

Fakty i mity na temat współczynnika fali stojącej - SWR

1. Odbita od obciążenia moc P nie okazuje się mocą strat i nie rozprasza się ani w linii zasilającej ani w nadajniku. Ma ona wpływ na spadek mocy wyjściowej nadajnika nie mającego na wyjściu skrzynki antenowej (nieoptymalna wejściowa impedancja linii zasilającej nie pozwala na uzyskanie pełnej mocy przez nadajnik).
2. SWR w linii nie zależy od jej długości (tak będzie, jeżeli nie uwzględnimy strat w linii). Zależy od stosunku impedancji obciążenia do impedancji linii zasilającej to obciążenie. Wielkość SWR jest jednakowa w dowolnym punkcie linii (jeżeli nie uwzględniamy strat w linii). Dlatego nadaremnie usiłujemy zmniejszyć SWR w linii dobierając jej długość.
3. Jeżeli oporność wyjściowa nadajnika jest równa impedancji obciążenia (np. do nadajnika o oporze wyjściowym 50Ω podłączymy fider o impedancji charakterystycznej 50Ω), to SWR pomiędzy nadajnikiem a linią nie może być zmniejszony zmianą długości tej linii.
4. Jeżeli oporność wyjściowa nadajnika jest różna od impedancji obciążenia (np. do 50Ω nadajnika podłączymy kabel o impedancji charakterystycznej 75Ω) to zmianą długości linii można starać się obniżyć SWR pomiędzy nadajnikiem a linią. Jednak SWR w linii pozostanie niezmienny. Są to dwa różne współczynniki.

- Pierwszy określa sprawność niedopasowanej linii (η_{linii}) i jest opisany wzorem (1) :

$$\eta_{linii} = \frac{1}{1 + 0,115\alpha (SWR + 1/SWR)} \quad (1)$$

(wzór ma zastosowanie dla $\alpha < 2$ dB)

α – straty (tłumienie) w linii [dB], przy $SWR = 1$,
 SWR – współczynnik fali stojącej w danej linii.

- Drugi, opisany wzorem (2), wyznacza poziom obniżenia mocy nadajnika (β) poza niedopasowaniem :

$$\beta = \frac{P_{wyj}}{P_{wyj \max}} = \frac{4}{2 + SWR_{Rwyj} + 1/SWR_{Rwyj}} \quad (2)$$

P_{wyj} – moc nadajnika oddawana do linii

$P_{wyj \max}$ – moc nadajnika osiągnięta przy optymalnym obciążeniu ($SWR_{Rwyj} = 1$)

SWR_{Rwyj} – odniesione do oporności wyjściowej nadajnika R_{wyj} , tj. współczynnik fali stojącej pomiędzy TX a linią.

5. Skrzynka antenowa pomiędzy TX a linią nie zmienia współczynnika fali stojącej w linii pomiędzy tą skrzynką a anteną. Skrzynka antenowa jedynie zabezpiecza optymalne obciążenie dla nadajnika (tj. obniża SWR_{Rwyj} , pomiędzy nadajnikiem a skrzynką, do jedności), na które oddaje on pełną moc.

6. Wysoki SWR nie zawsze jest synonimem złej anteny i dużych strat. W tabeli poniżej, zamieszczone są wyniki obliczeń sprawności (η) dla niedopasowanej linii zgodnie ze wzorem (1).

Sprawność niedopasowanej linii

| SWR | $\alpha= 2\text{dB}$ | $\alpha= 1\text{dB}$ | $\alpha= 0,5\text{dB}$ | $\alpha= 0,2\text{dB}$ | $\alpha= 0,1\text{dB}$ |
|-----|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 1 | 68,5 % | 81,3 % | 89,6 % | 95,6 % | 97,8 % |
| 1,5 | 66,7 % | 80,1 % | 88,9 % | 95,2 % | 97,6 % |
| 2 | 63,5 % | 77,7 % | 87,5 % | 94,6 % | 97,2 % |
| 3 | 56,6 % | 72,3 % | 83,9 % | 92,9 % | 96,3 % |
| 5 | 45,5 % | 62,5 % | 76,9 % | 83,6 % | 94,3 % |
| 10 | 30,0 % | 46,2 % | 63,2 % | 81,1 % | 89,6 % |
| 20 | 17,8 % | 30,2 % | 46,0 % | 68,4 % | 81,3 % |

* poszczególne wyniki pomnożono przez 100% dla lepszego zobrazowania

Analizując wyniki zawarte w tablicy widać, że wysoki SWR w linii nie jest taki straszny. Daleko większy wpływ ma współczynnik α (tłumienie). W rzeczy samej, dla $\alpha = 1\text{dB}$ (co odpowiada koncentrykowi, bardzo dobrej jakości, o długości 50 metrów i częstotliwości $f = 20\text{ MHz}$) przy $\text{SWR} = 1$ sprawność stanowi **81,3 %**. Taką sprawność ma też linia dwuprzewodowa średniej jakości ($\alpha = 0,2\text{ dB}$) przy $\text{SWR} = 10$ lub też linia dwuprzewodowa bardzo dobrej jakości ($\alpha = 0,1\text{ dB}$) przy $\text{SWR} = 20$! Dlatego właśnie w liniach rezonansowych będących częścią anten pracujących z wysokimi współczynnikami SWR, straty są niewielkie – dla małej tłumienności α .

7. Wielkość współczynnika fali stojącej w linii niczego nie mówi o efektywności promieniowania anteny. Na przykład, $\text{SWR} = 1$ można otrzymać podłączając do linii w miejsce anteny dopasowany rezystor. Jasnym jest, że promieniowania w tym przypadku nie będzie wcale, chociaż $\text{SWR} = 1$.
8. Częstotliwość, na której SWR w linii osiąga minimum, nie w każdym przypadku jest równa częstotliwości rezonansowej anteny. To znaczy, że nie zawsze można doprowadzić antenę do rezonansu bacząc tylko uwagę na jak najniższy SWR w linii. W tablicy poniżej pokazane są częstotliwości dla minimalnego SWR w liniach zasilających o różnych impedancjach charakterystycznych. Rozpatrzono dwie anteny : kwadrat i dipol. Obie z rzeczywistą częstotliwością rezonansową 21,3 MHz.

| Minimalny SWR w linii o danej impedancji charakterystycznej | Częstotliwość minimalnego SWR [MHz] | |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|
| | Kwadrat, $R_a = 120\Omega$ | Dipol, $R_a = 70\Omega$ |
| 25 | 21,15 | 21,20 |
| 50 | 21,22 | 21,28 |
| 200 | 21,45 | 21,80 |
| 300 | 21,7 | 22,30 |
| 600 | 23,30 | 29,50 |

* R_a – część rzeczywista impedancji wejściowej anteny

Jeżeli przyjrzymy się danym w tabeli to zauważymy, że minimum SWR odpowiada rzeczywistej częstotliwości rezonansowej anteny tylko dla impedancji linii równej 50Ω dla dipola oraz dla linii o impedancji równej 50Ω i 200Ω dla anteny typu „kwadrat”. Tak więc, minimum SWR w linii jest bliskie rzeczywistej częstotliwości rezonansowej anteny, tylko jeżeli impedancja linii zasilającej niezbyt różni się od R_a anteny w rezonansie (120Ω dla kwadratu i 70Ω dla dipola – w naszym przykładzie). Jeżeli jednak, impedancja linii znacznie różni się od R_a (szczególnie w stronę wyższych wartości), to powstają duże uchyby. Wówczas minimum SWR jest dość przypadkowe i nie w zakresie rzeczywistej częstotliwości rezonansowej anteny.

Źródło : I.W. Gonczarenko, Anteny KF i UKF – podstawy i praktyka (cz.2), Rozdział 2, Moskwa 2010

Tłumaczenie : SP1VDV

sp1vdv@wp.pl