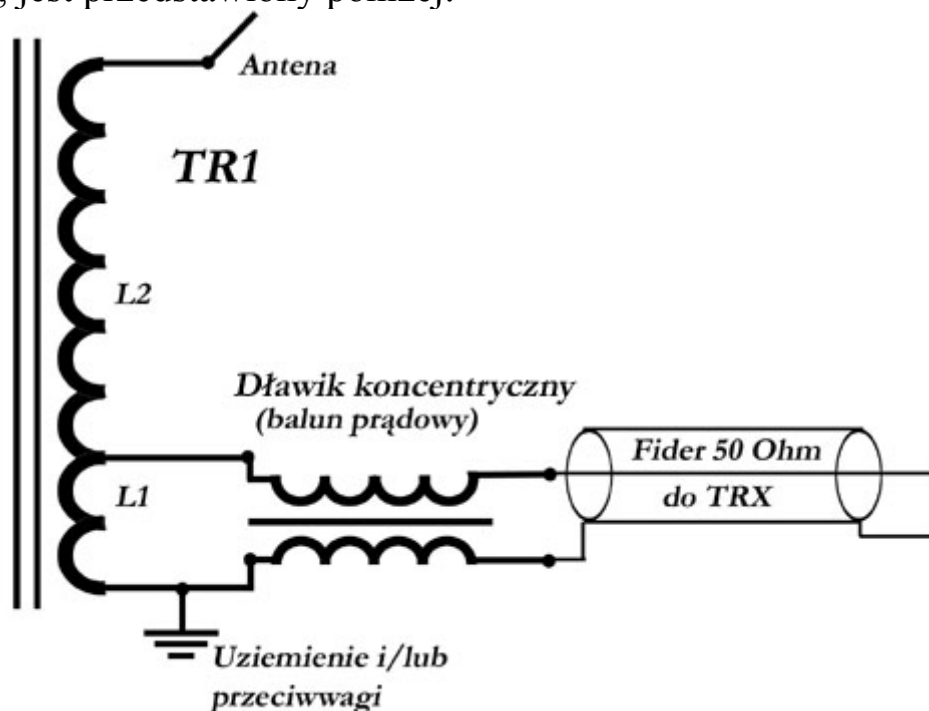


Nowe ferryty otwierają nowe możliwości.

Swoimi projektami do swobodnego wykorzystania w konstrukcjach amatorskich, podzielić się z Wami chce Tomek SQ2RGB.

Od pewnego czasu na rynku są dostępne ferrytowe rdzenie rurkowe Ferroxcube CST 26/13/29 – 4S2, na których można wykonać wysokiej jakości transformatory dopasowujące do praktycznie każdego typu anteny drutowej stosowanej przez krótkofalowców w pasmach HF oraz niskich VHF. Ponieważ wykonałem wiele konstrukcji transformatorów opartych na różnych rdzeniach ferrytowych, a ww. bardzo pozytywnie mnie zaskoczyły, postanowiłem podzielić się tymi informacjami z kolegami. Prawie wszystkie opisane konstrukcje zostały zaprojektowane przeze mnie, wszystkie wykonałem i pomierzyłem, zatem każdy, kto je wykona wg zamieszczonego opisu, powinien spodziewać się otrzymania podzespołu o takich samych parametrach. Na początek o samym rdzeniu – wymiary: wysokość-29mm, średnica zewnętrzna - 26mm, średnica wewnętrzna 13mm. Przenikalność dla materiału 4S2 - u850, z czego wynika AL3300 (dla pojedynczej rurki). Ponieważ używane będą dwie rurki w układzie lornetki – AL=6600. Z mojego doświadczenia wynika, że reaktancja XL uzwojenia wzbudzającego nie powinna być mniejsza niż 6x impedancji zasilającej. Oznacza to, że indukcyjność tego uzwojenia dla najniższej używanej częstotliwości 1,8 MHz i 50 Ohm linii zasilającej powinna być większa niż 26uH (reaktancja XL 300 Ohm). Warunek ten na styk spełnimy przy dwóch uzwojeniach. Przekrój kolumny środkowej takiego podwójnego układu wynosi 377mm², co oznacza, że jest 2,3 razy większa niż Amidona FT240 (przeniesienie mocy 500W PEP nie stanowi problemu dla tej pary rurek). Podstawowym schematem autotransformatora (TR1) dla anten asymetrycznych (Long Wire; Grund Plane), różniącym się tylko ilościami zwojów zależnym od potrzebnego przełożenia, jest przedstawiony poniżej:



Dla tego typu transformatora przełożenie możemy zwiększać co połowę uzwojenia wtórnego ($L_2=0,5$), co oznacza, że najmniejsze przełożenie przy 3 zwojach uzwojenia pierwotnego ($L_1=3$) wynosi 1:1,36 impedancji, co oznacza 50:68 Ohm, obliczane wg wzoru - $[\{ \text{suma uzwojeń } L_1+L_2 (3+0,5) / \text{uzwojenie pierwotne } L_1 (3) \}]^2$ podniesione do kwadratu (1,36) * impedancja zasilająca (50 Ohm) = $\{1,36*50\} = 68$.

Przyjmując SWR transformatora nie większy niż 1,35 dla częstotliwości 28,5 MHz, największym uzyskanym przełożeniem impedancji jest 1:20 ($L_1=2\text{zw}$ $L_2=7\text{zw}$), co oznacza 50:1000 Ohm [jest to trudny (lub niemożliwy) do osiągnięcia parametr przy tradycyjnych konstrukcjach na pojedynczym toroidzie]

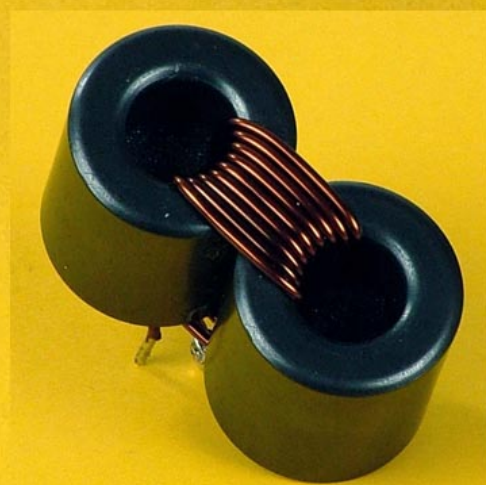
Autotransformator do anten asymetrycznych

wyk 1:20 50/1000 Ohm

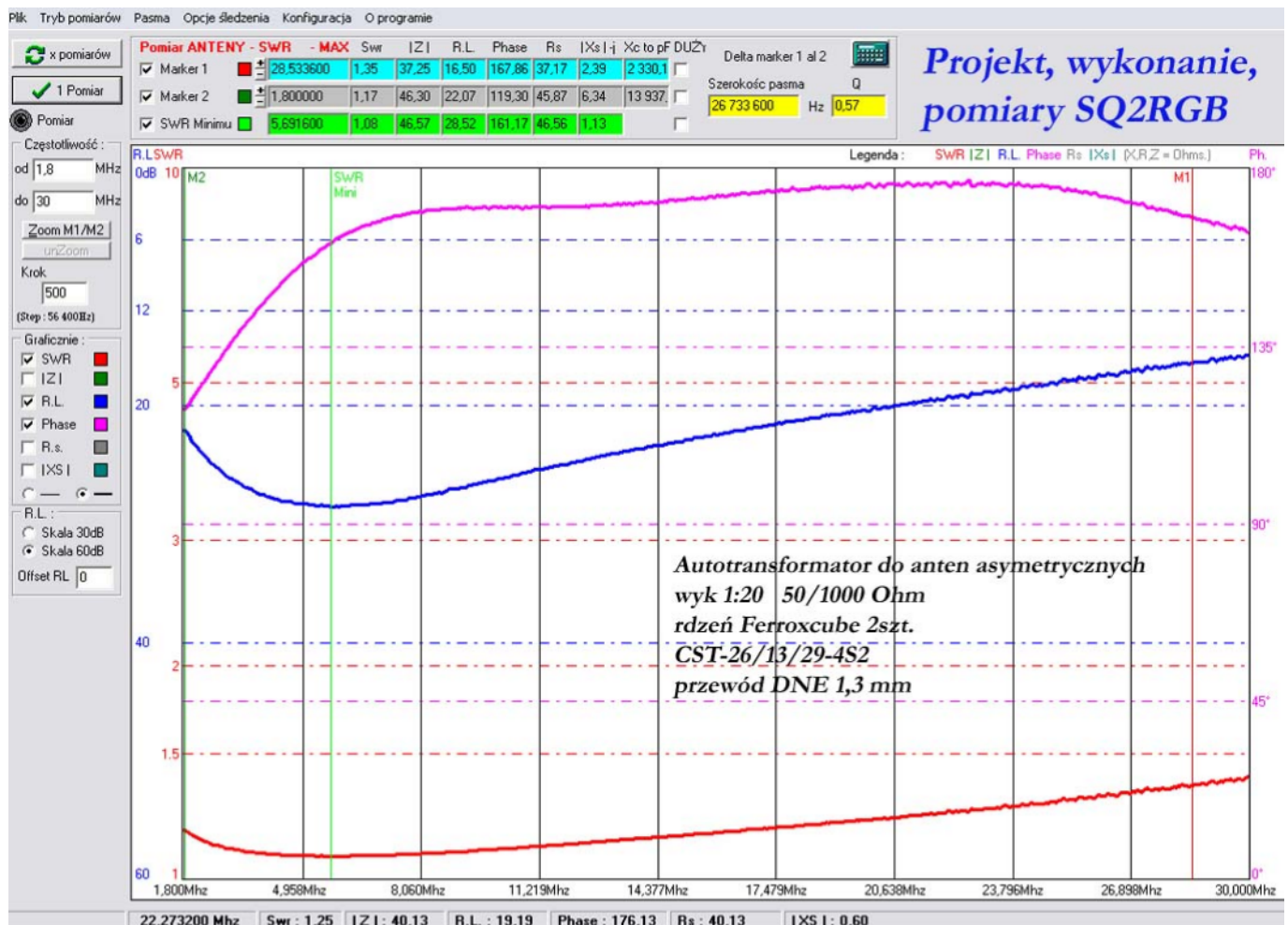
rdzeń Ferroxcube 2szt.

CST-26/13/29-4S2

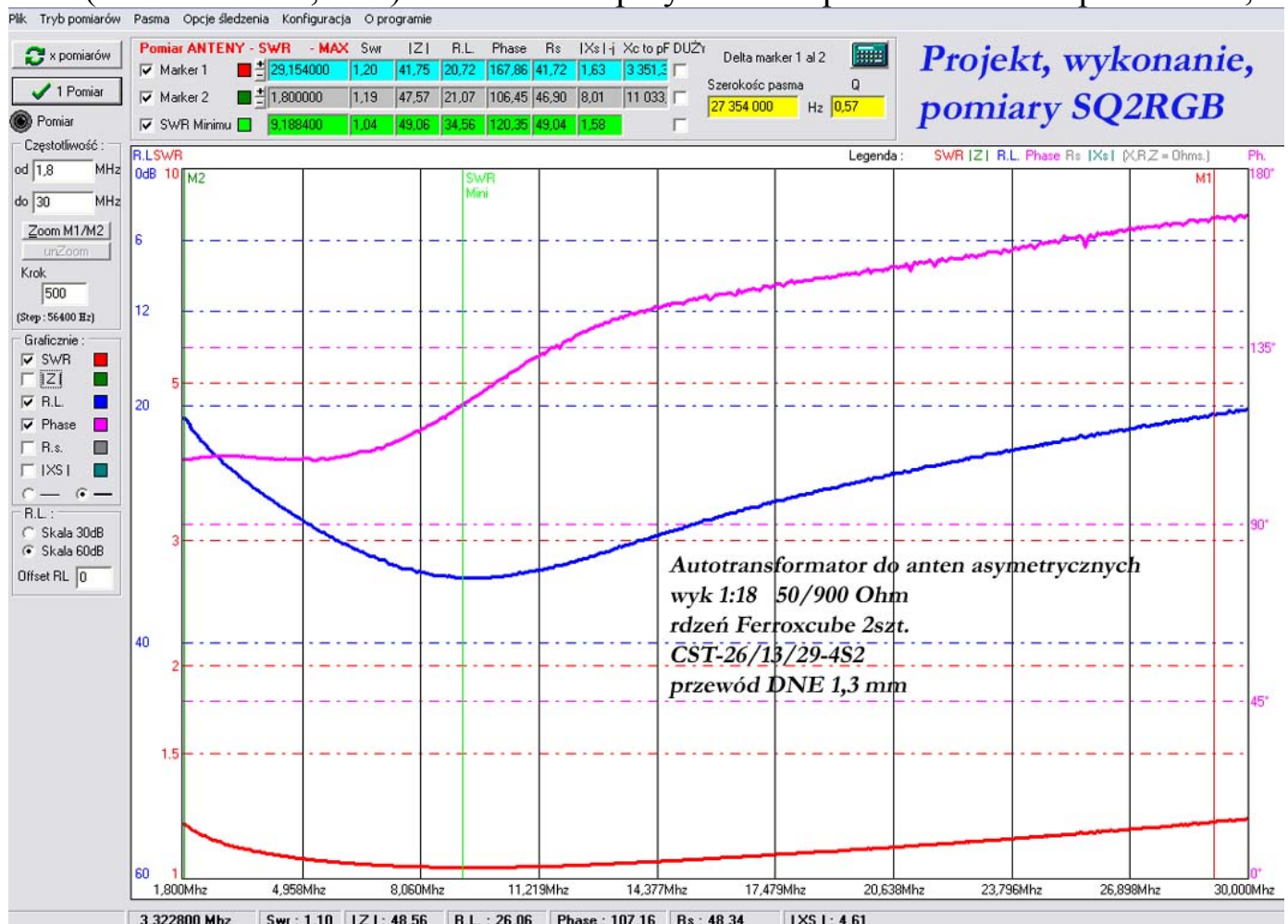
przewód DNE Ø 1,3 mm



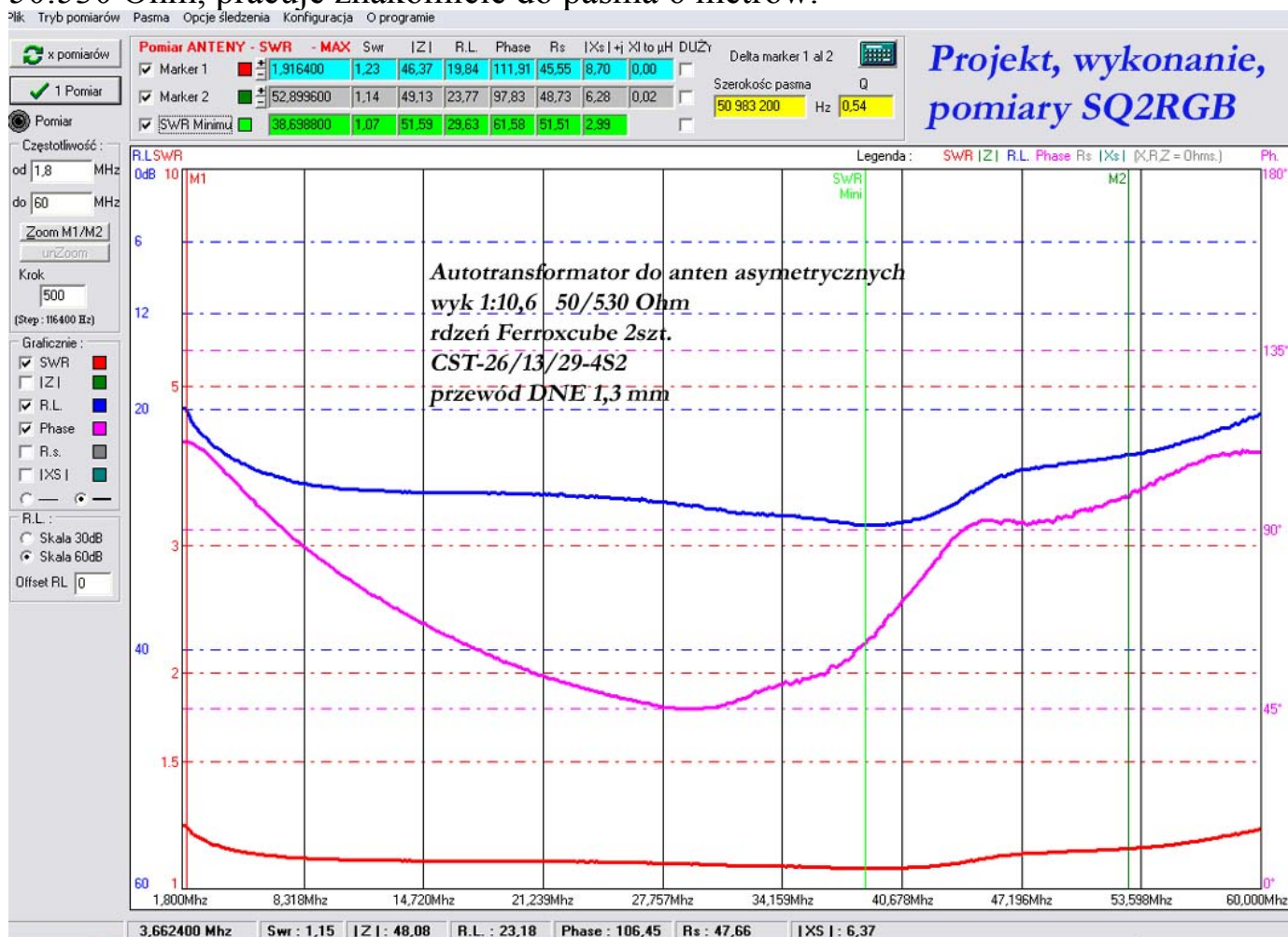
***Projekt, wykonanie,
pomiar SQ2RGB***



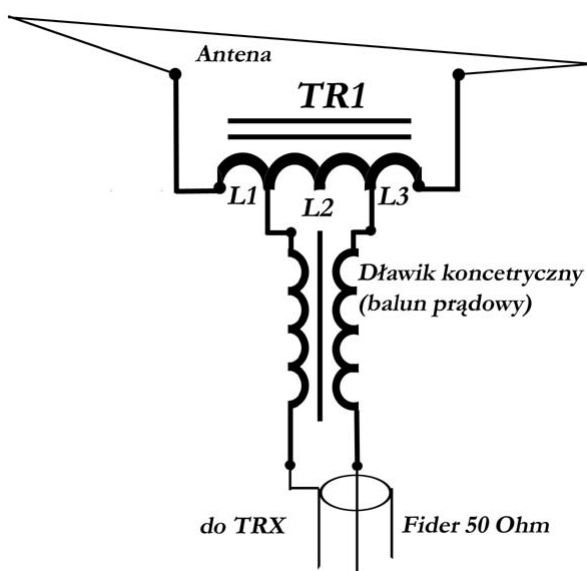
Przy mniejszych przełożeniach parametry są jeszcze lepsze, dla przykładu: transformator 1:18 (L1=2zw L2=6,5zw) 50:900 Ohm przy 29 MHz posiada SWR na poziomie 1,20.



A w bardzo popularnych okolicach przełożenia 1:10 (1:10,6) ($L1=2zw$ $L2=4,5zw$) 50:530 Ohm, pracuje znakomicie do pasma 6 metrów.



Dla anten symetrycznych (np. Delta, Kwadrat, T2FD, przejść z linii koncentrycznej na symetryczną – ponieważ transformator ma właściwości symetryzujące) pierwotne uzwojenie zasilające autotransformator musi się znajdować pomiędzy uzwojeniami wtórnymi, co oznacza, że dla pełnej symetrii przełożenie możemy zwiększać co jeden zwoj $L1=L3$ (co połowę z każdej strony). Operując jednak ilością zwojów uzwojenia pierwotnego $L2= (2; 2,5; 3)$, możemy zbliżyć się do praktycznie każdej potrzebnej impedancji anteny.



Autotransformator do anten symetrycznych

wyk 1:2,8 50/138 Ohm

rdzeń Ferroxcube 2szt.

CST-26/13/29-4S2

przewód DNE $\varnothing$ 1,3 mm

$L1=1zw$

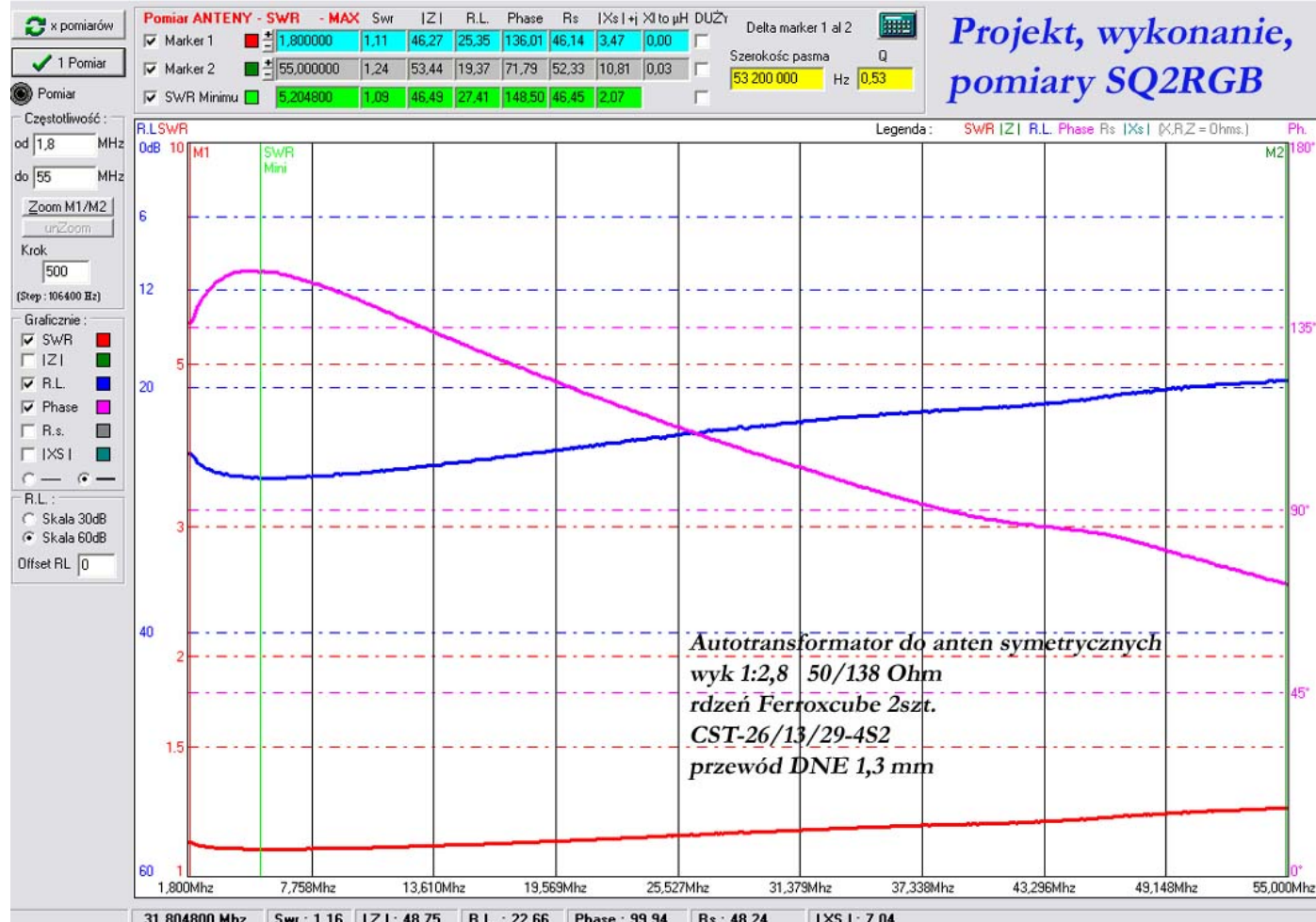
$L2=3zw$

$L3=1zw$



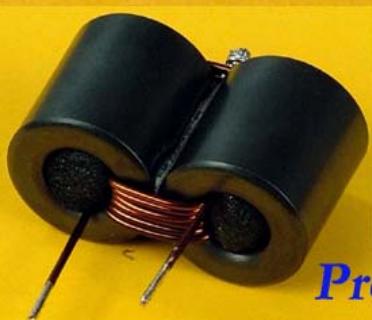
Projekt, wykonanie,
pomiar SQ2RGB

Plk Tryb pomiarów Pasma Opcje śledzenia Konfiguracja O programie



Omówmy również przypadek zasilania anten nie w pełni symetrycznych, czyli wszelkich WINDOMÓW – FD3 ; FD4; OCF itp. Oprócz przełożenia w szerokim zakresie, które możemy zrealizować dzięki tak skonstruowanemu transformatorowi, możemy również bez zmiany przełożenia przesunąć punkt przyłączenia, dopasowując do występującej w antenie dla danej częstotliwości fazy prądu. Uzyskamy to przesuwając środek zasilania uzwojenia pierwotnego względem uzwojenia wtórnego bez zmiany ilości zwojów transformatora TR1 – podobnie jak przesunięcie podłączenia zasilania anteny, (I - transformator 1/7,1 50/355 Ohm - 8/3 zwojów L1= 2 zwoje uzw. wtórnego; L2= 3 zwoje uzw. pierwotnego; L3= 3 zwoje uzw. wtórnego) (II - transformator 1/6,2 50/312,5 Ohm - 5/2 zwojów L1= 1 zwój uzw. wtórnego; L2= 2 zwoje uzw. pierwotnego; L3= 2 zwoje uzw. wtórnego) (III- transformator 1/5,5 50/272 Ohm - 7/3 zwojów L1= 1,5 zwojów uzw. wtórnego; L2= 3 zwoje uzw. pierwotnego; L3= 2,5 zwojów uzw. wtórnego) (IV- transformator 1/4 50/200 Ohm - 6/3 zwojów L1= 1 zwój uzw. wtórnego; L2= 3 zwoje uzw. pierwotnego; L3= 2 zwoje uzw. wtórnego).

**Autotransformator do anten
niesymetrycznych typu WINDOM
wyk 1:5,5 50/272 Ohm
rdzeń Ferroxcube 2szt.
CST-26/13/29-4S2
przewód DNE Ø 1,3 mm**

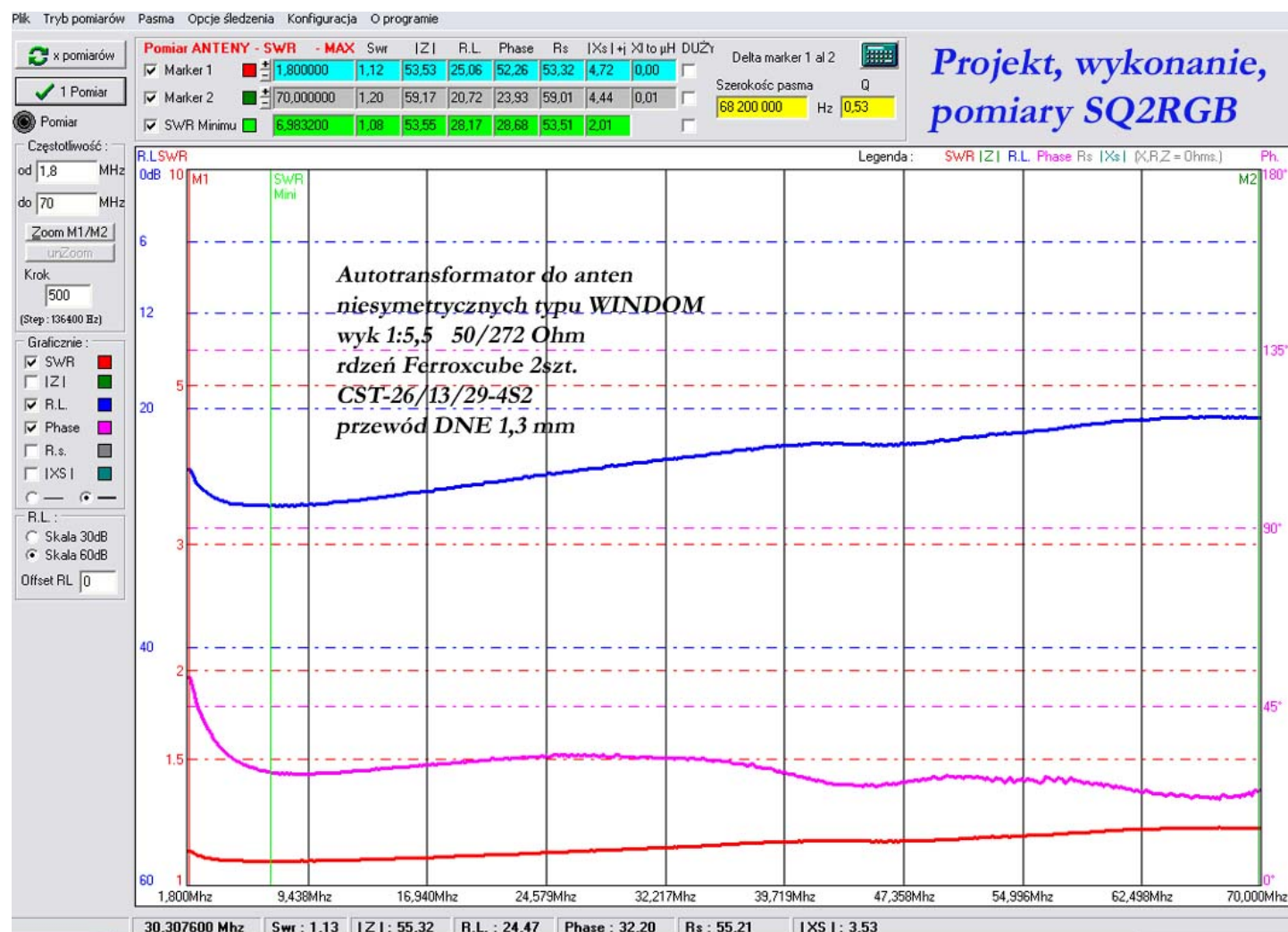


**Projekt, wykonanie,
pomiar SQ2RGB**

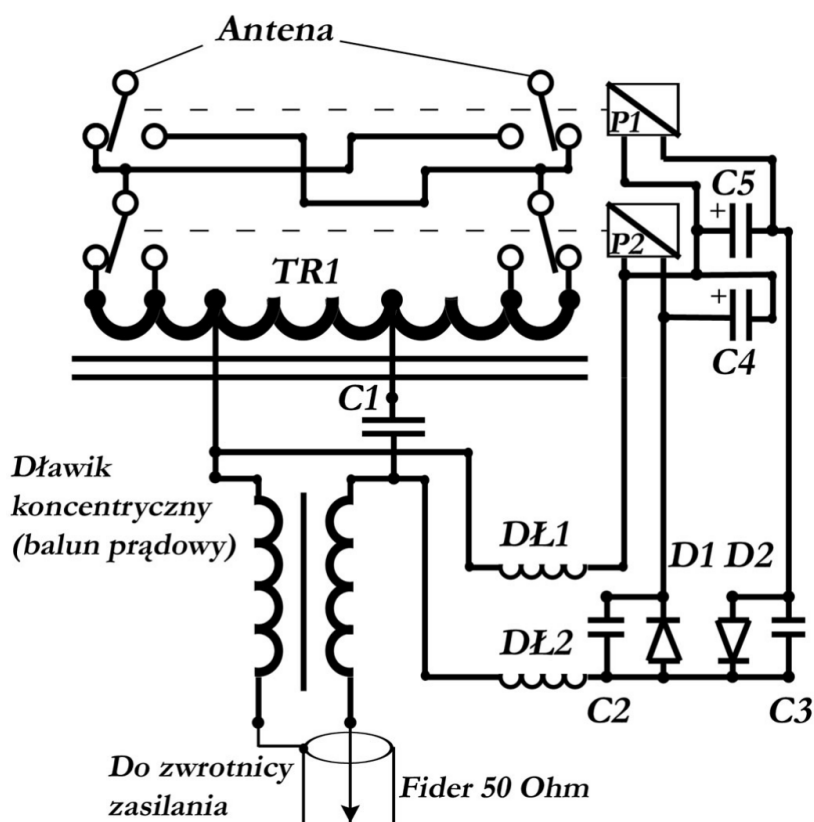


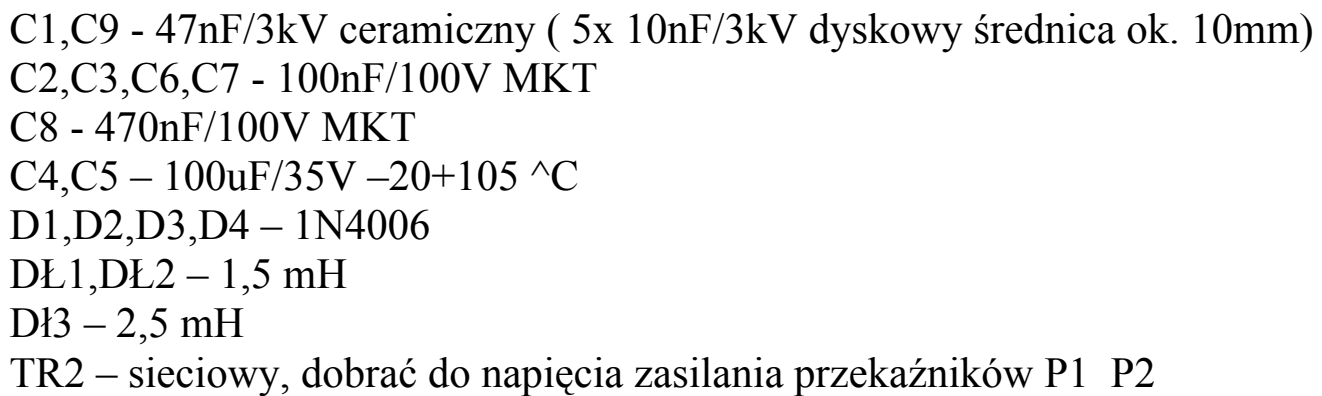
Moja analiza wskazuje, że przesunięcie takie powinno poprawić pracę anteny i zmniejszyć generowane zakłócenia wynikające z zasilania symetrycznej anteny niesymetrycznej. Z rozkładu prądu w antenie wynika, że stronę autotransformatora z większą ilością zwojów uzwojenia wtórnego łączymy z krótszym ramieniem anteny typu WINDOM. Niestety, to, co będzie dobre dla pasma 80 i 20 metrów, dla 40 i 10 już niekoniecznie (inne przesunięcie fazy prądu). Dodanie przekaźnika zamieniającego przyłączenie ramion anteny do autotransformatora załatwiłoby sprawę (zwiększałoby również możliwości anteny ze względu na zmianę charakterystyki jej pracy),

jednak jest pewnym utrudnieniem.

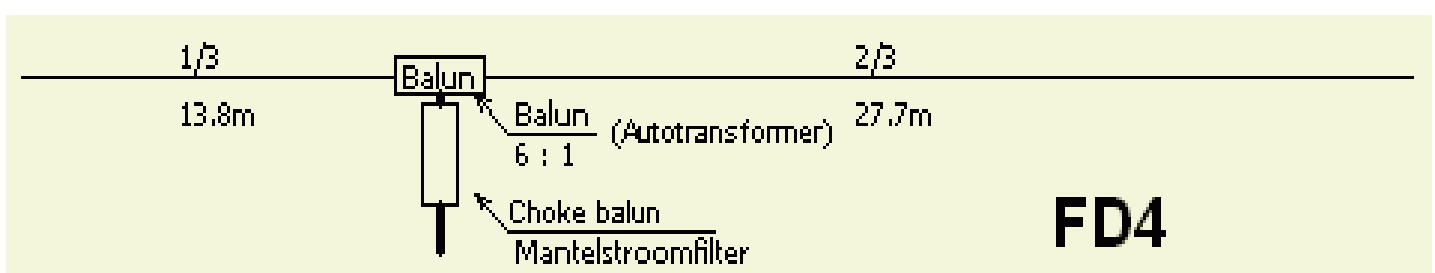
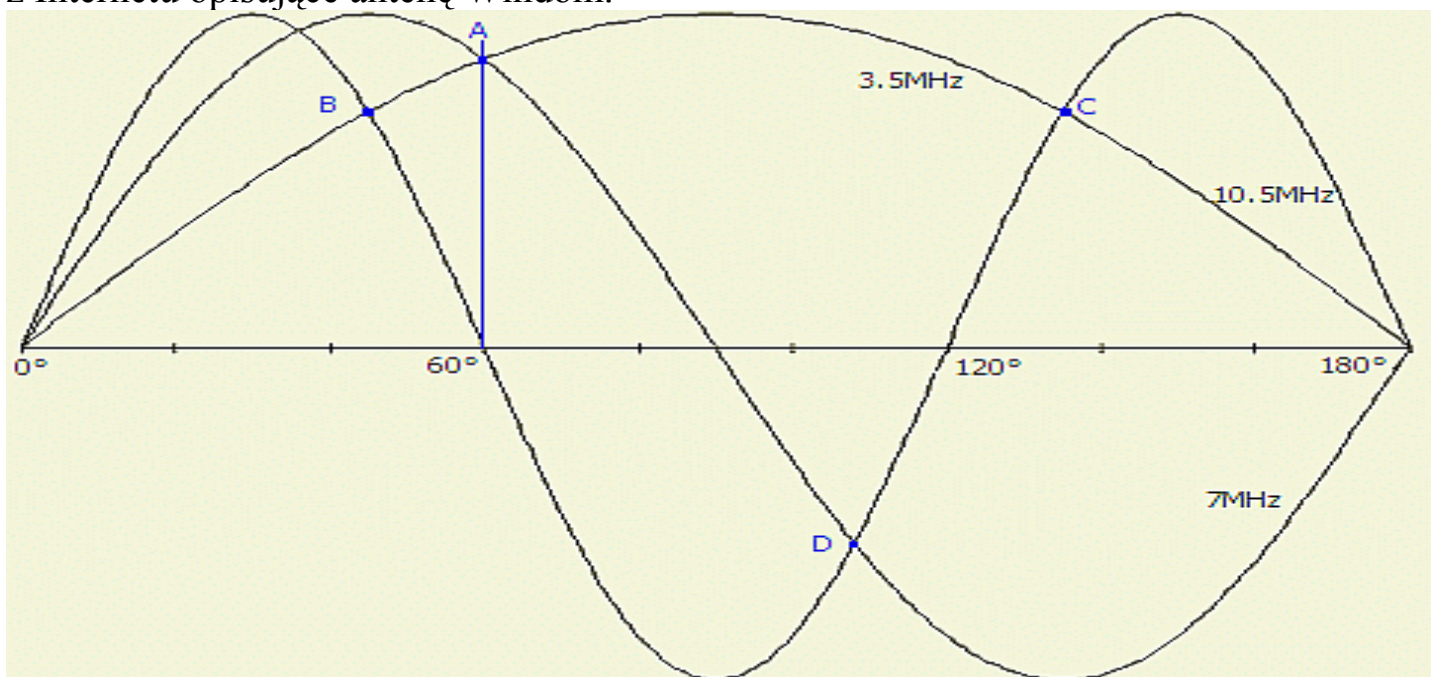


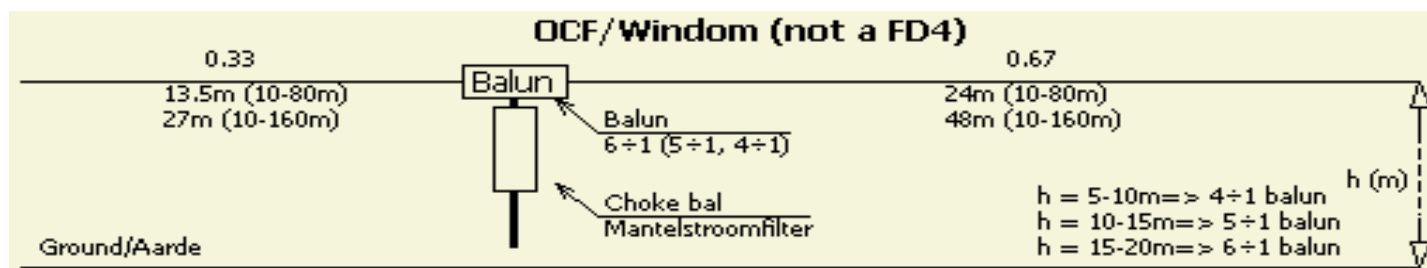
Dla tych co lubią majsterkować przykładowy schemat.





Moduł zapewnia przełączanie ramion, oraz niezależnie, przełożenie transformatora w dwóch wybranych opcjach (np. 50/200 i 50/355 Ohm). Poniżej informacje zaczerpnięte z Internetu opisujące antenę Windom.





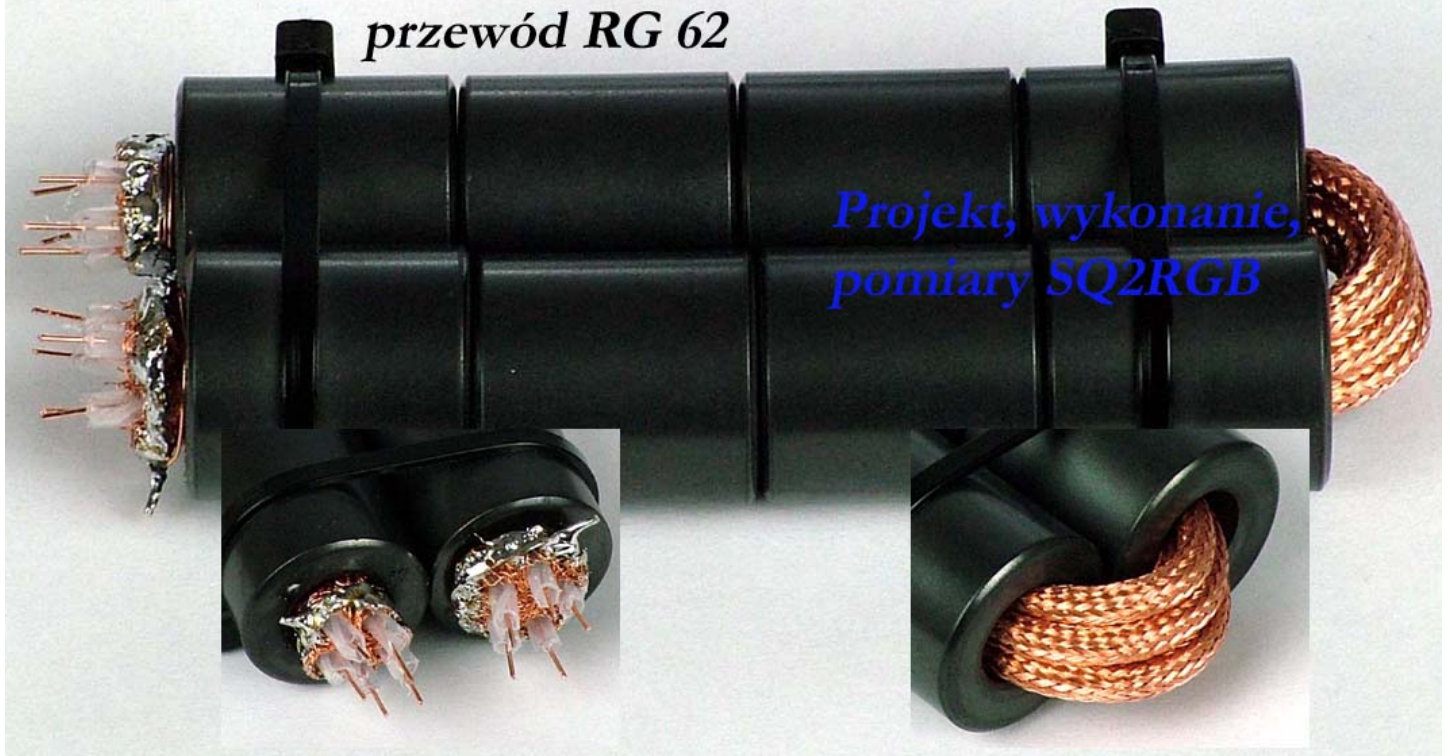
Na zakończenie informacje technologiczne – transformatory do prawidłowej pracy potrzebują silnego sprzężenia pomiędzy kolejnymi uzwojeniami transformatora (większość energii jest przenoszona za pośrednictwem pola elektrycznego pomiędzy przewodami), dlatego przewody są tylko w izolacji emaliowanej (dla wyższych mocy dobre będą przewody w izolacji DN2E), wymaga to dokładnego usunięcia wszelkich zadziorów i ostrych krawędzi z rdzenia, aby nie uszkodzić delikatnej emalii (same rdzenie prądu nie przewodzą). Bez pracy płótnem ściernym niestety się nie obejdzie (jest wskazane dodatkowo nawinięcie warstwy izolacyjnej na rdzeń pod przewody nawojowe – teflon, PCV). Przed nawinięciem wygodnie jest skleić rdzenie ze sobą, np. ULTRA GLUE. Aby uzwojenia ładnie się układały, nawijanie zawsze rozpoczynamy od matematycznego uzwojenia środkowego, nawijamy jednocześnie dwoma końcami przewodu. Trzeba użyć trochę siły i jednocześnie ostrożności, aby dobrze naciągnąć przewody i nie zniszczyć emalii. Wybór przewodu DNE - średnica 1,3mm nie był przypadkowy. Jest na tyle gruby, że wnoszone przezeń straty są minimalne, a jeszcze na tyle cienki, że można nim ręcznie i przy pomocy podstawowych narzędzi operować.

Trochę inaczej należy zbudować transformator, kiedy potrzebujemy mieć galwaniczną separację pomiędzy uzwojeniami pierwotnym i wtórnym (np. kiedy antena oraz masy /uziemia /przeciwwagi muszą być odseparowane od TRX). Tutaj również wspaniale sprawdzają się rdzenie rurkowe. Wadą tego rozwiązania jest czterokrotnie większa ilość rdzeni potrzebnych do realizacji transformatora (tutaj również reaktancja XL powinna wynosić ponad 6 razy impedancję zasilającą). Ponieważ sprzężenie odbywa się za pośrednictwem linii długich (koncentrycznych), ich długość ma również bezpośrednie znaczenia dla najniższej oraz najwyższej przenoszonej częstotliwości. Ze względu na konstrukcję nie można uzyskać tak dużo możliwości przełożeń takiego transformatora jak poprzednio opisanego. Możliwe jest 1:4 ; 1:9 ; 1:16 ; 1:25 itd. oraz odwrócenia, czyli 4:1 ; 9:1 ; 16:1 ; 25:1 itd. (w przypadku transformacji w dół transformator może być mniejszy i tym samym bardziej szerokopasmowy). Oczywiście ze wzrostem przełożenia pogarszają się parametry szerokopasmowości od strony wysokich częstotliwości. Dla całego zakresu fal 160-6m uzyskałem dobre parametry do przełożenia 1:9, jeżeli transformator ma pracować tylko do pasma 7 MHz, możliwe jest 1:25. Przełożenie 1:16 dobrze pracuje do pasma 18 MHz.

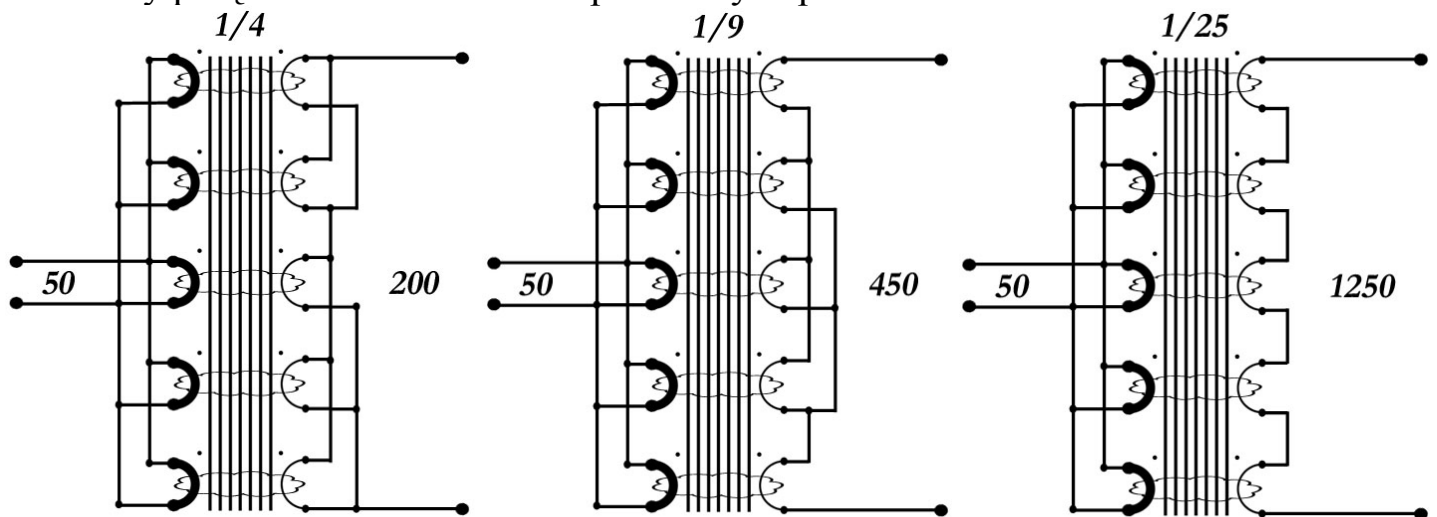
Większe przełożenia dla wyższych częstotliwości są możliwe, jeżeli zrezygnujemy z dolnego pasma 1,8 MHz i tym samym zmniejszymy się długość linii w transformatorze.

*Transformator izolowany
wyk 1:25 50/1250 Ohm
rdzeń Ferroxcube 8szt.
CST-26/13/29-4S2
przewód RG 62*

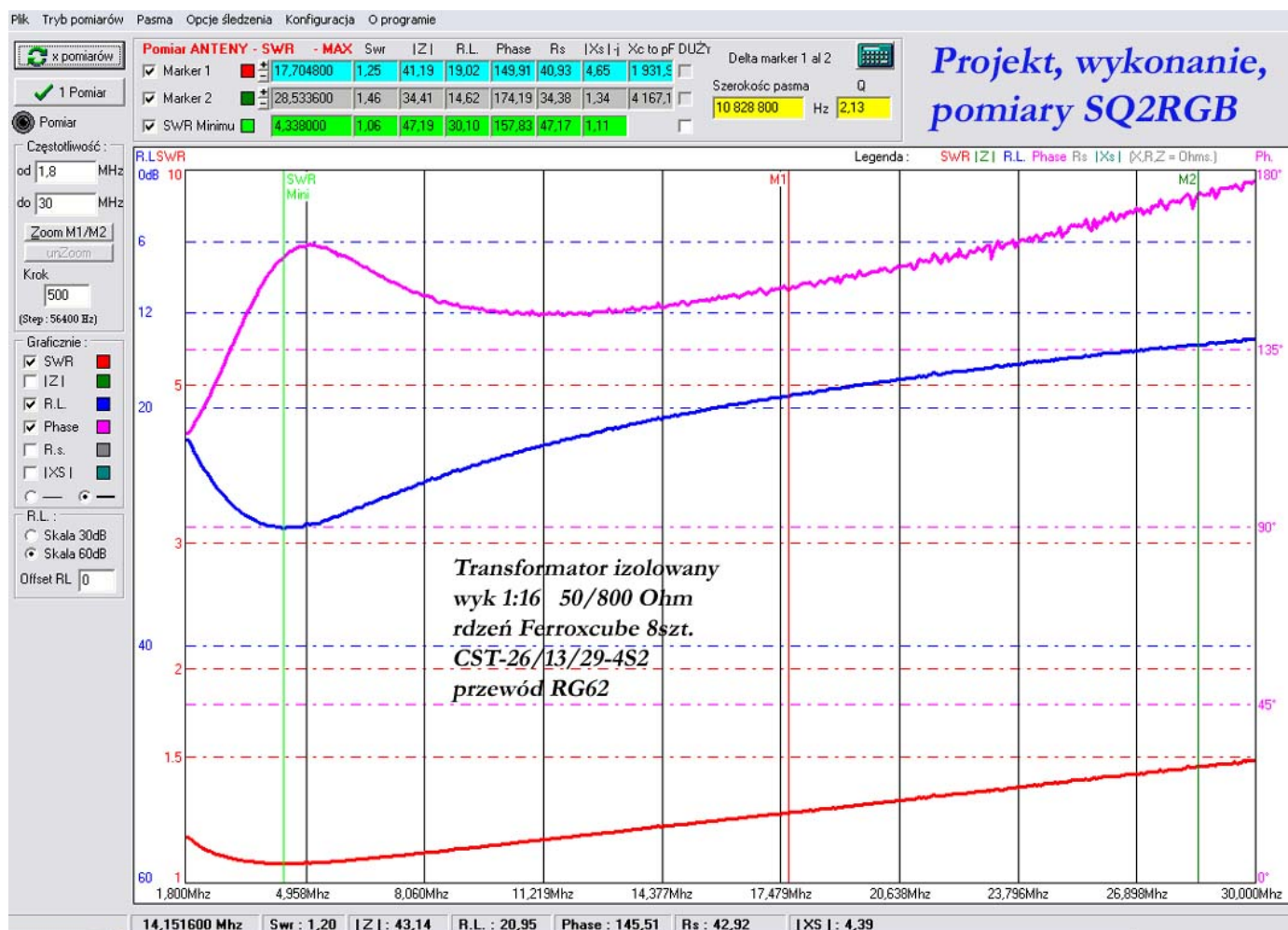
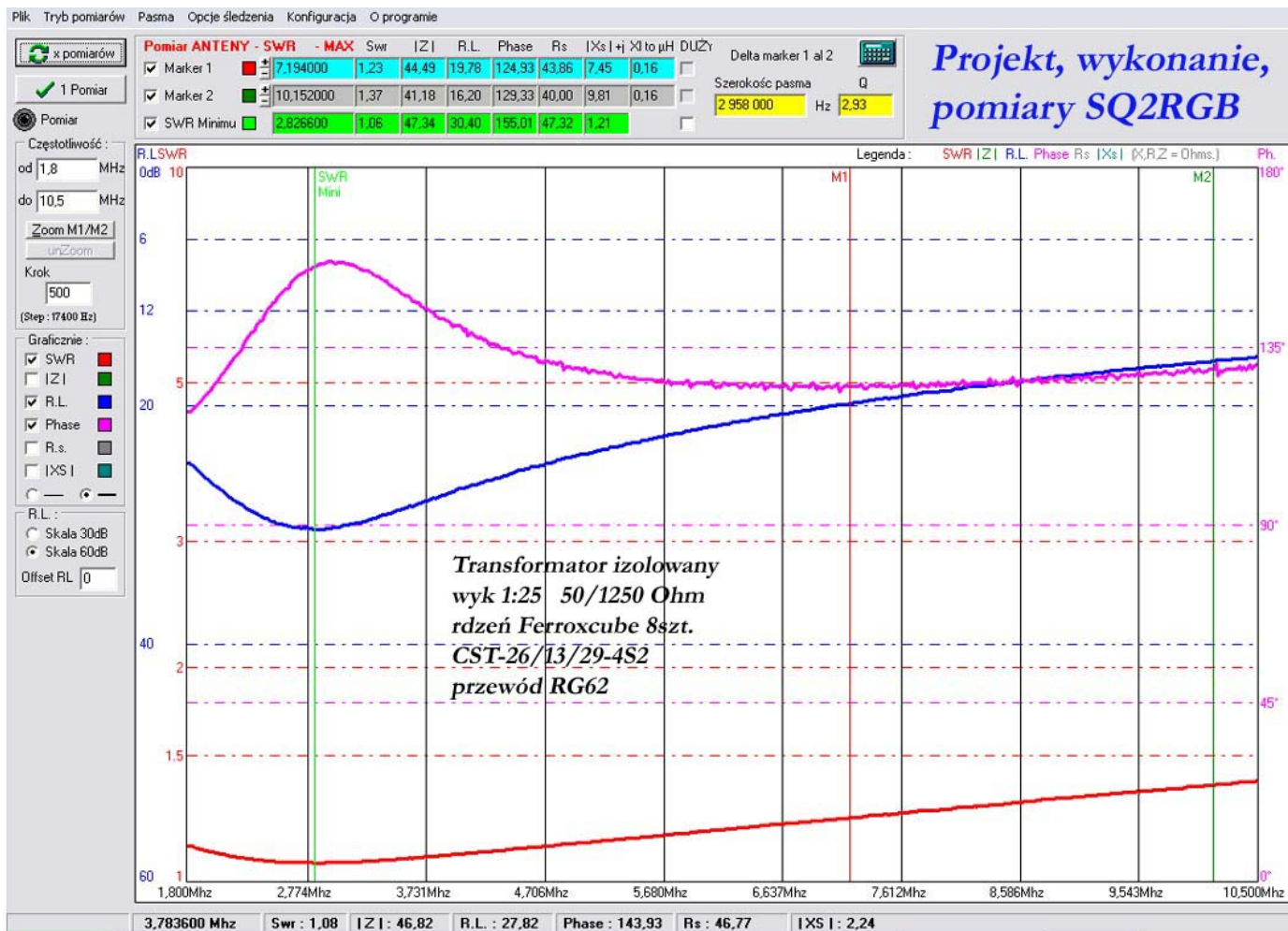
*Projekt, wykonanie,
pomiar SQ2RGB*

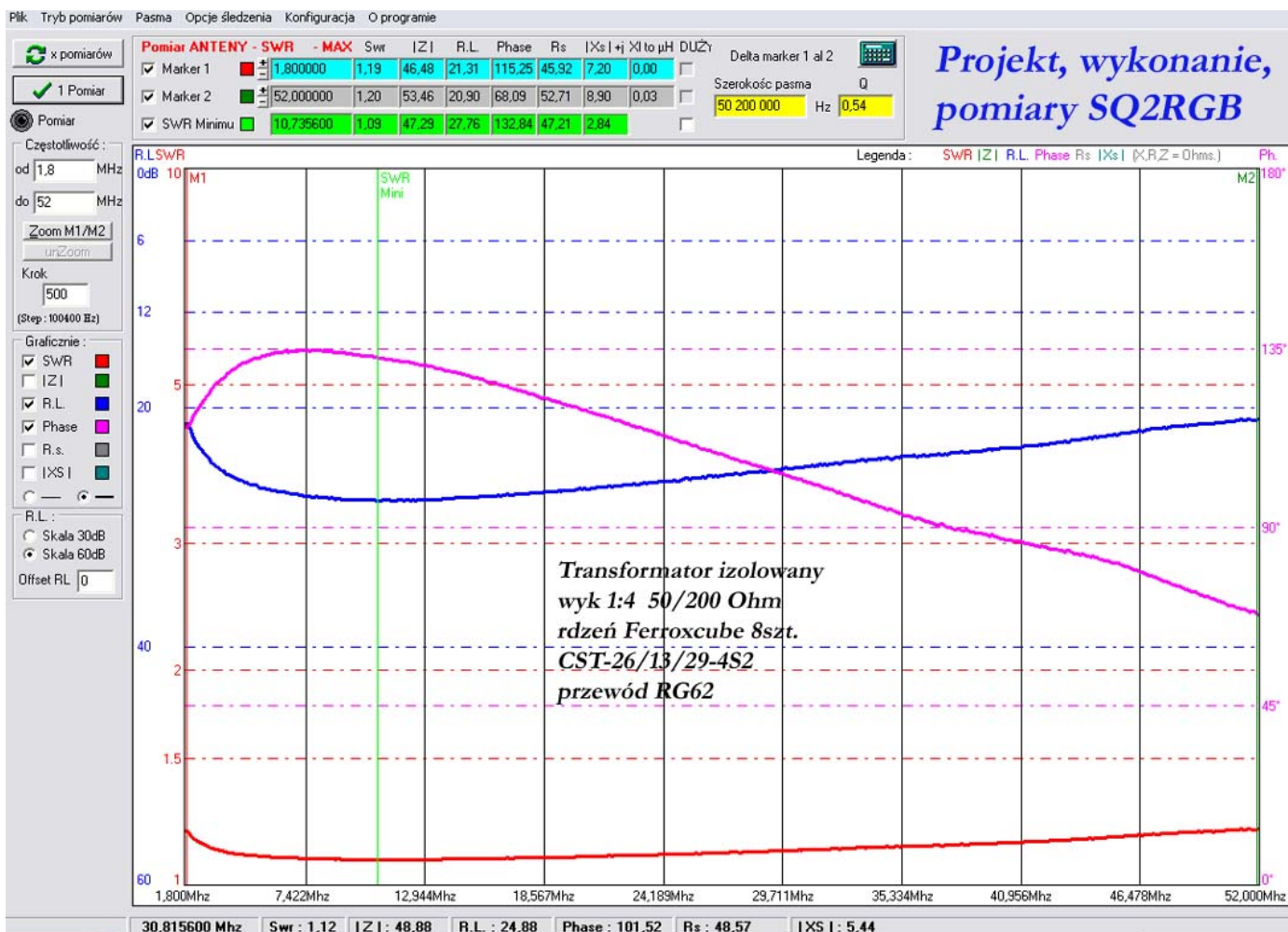
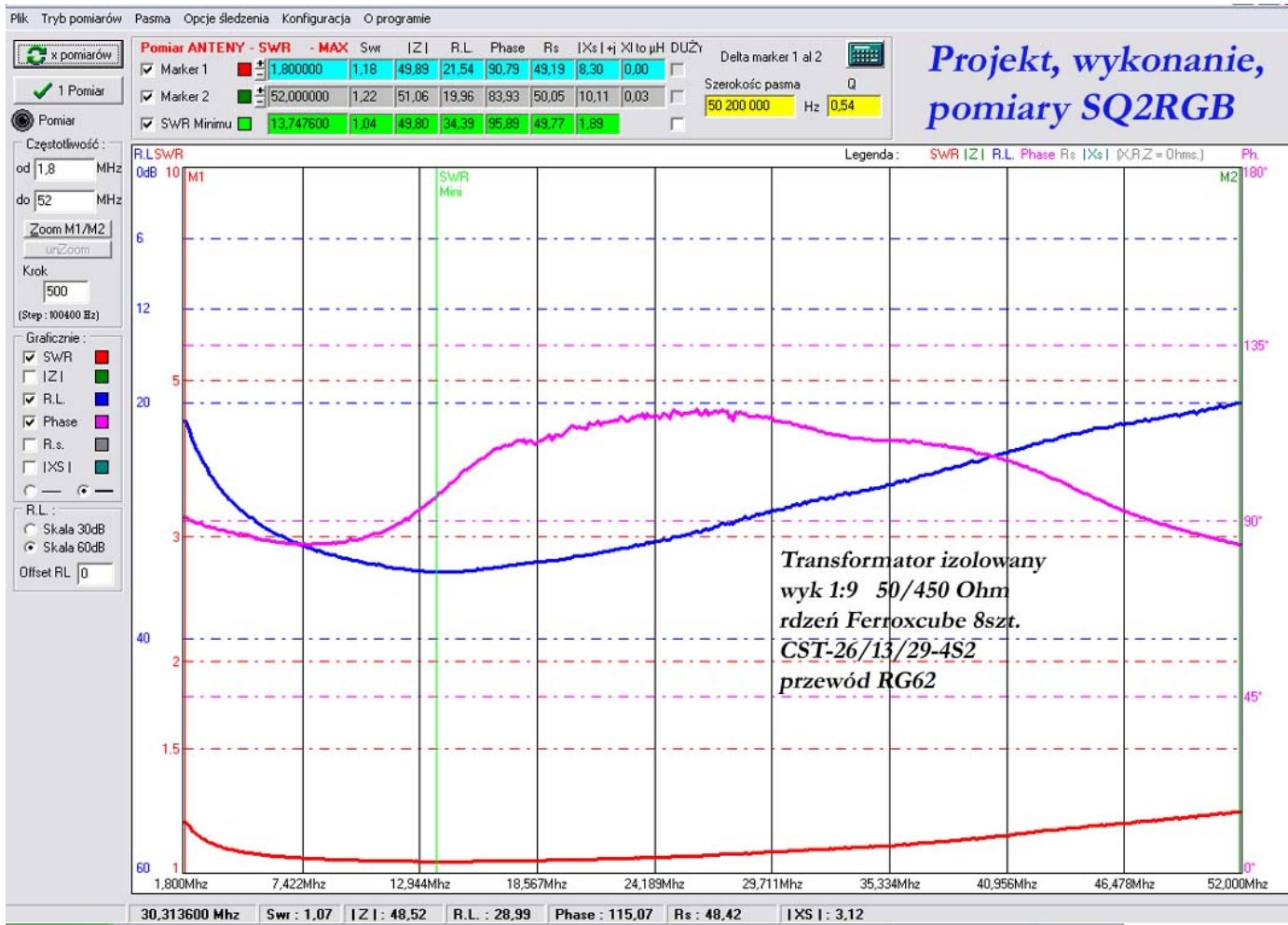


Schematy połączeń w zależności od potrzebnych przełożeń:



Jak widać jest to dosyć duża konstrukcja, więc moce przenoszone zaspokoją większość krótkofalowców. Przedstawiony przeze mnie element wymaga 8 szt. zaproponowanych rdzeni aby mógł pracować od częstotliwości 1,8 MHz. Od częstotliwości 3,5 MHz wystarczy 6 szt. rurek (kompromisowo, 6-cio rurkowy transformator pracuje zadawalająco dobrze od 1,8 MHz, a 4-ro rurkowy od 3,5 MHz – sprawdzone empirycznie).



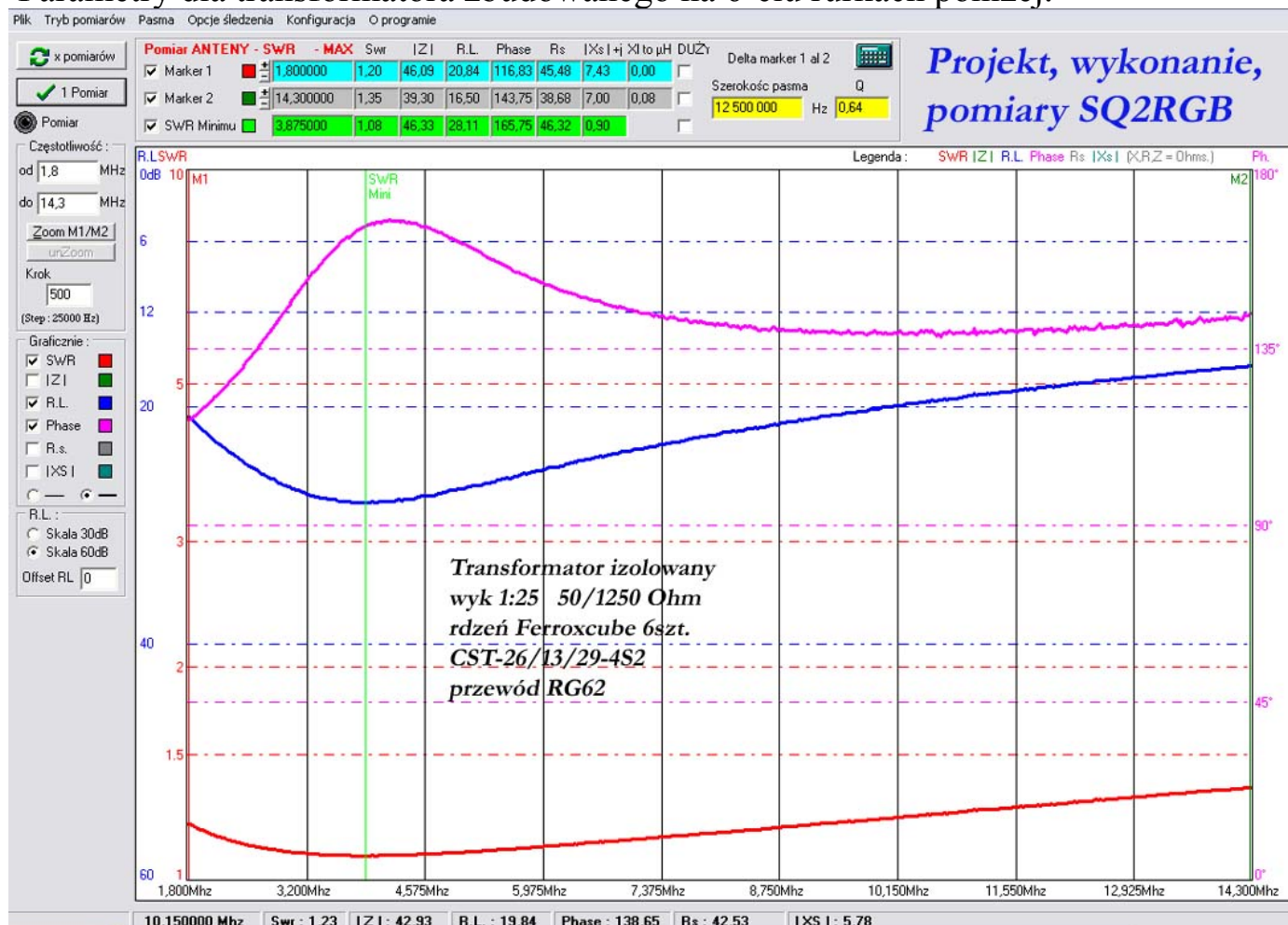


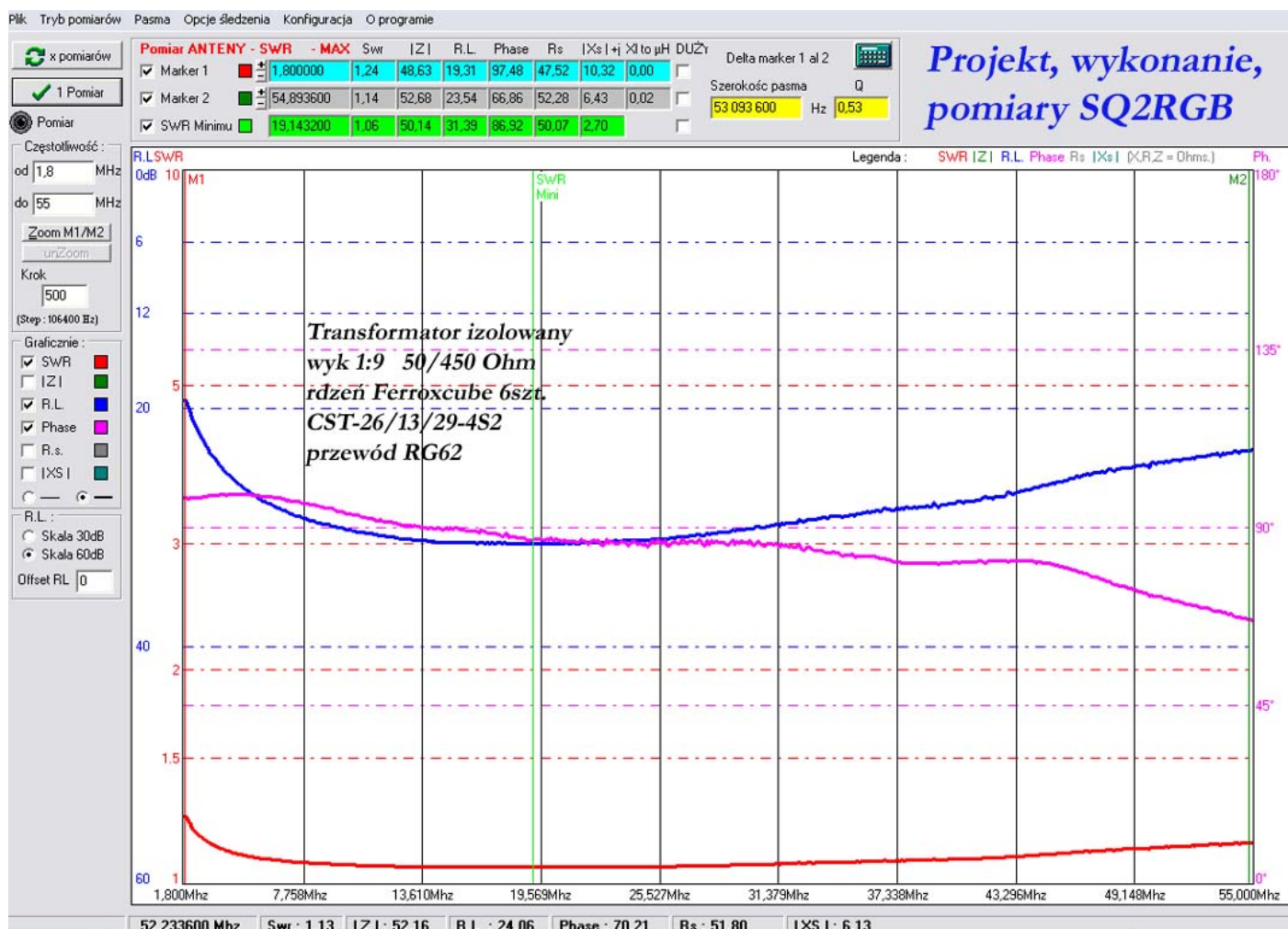
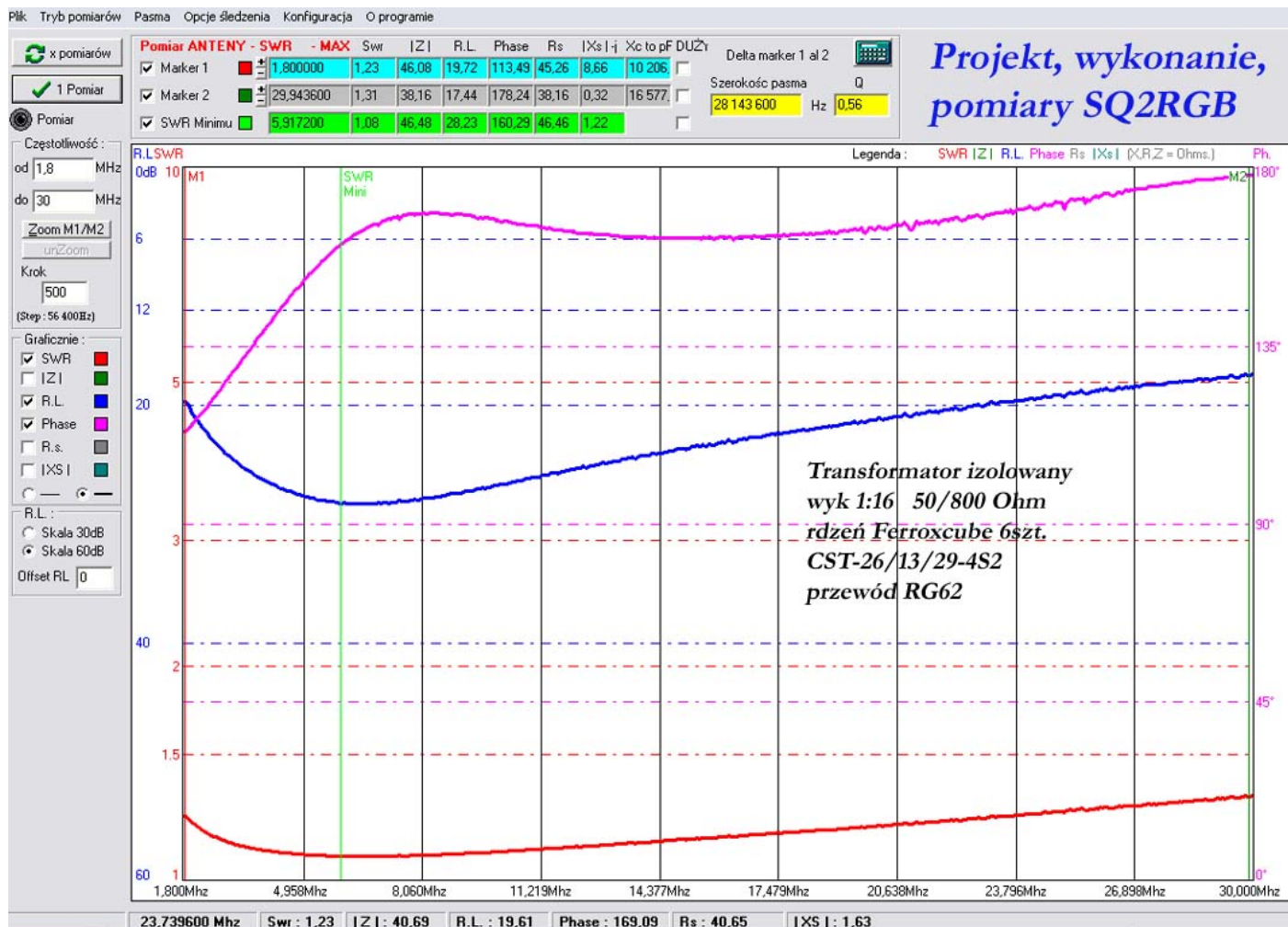
Transformator izolowany
wyk 1:25 50/1250 Ohm
rdzeń Ferroxcube 6szt.
CST-26/13/29-4S2
przewód RG 62

*Projekt, wykonanie,
 pomiary SQ2RGB*

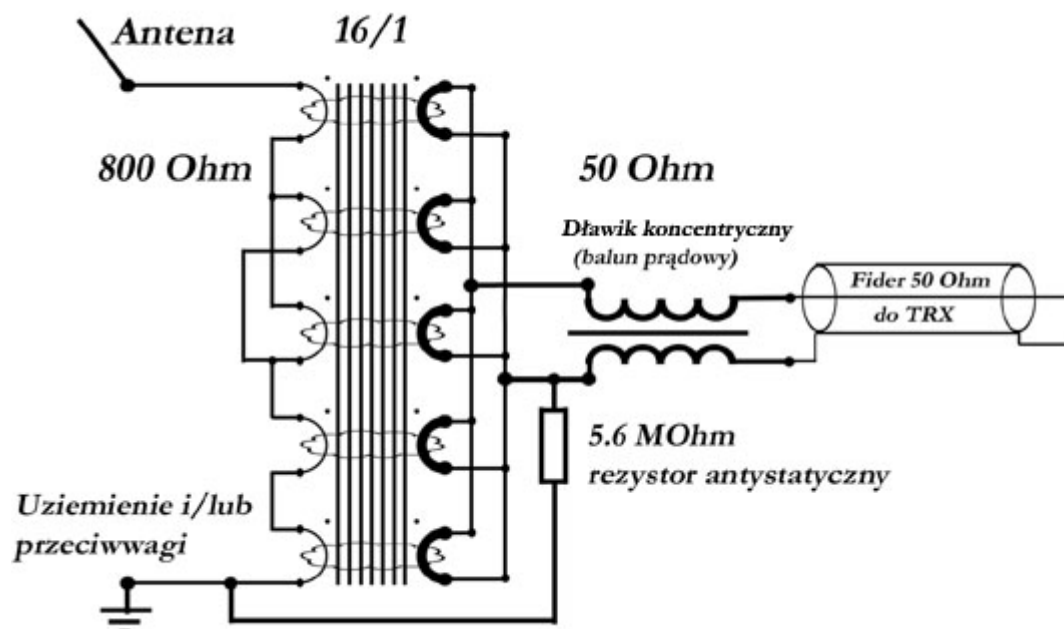


Parametry dla transformatora zbudowanego na 6-ciu rurkach poniżej.





Przy stosowaniu transformatora o dużym przełożeniu dla anten o wysokiej impedancji (wielokrotność połowy długości fali) poziom sygnału na s-metrze na pewno spadnie, ale poziom tła szumowego powinien spaść o kilka decybeli więcej (na moim 82 metrowym Long Wire po zastosowaniu izolowanego transformatora 1:25 poziom tła spadł o 2S w stosunku do autotransformatora 1:9 w paśmie 3,5 MHz) – i to jest nasz zysk. Przykład podłączenia anteny asymetrycznej z TRX-em poprzez transformator 1:16.

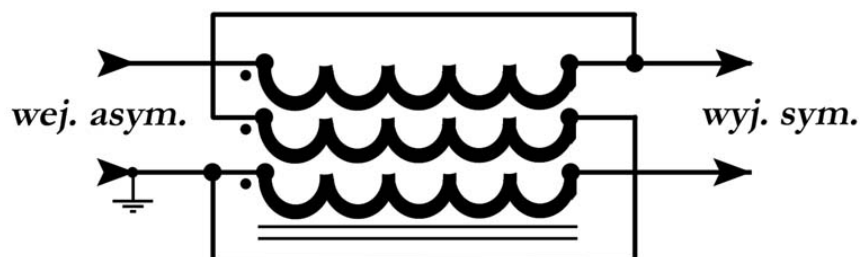


Jeżeli w miejsce uziemienia włączymy drugie ramię anteny, cały układ możemy używać jako symetryczny. Rdzeń ferrytowy tylko pośrednio bierze udział w przenoszonej mocy, moc jest przenoszona pomiędzy przewodami w linii koncentrycznej, więc grzanie się transformatora będzie pochodziło głównie stamtąd. Nie zauważyłem bezpośredniego wpływu impedancji użytej linii na pracę transformatora. Należy używać linii dobrej jakości, u mnie najlepiej sprawdza się kabel 75 Ohm w izolacji teflonowej, (służył do budowy sieci komputerowych 10MB – to do transformatorów mniejszej mocy), RG62 93 Ohm izolacja mieszana powietrzno/polietylenowa, dobry ekran, rdzeń stalowy miedziowany. Jeżeli mamy problemy z włożeniem jednocześnie kilku kabli koncentrycznych w otwory w rdzeniach, możemy zdjąć zewnętrzną izolację, nie ma to wpływu na parametry elektryczne transformatora – ekran wszystkich kabli od zewnątrz jest pojedynczym uzwojeniem. Do mocy kilkuset wat proponuję mniejsze rdzenie np. CST 14/6,4/29-4S2 $AL=3750$; CST 17/9,5/29-4S2 $AL=2850$. Jeżeli budujemy transformator 1:16, składamy go z 4 linii, jeżeli 1:9 z 3. Jeżeli któreś z linii nie używamy, uzwojenia wtórne nie podłączamy (zawsze wprowadzi trochę niepotrzebnej pojemności), chyba że zależy nam na przenoszonej mocy, wtedy łączymy zgodnie ze schematem. Muszę tutaj zaznaczyć, że najbardziej optymalny jest stosunek $AL > 1000$ na 1cm długości rurki ferrytowej i tym samym długości linii. Mniejszy AL spowoduje konieczność wydłużenia linii i tym samym pogorszenie przenoszenia w zakresie wyższych częstotliwości. Trzeba również pamiętać, iż przedstawiona przeze mnie konstrukcja z proponowanymi rozwiązaniami, jest jedną z wielu możliwych.

Symetryzator napięciowy, zwarty dla DC, o bardzo dobrych parametrach elektrycznych

Symetryzator napięciowy 1:1

• - początek uzwojeń



wykonamy, nawijając jednocześnie trzema przewodami pięć zwojów na rdzeniu toroidalnym Richco RT406-274-150-K5B lub -A5. Jednocześnie trzy przewody DNE 1,3 mm wkładamy do termokurczki (powinny tworzyć układ trójkąta) i zaciskamy termicznie, po wystygnięciu wkładamy jeszcze raz i zaciskamy (aby uzyskać mocną izolację i nie rozchodzenie się przewodów podczas nawijania). Silne sprzężenie pola elektrycznego pomiędzy nimi jest bardzo istotne i ma duży wpływ na uzyskane parametry.

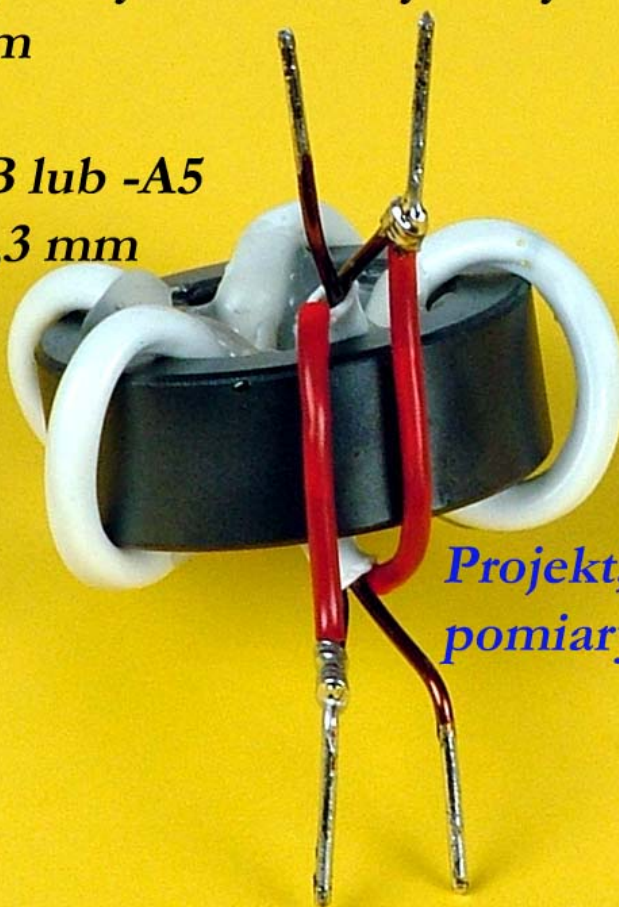
Symetryzator napięciowy do anten symetrycznych

wyk 1:1 50/50 Ohm

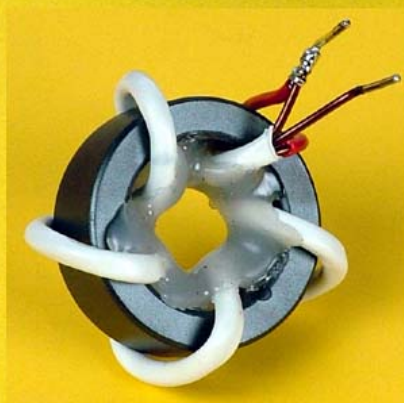
rdzeń Richco 1szt.

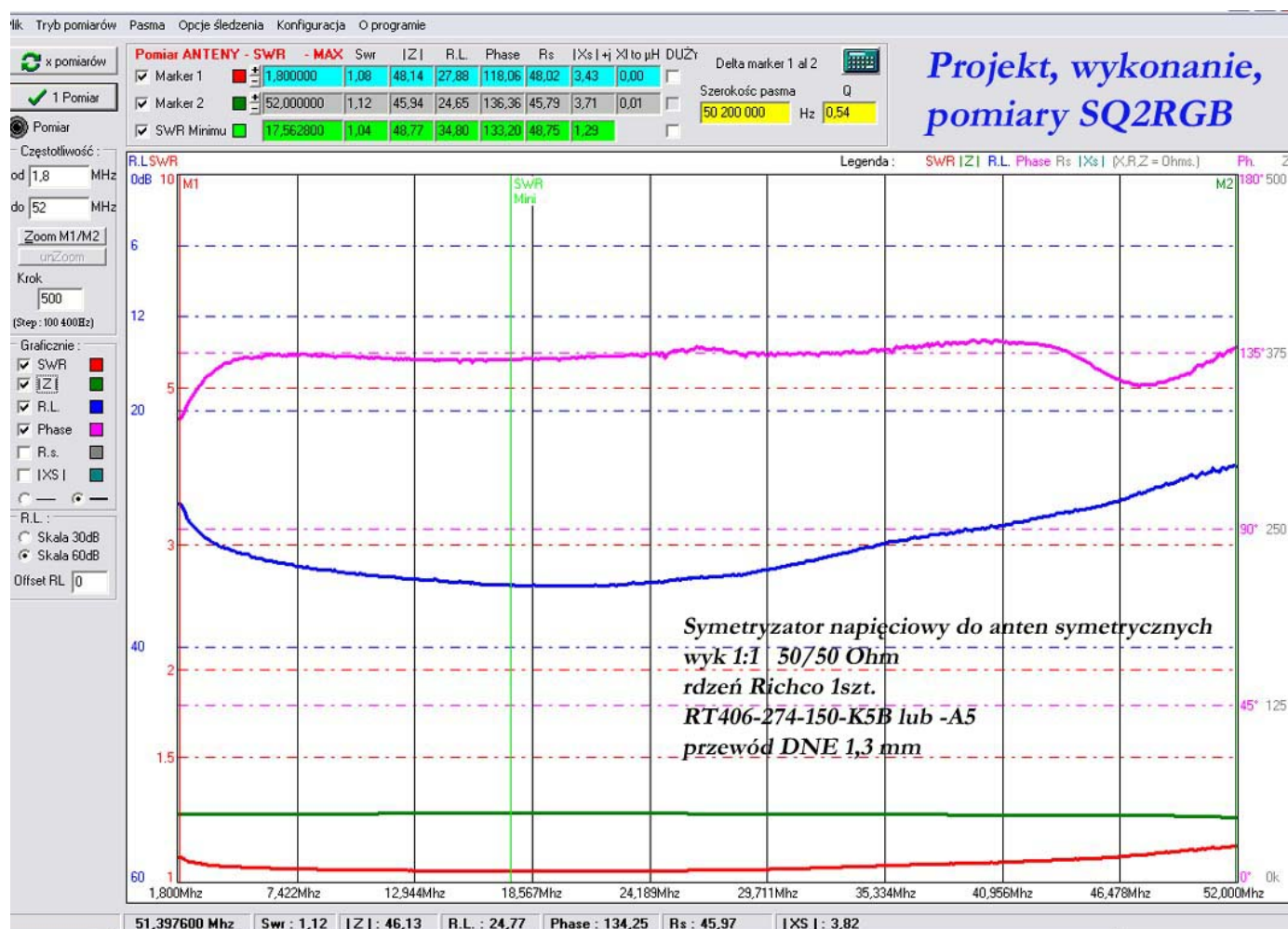
RT406-274-150-K5B lub -A5

przewód DNE Ø 1,3 mm

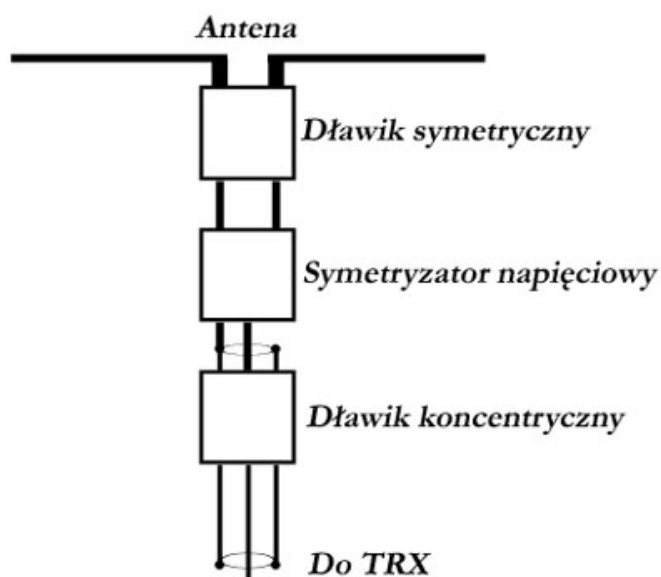


*Projekt, wykonanie,
pomiar SQ2RGB*

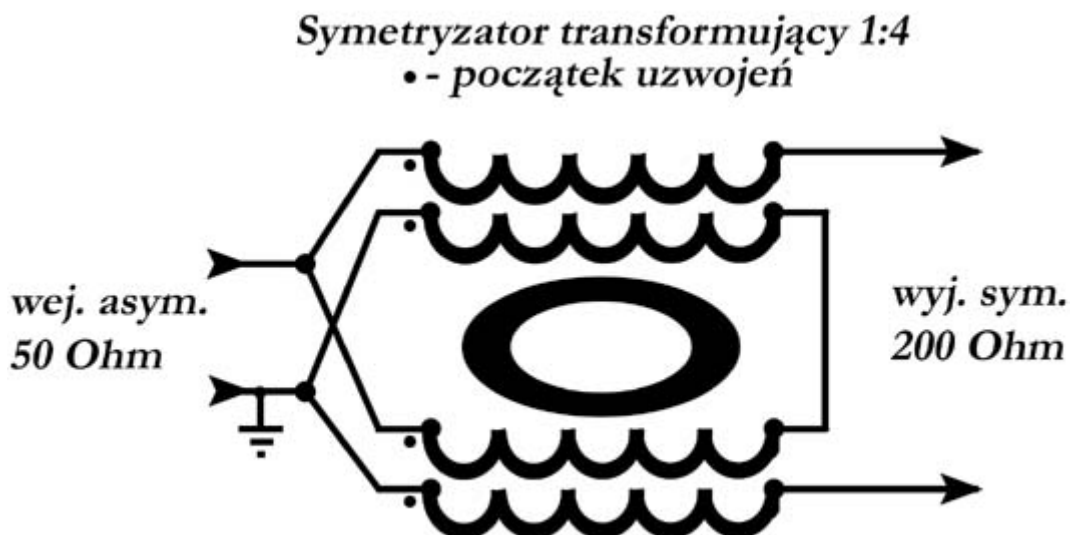




Ważnym elementem otwartych anten symetrycznych jest właśnie symetryzator napięciowy. Niestety, w większości przypadków umiejscowienie tych anten z przyczyn obiektywnych nie jest symetryczne, co powoduje, iż to co nas najbardziej interesuje, czyli autoredukcja zakłóceń o charakterze asymetrycznym, przestaje działać. Aby temu zapobiegać, poza dławikiem koncentrycznym na wyjściu do fidera należy dodać niewielki dławik symetryczny od strony anteny (dwa rdzenie rurkowe CST 14/6,4/29-4S2 nałożone jeden za drugim na kabel symetryczny 50 Ohm – może być podwójnie, połączony równolegle głośnikowy 2x 1.0mm²). Cały układ przedstawia się następująco:



Szerokopasmowy, zwarty dla DC, prądowy symetryzator transformujący 1:4 50/200 Ohm wykonamy na rdzeniu toroidalnym Richco RT406-274-150-K5B lub -A5.



Aby uzyskać szerokopasmowość nawet do 170 MHz, nawinąć go musimy kablem symetrycznym o impedancji 100 Ohm. Warunki te spełnia popularny kabel głośnikowy 2x 1,5 mm² f-my Cabletech. W przypadku użycia kabli o innej impedancji (80-130 Ohm), możemy się spodziewać dobrej pracy w zakresie do 30 MHz. W przedstawionej konstrukcji jest to 2x 4,5 zwoju wg poniższego obrazka (proszę zwrócić uwagę przy nawijaniu, że początki uzwojeń biegną w przeciwną stronę)

Symetryzator transformujący

wyk 1:4 50/200 Ohm

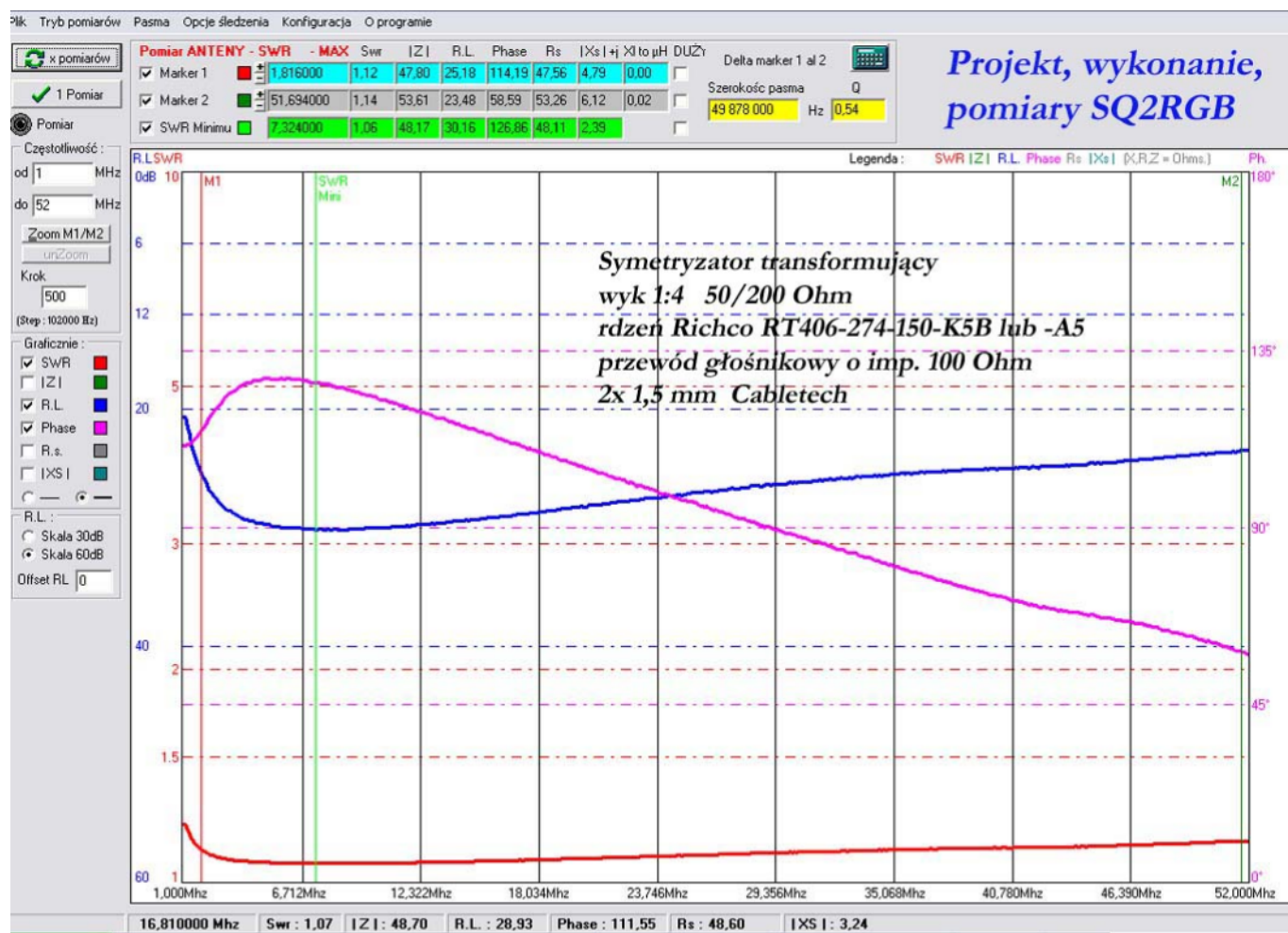
rdzeń Richco RT406-274-150-K5B lub -A5

przewód głośnikowy o imp. 100 Ohm

2x 1,5 mm² Cabletech



**Projekt, wykonanie,
pomiar SQ2RGB**

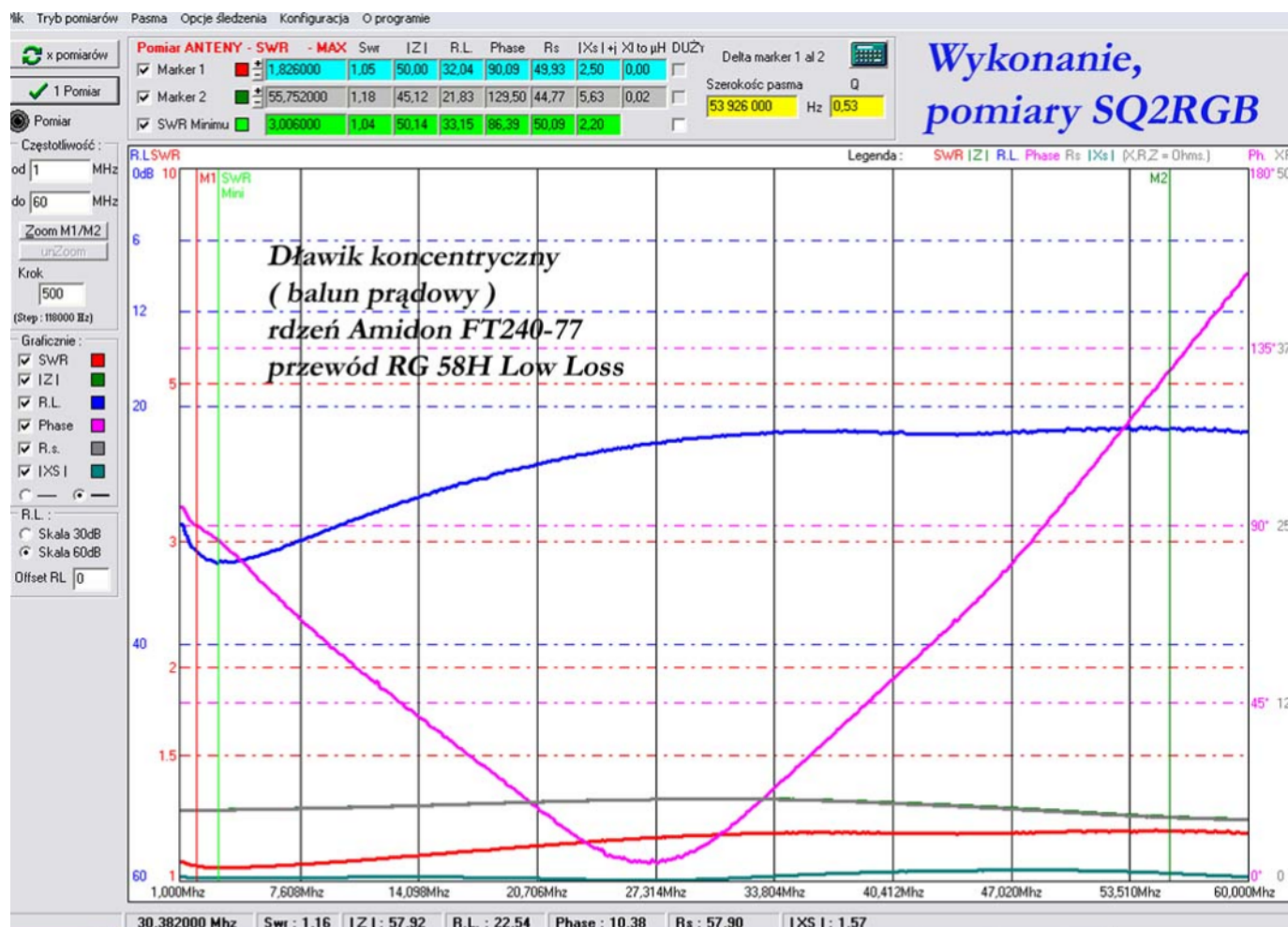


Dławik koncentryczny, balun prądowy, RF-choke - jest to chyba jeden z najpotrzebniejszych i najczęściej używanych elementów w warsztacie krótkofalowca przy konstrukcjach antenowych. Praktycznie każdy typ anteny zasilanej kablem koncentrycznym w miejscu podłączenia powinien posiadać ten element. Również dodatkowo, powinien znajdować się za wejściem antenowym naszego TRX. Jego działanie można przyrównać do lejka uniemożliwiającego rozchodzenie się prądów w.cz. po zewnętrznej stronie kabla koncentrycznego podczas nadawania (co powoduje wiele niekorzystnych działań, wpływających na pracę urządzeń elektronicznych), zapobiega także wnikanii zakłóceń zewnętrznych podczas odbioru. Prostota jego wykonania sprawia, że może go zrobić każdy. W praktyce nie można przedawkować ilości jego stosowania. Jako rdzenie należy stosować toroidy ferrytowe z materiału o dużej przenikalności (Amidon 43; 77; Richco K5B; A5; A6; Ferroxcube 3S4; 4S2 itp.). Dobre działanie to min. 8 zwojów kabla koncentrycznego nawiniętego metodą SuperToroid (w celu zmniejszenia pojemności pomiędzy wejściem, a wyjściem) na rdzeniach z powyższych materiałów (np. RT406-274-150-A5 f-my Richco). Świetnie do tego nadają się również rdzenie rurkowe nałożone na kabel jeden za drugim, ale minimalna ilość to ok. 15 szt.

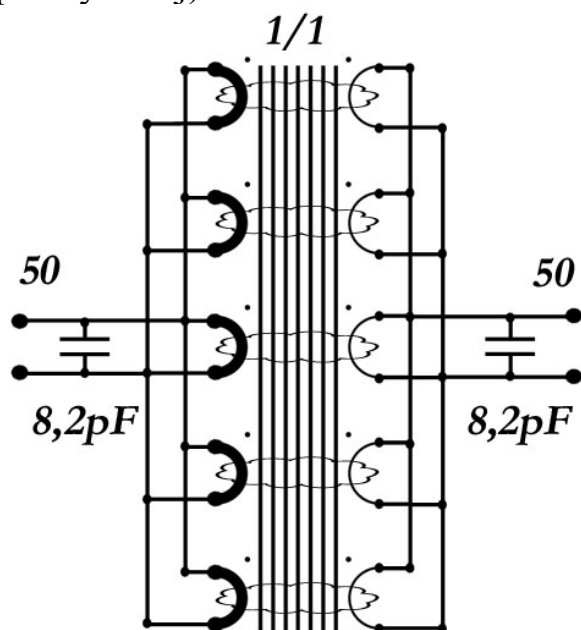
**Dławik koncentryczny
(balun prądowy)
rdzeń Amidon FT240-77
przewód RG 58H Low Loss**



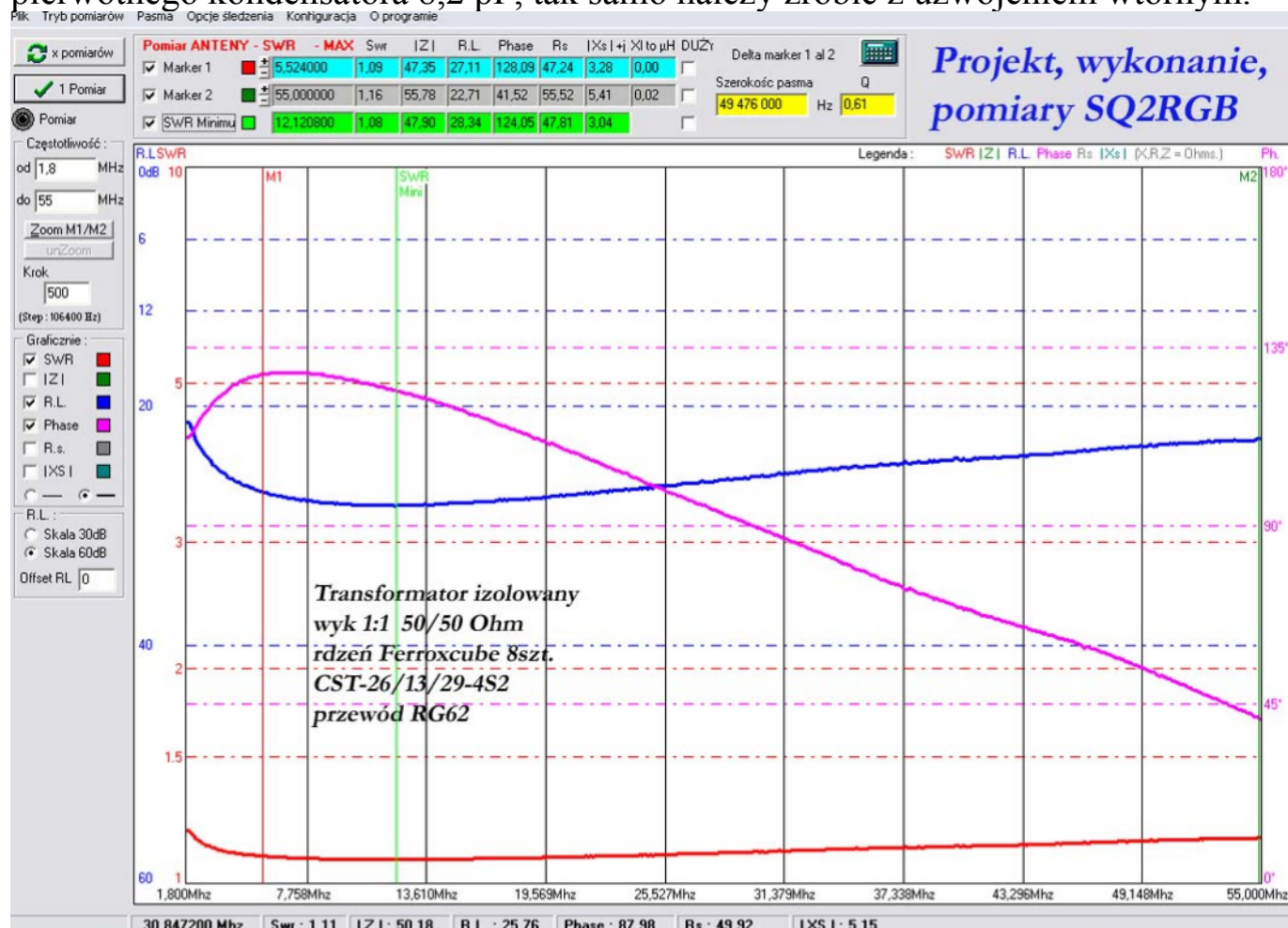
**Wykonanie,
pomiaru SQ2RGB**



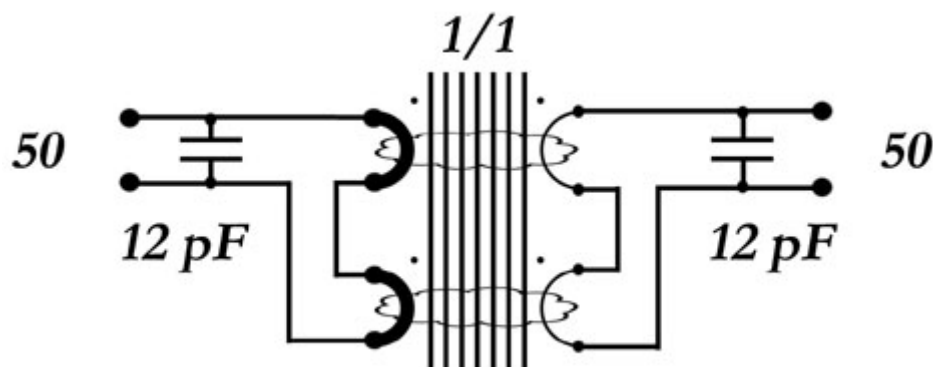
Transformator pracujący jako galwaniczny separator 1:1 (separacje napięciowe w nadajnikach, separacja pomiędzy instalacją antenową a urządzeniami radiowymi, separacja pomiędzy TRX a PA) możemy wykonać z uprzednio już opisanego transformatora izolowanego, łącząc równolegle wszystkie uzwojenia wtórne (w celu zachowania dużej mocy przesyłowej).



Wymagane jest jednak, w celu kompensacji, podłączenie równolegle do uzwojenia pierwotnego kondensatora 8,2 pF, tak samo należy zrobić z uzwojeniem wtórnym.



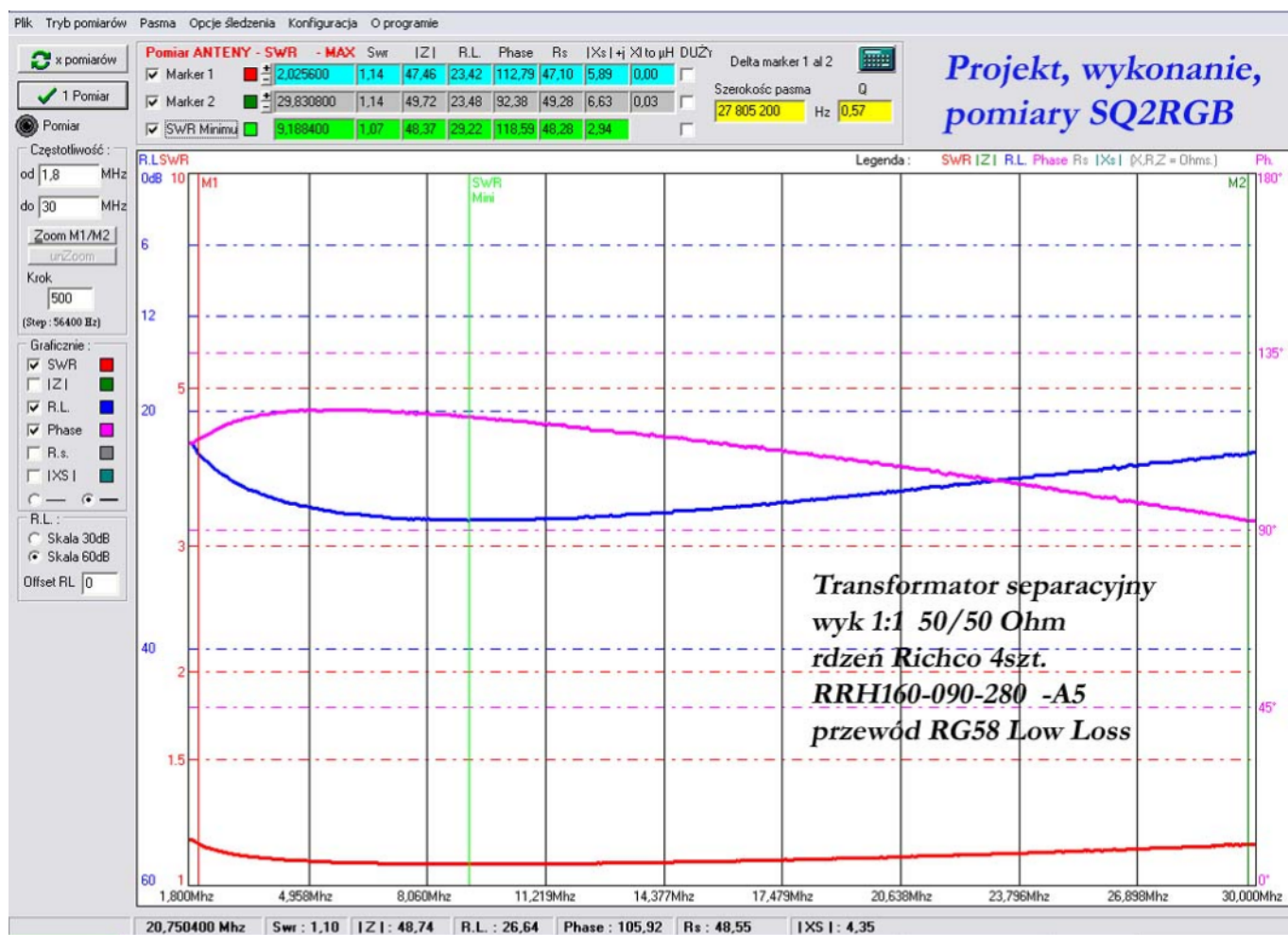
Natomiast dla mocy do 500W PEP i pasma 1,8-30 MHz podzespół ten możemy wykonać z 4 szt. rdzeni rurkowych Ferroxcube CST 17/9,5/29-4S2 lub Richco RRH160-090-280-A5, nawijając do wewnątrz dwa zwoje kabla RG58 Low Loss (lub lepszego) i łącząc wg schematu (w tym przypadku nie możemy zdejmować zewnętrznej izolacji z kabla). Jeżeli element ten ma występować samodzielnie gdzieś na trasie linii koncentrycznej, od strony wejścia i wyjścia, bezpośrednio przy transformatorze, należy podłączyć dławiki koncentryczne uniemożliwiające wydostawanie się sygnału w.cz. na zewnątrz ekranu.



Transformator separacyjny
wyk 1:1 50/50 Ohm
rdzeń Richco 4szt.
RRH160-090-280 -A5
przewód RG58 Low Loss

*Projekt, wykonanie,
pomiar SQ2RGB*





Wszystkie przedstawione pomiary przeprowadziłem urządzeniem „MAX 6” przy pomocy anteny sztucznej. Na zakończenie chciałbym przypomnieć, że w całej instalacji antenowej to antena jest najważniejsza. Fider oraz transformator są pomocne, ponieważ nasze hobby możemy uprawiać w mieszkaniu, a nie na dachu (natomiast fider i transformator, pomimo że są elementami anteny, nie powinny nią być). Życzę wiele zadowolenia z własnoręcznie wykonanych konstrukcji. 73 Tomek SQ2RGB.