

■ TEKST: Mladen Petrović, 9A4ZZ

VF transformatori impedancije – *baluni* i *ununi* (3. dio)

U prošla dva broja upoznali smo se s osobinama feritnih i željeznih jezgri koje koristimo za motanje *baluna* i *ununa*. Također, upoznali smo principe rada TLT-a (*transmission line transformers*) *baluna* i *ununa* koji kao transformator koriste prijenosni vod. Nakon što se upoznamo s osnovnim principima rada bit će lakše razumjeti izračun i što sve treba uzeti u obzir kod izrade. Svi koje ova materija više zanima, znanje mogu proširiti člancima s interneta ili pomoću knjiga koje obrađuju ovu doista složenu i obimnu temu.

U ovom članku dat ćemo konkretne primjere *baluna* i *ununa* koji rade na načelu prijenosnih linija s različitim odnosima transformacije, a koji se najčešće koriste u praksi kod napajanja raznih tipova antena.

TLT RUTHROFFOV BALUN 1:4 (50:200) Ω I UNUN 1:4 (50:200) Ω

Balun odnosa 1:4 koristi se za prilagođenje zatvorenih dipola na koaksijalni kabel te prilagođenje simetričnih vodova na nesimetrične antenske prilagođivače i uređaje.

Unun se koristi kod podešavanja vertikalnih antena kao i *long wire* antena.

Kod transformatora impedancije za TLT *balune* biraju se feritne jezgre Ni Zn s permeabilitetom $\mu = 120 \dots 850$, promjera 30...60 mm, preko kojih se može prenijeti VF snaga od 300 W do 1 500 W s odgovarajućim izborom zavoja. Za prijenos veće snage koristimo vrijednosti do $\mu = 300$.

Balun ili *unun* koji ćemo napraviti treba raditi na području od 3,5 MHz do 28 MHz i prenijeti snagu do 1 000 W. Da bi bio efikasan, reaktancija (X_L) zavoja linije na najnižoj radnoj frekvenciji mora biti deset puta veća od završnoga efektivnog otpora linije.

To je stoga što se kod TLT *baluna* ulaz mora odvojiti od izlaza linije kojom se mota TLT. S obzirom na takove ulazne parametre, biramo jezgru FT 240-61 koja to zadovoljava.

Permeabilitet je
 $\mu = 125$, $A_L = 171 \text{ mH}/(1\,000 \text{ N})^2$.

Impedancije linije koju ćemo namotati mora biti

$$Z_i = \sqrt{Z_{ul} \times Z_{izl}} = \sqrt{50 \times 200} = 100 \Omega$$

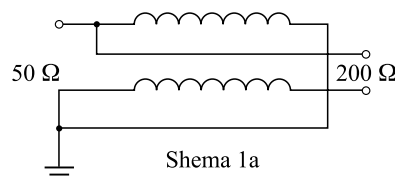
Impedancija linije računa se prema formuli:

$$Z_i = \frac{120}{\sqrt{\epsilon_r}} \times \ln \left(\frac{D}{d} + \sqrt{\left(\frac{D}{d}\right)^2 - 1} \right)$$

gdje je:

- d – promjer žice,
- D – razmak između osi žica,
- ϵ_r – za zrak je 1,
za teflon 2,1,
za polietilen 2,25,
za PVC 3.

To su uobičajene izolacije koje koristimo kod žica i vrijednosti su približne. Treba uzeti u obzir da se kod motanja oko toroida dvožilni vod savija, tanji se izolacija te se i vodiči primiču. Time se i impedancija smanjuje te je potrebno premjeriti liniju. Ako linija nije adekvatne impedancije, *balun* neće pravilno raditi.



Shema 1a. TLT Ruthroff BALUN 1:4

Ovu impedanciju približno ima dvojni vod za zvučnike u PVC izolaciji crveno-crne boje presjeka $2 \times 1 \text{ mm}^2$.

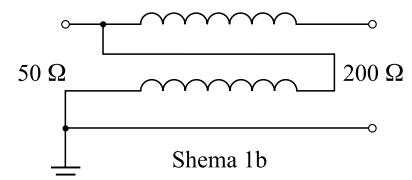
Namotat ćemo 16 zavoja žice za zvučnike ($2 \times 1 \text{ mm}^2$), koja će biti naša linija. Broj zavoja smo naučili izračunati preko mini *Ring Core Calculatora* (vidi prvi dio u Radio HRS, br. 5/2008.)

Sada izračunavamo induktivitet namotaja.

$$L(\text{mH}) = A_L \times N^2 / 10^6 = 171 \times 16^2 / 10^6 = 0,043776 \text{ mH}$$

$$X_L = 2\pi \times f \times L = 6,28 \times 3,5 \times 10^6 \times 0,043776 \times 10^{-3} = 962 \Omega$$

Možemo zamijetiti da se dobije dovoljno veliki X_L na najnižoj radnoj frekvenciji. Spajanjem prema shemi 1a. dobili smo TLT naponski Ruthroffov *balun* 1:4, koji se vidi na slici 1a. Ako ga spojimo na drugi način, kao na shemi 1b., dobit ćemo *unun* (koji se vidi na slici 1b).



Shema 1b. TLT Ruthroff UNUN 1:4



Slika 1a. TLT Ruthroff BALUN 1:4 (50:200 Ω)



Slika 1b. TLT Ruthroff UNUN 1:4 (50:200 Ω)

Sada izvršimo provjeru *baluna* na način da ga opteretimo neinduktivnim otporom od $200\ \Omega$ i mjerimo SWR.

Do sada smo računali samo liniju i odredili jezgru, a nismo računali broj zavoja sekundara i primara kao kod klasičnih *baluna*. S obzirom na to da ovdje jezgra nije u funkciji prijenosa snage, nego samo linija, pravilno izabranom jezgrom i impedancijom linije možemo prenijeti veće snage. Ovakav TLT *balun* „širokopojasniji“ je od klasičnog, može ići do viših frekvencija i efikasnost mu je veća (98%; ovisno o impedanciji koja se transformira).

Ono što je kritično kod ovih transformatora je izrada linije. Ona za veće snage mora biti napravljena od materijala s malim dielektričnim gubicima i u teflonskoj izolaciji da ne bi došlo do proboja linije. Linija mora biti što kraća, a žice u liniji što deblje. Ako linija nije napravljena korektno, onda *balun* radi kao klasičan transformator s primarom i sekundarom te počinje pregrijavanje jezgre (magnetni tok teče kroz jezgru i kako je ona velikog permeabiliteta, dolazi do zasićenja i pregrijavanja). Preporučuje se do deset puta veća impedancija linije X_L , VF prigušnice, kako bi se prenijela veća snaga (na taj se način sprječava tok struje kroz jezgru). Općenito, na prienos snage utječu: permeabilitet (do $\mu = 300$), veličina impedancije koja se transformira, odnosno linija za transformaciju (treba biti što manja). Takav je slučaj kod transformacije $50:12,5\ \Omega$, gdje je impedancija linije $25\ \Omega$, jezgra je štap promjera 6 mm i promjer žice 1 mm uz 14 zavoja na jezgri koja ima $\mu = 125$ pa se lako prenosi i 1 kW VF snage.

TLT GUANELLA BALUN 1:1 (50:50 Ω) I BALUN 1:4 (50:200 Ω)

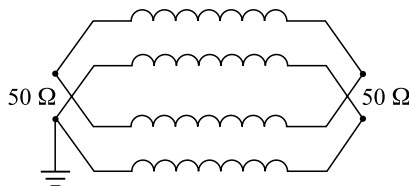
Dat ćemo primjer strujnog *baluna* 1:4 i *baluna* 1:1 za opseg od 3,5 do 28 MHz. Transformaciju impedancije ostvarit ćemo s dvije linije od po $100\ \Omega$. Liniju ćemo u slučaju transformacije $50\ \Omega$ na $50\ \Omega$ paralelno spojiti na ulazu i izlazu, a za transformaciju $50\ \Omega$ na $200\ \Omega$ spojiti ćemo ulaz linije paralelno, a na izlazu serijski. Da bi *balun* funkcionirao reaktancija X_L linije namotane na jezgri mora biti deset puta veća od efektivne završne impedancije linije.

Jezgra FT 240-43 ispunjava uvjete prema izračunu *mini Ring Core Calculatora* ili prema prije danim formulama.

Na najnižoj frekvenciji od 3,5 MHz ima reaktanciju X_L od $2\ 340\ \Omega$ s namotanih 12 zavoja.

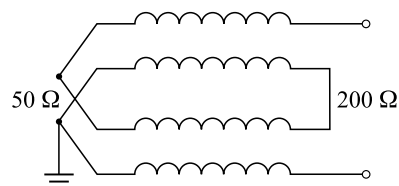
A₁ jezgre je 930, a permeabilitet $\mu = 850$.

Prema ranije navedenoj formuli, možemo



Shema 2a

Shema 2a. TLT Guanella BALUN 1:1



Shema 2b

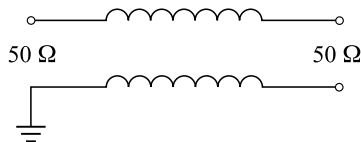
Shema 2b. TLT Guanella BALUN 1:4



Slika 2a. TLT Guanella BALUN 1:1 (50:50 Ω)

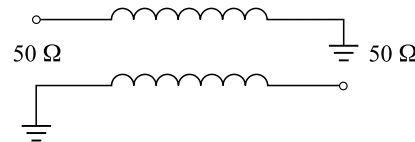


Slika 2b. TLT Guanella BALUN 1:4 (50:200 Ω)



Shema 3a

Shema 3a. TLT Guanella BALUN 1:1



Shema 3b

Shema 3b. TLT Guanella UNUN 1:1

koristiti dvožilni vod za zvučnike presjeka $2 \times 0,75\ \text{mm}^2$, koji ima impedanciju oko $100\ \Omega$. Imamo strujni *balun* omjera 1:4 (shema 2b. i slika 2b.), a strujni *balun* odnosa 1:1 (shema 2a. i slika 2a.).

Balun provjerimo opterećen teretom i mjerimo SWR od 3,5 MHz do 28 MHz. To možemo napraviti instrumentom MFJ 259B ili predajnikom male snage i odgovarajućim opterećenjem.

TLT GUANELLA STRUJNI BALUN 1:1 UNUN 1:1

Za ovaj *balun* koristimo feritni štap nepoznatih osobina, dimenzija $80\ \text{mm} \times 10\ \text{mm}$, na koji ćemo namotati koaksijalni kabel RG 174/U ($50\ \Omega$) koji je tanak, promjera je 2,62 mm i pogodan za motanje te predstavlja liniju $50\ \Omega$ (shema 3a. i 3b na slici 3).



Slika 3. Guanella strujni BALUN 1:1(50:50), UNUN 1:1(50:50)

S 22 zavoja dobili smo induktivnost $L = 25 \mu\text{H}$, što za najnižu frekvenciju od 3,5 MHz iznosi $X_L = 550 \Omega$. To ispunjava uvjet da reaktancija X_L navoja linije bude 10 puta veća od efektivna impedancije na kraju kabela (izračunato prema prije navedenim formulama).

Ako koristimo spoj prema shemi 3a. imamo *balun*, a prema shemi 3b. *unun*. *Balun* koristimo kod „simetriranja“ dipola i on služi kao VF prigušnica koja sprječava tok VF struje po opletu kabela.

Unun se koristi kod napajanja vertikalnih antena, gdje služi kao „*line isolation transformer*“, koji antenu električki odvaja od napojnog kabela i time fiksira impedanciju u točki napajanja pa VF energija ne ide po kabeu. On okreće fazu za 180 stupnjeva i zove se obrtač faze (to može poslužiti kod „faziranja“ vertikalnih antena). Mjerenje *baluna* i *ununa* je prikazano na slici 3.

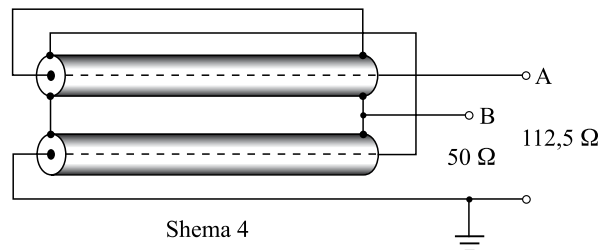
TLT RUTHROFF UNUN 1:2,25 (50:112,5 Ω), KOAKSIJALNI KABEL TRANSFORMATOR

Ovaj transformator je širokopojasan i pokriva cijeli KV opseg. Pogodan je za prilagođenja *loop* antena uz kombinaciju s balunom 1:1. Za transformator se koristi koaksijalni kabel RG 58/U (50 Ω).

Prednosti kabela su što imamo točnu definiranu impedanciju linije. On može, u odnosu na žične linije,

podnijeti veću struju i napon te ima manji kapacitet između navoja. Izabrali smo jezgru FT240-43 na koju možemo namotati koaksijalni kabel RG58/U i koja ima veliki permeabilitet ($\mu = 850$).

Odrežemo dva komada kabela dužine oko 45 cm i uklonimo vanjski PVC plašt. Namotamo (jedan uz drugog) pet zavoja na jezgru i galvanski spojimo oplete kabela na početku i kraju. Na taj smo način dobili tri vodiča



Shema 4

Shema 4. TLT Ruthroff 1:2,25



Slika 4. TLT Ruthroff 1:2,25 (50:112,5 Ω)

(trifilarni navoj), dva unutrašnja i jedan vanjski (shema 4. na slici 4.). Ako ga spojimo kao na slici 3. dobivamo odnos transformacije 1:2,25.

Spajamo napojni 50-omski kabel između mase i točke B, a opterećenje (antenu) između točke A i mase. Kontrolno mjerenje transformatora provedemo kao kod prošlih primjera, što se vidi na slici 4. 📶

Literatura:

1. „Transmission line transformers“ Jerry Sevick, W2FMI,
2. www.w8ji.com,
3. dl5swb.de,
4. Radio HRS 5/6 2008.