

VAJA 11. - SEVALNI IZKORISTEK MAJHNE KROŽNE ZANKE

1. Sevalni izkoristek (električno) majhnih anten

Kot električno majhne antene razumemo antene, katerih dimenzije so dosti manjše od delovne valovne dolžine v praznem prostoru. Pri (električno) majhnih antenah je razmeroma enostavno določiti porazdelitev toka na anteni, saj rezonančni pojavi nanjo še nimajo velikega vpliva. Ker pa sevalna upornost zelo hitro upada s frekvenco, je pri majhnih antenah to zelo majhna številka in se večina dovedene moči troši v ohmski upornosti vodnikov antene in drugih izgubnih mehanizmih.

Pri električno majhnih antenah je sevalna upornost dosti manjša od karakterističnih impedanc vodov, oddajnikov in sprejemnikov, ki jih običajno uporabljamo v visokofrekvenčni tehniki. Razen realne sevalne upornosti imajo električno majhne antene še razmeroma visoko reaktivno komponento, ki jo je treba za optimalen prenos moči ustrezno kompenzirati. Kompenzacija reaktivnega dela impedance seveda prinaša nove izgube moči.

V primeru majhne krožne zanke je impedanca sestavljena iz realnega dela in induktivne komponente. Realni del impedance je vsota sevalne impedance zanke (glej sliko 1) in ohmske upornosti vodnika, iz katerega je izdelana zanka. Sevalna impedanca majhne krožne zanke zavisi izključno od površine zanke in števila ovojev (če je to tuljava z več ovoji). Površino in s tem sevalno upornost lahko navidezno povečamo tudi z dodatkom feritnega jedra (feritna antena).

Vsaka žična zanka ima seveda tudi induktivno komponento impedance. Ta ne zavisi samo od površine zanke, pač pa tudi od njene oblike in od preseka vodnika. Pri zankah z več kot enim ovojem se razmerje med sevalno upornostjo in induktivnostjo zanke v grobem ohranja, zato na takšen način ne moremo bistveno spremeniti (izboljšati) izkoristka antene.

Ko postanejo dimenzije zanke že znaten del valovne dolžine, ne moremo več zanemariti niti kapacitivnosti med priključki zanke. Nadomestno vezje zanke zato vsebuje zaporedno vezavo induktivnosti zanke, sevalne upornosti in izgubne upornosti vodnika, katerim je vzporedno vezana še parazitna kapacitivnost med priključki (glej sliko 2).

Izgubna upornost zanke je posledica končne prevodnosti vodnika in je glavni vzrok slabega izkoristka majhne antene. V radijskem frekvenčnem področju znaša vdorna globina valovanja v kovine nekaj deset mikrometrov, zato izgubno upornost povečuje kožni pojav. Izgubna upornost zanke zato narašča s kvadratnim korenem delovne frekvence.

Ko postanejo dimenzije zanke primerljive z valovno dolžino, rezonančni pojavi v sami zanki povzročijo neenakomerno porazdelitev toka v zanki. Izraz za sevalno upornost s slike 1 in nadomestno vezje s slike 2 tedaj seveda ne veljata več. Praktično pa postane tedaj sevalna upornost zadosti visoka, da je izkoristek takšne antene zelo blizu enoti in so ohmske izgube zanemarljive. Zaradi drugačne porazdelitve toka ima seveda takšna antena precej drugačne lastnosti od električno majhne zanke!

2. Seznam potrebnih pripomočkov

Za izvedbo vaje potrebujemo:

- (1) Izvor (oddajnik) v frekvenčnem področju od 50MHz do 150MHz, z izhodno močjo do 20dBm (100mW) na 50ohmskem bremenu, z možnostjo 1kHz amplitudne modulacije.
- (2) Merjeno anteno - krožno zanko - premera okoli 20-30cm z ustreznim visokofrekvenčnim priključkom.
- (3) Visokofrekvenčni merilni mostiček za merjenje impedance.
- (4) Ustrezen detektor za merilni mostiček.
- (5) Priključne kable za vse povezave.

Razporeditev in povezava merilnih inštrumentov je prikazana na sliki 3.

3. Obrazložitev in opis poteka vaje

Zaradi enostavnosti izvedbe vaje merimo izkoristek majhne krožne zanke, to je magnetne antene. Na podoben način bi lahko merili tudi izkoristek tokovnega elementa (električna antena), vendar so v tem slučaju motilni pojavi dosti večji zaradi močnega bližnjega električnega polja. Krožno zanko enostavno priključmo na primeren mostiček za merjenje impedance.

Impedančni mostiček seveda potrebuje še moduliran izvor visokofrekvenčnega signala in občutljiv detektor (sprejemnik). Izvor amplitudno moduliramo s frekvenco 1kHz, kar potem slišimo kot pisk v zvočniku sprejemnika. Ko se približujemo ravnotežju mostička, začne pisk v zvočniku slabeti, v popolnem ravnotežju pa v zvočniku pisk zamenja šum.

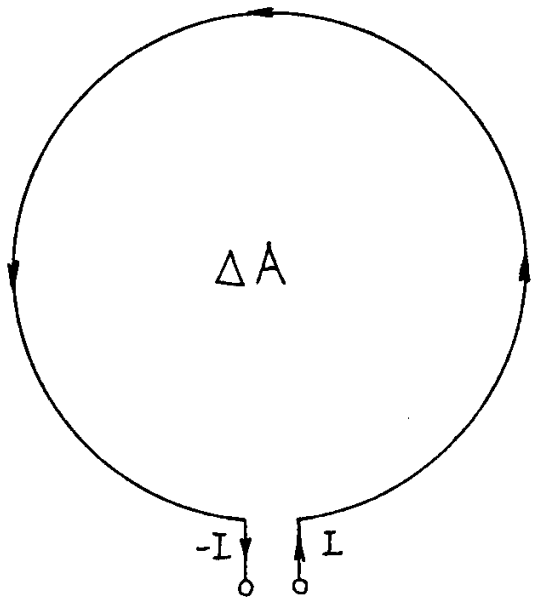
Impedanco zanke izmerimo v smiselnem frekvenčnem področju, ki je navzdol omejeno z možnostni merilne opreme, predvsem mostička, navzgor pa smiselno mejo določajo rezonančni pojavi v zanki ozrioma dimenzije zanke. Ker je v večini slučajev impedanca zanke povsem reaktivna, to je skoraj povsem induktivna na nižjih frekvencah in povsem kapacitivna na višjih frekvencah, je treba posebno natančno poiskati fazo izmerjene impedance, sicer pride pri poznejšem računanju do velikih pogrškov.

4. Prikaz značilnih rezultatov

Pri merjenju impedance bomo dobili nekaj podobnega, kot je narisano na sliki 4, kjer je prikazana le velikost impedance v primerjavi s samo sevalno upornostjo zanke. Rezonančno frekvenco zanke poiščemo natančneje z opazovanjem faze. Rezonanci ustreza maksimalna velikost impedance, ki je tedaj čisto realna. Pri meritvi se kapacitivnosti med koncema zanke dodaja še kapacitivnost priključka mostička, kar seveda znižuje rezonančno frekvenco glede na samo zanko.

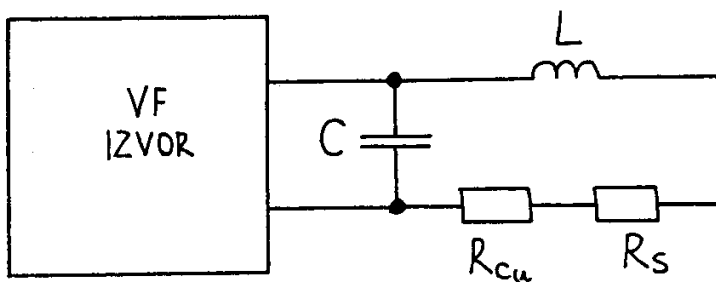
Nato izmerimo impedanco pri najnižji frekvenci, ki jo dopušča mostiček. Iz teh dveh podatkov, rezonančne frekvence in (skoraj povsem induktivne) impedance pri najnižji frekvenci določimo reaktivne komponente vezja s slike 2: tuljavo L in kondenzator C. Nato izmerimo impedanco v celotnem smiselnem frekvenčnem področju in iz izmerjenih vrednosti izračunamo vsoto izgubnih upornosti ter v končnem rezultatu (izračunu izkoristka) to primerjamo s teoretskim izrazom za sevalno upornost s slike 1.

Kot končni rezultat narišemo diagram izmerjene impedance in izračunanega sevalnega izkoristka kot funkciji frekvence.



$$R_s = \frac{8\pi^3 Z_0 \Delta A^2}{3\lambda^4}$$

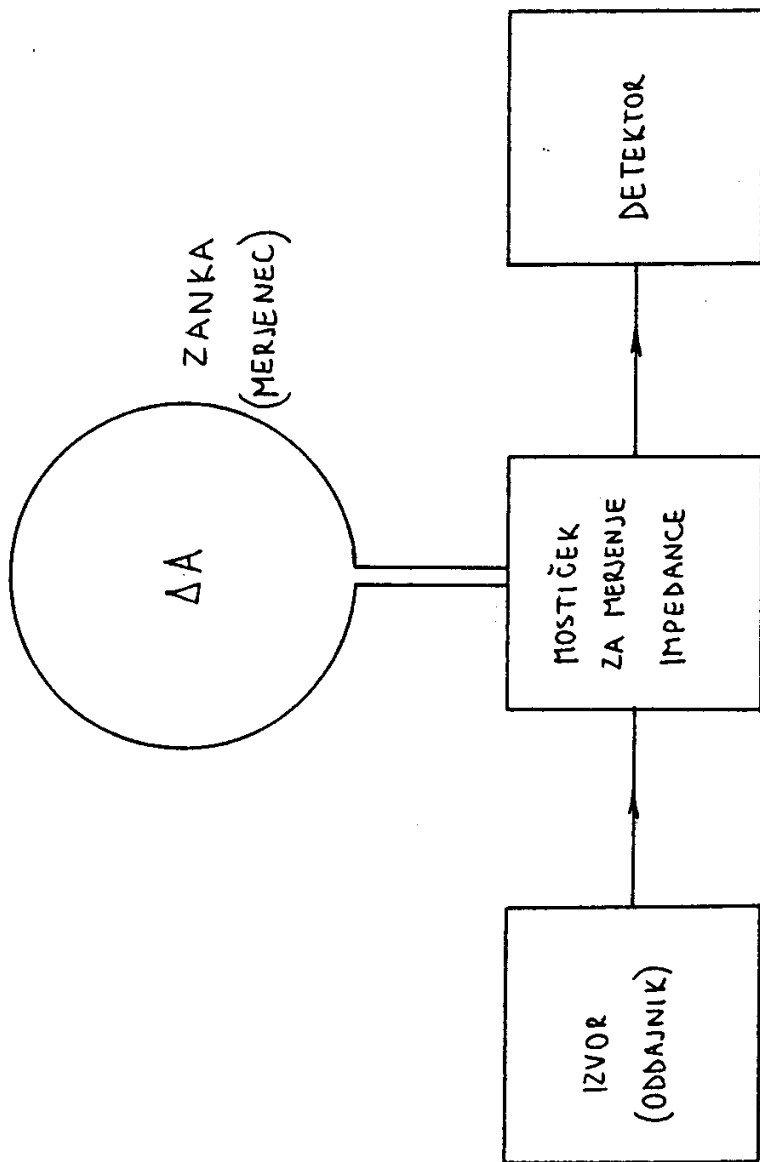
Slika 1. - Sevalna upornost majhne krožne zanke.



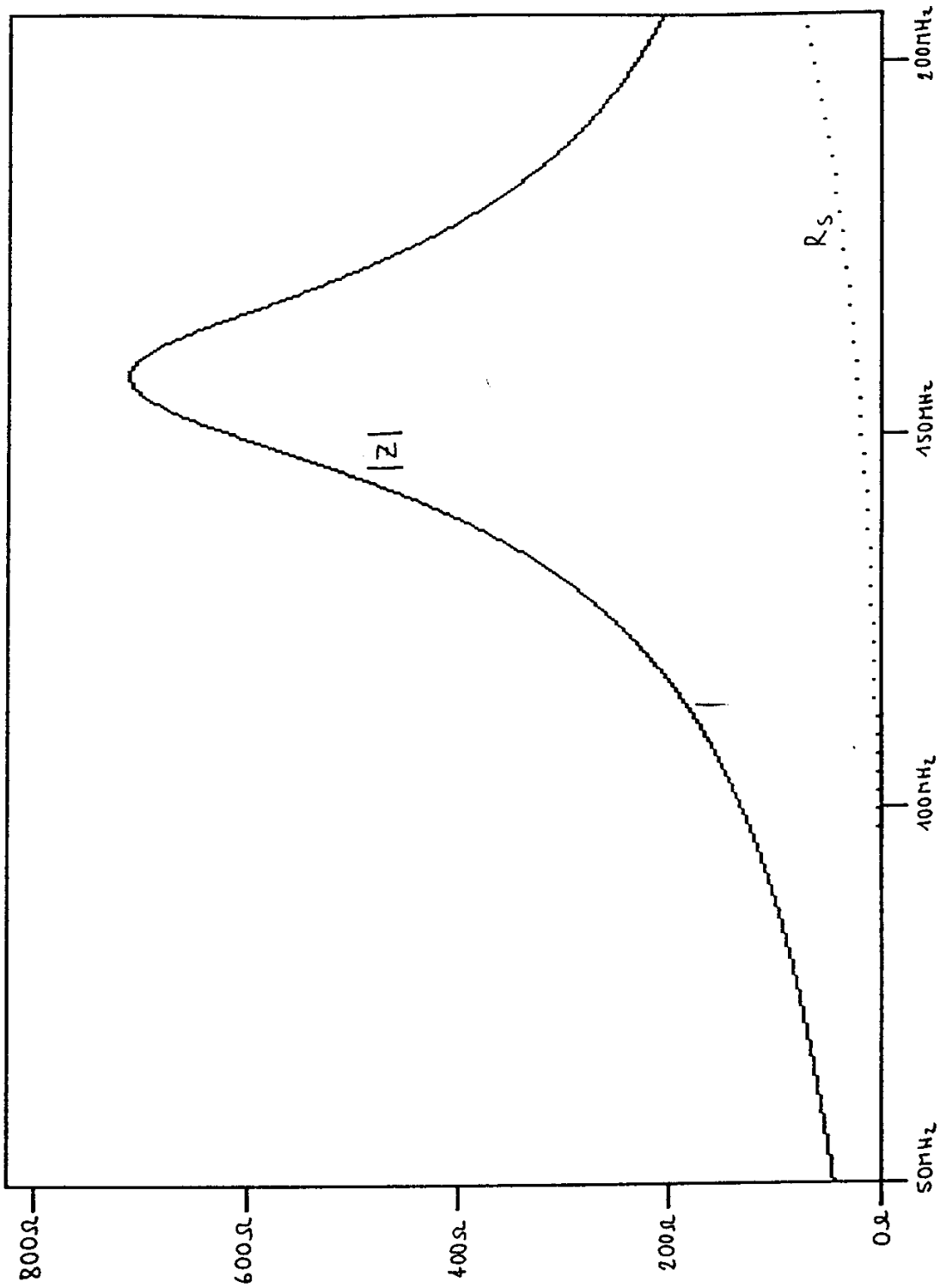
$$\eta = \frac{R_s}{R_{cu} + R_s}$$

$$R_{cu} = \alpha \sqrt{\omega}$$

Slika 2. - Nadomestna vezava in izkoristek majhne krožne zanke.



Slika 3. - Vezava merilnih instrumentov.



Slika 4. - Frekvenčni potek impedance zanke.