等価雑音帯域幅の検討

【目的】

帯域制限のある回路の雑音量評価のために等価雑音帯域幅という概念が定義されました。高域カットオフ周波数を fo とし、fo 以上で-6dB/oct の傾きを持った特性を有する回路の等価雑音帯域幅を求めます。

【検討】

図1が等価雑音帯域幅 fwの白色雑音で、図2が白色雑音がカットオフ周波数 fo 回路(＝たとえばゲイン1のアンプ等)を通ったときの雑音を現した図です。

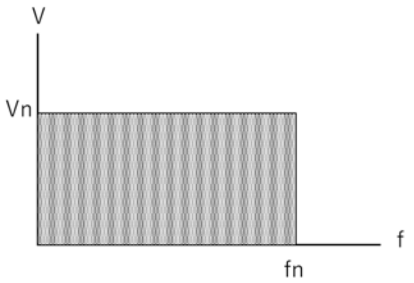

図1. 等価雑音帯域幅 fn の白色雑音

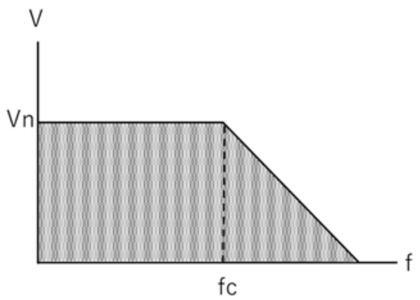

図2. 高域で減衰特性を有する回路を通過した白色雑音

図2の式は、(1)式で表されます。

$$v = \frac{v_n}{\sqrt{1+\left(\frac{f}{f_c}\right)^2}} \quad \cdots(1)$$

図 1 と図 2 の濃い部分の面積が等しいとおいて、fn を求めます。

図1と図2の雑音パワーが等しいとすると、(2), (3)式を得ます。

$$v_n{}^2 \cdot f_n = \int_0^\infty \frac{v_n{}^2}{1+\left(\frac{f}{f_c}\right)^2} df \quad \cdots (2)$$

$$右辺 = v_n{}^2 \cdot f_c{}^2 \cdot \int_0^\infty \frac{1}{f^2+f_c{}^2} df \quad \cdots (3)$$

ネットでみつけた以下の積分公式を利用します。

$$\int \frac{1}{x^2+a^2} dx = \frac{1}{a} \mathrm{Arctan} \frac{x}{a} + C$$

(3)式は以下のようになります。

$$右辺 = v_n{}^2 \cdot f_c{}^2 \cdot \left[\frac{1}{f_c} \tan^{-1} \frac{f}{f_c}\right]_0^\infty \quad \cdots (4)$$

図3にtan^{-1}のグラフを示します。

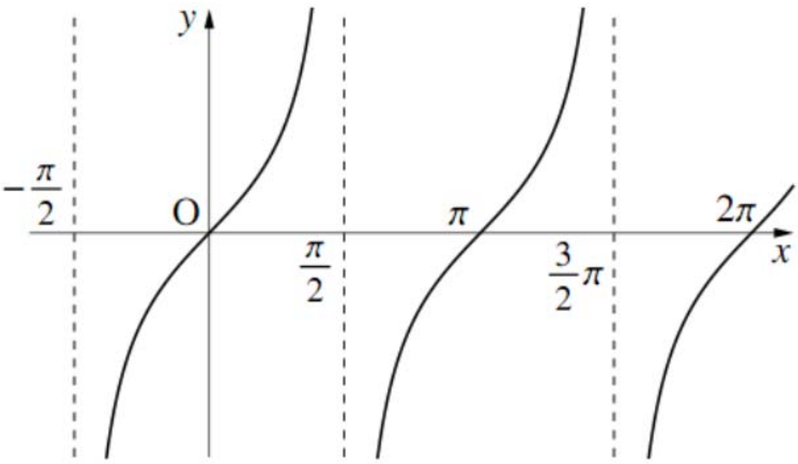

図3. tan^{-1}のグラフ

図3より、$tan^{-1}(0) = 0, tan^{-1}(\infty) = \pi/2$なので、(4)式は

$$右辺 = v_n{}^2 \cdot f_c \cdot \frac{\pi}{2} \quad \cdots (5)$$

となります。(2),(5)式より、(6)式が求まります。

$$f_n = f_c \cdot \frac{\pi}{2} = 1.57 \cdot f_c \quad \cdots (6)$$

たとえば、カットオフ周波数が 100kHz の 1 次ローパスフィルタを通った後の白色雑音の等価雑音帯域幅は 157kHz となることが分かります。

今回はもっとも簡単な場合の等価雑音帯域幅を検討しました。

高次のフィルタ特性の場合は、等価雑音帯域幅はカットオフ周波数の 1.57 倍より小さくなりますが1より小さくなることは無いので、計算はできなくてもある程度検討は付けられると思います。

〈松垣佳克〉