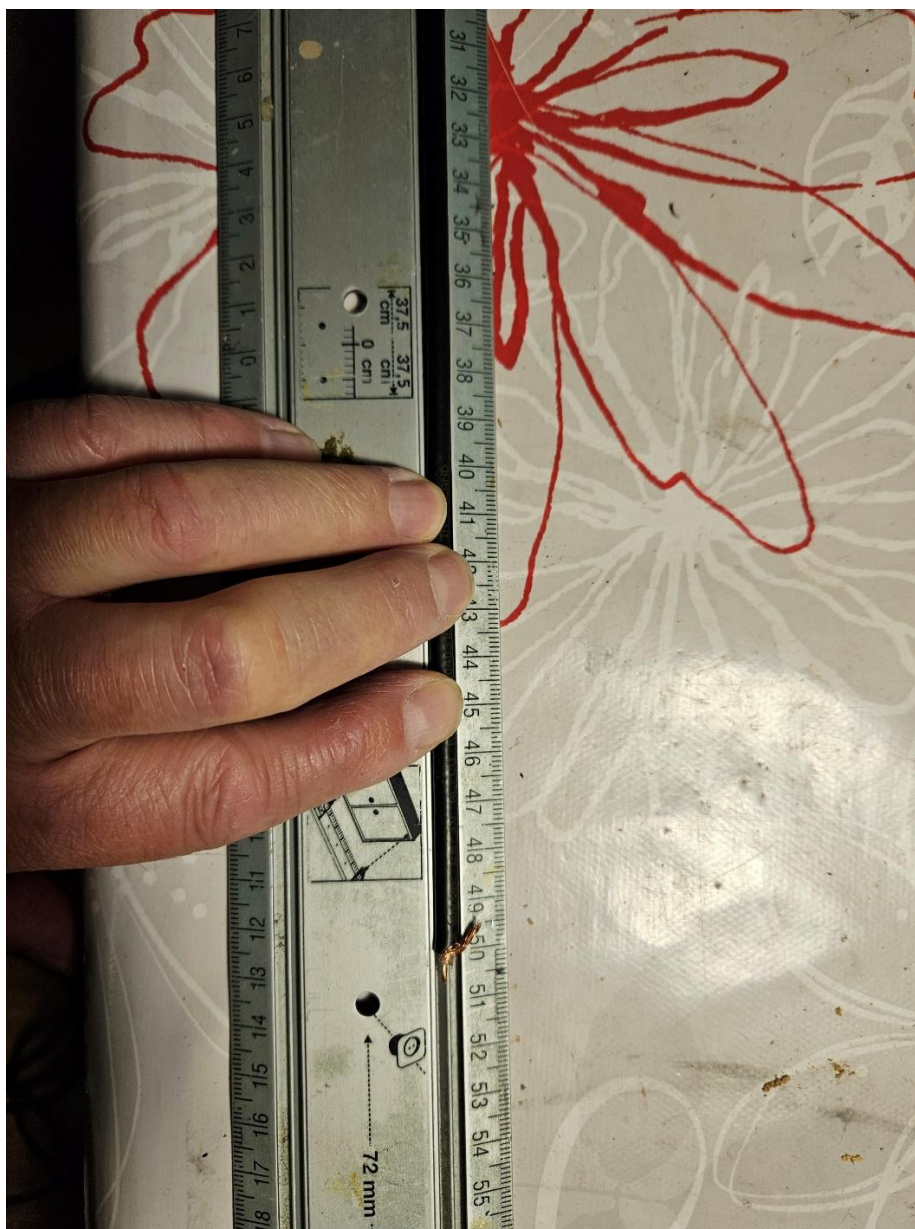
Do przetestowania metody celowo użyłem cewek powietrznych o sporym odstępie zwojów, gdyż takie cewki mają najbardziej zbliżoną indukcyjność do wynikającej z geometrii, niezakłóconej przenikalnością rdzenia czy pojemności między zwojami.

W rzeczywistości cewka / dławik to dwójnik złożony z indukcyjności, pojemności, rezystancji szeregowej, równoległej. Analizator tego nie rozróżni i podaje wartości wypadkowe.

Tą samą metodą można mierzyć pojemność kondensatorów np. takich specjalnych wykonanych we własnym zakresie.

Dokonałem pomiarów pojemności kabla koncentrycznego, który miałem pod ręką i z którego chciałem wykonać trap do anteny.

Najpierw odmierzyłem bardzo dokładnie metr przewodu i przyciąłem ekran, dokładnie do tej długości, aby zmierzyć pojemność na metr długości.

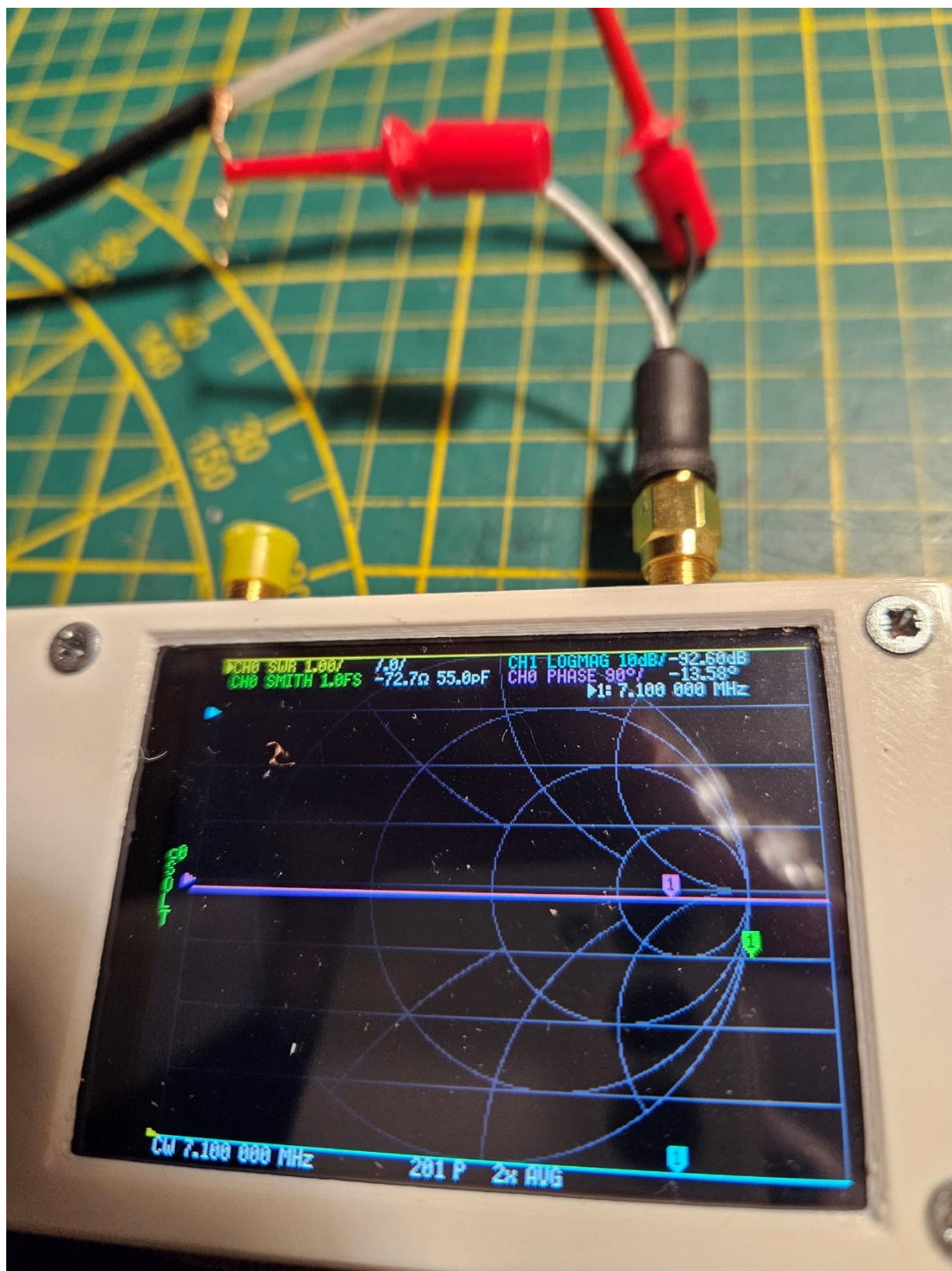


Nie miałem tak długiej linijki, więc pomiar musiałem zrobić dla każdej z połówek.

Zmierzyłem pojemność wyprostowanego odcinka kabla za pomocą LC-200A.



Następnie pomiar za pomocą NanoVNA metodą wykresu Smitha dla 7MHz – częstotliwości przewidzianej dla trapa. Wyniki dość zbliżone.



Próbowałem z tego półmetrowego odcinka nawinąć cewkę o rezonansie na 7.1MHz, ale było to trudne do wykonania – zbyt krótki odcinek. Zastosowanie dłuższego odcinka dało by inną pojemność niż przewidziana dla trapów anteny W3DZZ.

Do pomiarów częstotliwości rezonansowej użyłem zatem innego trapa, który służył w „wędkowej” antenie używanej niegdyś w samochodzie kempingowym.

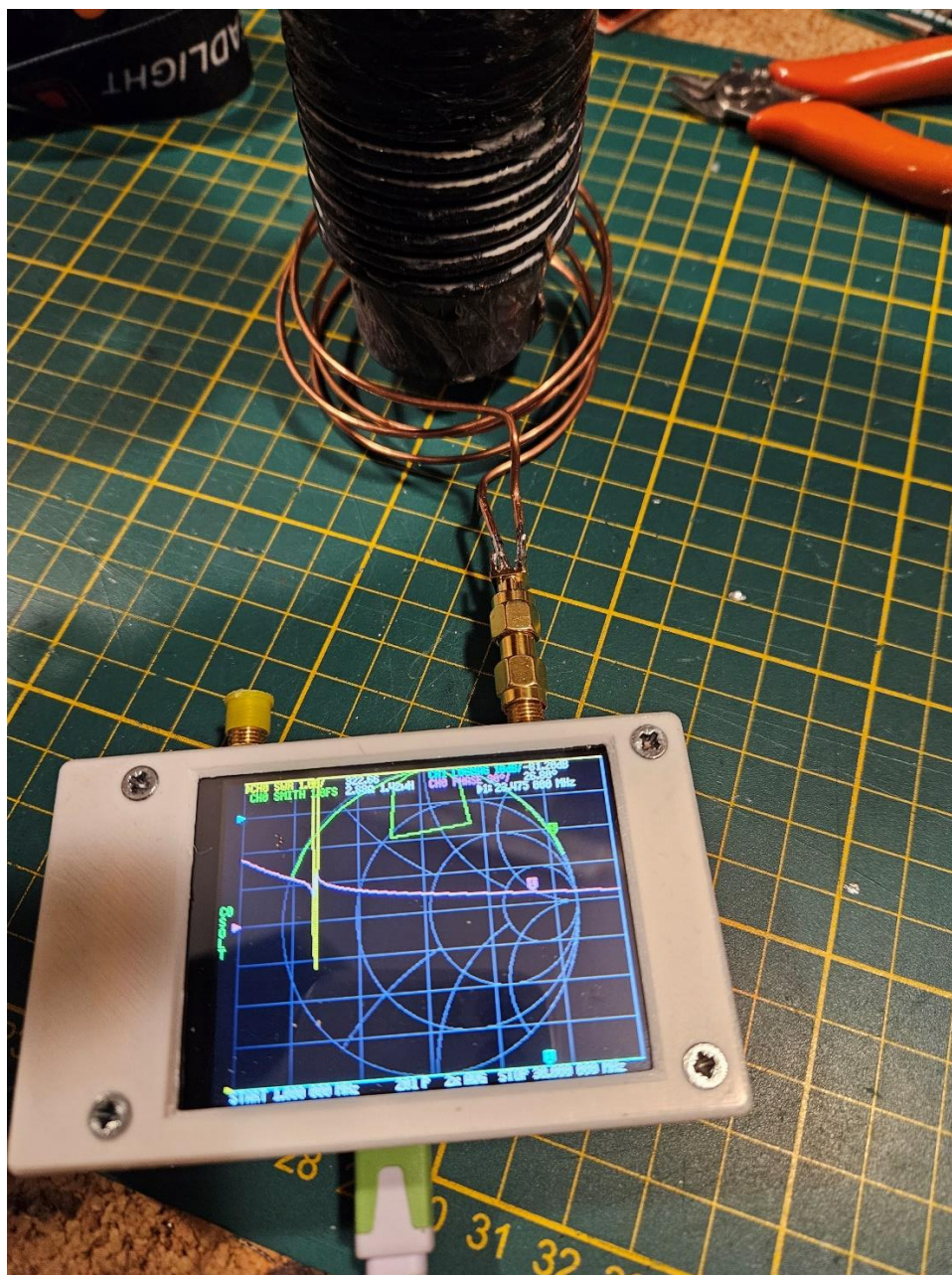
Pomiary częstotliwości rezonansowej metodą GDO za pomocą NanoVNA

Dla przetestowania tej metody wykonałem dwa sprzęgacze indukcyjne widoczne na zdjęciach.

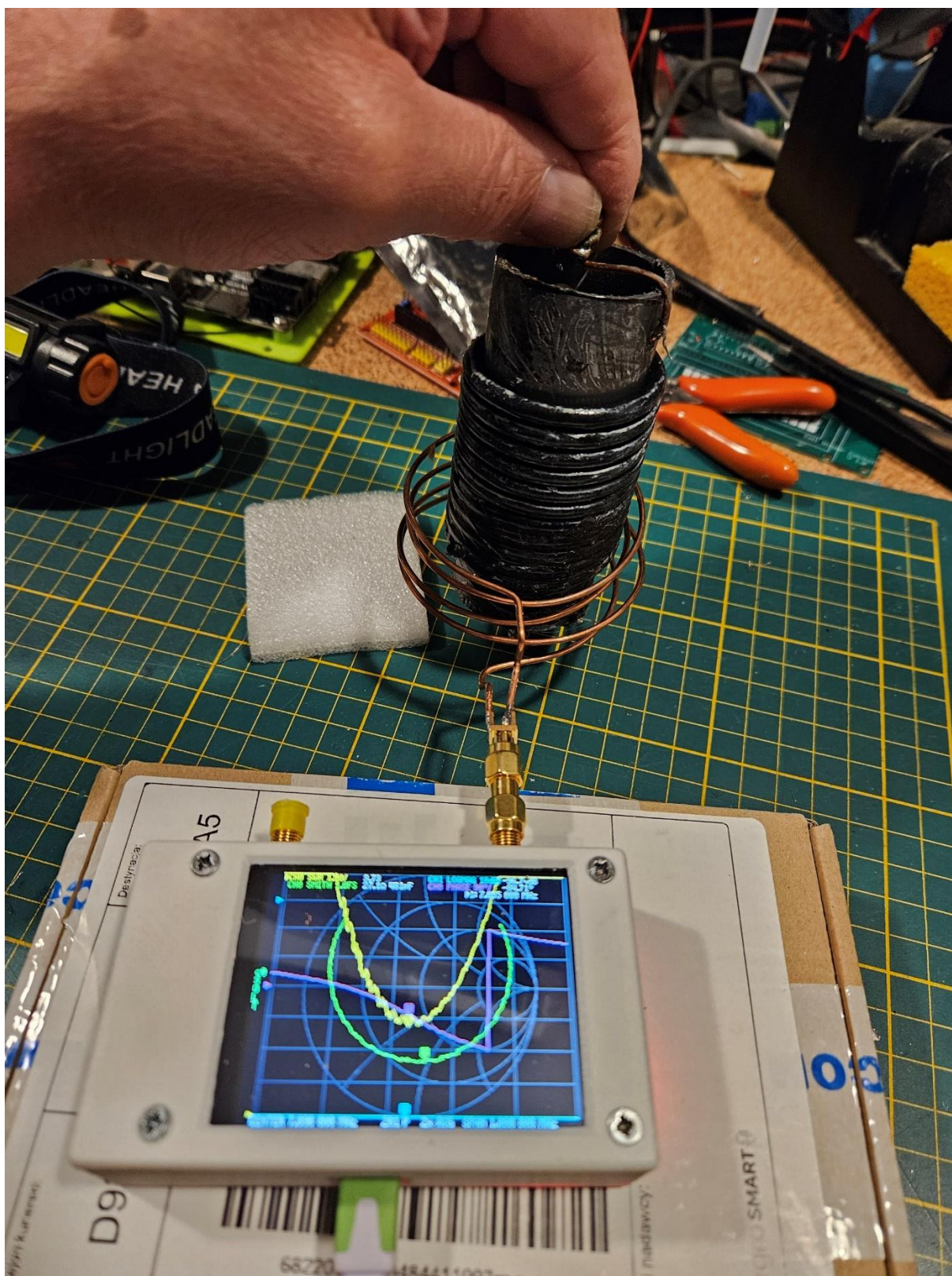
Jeden dla dużych obwodów (np. trapy). Nawinałem 4 zwoje na puszcze od groszku, drugi mniejszy o średnicy ok 20mm, nawiniętym na rurce PCW, do mniejszych elementów.

Duży sprzęgacz daje tak silne sprzężenie, że można badać trapy przy standardowych ustawieniach pomiarów SWR stosowanych dla anten.

Widać wyraźny dip dla częstotliwości rezonansowej. Badamy częstotliwość przy pomocy kursora i wykonujemy dokładniejszy pomiar dla zawężonego zakresu częstotliwości.

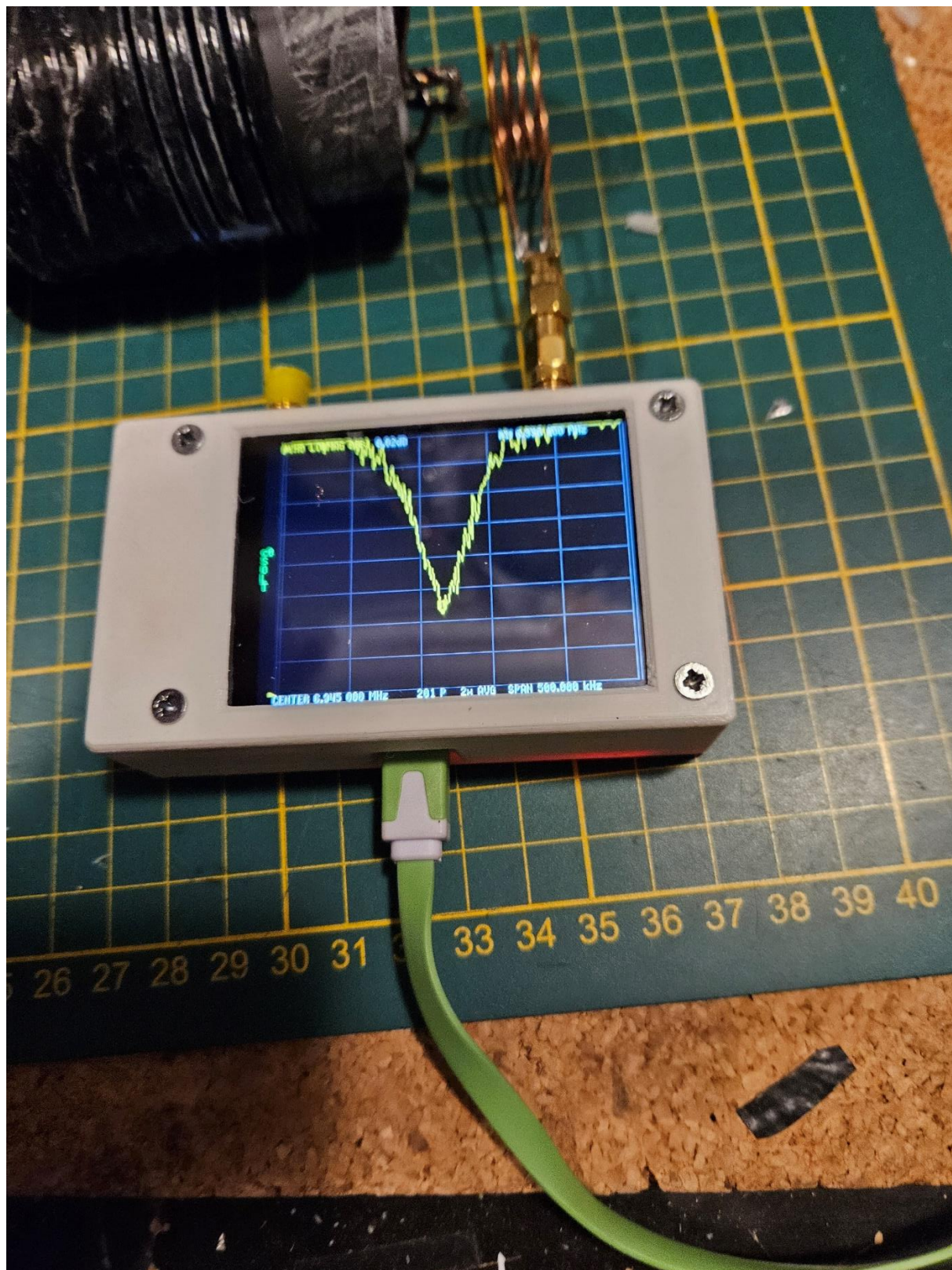


Warto ustawić marker w tryb poszukiwania minimum i tracking.



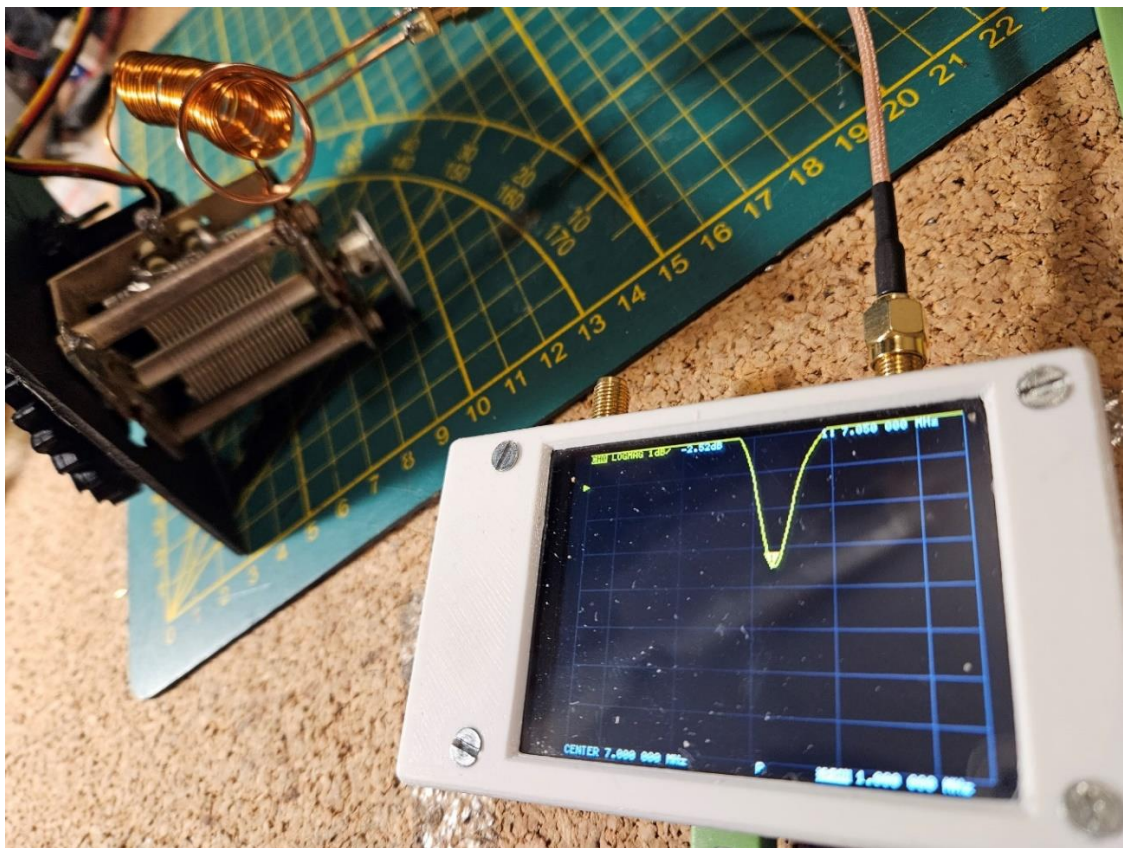
Badanie mniejszym sprzęgaczem jest nieco trudniejsze. Należy przestawić display – format na logmag i ustawić skalę na 0.02dB i reference point, tak aby wykres mieścił się na ekranie.

U mnie była to wartość 3, dla trądu. Trzeba to dobrać tak, aby móc badać dip. Trochę trzęsła mi się ręka – wynik wyszedł 6.945MHz. Nieco niżej niż poprzednią metodą, gdyż wpływ sprzęgacza tutaj jest dużo mniejszy.



Sprzęgacz nie musi być bezpośrednio włączony do analizatora. Można użyć odcinek kabla z wyposażenia analizatora. Nie wpływa to znacząco na odczyt częstotliwości rezonansowej, natomiast przy pomiarach L/C sugerował bym wpięcie bezpośrednio w gniazdo.

I jeszcze pomiar innego obwodu.



Najlepiej to widzieć na filmikach:



<https://youtube.com/shorts/bmaMv9B3wIo?feature=share>
Marcin SP5IOU NanoVNA jako GDO. Mały sprzęgacz



<https://youtube.com/shorts/QWSj6L8yArE?feature=share>
Marcin SP5IOU NanoVNA jako GDO Duży sprzęgacz.

I jeszcze z ostatniej chwili.

Znalazłem video na YT kol. VE6WO, pokazujące tę samą metodę pomiarów L/C i usłyszałem dość przekonującą uwagę.

Częstotliwość pomiaru L lub C powinna być najdokładniejsza, gdy impedancja charakterystyczna mierzonego elementu będzie bliska impedancji na jaką optymalizowany jest mostek w VNA czyli 50 omów. Zatem pomiar najlepiej robić dla częstotliwości punktu wykresu Smitha dokładnie nad lub pod środkiem wykresu, ale jak wspominałem, wcześniej gdy wykres jest dokładnym okręgiem, wyliczona indukcyjność lub pojemność będzie mało zależna od częstotliwości.

Życzę udanych pomiarów i powstałych konstrukcji.

Czerwiec 2024, (((73))) Marcin SP5IOU