

struje i navodi je u podacima i katalozima. Za veliku većinu tvorničkih predajnika srednjih snaga koje upotrebljavaju naši radio-amateri (TS 510, TS 515, FT 200, HW 100, itd.) ta optimalna struja u rezonanciji je cca 180–200 mA.

Ako smo dakle izlaznim prilagodnim sklopom predajnika (obično PI-filterom) uspjeli postići rezonanciju i optimalno prilagođenje (to jest kada u rezonanciji teče optimalna opteretna struja), ispunjen je uvjet konjugirano kompleksnog prilagođenja. To dalje znači (u slučaju idealnog prenosnog voda) da se sva energija, koja se zbog neprilagođenja antene vraća prema izvoru, (a koju reflektometrom možemo mjeriti) u izlaznom prilagodnom sklopu predajnika ponovno odbija prema anteni i tamo troši. Prema tome, nije tačna tvrdnja da se ta reflektirana energija vraća natrag u aktivne izlazne elemente i uzrokuje njihovo pregrijavanje i uništenje.

Ponovno odbijena energija zbraja se s napredujućom energijom i uzrokuje povećanje energije u dijelu između točke prilagođenja i trošila. Na trošilu se zbog neprilagođenja dio te energije odbije (reflektira), a ostatak (koji je jednak energiji koju daje izvor) se korisno utroši. Na primjer, ako izvor daje 100 W, a neprilagođenje antene je takvo da uzrokuje SWR od 4:1, od 100 W prispjelih na trošilo odbija se (vidi formulu na početku) 36% ili 36 W. Tih 36 W vraća se prema izlaznom prilagodnom sklopu, gdje se ponovno odbije i zbroji sa 100 W koje daje izvor. U drugom ciklusu dakle na trošilo dolazi 136 W, od čega se ponovno odbija 36% ili okruglo 50 W. Tih 50 W ponovno se vraća do izlaznog prilagodnog sklopa, gdje se ponovno potpuno odbija (reflektira) prema trošilu i zbraja s snagom koju daje izvor. U trećem ciklusu dakle na trošilo dolazi 150 W, od čega se ponovno uslijed neprilagođenja odbija 36% ili oko 54 W.

Ovakvo »njihanje« energije se praktički već nakon par ciklusa stabilizira u stacionarno stanje, u kojem izvor daje 100 W, uslijed ponovnog odbijanja reflektirane energije u izlaznom prilagodnom sklopu na prenosnomvodu između predajnika i antene je 156,25 W, od čega se 36% ili 56,25 W odbija zbog neprilagođenja, a preostalih (156,25 – 56,25) 100 W troši korisno u anteni. To znači (još uvijek u slučaju idealnog prenosnog voda bez gubitaka) da antena troši svu snagu koju daje predajnik, bez obzira na neprilagođenje antene, postojanje stojnih valova i SWR.

Iznose ovih snaga možemo mjeriti instrumentom (reflektometrom), koji nam u položaju FWD, relativno, mjeri ukupnu snagu na prenosnomvodu (to znači 156,25 W) a u položaju REF snagu, odbijenu od antene (to znači 56,25 W).

Primjećujemo da u slučaju neprilagođene antene reflektometar u položaju FWD (engl. forward) ne mjeri snagu predajnika, nego ukupnu snagu na prenosnomvodu, a koja je veća od snage predajnika, na što moramo obratiti pažnju pri kalibraciji.

Pošto smo prije dokazali da se odbijena snaga ne vraća u aktivne izlazne elemente, nego se ponovno odbija i korisno troši u anteni, postavlja se pitanje koji dio snage se gubi na gubitke u stvarnim, ne idealnim prenosnim vodovima, i koliki su ustvari ti gubici.

Stvarni radio-amaterski prenosni vodovi (u posljednje vrijeme isključivo koaksijalni kablovi) nisu idealni, to jest imaju neke gubitke. Gubici se izražavaju u dB/metru duljine prenosnog voda i općenito rastu s radnom frekvencijom.

Gubici u prenosnomvodu dijele se na tri dijela. Prvi dio su gubici zbog protjecanja struje kroz vodiče prenosnog voda, a koji imaju konačni otpor. Ovi gubici rastu s kvadratom porasta struje i općenito su veći kod prenosnih vodova s nižom karakterističnom impedancijom, jer se kod njih ista snaga kroz manji otpor prenosi većom strujom (**Ohmov zakon**).

Drugi dio su gubici u dielektriku zbog dielektričnih pomoćnih struja uzrokovanih naponom na prenosnomvodu. Oni rastu s kvadratom napona i općenito su veći kod prenosnih vodova s višom karakterističnom impedancijom, jer se kod njih ista snaga kroz veći otpor prenosi većim naponom.

Treći dio su gubici korone (tj. njavog izbijanja), koji se pojavljuju kod prevelikog napona na prenosnomvodu, a koji uzrokuje tako jako električno polje da ono počne ionizirati okolni dielektrik ili zrak.

Na proces ionizacije troši se izvjesna energija, koja se uzima od energije izvora, a to su ti gubici korone. Međutim, oni se općenito nikada ne pojavljuju u radio-amaterskoj praksi, jer naponi praktično nikada ne dostižu tako velike vrijednosti potrebne za početak ionizacije i stvaranje korone.

Zbroj prvih dvaju gubitaka izražava se dakle u dB/metru duljine prenosnog voda i ti gubici postoje neovisno o tome da li je prenosni vod prilagođen ili neprilagođen. Neprilagođenje izaziva samo dodatne gubitke.

Objašnjeno je već prije da se na neprilagođenom prenosnomvodu stvaraju valovi struje i napona. To znači da na različitim mjestima uzduž prenosnog voda postoje različite vrijednosti struje i napona, u nekim mjestima maksimumi, u drugim mjestima minimumi, ovisno o veličini i karakteru neprilagođenja.

Postojanje maksimuma struje ukazuje povećanje s kvadratom gubitaka u vodičima, a postojanje maksimuma napona uzrokuje povećanje s kvadratom gubitaka u dielektriku prenosnog voda.

Zbroj povećanja (gubici postoje i na prilagođenomvodu, a samo se zbog neprilagođenja, to jest stvaranja stojnih valova, povećavaju) gubitaka su ti dodatni gubici zbog neprilagođenja (radio-amaterski rečeno, zbog SWR-a). Međutim, oni ni u kojem slučaju nisu jednaki odbijenoj (reflektiranoj) energiji zbog neprilagođene zaključne impedancije, nego su naprotiv uvijek mnogo manji. Ti dodatni gubici ovise jedino o samim gubicima prilagođenog prenosnog voda i o stupnju neprilagođenosti (dakle o SWR-u, koji je mjera stupnja neprilagođenosti).

Dodatne gubitke u ovisnosti o »prilagođenim« gubicima i o SWR-u prikazuje grafikon. Iz njega je, međutim, vidljivo da kod kvalitetnih i kratkih prenosnih vodova, kod kojih su prilagođeni gubici manji od 2 dB (a to su praktično svi radio-amaterski koaksijalni kablovi na svim kratkovalnim frekventnim područjima), SWR može biti veći čak i od 20:1, a da dodatni gubici ne budu veći od 6 dB, dakle da signal u odnosu na prilagođeno stanje bude slabiji svega za jednu »S«-jedinicu, a što je u normalnim prilikama jedva uhom ili instrumentom zamjetljivo. primjerima iznosa gubitaka u četiri karakteristična slučaja, i to za:

1) Vrlo dobar prenosni vod s malim prilagođenim gubicima uz mali SWR;

2) Vrlo dobar prenosni vod s malim prilagođenim gubicima uz veliki SWR;

3) Loš prenosni vod s velikim prilagođenim gubicima uz mali SWR;

4) Loš prenosni vod s velikim prilagođenim gubicima uz veliki SWR.

Označimo snagu izvora s P , snagu trošila uz prilagođene gubitke P_a , ukupnu snagu trošila uz prilagođene gubitke i dodatne gubitke zbog neprilagođenja P_u i reflektiranu snagu od trošila P_{ref} . Jednažbe koje povezuju ove iznose snaga su:

$p_g = P_u/P_a = -10 \log p_g$ (prilagođeni gubici u dB)

$$s = \frac{SWR - 1}{SWR + 1}$$

$$P_u = P_u/P_a = \frac{1 - s^2}{1 - s^2 p_g^2}$$

$$P_{ref} = s^2 P_u$$

$p_u = -10 \log p_u$ (dodatni gubici u dB)

Primjer 1: Koliki su dodatni gubici na vrlo dobrom prenosnomvodu s malim prilagođenim gubicima uz mali SWR?

Pretpostavimo: $a = 0,3$ dB (oko 30 metara prosječnog koaksijalnog kabla na 3,5MHz) $SWR = 3:1$:

$p_g = 0,9333$; $P_a = 93,33\%$ P (i uz savršeno prilagođenje trošilo dobija svega 93,33% snage izvora)