コイルの自己共振

北野正雄

平成10年 10月 20日

1 モデル

コイルの浮遊容量をモデル化するために, 図のような等価回路を考える. この回路のリアクタンスは

$$X = \frac{\omega(L_1L_2 - M^2)\left(\dfrac{1}{C_1} + \dfrac{1}{C_2}\right) - \dfrac{1}{\omega C_1 C_2}(L_1 + L_2 + 2M)}{\left(\dfrac{L_1}{C_2} + \dfrac{L_2}{C_1}\right) - \omega^2(L_1L_2 - M^2) - \dfrac{1}{\omega^2 C_1 C_2}} \tag{1}$$

簡単のために, コイルの中点にタップがあるものとする. すなわち,

$$L_1 = L_2 = L$$

コイルの全インダクタンスは

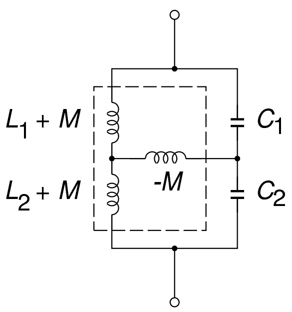
$$L_0 = 2L + 2M$$

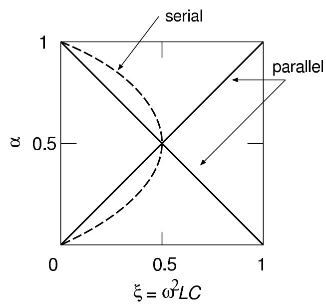
である.

また, コンデンサも全キャパシタンスを C として,

$$\frac{1}{C_1} = \alpha\frac{1}{C}, \quad \frac{1}{C_2} = (1-\alpha)\frac{1}{C} \quad (0 \le \alpha \le 1)$$

とおく.





2　独立コイルの場合

$M = 0$ とおくと, 式 (1) より,

$$X = \omega L f(\xi), \quad f(\xi) = \frac{2\alpha(1-\alpha) - \xi}{(\alpha - \xi)[(1-\alpha) - \xi]}, \quad \xi = \omega^2 LC \tag{2}$$

直流付近 ($\xi \ll 1$) では, $X \sim 2\omega L = \omega L_0$ が成り立っている. 並列共振点 ($f(\xi) = \infty$) は $\xi = \alpha$, $\xi = 1 - \alpha$, 直列共振点 ($f(\xi) = 0$) は $\xi = 2\alpha(1-\alpha)$ で与えられる. 共振点を (ξ, α)-平面に描くと, 図のようになる. $\alpha = 1/2$ では, 共振点が縮退して, 単独の並列共振点のように見える. コンデンサの不均衡が大きい (α が 1/2 からずれる) と並列共振点の 1 つが低い周波数に現れて, コイルとして利用できる周波数範囲が制限されることがわかる.

3　密結合の場合

$M^2 = L^2$ とすると, 式 (1) より,

$$X = \omega L g(\xi), \quad g(\xi) = \frac{4\alpha(1-\alpha)}{\alpha(1-\alpha) - \xi}, \quad \xi = \omega^2 LC \tag{3}$$

この場合は, 並列共振点がつねに 1 つしか存在しない: $\xi = \alpha(1-\alpha)$. コンデンサの不均衡の影響は $M = 0$ の場合より小さい.

4　一般の場合

$M = \beta L$ ($0 \leq \beta \leq 1$) とおいて, 同様の計算を行なえばよい.