

vršeno prilagođenje i nema odbijanja (refleksije) energije od te točke prilagođenja prema izvoru. Znači da je sva energija koju izvor može dati, prenesena preko te točke prilagođenja i potrošena u dijelu prenosnog voda od točke prilagođenja prema zaključnoj impedanciji.

Ovakav princip prilagođenja, nazvan prilagođenje prilagodnim odsječcima vodova (engl. matching stubs) je radio-amaterima poznat i rado se primjenjuje kod prilagođenja svih antena (quad, beam, ground plane, itd.), koje imaju impedanciju zračenja različitu od karakteristične impedancije napojnog-prenosnog voda.

Postavlja se pitanje kuda se izgubila odbijena (reflektirana) energija uslijed neprilagođenja na kraju prenosnog voda?

Energija koju daje izvor sastoji se od naponskog i strujnog vala u fazi i pokazali smo da se u slučaju idealnog voda bez gubitaka sva prenosi preko točke prilagođenja, prilagodnim odsječkom voda.

Energija se dalje širi u dva smjera. Prvi smjer je prema zaključnoj impedanciji, i tu se uslijed neprilagođenja jedan dio utroši (apsorbira) u zaključnoj impedanciji (u stvarnim prilikama to je impedancija zračenja antene), dok se jedan dio odbija (reflektira) natrag prema točki prilagođenja.

Pretpostavimo da je zaključna impedancija manja od karakteristične impedancije prenosnog voda, i da ima karakter kratkog spoja. U tom slučaju strujni val se reflektira u fazi, a naponski u protufazi s napredujućim strujnim i naponskim valovima energije izvora, i oba se šire natrag prema točki prilagođenja. Pošto u isto vrijeme na dijelu prenosnog voda između zaključne impedancije i točke prilagođenja postoje dva vala energije, koji se međusobno razlikuju u amplitudi i fazi, oni se zbrajaju (vektorski) i tvore stojni val energije na tom dijelu prenosnog voda.

Odbijeni val energije dopjeva u točku prilagođenja u koju dopjeva još jedan odbijeni val, koji je krenuo prema kraju prilagodnog odsječka i koji je uslijed totalnog neprilagođenja (u našem slučaju praznog hoda, zbog stvaranja suprotne reaktancije) totalno reflektiran od kraja prilagodnog odsječka pa se vraća prema prilagodnoj točki. Ta dva reflektirana (odbijena) vala su u svakom trenutku u točki prilagođenja iste amplitude (zbog jednakosti veličina reaktancije), ali suprotni u fazi (zbog različitosti predznaka reaktancija).

Njihov zbroj je u svakom trenutku nula, a to znači da se u točki prilagođenja za te odbijene valove (ali samo za njih, a ne i za napredujući val energije izvora) stvara prividni (virtuelni) potpuni kratki spoj.

Prije smo pokazali da se od potpunog kratkog spoja energija potpuno odbija (reflektira), tako da je odbijeni strujni val u fazi s upad-

nim strujnim valom, a odbijeni naponski val u protufazi s upadnim naponskim valom. Znači da se energija odbijena od neprilagođene završne impedancije u točki prilagođenja ponovno odbija prema završnoj impedanciji, tako da je ponovno odbijeni strujni val u fazi s napredujućim strujnim valom iz izvora (jer je u fazi s odbijenim strujnim valom, a ovaj je u fazi s napredujućim strujnim valom) a, također, i da je ponovno odbijeni naponski val u fazi s napredujućim naponskim valom iz izvora (zato jer je u protufazi s odbijenim naponskim valom, a ovaj je u protufazi s napredujućim naponskim valom).

Prema tome, odbijena (reflektirana) energija se ponovno odbija od točke prilagođenja, iako nije iste amplitude, jer je i naponski i strujno u fazi s napredujućim valom energije iz izvora, zbraja se s njim i doprinosi povećanju napredujuće energije koja upada u zaključnu impedanciju. To povećanje je u slučaju idealnog prenosnog voda upravo jednako energiji reflektiranoj od zaključne impedancije, dakle slijedi zaključak da u tom slučaju zaključna impedancija troši svu energiju koju daje izvor, iako se zbog neprilagođenja jedan dio te energije odbija od zaključne impedancije.

Ova naizgled paradoksalna tvrdnja objašnjava se time što se ta odbijena energija ponovno odbija od točke prilagođenja i ponovno usmjerava prema zaključnoj impedanciji, gdje se i troši (apsorbira). Važno je ovdje primjetiti da se energija ne troši u prilagodnom odsječku (on predstavlja čistu reaktanciju) jer se nema gdje utrošiti (reaktancija ne može trošiti energiju).

Pravilna primjedba u ovom trenutku bila bi da se ovakav efekt događa samo pri prilagođenju prilagodnim odsječkom voda, a što u praksi općenito nije slučaj. To nije točno. Efekt ponovnog odbijanja reflektirane energije događa se pri svakom konjugiranom prilagođenju.

Konjugirano prilagođenje (engl. conjugate matching) je svako ono prilagođenje, kada u točki prilagođenja gledajući od te točke prema izvoru »vidimo« jednu impedanciju (s realnim i imaginarnim dijelom), a gledajući prema trošilu, njezinu konjugiranu impedanciju (dakle s istim realnim, ali suprotnim imaginarnim dijelom).

U našem slučaju, gledajući od točke prilagođenja prema trošilu, vidimo preslikanu impedanciju neprilagođene zaključne impedancije s realnim dijelom jednakim karakterističnoj impedanciji prenosnog voda (to je i bio uvjet za odabiranje baš te točke na prenosnomvodu za točku prilagođenja) i određenim imaginarnim dijelom (ovisno o veličini neprilagođenja), a gledajući prema izvoru energije, vidimo im-

pedanciju s realnim dijelom jednakim karakterističnoj impedanciji prenosnog voda i imaginarnim dijelom po veličini jednakim imaginarnom dijelu preslikane zaključne impedancije, ali suprotnog predznaka (to je bio uvjet za priključivanje upravo te veličine reaktancije, dakle upravo te duljine prilagodnog odsječka s praznim hodom na kraju).

Te dvije impedancije u suprotnim smjerovima su dakle konjugirano kompleksne, pa i vrijedi efekt ponovnog odbijanja jednom već odbijene energije i njezinog trošenja na neprilagođenoj zaključnoj impedanciji. Kada se detaljnije razmotri ovaj uvjet konjugiranog prilagođenja, vidi se da to nije ništa drugo nego uvjet rezonancije, jer se u točki prilagođenja poništavaju suprotne reaktancije, i cijeli sistem ostaje u rezonanciji.

Postizanjem rezonancije (poništanjem reaktancija) i jednakosti realnih dijelova impedancija u suprotnim smjerovima na bilo kojem dijelu puta energije između izvora i trošila biti će ispunjen uvjet konjugiranog prilagođenja i odbijena energija ponovno će se od te točke odbiti prema trošilu.

Radio-amateri u praktičnom radu s predajnikom, kao izvorom visokofrekventne energije, općenito uvijek postižu rezonanciju u izlaznom prilagodnom sklopu predajnika (uobičajeno je da to bude PI-filiter, zbog potiskivanja štetnih viših harmonika, iako to može biti bilo kakav drugi prilagodni sklop), koji je u stvari jedna vrsta prenosnog voda s koncentriranim (promjenljivim) parametrima.

Drugi uvjet, postizanje jednakosti realnih dijelova konjugiranih impedancija, ispunjen je ako uspijemo prilagodnim sklopom prilagoditi ulaznu impedanciju prenosnog voda (to znači na početak prenosnog voda preslikanu zaključnu impedanciju) na optimalnu opteretnu impedanciju aktivnih izlaznih elemenata (cijevi ili tranzistora).

Optimalna opteretna impedancija je ona impedancija u koju aktivni izlazni elementi daju najveću snagu. Ako je opteretna impedancija veća od optimalne, aktivni elementi su poduzbuđeni, struja kroz trošilo je manja, pa je manja i snaga razvijena na trošilu. Ako je opteretna impedancija manja od optimalne, aktivni elementi su preuzbuđeni, struja kroz trošilo je veća, ali je zbog manje impedancije trošila razvijena snaga trošila ponovno manja od maksimalne moguću.

Prilagođenje ulazne impedancije prenosnog voda na optimalnu opteretnu impedanciju ostvareno je dakle onda kada u rezonanciji teče kroz aktivne elemente i trošilo ona struja pri kojoj trošilo apsorbira (troši) maksimalnu snagu. Za svaki aktivni element (bilo cijev ili tranzistor) proizvođač je u laboratoriju izmjerio veličinu ove optimalne