REFLEKTOMETR
(MIERNIK WSPÓŁCZYNNIKA FALI STOJĄCEJ)

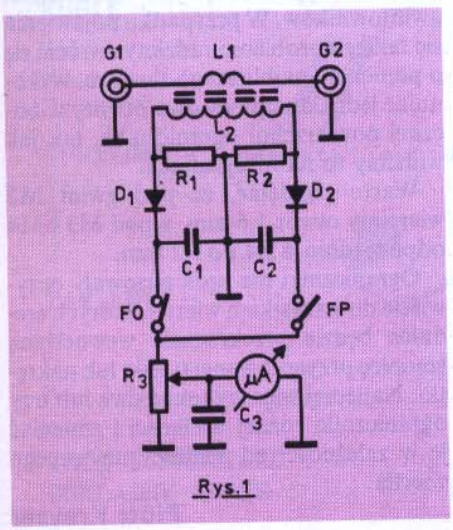
Opisane w tym artykule urządzenie zostało skonstruowane, wykonane i praktycznie przebadane przez autora.

W praktyce krótkofalarskiej i działalności amatorów CB-Radia bardzo często istnieje potrzeba dokonywania pomiarów anten i linii zasilających. Złe parametry anteny mogą powodować zniszczenie nadajnika lub duże straty mocy.

Najważniejsze pomiary anten i linii zasilających sprowadzają się do kontroli ich wzajemnego dopasowania. Antena dostrojona do rezonansu przedstawia określoną rezystancję (najczęściej do 50 Ω), a linia zasilająca z falą bieżącą powinna przenosić energię w.cz. do anteny bez strat i szkodliwego promieniowania. Wymaganie to będzie spełnione tylko wtedy, gdy rezystancja wejściowa anteny będzie równa impedancji falowej linii, a ta z kolei równa impedancji wyjściowej nadajnika. W przypadku niedopasowania część energii w.cz. zostaje odbita i tworzy w linii zasilającej fale stojące, a wielkość określająca to niedopasowanie nazywa się współczynnikiem fali stojącej (**WFS**). Potocznie przyjęła się nazwa angielska **SWR**, od słów Standing Wave Ratio. Pomiarów SWR dokonuje się za pomocą urządzeń zwanych *REFLEKTOMETRAMI*.

Opis działania

Podstawowym elementem reflektometru jest woltomierz, którego wskazania są proporcjonalne do amplitudy fali padającej i odbitej. Drugim elementem jest transformator w.cz., którego zadaniem jest odizolowanie obwodu antenowego od obwodu pomiarowego. Schemat ideowy miernika SWR przedstawia rys. 1.



Rys.1

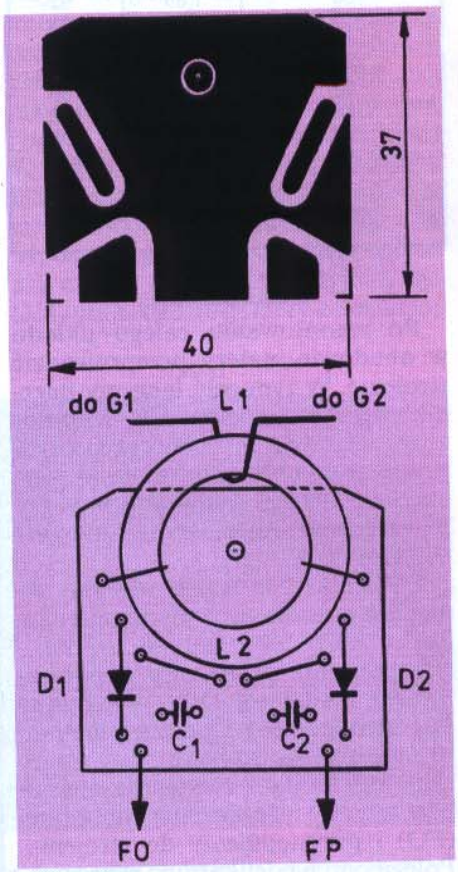
W uzwojeniu wtórnym indukowane jest napięcie w.cz., a po wyprostowaniu, mierzone jest woltomierzem, którego wskazania są proporcjonalne do amplitudy fali padającej (położenie przełącznika FP) lub odbitej (FO).

Montaż

Podstawowym i zarazem jedynym elementem, który może sprawić pewne kłopoty podczas montażu miernika jest aperiodyczny transformator prądowy Tr. Transformator ten nawinięty jest na ferrytowym rdzeniu z magnetowodem pierścieniowym o wymiarach 30 × 20 × 10 mm lub innym, typu F81. Uzwojenie pierwotne to 1–2 zwoje drutu DNE ø 0,8–2 mm, z możliwością przesuwania ich na rdzeniu w granicach 2–3 mm. Wtórne uzwojenie ma 50 zwojów nawiniętych drutem emaliowanym (DNE) o średnicy 0,2–0,5 mm. Transformator przyciśnięty jest do płytki drukowanej kawałkiem laminatu (stroną nieprzewodzącą do uzwojenia) o wymiarach 40 × 15 mm za pomocą wkrętu M3. Stronę przewodzącą płytki dociskającej łączymy elektrycznie z masą płytki drukowanej (rys. 2). Na rys. 3. przedstawiony został schemat montażowy.

Diody powinny być w.cz. lub impulsowe, najlepiej germanowe (szczególnie dla małych mocy nadajnika), typu np. DOG 58–62 lub AAY. Przełącznik może być dowolnego typu o dobrych stykach.

Obudowa miernika powinna być metalowa. Najlepiej wykonać ją z blachy aluminiowej grubości od 0,5 do 1 mm. Wymiary są oczywiście uzależnione od wielkości użytego miernika prądu (mikroamperomierza). Należy również przestrzegać zasady najkrótszych połączeń. Odległość pomiędzy gniazdami wejście-wyjście, które znajdują się na tylnej ścianie obudowy, powinna wynosić ok. 40 mm, tj. tyle, ile wynosi szerokość płytki drukowanej. Do tych



Rys.2

Rys.3

gniazd łączymy bezpośrednio pierwotne uzwojenie transformatora. Dla uniknięcia pomyłek przy podłączaniu anteny (można zniszczyć stopień wyjściowy nadajnika), gniazdo wejściowe jest typu BNC–50, a wyjściowe (od strony anteny) typu UC–1. Na płycie czołowej miernika znajduje się mikroamperomierz, potencjometr kalibracyjny i przełącznik fali padającej i odbitej. Przełącznik łączymy z mikroamperomierzem przewodem w ekranie. Obudowa potencjometru powinna być połączona z masą przyrządu.

Spis elementów

R_1, R_2	–	Rezystor 220–330 Ω/0,125 W,
R_3	–	Potencjometr 22–33 kΩ,
C_1, C_2	–	Kondensatory 10 nF/25 V ceram.,
C_3	–	Kondensator 47 nF/ 25 V ceram.,
D1, D2	–	Diody germanowe $U_r > 25$ V,
M	–	Mikroamperomierz 100 μA,
P	–	Przełącznik typu ISOSTAT lub błyskawiczny,
G_1	–	Gniazdo koncentryczne BNC–50,
G_2	–	Gniazdo koncentryczne UC1

Wychylenie (il. dział.)	SWR	$R_{fal.}$ (Ω)
0	1,00	50
5	1,10	55
10	1,22	61
15	1,35	67
20	1,50	75
25	1,66	83
30	1,85	92
35	2,07	103
40	2,33	116
45	2,63	131
50	3,00	150
55	3,44	172
60	4,00	200
65	4,71	235
70	5,66	283
75	7,00	350
80	9,00	450

Uruchomienie

Po zmontowaniu całego układu w obudowie, należy przeprowadzić strojenie. W tym celu łączymy miernik (wejście) z radiem CB, 50-omowym przewodem koncentrycznym zaopatrzonym w odpowiednie wtyczki, a na wyjście zakładamy wtyczkę ze sztuczną anteną (bezindukcyjny rezystor 50 Ω/6 W).

UWAGA: Nie wolno włączać nadajnika podczas gdy wyjście miernika jest rozwarte lub zwarte na krótko.

Przełącznik ustawiamy w położenie fali padającej (FP). Włączamy falę nośną (AM) i potencjometrem ustawiamy wskazówkę na koniec skali (np. 100 μA). Następnie miernik przełączamy na położenie fali odbitej (FO) i przystępujemy do strojenia. Polega ono na delikatnym przesuwaniu uzwojenia pierwotnego na rdzeniu (w obie strony) tak, aby uzyskać minimalne wskazanie mikroamperomierza, zwykle poniżej 5 μA. Następnie zabezpieczamy uzwojenie przed ewentualną zmianą położenia kroplą kleju epoksydowego np. Distalu. Inne punkty na skali powinny być zgodne ze wzorem:

$$SWR = \frac{PW + W}{PW - W}$$

gdzie:

PW – pełne wychylenie do końca skali (np. 100 działek)

W – aktualne wychylenie (ilość działek)

Obliczenia wykonane wg tego wzoru zebrane zostały w tabelce; w ostatniej rubryce przedstawione są rezystancje odpowiadające poszczególnym SWR. Np. jeśli po podłączeniu anteny otrzymamy wynik 55 działek, oznacza to, że SWR wynosi 3,44, a antena taka ma rezystancję falową 172 Ω, czyli jest niewłaściwie skonstruowana lub zestrojona.

Jacek Sawicki