

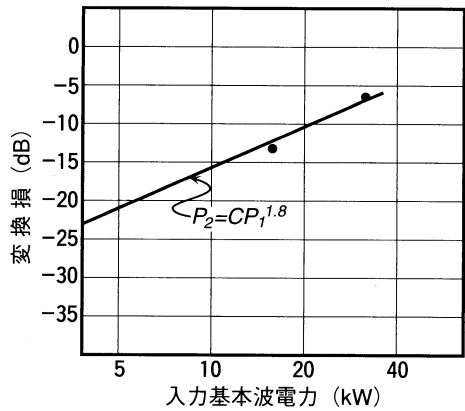


この比例定数 C は (38) 式からわかるように、 $(\Delta H)^2$ に逆比例するとともに、 m_z と高調波回路との整合条件により求まる。

さて、このような高調波発生機構において、物理的な制約条件として、次のようなスピン波発生のことを考えねばならない。いま第 2 高調波電力が、負荷側に供給される場合、高調波電流が当然負荷に流れる。この電流はフェライトの z 方向に高調波磁界を生じる。そうすると、この高調波磁界は、1.1 で述べた原理に伴って、スピン波を発生する。したがって振幅制限効果を生じるためこれ以上になると、高調波の出力増加が起こらない。

2.2 高調波発生の実際例[23][24]

いままでに用いられている構造の 2、3 の例は第 13 章の図 13.24 に示されている。また変換損の実測値の一例を図 11 に示す。



この P_1 と P_2 との特性からわかるように、 P_2 は P_1 の 2 乗に近い 1.8 乗で増加していることがわかる。(39) 式から理解できよう。これからわかるように、変換損を少なくするには、入力電力として数 kW ～ 数 10 kW 必要である。

図 11 基本波から第 2 高調波への変換損の例

44 Y サーキュレータの設計公式の説明

[1] ストリップライン Y サーキュレータの設計公式 [13.3 の (15-a)(15-b) 式] の誘導概念

- ① フェライト板の給電点で同相励振アドミッタンスを ∞ にする。
[理由] 挿入損失を最小にするため。物理的意味は、サーキュレータに寄与する回転励振の固有値が最小アドミッタンスに設計されていると損失が最小となる事である。また数式的には文献 [25] の pp.4～5 に示している。
従って図 10 のインピーダンスを零にするフェライトの半径 a を求めると 13.3 の (15-a) 式の値をうる。
この求め方は変分法により文献 [26] の pp.22～23 に示されている。文献 [26] では図 1 につき求められ特別な場合として空気層がない時 13.3 の (15-a) 式となる。図 1 の場合の公式を (1) 式に示した。

見本

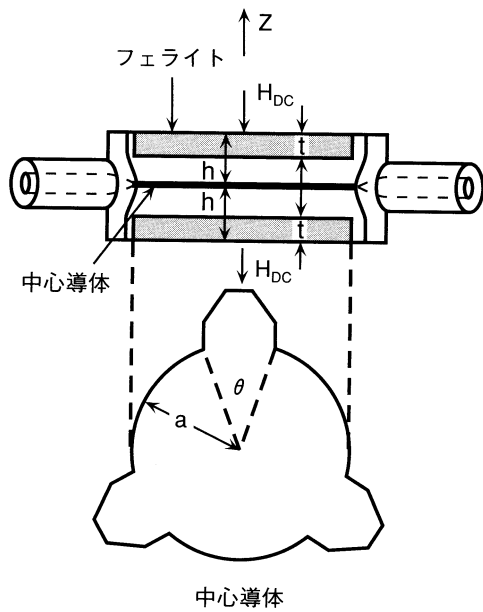


図1 円板状フェライト板を部分装荷してなる同軸 Y 分岐
サーキュレータの構造図

$$\omega' = \frac{x_\alpha(\theta)}{\alpha\sqrt{\varepsilon_2\mu_{eff}}} \cdot \left\{ \frac{2 \left\{ t' + \frac{\varepsilon_{1s}}{\varepsilon_{1s}}(1-t') \right\}}{(1 + \sqrt{1 + F^2}) \left\{ t' + \frac{\mu_{1s}}{\mu_{eff,s}}(1-t') \right\}} \right\}^{\frac{1}{2}} \tag{1}$$

ここで

$$F = \frac{2\sqrt{2}}{3} \cdot \frac{t'(1-t')}{t' + \frac{\mu_{1s}}{\mu_{eff,s}}(1-t')} \cdot \frac{\left\{ t' + \frac{\varepsilon_{2s}}{\varepsilon_{1s}}(1-t') \right\}^{\frac{1}{2}}}{\left\{ \frac{\varepsilon_{1s}}{\varepsilon_{2s}}t' + (1-t') \right\}^{\frac{1}{2}}} \cdot \frac{hx_a}{a}$$

$$\varepsilon_i = \varepsilon_0\varepsilon_{is} , [i = 1, 2] \quad \mu_{eff} = \mu_{eff,s}\mu_0 , \quad \mu_0\mu = \mu_{1s}\mu_0$$

とおいた。空気の場合には

$$\varepsilon_{1s} = \mu_{1s} = 1 \quad t' = t/h$$

(ε_0 , μ_0 は真空中の誘電率と透磁率)

従って $t' = 1$ のとき

$$\omega = \frac{x_a(0)}{a\sqrt{\varepsilon_2\mu_{eff}}} \tag{2}$$

となる。 $x_a(\theta)$ の値は 13.3 の図 13.42(c) に示す。

- ② フェライト板の厚み t は正相及び逆相の固有値のアドミッタンス y_+ 及び y_- の差を $j\frac{2}{\sqrt{3}}Y_c$ [$Y_c = \frac{1}{Z_c}$ 、 Z_c は端子インピーダンス] にすることより求まる。[13.3 の図 13.42 を参照]

この条件を求めると

$$t = 0.338 \sqrt{\frac{\epsilon_r}{\mu_r}} a (x_- \sqrt{1+\eta} - x_+ \sqrt{1-\eta}) \text{ [mm]} \quad (3)$$

となり、 $X_{\mp}$ は図 2 の値として求まる。[文献 [25]pp.6~7]

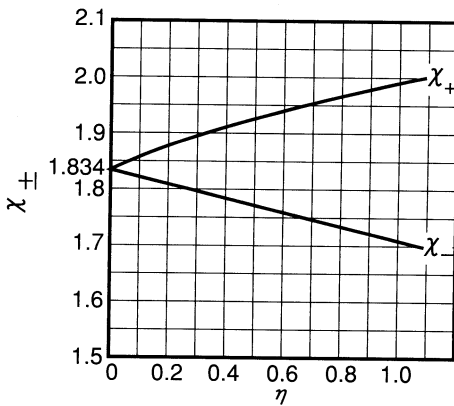


図 2 $\chi_{\pm}$ と η との関係

いま図 2 でわかるように $\eta \ll 1$ の近似を
すると

$$x_- \simeq x_+ = 1.834$$

となるので (3) 式は

$$\sqrt{1+\eta} \simeq 1 \pm \frac{\eta}{2}$$

の近似式となる。

[2] Y サークュレータの挿入損失 $L(\text{dB})$

$$\left. \begin{aligned} L(\text{dB}) &= 2.5 \frac{1}{\eta} \left(\frac{1}{Q_+} + \frac{1}{Q_-} + \frac{2}{Q_c} \right) \\ &\simeq \frac{5}{\eta} \left(\frac{1}{Q_{eff}} + \frac{1}{Q_c} \right) \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

として求められている [26]。ここで Q_{eff} は実効透磁率の Q で Q_c は導体損及び誘電体損に対する Q 値である。 Q_{eff} はフェライトに加わる直流磁界により変わり、共鳴磁界附近と、低磁界附近で小さくなる。故に 13.3 の図 13.39 のように $Q\eta$ 最大即ち、それに基づく損失最小の点がある。これを求めるには Q_{eff} を測定により求め $Q_{eff}\eta$ 最大の条件を求める必要がある。これは次の手段で得られる。

- (i) $\mu_{r,eff}$ とその $\tan \delta$ の逆数 Q_{eff} を外部直流磁界を変化しつつ測定する。

見本

(ii) $\mu_{r,eff}$ から内部直流磁界 $H_{in}(=H_{ex}-N_zM_s)$ を磁気共鳴磁界 H_{res} で除した量 σ が (5) 式より求められるので、あらかじめ P をパラメーターとして σ と $\mu_{r,eff}$ との曲線をいくつも作っておけば、飽和磁化 M_s が与えられて $\mu_{r,eff}$ が測定されると、 σ が図式的に求まる。

$$\left. \begin{aligned} \mu_{r,eff} &= \frac{(\sigma + p)^2 - 1}{\sigma(\sigma + p) - 1} \\ P &= \frac{|\gamma|M_s}{\omega}, \quad \sigma = \frac{|\gamma|H_{in}}{\omega}, \quad H_{res} = \frac{\omega}{|\gamma|} \\ M_s &: \text{フェライトの飽和磁化}, \quad \gamma: \text{磁気回転比} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

(iii) 以上、測定された Q_{eff} 、 $\mu_{r,eff}$ の σ 及び P を用いて $L(\text{dB})$ は (6) 式の如く求まる。これは (4) 式に (7) 式を代入すればよい。

$$L(\text{dB}) = \frac{5(P + \sigma)}{Q_{eff}(\mu_{r,eff} - 1)} \quad (6)$$

$$\eta = \frac{P}{\sigma(P + \sigma) - 1} \quad (7)$$

(iv) $L(\text{dB})$ の最小値 $L_{\min}(\text{dB})$ をうる σ の最適値 $\sigma_{\min}$ に対する $\mu_{r,eff}$ の値を用いて 13.3 の (15-a) 式によりフェライトの半径 $a[\text{mm}]$ が求まり、13.3 の (15-a) 式の t の近似式よりフェライトの厚み $t[\text{mm}]$ が得られる。

[実際例] $4\pi M_s = 600$ ガウスの YIG 多結晶につき上記の方法により 700MHz で測定した結果図 3 の如く $\sigma = 2.7$ で挿入損失最小を得た。このように直流磁界により最適値がある。このとき同図より $\tan \delta \doteq 0.003$ $Q_e \simeq 300$ である。また $p = \frac{2.8 \times 600}{700} = 2.4$ である故 (5) 式より $\mu_{r,eff} = 1.95$ となる。図 3 でもほぼ 1.95 とよく一致している。また (7) 式より $\eta = 0.188$ である。いま $\epsilon_r = 13$ として (3) 式に代入すると

$$t = 20 \times 0.338 \sqrt{\frac{13}{1.95}} (1.87\sqrt{1+0.188} - 1.82\sqrt{1-0.188}) = 5.02 [\text{mm}]$$

但し $a = 20 [\text{mm}]$ とした。これは 13.3 の (15-a) 式で $X_a = 1.478$ に担当し、図 13.12 で $\theta = 0.5$ ラジアンにしたとき得られる値である。

この $t = 5.02 [\text{mm}]$ が最小値であることを確かめるため、 $a = 20 [\text{mm}]$ の円板フェライトで種々の厚みのものについて挿入損失を測定すると、図 4 の如く $t = 5 [\text{mm}]$ で最小となることが確かめられた。

このような測定を各周波数について求めてグラフを作ると図 5 の値を得た。