

発振器 Q の基礎的検討

Fundamental Investigation of Oscillator's Q

中島 佑樹¹ 関根 敏和² 高橋 康宏²
 Yuki Nakajima Toshikazu Sekine Yasuhiro Takahashi

岐阜大学 工学研究科¹ 工学部²
 Graduate School of Eng.¹, Dept. of Electrical and Electronic Eng.², Gifu University

1 まえがき

正弦波発振器は位相雑音が少ないことが求められ、出力電力特性の Q 値がその指標になる [1]。最近、この Q を回路から直接求める方法が示され、アクティブ Q (Q_a) と定義されている [2]。しかし、出力電力特性との関係を表す近似式は、必ずしも使い易いものではない。本文では、設計の便利さのために別の近似関係式を示す。

2 出力電力と Q_a の関係式

図 1 は発振器の等価回路で、負荷 G_L から発振器を見たアドミタンスを $Y(\omega)$ とすると、 ω_0 で発振するための条件は、 $Y(\omega_0) + G_L = 0$ である。この条件が完全には満たされない場合の出力電力 $P(\omega)$ は、 ω_0 の近傍で

$$P(\omega) = G_L |J / (Y(\omega) + G_L)|^2$$

$$\cong \frac{|J|^2}{G_L} \left/ \left| \frac{Y(\omega_0) + G_L}{G_L} + \frac{\omega_0 Y'(\omega_0)}{2G_L} \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right) \right|^2 \right. \quad (1)$$

と近似表現できる。ここで $Y(\omega_0) + G_L$ が十分小さい場合は、文献 [1][2] の

$$P(\omega) = \left(\frac{\omega_0}{2Q_a(\omega - \omega_0)} \right)^2 P_0, \quad Q_a = \left| \frac{\omega_0 Y'(\omega_0)}{2Y(\omega_0)} \right| \quad (2)$$

に帰着される。式 (1) は、式 (2) と比較して $P(\omega_0)$ の値を評価できる便利さがある。

3 解析例

図 2(a) のコルピッツ発振器を同図 (b) を基に解析したときの $Y(\omega)$ と $P(\omega)$ の周波数特性を図 3, 4 に示す。負荷 $Q(Q_L)$ が一定なので $\text{Im}Y'(\omega_0)$ は一定であるが、 $\text{Re}Y'(\omega_0)$ を大きくすることで $P(\omega)$ を急峻にできることが分かる。また、 Q_a は、図 4 中の括弧内に示す $P(\omega)$ の半値幅から求めた Q とよく比例し、 $P(\omega)$ の急峻さをよく表現していることが分かる。

4 むすび

共振周波数で出力電力が無限にならない出力電力とアクティブ Q の近似関係式を求めた。また、出力電力の半値幅から求めた Q とアクティブ Q はよく比例することを示した。高 Q な発振器の設計指針として、 $\text{Im}Y'(\omega_0)$ だけでなく $\text{Re}Y'(\omega_0)$ を大きくする設計も考えられる。

参考文献

[1] D. B. Leeson, "A simple model of feedback oscillator noise spectrum", Proc. IEEE, vol.54, no.2, pp. 329-330, Feb. 1966.

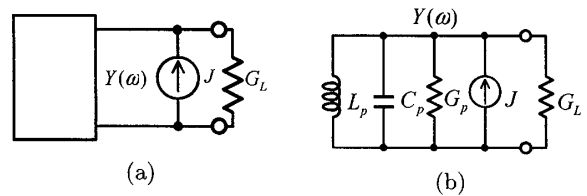


図 1 発振器の等価回路

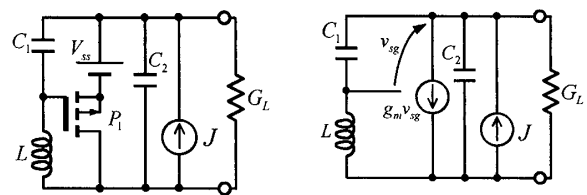


図 2 コルピッツ発振器

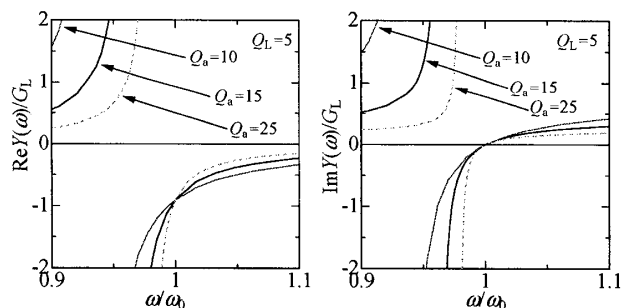


図 3 出力アドミタンスの周波数特性

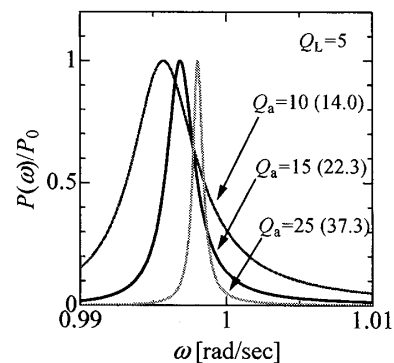


図 4 出力電力のスペクトラム

[2] T. Ohira and K. Akira, "Active Q-factor and equilibrium stability formulation for sinusoidal oscillators", IEEE Trans. on Circuits Syst. II, vol.54, no.9, pp. 810-814, Sep. 2007.