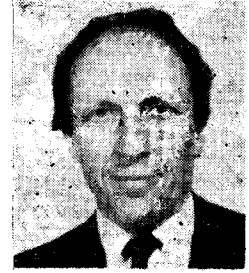


# Mikroszalagvonalas cirkulátorok alkotó rezonátorai hőfokfüggése

DR. BÁRSONY PÉTER  
Távközlési Kutató Intézet



## ÖSSZEFOGLALÁS

A mikroszalagvonalas cirkulátorok nagy többségénél a tervező munkát a cirkulátorok alkotó rezonátorainak tervezésére lehet alapozni. Ez a cikk az alkotó rezonátorok szuszceptancia meredeksége és rezonáns frekvenciái hőmérsékletfüggésének számításával foglalkozik. Az eredmények felhasználhatók a cirkulátorok hőmérsékletfüggésének analíziséhez és stabilizálására.

## Bevezetés

A mikrohullámú rendszerekre előírt klíma követelmények esetenként nagyon szigorú feltételeket szabnak a rendszerekben felhasznált mikroszalagvonalas cirkulátorok hőmérséklet stabilitására. Különböző típusú cirkulátorok hőmérsékletfüggésének csökkentését célozva már eddig is több eredmény született. Ezek többsége a cirkulátorokban levő mikrohullámú ferritek telítési mágneszettsége hőfokfüggésének kompenzálásán alapult. A kompenzáció a külső mágneses tér hőmérséklet függvényében való változtatásával történt [1], [2], [3]. Más esetben a hőstabil cirkulátorok készítéséhez [4] a parciálisan mágnesezett ferritek stabil tartományát használták ki. A legjobb módszer természetesen — és a legtöbb erőfeszítés is erre irányult — hőstabil mikrohullámú ferritek és kvázi hőfokfüggetlen mágnesek használata. Több esetben azonban a szükséges telítési mágneszettség tartományban jól hőkompenzált mikrohullámú ferritanyag nem szerezhető be, és néha a kompenzáció magasabb áteresztőirányú csillapítást eredményez. Ezért széles hőmérséklettartományú cirkulátorok készítéséhez továbbra is fontosnak tűnik a mikroszalagvonalas cirkulátorok hőmérsékletfüggésének analízise.

Ismert tény [5], hogy a mikroszalagvonalas cirkulátorok többségénél, melyeknél az impedancia-mátrix első sajátértéke zérus, a tervező munkát az alkotó rezonátorok tervezésére lehet korlátozni, és így az alkotó rezonátorok hőfokfüggésének ismeretében a cirkulátorok hőfokfüggése számolható.

## Az alkotó rezonátor hőmérsékletfüggése

Az egyszerűség kedvéért számításainkhoz lineáris, veszteségmentes ferrit anyagot tételezünk fel. A cirkulátor alkotó rezonátor bemenő impedanciáját, amely egy mikroszalagvonalal csatolt tárcsa rezonátor — variációs módszerrel, közelítően az alábbiak szerint számíthatjuk [6]:

Beérkezett: 1986. VII. 25. (□)

Híradástechnika XXXVIII. évfolyam, 1987. 11. szám

## DR. BÁRSONY PÉTER

1964-ben végzett a BME Villamosmérnöki Karának híradástechnika szakán. Azóta a Távközlési Kutató Intézetben dolgozik, jelenleg tudományos főosztályvezető beosztásban. Kutatási és mérnöki munkája kezdettől fogva a mikrohullámú ferrites eszközökkel, elsősorban sza-

lag és mikroszalagvonalas cirkulátorokkal volt kapcsolatban. Ebben a témakörben szerzett 1971-ben egyetemi doktori fokozatot a BME-n, 1983-tól a műszaki tudományok kandidátusa. A HTE TKI helyi szervezete anyag, alkatrész és technológia csoportjának titkára, a Nemzetközi Ferrites Konferencia rendező bizottságának tagja.

$$Z_{in} = j \sum_{2m}^{\infty} \frac{2\omega \mu_0}{\gamma_{m0}} \frac{1}{\left[1 - \left(\frac{R_{eff}}{W_{eff}} m\pi\right)^2\right]^2} - j \frac{\sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{\omega}{\omega^2 - \omega_{nm}^2} C_{nm}^2 J_n^2(k_{nm} R_{eff}) I_{nr}^2 W_{eff} h}{4 \sin^2 \frac{W_{eff}}{2R_{eff}}} \quad (1)$$

ahol  $J_n$  az  $n$  rendű Bessel függvény

$$\gamma_{m0} = \left[ \left( \frac{m\pi}{W_{eff}} \right)^2 - \omega^2 \mu_0 \varepsilon_0 \varepsilon_{eff} \right]^{1/2}$$

$W_{eff}$ ,  $\varepsilon_{eff}$  a csatoló vonal effektív szélessége és effektív permittivitása

$R_{eff}$ ,  $h$ ,  $\omega_{nm}$  a tárcsarezonátor effektív sugara, magassága és rezonancia frekvenciái

$$C_{nm} = \frac{1}{J_n(k_{nm} R_{eff}) \sqrt{\varepsilon_0 \varepsilon_{fdyn} V}} \left[ \frac{\delta_m}{n^2} \frac{1}{(k_{nm} R_{eff})^2} \right]^{1/2}$$

$$\delta_m = \begin{cases} 1 & m=0 \\ 2 & m \neq 0 \end{cases}$$

$V$ ,  $\varepsilon_{fdyn}$ ,  $\mu_{dyn}^d$  a ferrittárcsa rezonátor térfogata, dinamikus permittivitása és dinamikus demagnetizált permeabilitása

$$I_{nr} = \begin{cases} \frac{1}{2} \frac{W_{eff}}{R_{eff}} + \frac{1}{2} \sin \frac{W_{eff}}{R_{eff}} & n=1 \\ \frac{\sin(1-n) \frac{W_{eff}}{2R_{eff}}}{1-n} + \frac{\sin(1+n) \frac{W_{eff}}{2R_{eff}}}{1+n} & n \neq 1 \end{cases}$$

Az alkotó rezonátor hőmérsékletfüggésének számításához a demagnetizált permeabilitás hőfokfüggését kell figyelembe vennünk. A permittivitás és a méretek hőmérsékletváltozását — kicsiségük miatt — elhanyagoljuk. A demagnetizált permeabilitás hőmérsékletváltozását a ferrit telítési mágneszettség hőmérsékletfüggése okozza.

A hőmérséklet függvényében a ferritárcsa rezonátor rezonanciafrekvenciái  $\omega_{nm}$ , valamint  $k_{nm}$  és  $C_{nm}$  változnak. Célszerűen a bemenő impedancia hőmérsékletfüggését az 1. egyenlet alapján asztali számítógéppel számíthatjuk. A továbbiakban az alkotó rezonátor szuszceptancia meredekségének hőfokfüggését  $B_r'$ , érdemes számítani, mivel a mikroszalagvonalas cirkulátor hőmérsékletfüggésének az általános cirkulátor egyenlet felhasználásával történő számításához ez szükséges.

Az 1. ábrán néhány alkotó rezonátor szuszceptancia meredekségének hőmérsékletfüggését mutattuk be. A számítások [1] felhasználásával készültek. A gránát (ferrit) anyagok adatai:

$$Y1 \ M_s^0 = 0,19T; \ \epsilon_f = 15,2; \ \frac{\Delta M_s}{M_s} = -0,2\%/^{\circ}\text{C}$$

$$Y16 \ M_s^0 = 0,143T; \ \epsilon_f = 15; \ \frac{\Delta M_s}{M_s} = -0,15\%/^{\circ}\text{C}$$

$$Y51 \ M_s^0 = 0,086T; \ \epsilon_f = 14,5; \ \frac{\Delta M_s}{M_s} = -0,175\%/^{\circ}\text{C}$$

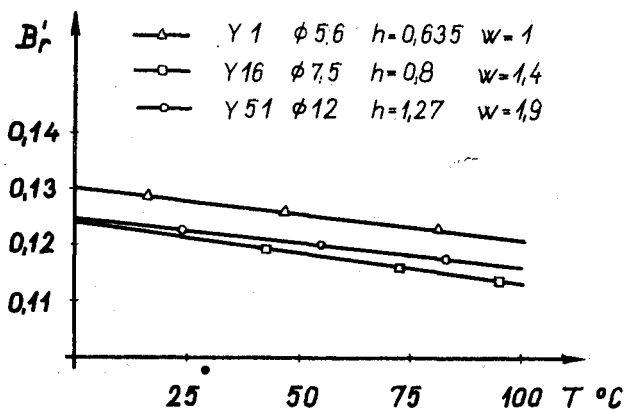
### Cirkulátorok hőmérsékletfüggése

Mikroszalagvonalas cirkulátorok hőmérsékletfüggését közelítő jelleggel az általános cirkulátor egyenlet alapján számolhatjuk:

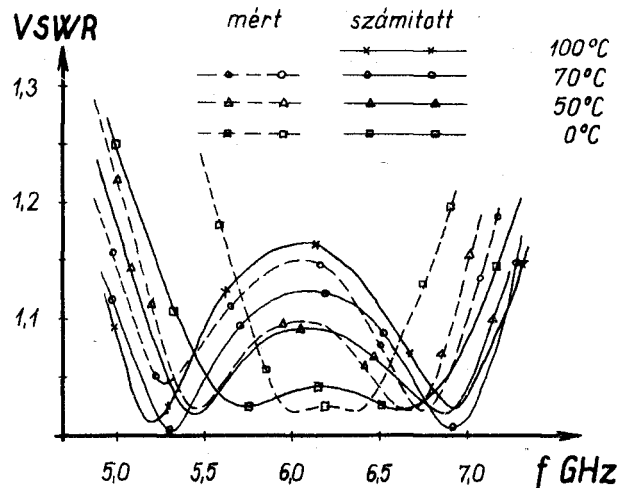
$$G \approx 0,9681 B_r' | \kappa / \mu | \quad (2)$$

ahol  $G$  az egykapus cirkulátormodell vezetése a működési középfrekvencián,  $\kappa$ ,  $\mu$  a ferrit Polder tenzor komponensek. A (2) felírásánál a ferritárcsarezonátor  $n = \pm 1$  módusai rezonáns frekvenciáinak relatív eltolásánál, a Taylor sorfejtés első tagja figyelembevételével a  $\kappa/\mu$ -höz való arányosságot írtuk. A  $\kappa/\mu$  hőmérsékletfüggését a telítési mágnesszettség és az állandó mágneses tér hőmérsékletfüggése okozza.

A 2. ábrán példaként  $\lambda/4$  transzformátorokkal csatolt mikroszalagvonalas cirkulátor számított és mért bemenő feszültség állóhullámarányát mutatjuk be a hőmérséklet függvényében. Az ábra számított görbéit az (1) és (2) egyenlet alapján számított egykapus cirkulátor helyette-



1. ábra.  $B_r'$  hőmérsékletfüggése



H-237-2

2. ábra. 6 GHz-es cirkulátor hőmérsékletfüggése

sítő kép admittancia  $\lambda/4$ -es transzformátoron való transzformálása útján nyertük. A transzformátorokat is a ferrithordozón alakítottuk ki.

### Összegezés

A mért és számított görbék közelségéből levonhatjuk azt a következtetést, hogy az alkotó rezonátorok hőmérsékletfüggésének felhasználásával a cirkulátorok hőmérsékletfüggése közelítően meghatározható, a mérnöki gyakorlatnak megfelelő tervezéshez az eredmények felhasználhatók, annak ellenére, hogy a görbék közt eltérés van. Az eltéréseket a számítások közelítő jellegének valamint annak a ténynek tulajdonítjuk, hogy a gyakorlatban az illesztő  $\lambda/4$ -es transzformátorokat inhomogénan mágnesszük és így ezen vonalszakaszok karakterisztikus impedanciáit valamint terjedési állandóit csak közelítően ismerjük és tudjuk a számításoknál figyelembe venni. Az illesztő hálózat hőmérsékletfüggése felhasználható a cirkulátorok hőmérséklet-stabilizálására.

### IRODALOM

- [1] Y. Konishi: VHF-UHF Y Circulators, NHK Technical Monograph, No. 6., May 1965. Japan
- [2] P. Barsony: A Method for Temperature Stabilization of Stripline and Microstrip Circulators, Proc. of the Fourth Coll. on Microwave Communication, Vol. IV, 1970. Budapest.
- [3] H. Katoh: Temperature-Stabilized 1.7 GHz Broad-Band Lumped-Element Circulator, IEEE MTT-23, August 1975. pp. 689-695
- [4] Y. Tokumitsu et al.: A New Temperature Stabilized Waveguide Circulator, IEEE-MTT-S Digest, 1976, pp. 260-262
- [5] J. Halszajn: Nonreciprocal Microwave Junctions and Circulators, John Wiley and Sons, 1975.
- [6] P. Barsony: A Method for Analysing the Constituent Resonator of Circulators, Proc. of the Seventh Coll. on Microwave Communication, 1982. Budapest

H-237-1