

Mikrotalasna tehnika

Nerecipročne komponente mikrotalasnih kola

B. Lutovac

Elektrotehnički fakultet

Decembar 2021. godine



- Ove komponente ne zadovoljavaju uslov recipročnosti, tj. njihove matrice rasijanja nisu simetrične. Za njihovu realizaciju koriste se **feriti**.
- To su jedinjenja koja se dobijaju miješanjem oksida gvožđa i oksida nekih drugih elemenata (Mn, Ni, Mg i drugih).
- Feriti imaju magnetska svojstva feromagnetika (velike vrijednosti μ_r), ali za razliku od feromagnetika imaju električne osobine dielektrika (male gubitke). Tipične vrijednosti su $\mu_r \sim 10 \div 3000$, $\sigma \sim (10^{-4} \div 10^{-11})$ S/m, $\epsilon_r \sim 10 \div 20$, $\text{tg} \sim 10^{-4}$.
- Njihovo najvažnije svojstvo koje i uslovljava njihovo korišćenje u mikrotalasnoj tehnici za realizaciju nerekipročnih elemenata je, što pod dejstvom stalnog magnetskog polja postaju (u magnetskom smislu) anizotropna sredina odnosno, magnetska svojstva postaju različita u raznim pravcima.
- Na primjer, magnetska indukcija u pravcu x —ose ne zavisi samo od H_x već i od H_y i H_z . Matematički, permeabilnost ferita podvrgnutog dejstva stalnog magnetskog polja je tenzorska veličina. U fiksiranom koordinatnom sistemu, tenzor se može identifikovati matricom 3×3 oblika:

$$\mu = \begin{bmatrix} \mu_{xx} & \mu_{xy} & \mu_{xz} \\ \mu_{yx} & \mu_{yy} & \mu_{yz} \\ \mu_{zx} & \mu_{zy} & \mu_{zz} \end{bmatrix}$$



Faradejev efekat...

- Možemo pisati: $\vec{B} = \mu\vec{H}$, odnosno:

$$B_x = \mu_{xx}H_x + \mu_{xy}H_y + \mu_{xz}H_z$$

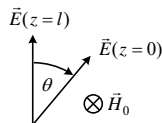
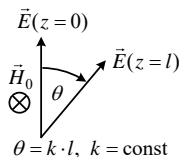
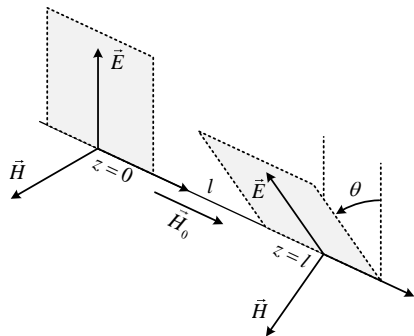
$$B_y = \mu_{yx}H_x + \mu_{yy}H_y + \mu_{yz}H_z$$

$$B_z = \mu_{zx}H_x + \mu_{zy}H_y + \mu_{zz}H_z$$

- Tenzor nije isto što i matrica. Pri promjeni koordinatnog sistema (njegovoj rotaciji) elementi matrice μ se mijenjaju po određenom zakonu.
- U odusustvu stranog magnetskog polja, ferit ne predstavlja interes, permeabilnost je obična skalarna veličina pa je u bilo kojem koordinatnom sistemu $\vec{B} = \mu\vec{H}$ ($\mu = \text{const}$ - skalar).
- Pri prostiranju talasa u feritnoj sredini koja je podvrgnuta dejstvu stalnog magnetskog polja ispoljavaju se različiti neregipročni efekti koji se mogu iskoristiti za realizaciju neregipročnih komponentni.
- Jedan od tih efekata (koji navodimo bez analize) je tzv. **Faradejev efekat**.
- Ako se ravanski elektromagnetski talas, sa linearnom polarizacijom, prostire kroz neograničenu feritnu sredinu u pravcu stalnog magnetskog polja, tada se njegova ravan polarizacije obrće za ugao srazmjeran pređenom putu. Ako je strano magnetsko polje H_0 dovoljno malo, ravan polarizacije se obrće u smjeru kazaljke na satu gledano duž vektora H_0 (slika ??)

Faradejev efekat...

- Ako je strano magnetsko polje H_0 dovoljno malo, ravan polarizacije se obrće u smjeru kazaljke na satu gledano duž vektora \vec{H}_0 (slika lijevo).



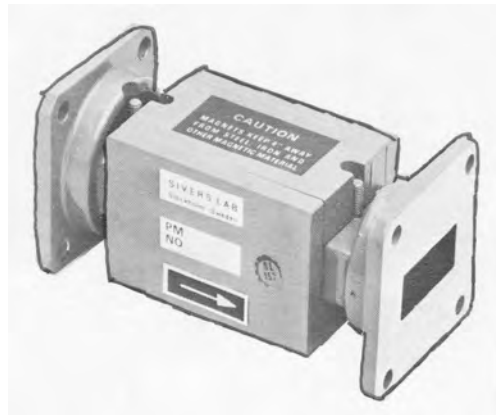
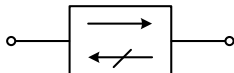
- Ako je smjer magnetskog polja \vec{H}_0 suprotan, okretanje ravni polarizacije se vrši u suprotnom smjeru. Faradejev efekat je **nerecipročan**, tj. ako se talas prostire u suprotnom smjeru, ravan polarizacije se ne vraća u prvobitni položaj, već se i dalje obrće u istom smjeru, gledano duž pravca vektora \vec{H}_0 . To znači da ako bi se talas na slici prostirao u suprotnom smjeru i ako je vektor \vec{E} na mjestu $z = l$ vertikalan onda bi njegov položaj na mjestu $z = 0$ bio kao na slici desno.

Izolator(ventil)

- Izolator je neregipročni elemenat sa dva pristupa koji bez slabljenja (i bez refleksije) propušta talas u jednom smjeru, a apsorbuje ga potpuno ako se prostire u suprotnom smjeru.
- U praksi se radi o vrlo malom slabljenju u jednom smjeru (propusnom) i veoma velikom slabljenju u suprotnom (nepropusnom) smjeru. Matrica rasijanja idealnog izolatora je:

$$\mathbf{S} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

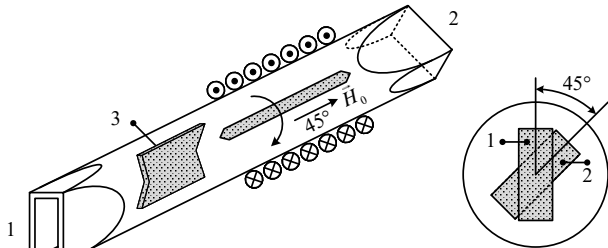
- Referentne ravni su odabrane tako da elemenat S_{21} bude realan. Oznaka za izolator na šemama je prikazana na slici ispod a njegov izgled na slici desno.



- Matrica rasijanja je nesimetrična kao i kod svih neregipročnih elemenata. Ona je također neunitarna, jer postoje gubici, (pri prostiranju talasa u nepropusnom smjeru).

Konstrukcija izolatora

- Konstrukcija izolatora je pokazana na slici.
- Talasovodi 1 i 2 su pomjereni za ugao od 45° , a feritni štap je projektovan tako, da obrće ravan polarizacije za 45° i to u istom smjeru u kojem je talasovod 2 pomjeren u odnosu na talasovod 1.
- Magnetsko polje \vec{H}_0 stvara solenoid sa stalnom strujom koji je namotan oko centralnog dijela (kružnog talasovoda).
- Neka se pobuđuje talasovod 1 – linije talasa TE_{10} su horizontalne.
- Apsorpciona pločica 3 ne utiče na talas TE_{11} koji se obrazuje u prelazu, i koji takođe ima horizontalnu polarizaciju.
- Feritni štap zaokreće strukturu talasa TE_{11} za 45° i taj talas se transformiše u talasovodu 2 u talas TE_{10} , jer su linije polja

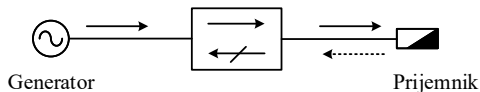
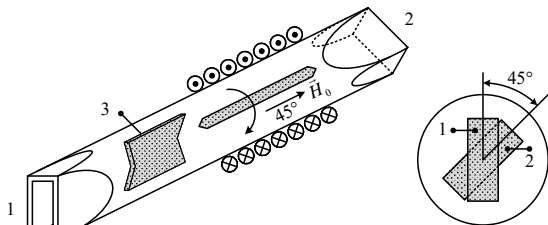


koje su zaokrenute za 45° paralelne sa užim stranama talasovoda 2, što je neophodno za pobuđivanje talasa TE_{10} .

- Prema tome, talas iz talasovoda 1 praktično bez slabljenja prelazi u talasovod 2.
- Ako se pobuđuje talasovod 2 talasom TE_{10} , isti se transformiše u talas TE_{11} sa istom polarizacijom.

Konstrukcija izolatora...

- Feritni štap obrće strukturu polja za 45° u istom smjeru (gledano sa strane talasovoda 1 odnosno, gledano duž vektora \vec{H}_0). Linije polja \vec{E} postaju vertikalne i talas se apsorbuje u pločici 3 (koja je vertikalna), tako da se talasovod 1 ne pobuđuje.
- Vertikalno električno polje ne može pobuditi talasovod 1 talasom TE_{10} .
- Ovakvo električno polje bi pobuđivalo talas TE_{01} , koji se ne može prostirati, jer se pretpostavlja da su talasovodi 1 i 2 dimenzionisani za osnovni tip talasa TE_{10} .
- Izolator se najčešće koristi za širokopojasno prilagođavanje (slika desno dolje).

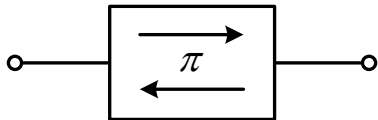


- Direktni talas od generatora prolazi kroz izolator do prijemnika, a talas reflektovan od prijemnika apsorbuje se u izolatoru, tako da je, gledano sa strane generatora, izvršeno prilagođenje.



Žirator

- Žirator je neregipročni regulator faze kod kojeg se fazne razlike između talasa na izlazu i ulazu razlikuju za π , zavisno od toga koji se pristup odabere za ulaz. Oznaka na šemama za žirator je prikazana na slici.

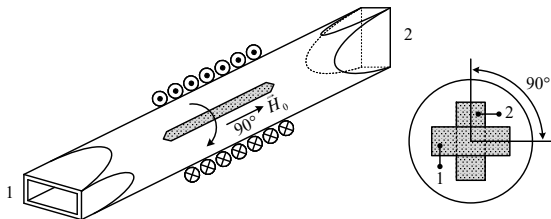


- Njegova matrica rasejanja je:

$$\mathbf{S} = \begin{bmatrix} 0 & e^{j(\varphi+\pi)} \\ e^{j\varphi} & 0 \end{bmatrix} = e^{j\varphi} \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

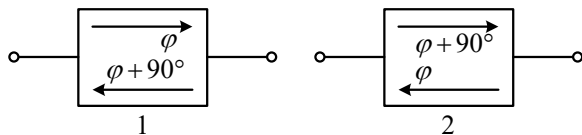
- Matrica je nesimetrična, ali je unitarna (nema gubitaka).
- Može se uzeti $\varphi = 0$, što se lako postiže pogodnim odabirom referentnih ravni.

- Konstrukcija žiratora je slična konstrukciji izolatora, s tom razlikom što nema apsorbcione pločice, a talasovodi 1 i 2 su pomjereni za 90° stepeni.
- Za isto toliki ugao (90°), feritni štap obrće ravan polarizacije odnosno, strukturu polja a što je prikazano na slici.



- Kada se pobuđuje talasovod 2 (linije električnog polja horizontalne), feritni štap obrće strukturu polja za 90° stepeni (u istom smjeru gledano sa strane talasovoda 1), tako da linije električnog polja postaju vertikalne, ali suprotnog smjera u odnosu na slučaj kada se pobuđivao talasovod 1.
- Talasovod 1 se pobuđuje, ali suprotan smjer električnog polja znači dodatnu faznu razliku od π .
- Koriste se i drugi neregipročni regulatori faze, zasnovani na drugim efektima, a ne na Faradejevom efektu.
- Kod faznog cirkulatora koriste se dva neregipročna regulatora faze, kod kojeg se fazne razlike razlikuju za 90° .

- Fazne cirkulatore označavamo kao na slici.



- Matrice rasijanja su:

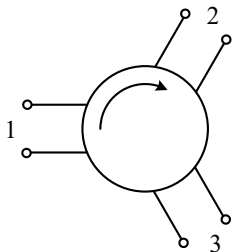
$$\mathbf{S}_1 = \begin{bmatrix} 0 & e^{j(\varphi+90^\circ)} \\ e^{j\varphi} & 0 \end{bmatrix} = e^{j\varphi} \begin{bmatrix} 0 & j \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{S}_2 = \begin{bmatrix} 0 & e^{j\varphi} \\ e^{j(\varphi+90^\circ)} & 0 \end{bmatrix} = e^{j\varphi} \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ j & 0 \end{bmatrix}$$

- Ugao φ obično ne igra posebnu ulogu i može se staviti $\varphi = 0$.

Cirkulator

- Cirkulator je nerecipročni, reaktivni element sa tri ili četiri pristupa, koji ima svojstvo cikličnog prenosa snage.
- Za cirkulator sa tri pristupa (pokazan na slici) snaga se iz pristupa 1 prenosi na pristup 2, iz pristupa 2 na pristup 3 a iz pristupa 3 na pristup 1 (smjer cikličnog prenosa je pokazan strelicom). Za suprotan smjer strelice, snaga cirkuliše u smjeru $1 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 1$.



- Matrica rasijanja za cirkulator sa tri pristupa, pokazan na slici je:

$$\mathbf{S} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & e^{j\varphi_{13}} \\ e^{j\varphi_{21}} & 0 & 0 \\ 0 & e^{j\varphi_{32}} & 0 \end{bmatrix}$$

- Izborom referentnih ravni može se postići da svi nenulti elementi budu realni pa je:

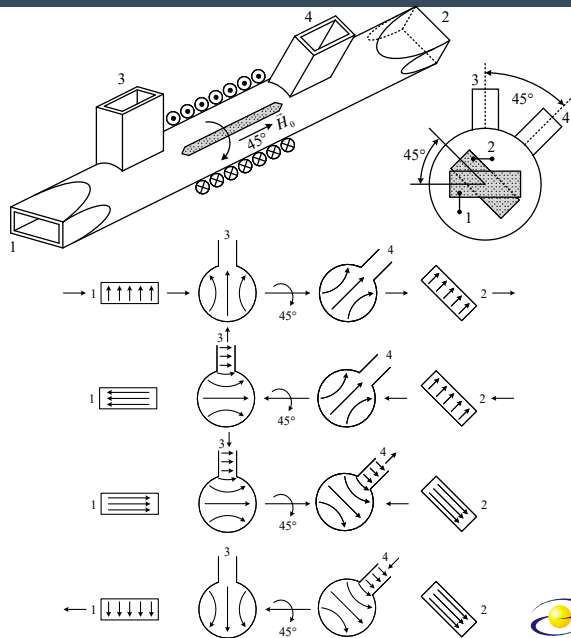
$$\mathbf{S} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

- Matrica rasijanja zavisi od smjera cirkulacije i od notacije krajeva. Ona je nesimetrična, ali unitarna (nema gubitaka).



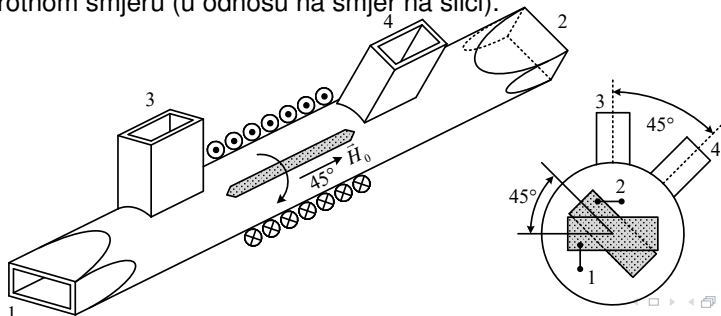
Konstrukcija cirkulatora

- Konstrukcija cirkulatora sa 4 pristupa na bazi Faradejevog efekta pokazana je na slici, a princip rada je pokazan na drugoj slici.
- Talasovodi 1 i 2 su pomjereni za 45° stepeni, a za isti ugao i talasovodi 3 i 4. Pri tome je talasovod 3 normalan na talasovod 1, a talasovod 4 na talasovod 2.
- Feritni štap rotira strukturu polja za 45° stepeni (u smjeru kazaljke na satu gledano duž vektora \vec{H}_0).
- Kada se pobuđuje talasovod 1, talasovod 3 se ne pobuđuje, jer su linije polja duž njegove ose. Feritni štap rotira strukturu polja za 45° stepeni.
- Talasovod 4 se ne pobuđuje (iz istog razloga kao i talasovod 3), a pobuđuje se talasovod 2 jer su linije polja paralelne sa užim stranama.



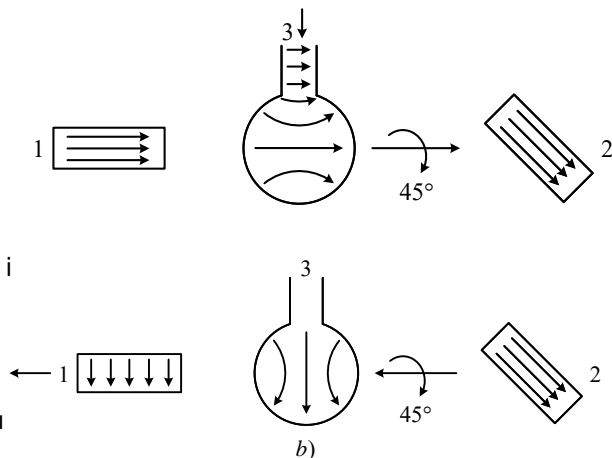
Konstrukcija cirkulatora...

- Kada se pobuđuje talasovod 2, talasovod 4 se ne pobuđuje, iz istog razloga kao i talasovodi 3 i 4 prethodno. Feritni štap rotira strukturu polja za 45° stepeni (u istom smjeru) i pobuđuje se talasovod 3, jer su linije polja paralelne sa užim stranama. Talasovod 1 se ne pobuđuje jer su linije električnog polja paralelne sa širim stranama.
- Isti argumenti pokazuju, da se pri pobuđivanju talasovoda 3, pobuđuje talasovod 4, dok se pri pobuđivanju talasovoda 4 pobuđuje talasovod 1. Dakle, dobili smo cirkulator sa cirkulacijom $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 1$. Da bi dobili cirkulator sa suprotnom cirkulacijom ($1 \rightarrow 4 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 1$) dovoljno je promijeniti smjer magnetskog polja \vec{H}_0 a što se jednostavno postiže promjenom smjera struje u solenoidu. Tada se ravan polarizacije odnosno, struktura polja obrće za 45° stepeni u suprotnom smjeru (u odnosu na smjer na slici).



Konstrukcija cirkulatora...

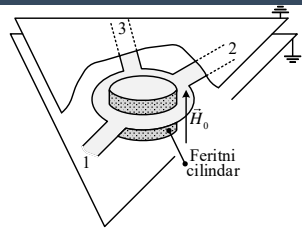
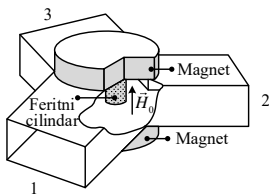
- Cirkulator sa 3 pristupa dobija se ako se u konstrukciji sa slike sa prethodnog slajda ukloni talasovod 4.
- Pri pobuđivanju talasovoda 1 i 2 nema nikakve razlike u odnosu na slučaj sa četiri pristupa.
- Kada se pobuđuje talasovod 1 pobuđuje se i talasovod 2, a kada se pobuđuje talasovod 2, pobuđuje se talasovod 3.
- Kada se pobuđuje talasovod 3 (slika gore), talasovod 1 se prvobitno ne pobuđuje jer su linije paralelne sa širim stranama. Talas ide udesno, štap mu rotira strukturu za 45° stepeni, pa se ni talasovod 2 ne može pobuditi iz istog razloga.



- Zbog toga se talas reflektuje nazad, struktura mu se rotira za dodatnih 45° stepeni, tako da linije polja postaju vertikalne i pobuđuje se talasovod 1 (slika dolje).

Konstrukcija cirkulatora...

- Dobija se cirkulator sa cirkulacijom $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 1$. Ako se promijeni smjer magnetskog polja \vec{H}_0 , dobiće se cirkulator sa suprotnim smjerom cirkulisanja snage tj. $1 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 1$.
- Cirkulatori na bazi Faradejevog efekta imaju dosta glomaznu konstrukciju. Jednostavniji su i češće se koriste tzv. Y– cirkulatori, koji imaju tri pristupa ali se oni ne zasnivaju na Faradejevom efektu.
- Na slici (gore) su prikazani talasovodni i trakasti Y cirkulator. Kod talasovodnog Y– cirkulatora u pitanju je Y– spoj u H ravni.
- U sredini spoja je postavljen feritni cilindar (po čitavoj visini) koji je podvrgnut dejstvu stalnog magnetskog polja \vec{H}_0 stalnog magneta. Za određene vrijednosti debljine



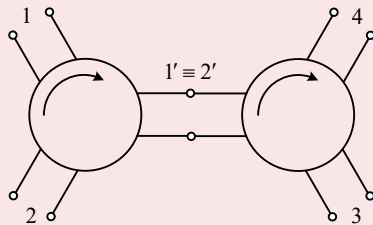
cilindra i polja \vec{H}_0 dobija se cirkulator.

- Izgled talasovodnog Y cirkulatora.

PRIMJER 1.

Postavka:

Pokazati da se kombinacija dva cirkulatora sa 3 pristupa prikazana na slici ponaša kao cirkulator sa 4 pristupa.



Rješenje.

Za prvi cirkulator možemo pisati

$$\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b'_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a'_1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Iz relacije (1) dobijamo: $b_1 = a_2$, $b_2 = a'_1$ i $b'_1 = a_1$. Za drugi cirkulator

$$\begin{bmatrix} b'_2 \\ b_4 \\ b_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a'_2 \\ a_4 \\ a_3 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Rješenje.

Razvijanjem relacije (2) dobijamo: $b'_2 = a_3$, $b_4 = a'_2$ i $b_3 = a_4$. Za zajedničku tačku $1' \equiv 2'$ važi $a'_1 = b'_2$ i $a'_2 = b'_1$. Sada eliminišemo veličine sa indeksima različitim od 1, 2, 3 i 4 i dobijamo

$$\begin{aligned} b_1 &= a_2 \\ b_2 &= a'_1 = b'_2 = a_3 \\ b_3 &= a_4 \\ b_4 &= a'_2 = b'_1 = a_1 \end{aligned}$$

ili u matičnom obliku

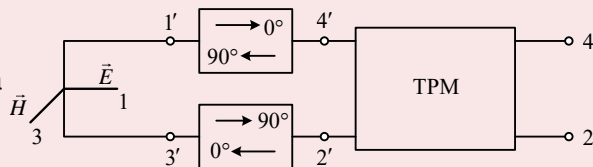
$$\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Posmatrajući dobijenu matricu rasijanja u relaciji (3) zaključujemo da se radi o cirkulatoru sa 4 pristupa, sa smjerom cirkulacije $1 \rightarrow 4 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 1$.

PRIMJER 2.

Postavka:

Pokazati da kombinacija magičnog T, talasovodnog proreznog mosta i dva neregipročna regulatora faze prikazana na slici predstavlja cirkulator.



Rješenje.

Za magično T važi

$$\begin{bmatrix} b_1 \\ b_3 \\ b'_1 \\ b'_3 \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_3 \\ a'_1 \\ a'_3 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Razvojem relacije (4) dobijamo:

$$b_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} (a'_1 - a'_3)$$

$$b_3 = \frac{1}{\sqrt{2}} (a'_1 + a'_3)$$

$$b'_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} (a_1 + a_3)$$

$$b'_3 = \frac{1}{\sqrt{2}} (-a_1 + a_3)$$

Rješenje.

Za talasovodni prorezni most važi:

$$\begin{bmatrix} b'_4 \\ b'_2 \\ b_4 \\ b_2 \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 0 & 0 & j & 1 \\ 0 & 0 & 1 & j \\ j & 1 & 0 & 0 \\ 1 & j & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a'_4 \\ a'_2 \\ a_4 \\ a_2 \end{bmatrix}$$

čijim razvojem dobijamo

$$b'_4 = \frac{1}{\sqrt{2}} (ja_4 + a_2)$$

$$b'_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} (a_4 + ja_2)$$

$$b_4 = \frac{1}{\sqrt{2}} (ja'_4 + a'_2)$$

$$b_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} (a'_4 + ja'_2)$$

Za neregipročne regulatore faze imamo:

$$\begin{bmatrix} a'_1 \\ a'_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & j \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b'_1 \\ b'_4 \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$\begin{bmatrix} a'_3 \\ a'_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ j & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b'_3 \\ b'_2 \end{bmatrix} \quad (6)$$

Razvojem relacije (5) dobijamo: $a'_1 = jb'_4$ i $a'_4 = b'_1$, dok razvojem relacije (6) dobijamo: $a'_3 = b'_2$ i $a'_2 = jb'_3$. Elimišući sve veličine sa indeksima različitim od 1, 2, 3, i 4 dobijamo:

Rješenje.

$$b_1 = -a_4$$

$$b_2 = a_1$$

$$b_3 = ja_2$$

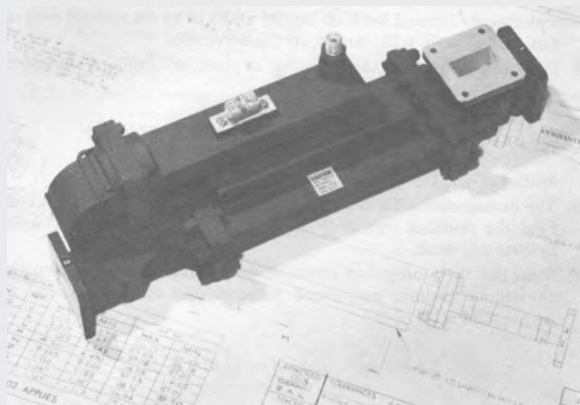
$$b_4 = ja_3$$

ili u matričnom obliku

$$\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & j & 0 & 0 \\ 0 & 0 & j & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{bmatrix} \quad (7)$$

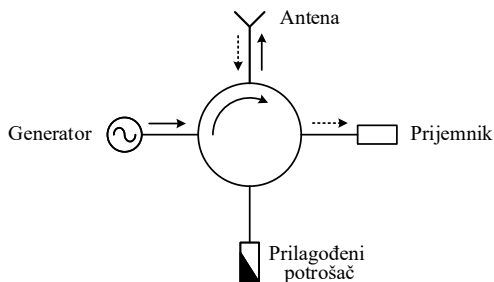
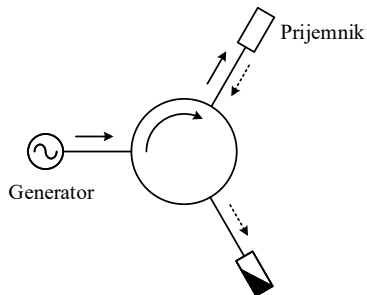
Iz relacije (7) vidimo da dobijena matrica rasijanja odgovara cirkulatoru sa smjerom cirkulacije $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 1$. Ovakav cirkulator se naziva **fazni cirkulator**.

Na slici je prikazan izgled faznog cirkulatora.

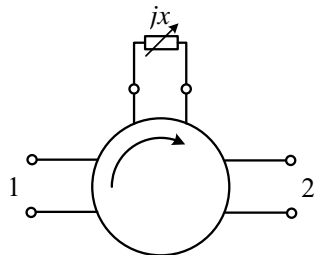


Primjena cirkulatora

- **Primjena cirkulatora za prilagođenje**
Šema prilagođenja je prikazana na slici (gore). Talas iz generatora se prenosi u prijemnik, a talas reflektivan od prijemnika apsorbuje se u prilagođenom potrošaču.
- **Primjena cirkulatora za realizaciju antenskog komutatora predaja/prijem.**
U režimu predaje signal iz generatora se dovodi na antenu, a u režimu prijema signal sa antene ide u prijemnik kao što pokazuje slika (dolje).
- Iako je u idealnom slučaju dovoljan cirkulator sa tri pristupa (bez pristupa sa prilagođenim potrošačem) u praksi se koristi cirkulator sa 4 pristupa, jer zbog neidealnosti cirkulatora, jedan dio snage bi se kretao u suprotnom smjeru. Ta snaga se apsorbuje u pristupu sa prilagođenim potrošačem i ne stiže do pri.



- **Primjena cirkulatora za realizaciju neregipročnog regulatora faze** Realizacija neregipročnog regulatora faze prikazana je na slici (gore).

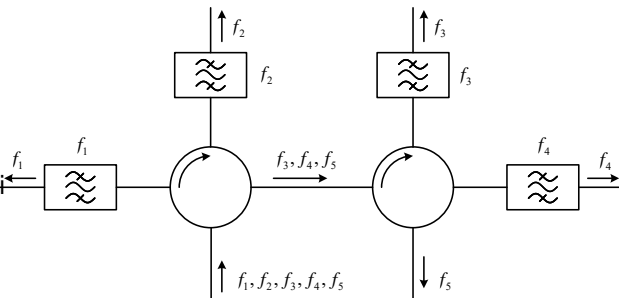


- Pored cirkulatora potrebno je promjenljivo reaktivno opterećenje (pomični kratkospojnik ili varikap dioda).

- **Primjena cirkulatora za frekventno (de)multiplesiranje signala.**

Na slici (dolje) je prikazana šema demultiplesiranja signala f_1, f_2, \dots, f_n .

- Pored cirkulatora potrebni su i filtri propusnici opsega za pojedine učestanosti.
- Ista šema može da posluži za multiplesiranje i potrebno je promijeniti smjerove svih strelica. Promjena smjera

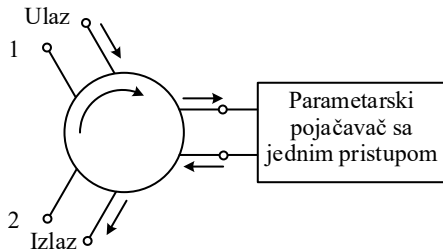


cirkulisanja kod cirkulatora postiže se promjenom smjera magnetskog polja \vec{H}_0 .



Primjena cirkulatora za razdvajanje ulaza i izlaza kod pojačavača sa jednim pristupom

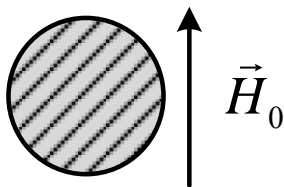
U jednoj verziji tzv. parametarski pojačavač ima samo jedan pristup, pa se za razdvajanje ulaza i izlaza koristi cirkulator kao na slici..



Signal koji se pojačava dovodi se na ulaz, prelazi u pojačavač i poslije pojačanja prelazi na izlaz.



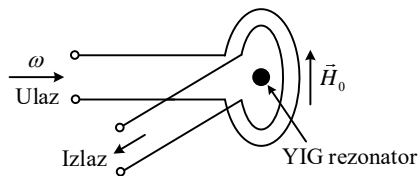
Ytrium **I**ron **G**arnet (YIG) je feritno jedinjenje na bazi itrijuma i gvožđa. Karakteriše se veoma malim gubicima posebno kada se koristi u obliku male loptice prečnika do 1 mm. Ovakva loptica može da se koristi kao rezonator kod kojeg rezonantne oscilacije nastaju pri određenoj vrijednosti stalnog magnetisanja polja \vec{H}_0 kojem je loptica podvrgnuta (slika).



Rezonantna učestanost je direktno proporcionalna jačini stalnog magnetnog polja $\omega_{rez} = \text{const} \cdot H_0$.
Važne osobine ovih rezonatora su:

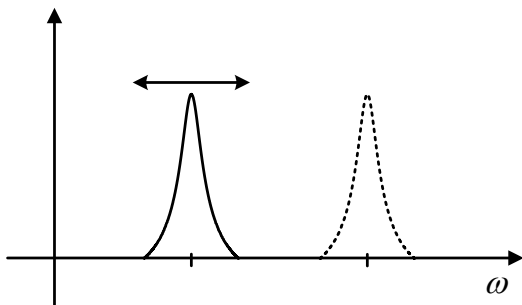
- 1 Mali gubici, odnosno velika vrijednost sopstvenog faktora dobrote ($Q_0 \sim 10^4$).
- 2 Izuzetno male dimenzije.
- 3 Jednostavna promjena rezonantne učestanosti promjenom vrijednosti stranog magnetskog polja H_0 .

- Ova svojstva uslovljavaju primjenu kod poluprovodničkih oscilatora (sa tranzistorima, sa Ganovom diodom, sa lavinskom diodom) za jednostavnu promjenu učestanosti oscilovanja.
- YIG rezonatori se koriste za realizaciju filtera propusnika opsega (YIG filteri), kod kojih se propusni opseg na jednostavan način može translatorno pomjerati. Principijelna (ekvivalentna) šema ovog filtra prikazana je na slici.



- Dvije kružne petlje su postavljene normalno jedna na drugu, a u njihovom zajedničkom centru je YIG rezonator.
- Kada je učestanost signala ω različita od rezonantne učestanosti ω_{rez} koja je definisana jačinom stranog magnetskog polja H_0 , ulaz i izlaz nijesu spregnuti, jer nema oscilacija u rezonatoru, a magnetsko polje ulazne petlje je u ravni izlazne. Prema tome, signal za učestanosti $\omega \neq \omega_{rez}$ se ne prenosi na izlaz.

- Kada učestanost signala postane bliska rezonantnoj učestanosti, pobuđuju se oscilacije u rezonatoru i na račun njih se ostvaruje sprega između ulazne i izlazne petlje.
- Ta sprega je maksimalna na rezonansi odnosno, kada je $\omega = \omega_{rez}$.
- Tako dobijamo filter propunik opsega učestanosti sa uskim propusnim opsegom (propušta se samo rezonantna učestanost i njoj bliske učestanosti).
- Promjenom H_0 mijenja se rezonantna učestanost i propusni opseg se translatorno pomjera kao što pokazuje slika.



YIG rezonator...

- Na prvoj slici prikazana je realizacija YIG filtra u talasovodnoj tehnici dok druga slika prikazuje realizaciju YIG filtra u trakastoj tehnici. U zadnjem slučaju upotrijebljena su dva polutalasna rezonatora.

