

バターース・ロー・パス・フィルターの Power BW を実験的に測定する

「AC解析時、グラフ・ペインの表示窓」の項目でも示したように、バターース・フィルターの伝達特性は、右上に示す式で与えられる。

$$|T(\omega)| = \sqrt{\frac{1}{1 + (\frac{\omega}{\omega_0})^{2n}}}$$

また、Power BW は右の式で与えられ、ロー・パス・フィルターにおける積分範囲は $f_1=0$ 、 $f_2=\infty$ である。

$$\text{Power BW} = \int_{f_1}^{f_2} V^2 df / V_{\text{peak}}^2$$

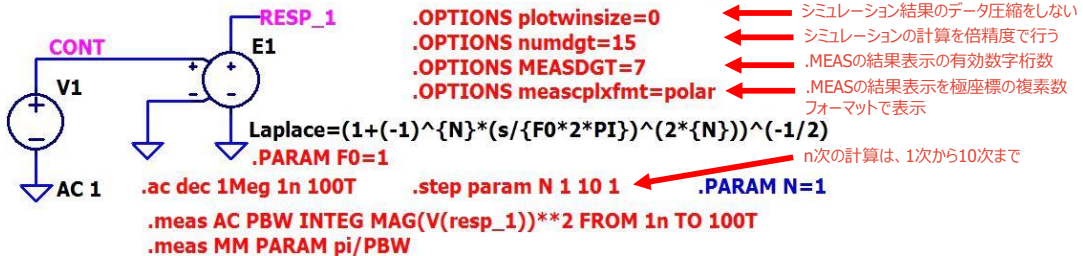
「AC解析時、グラフ・ペインの表示窓」の項目では、1次のバターース・ロー・パス・フィルターについて考察し、そのカットオフ周波数 f_c の $\pi/2$ 倍（約1.5708倍）が電力帯域幅（Power BW）であることを解説した。では、 n 次のバターース・ロー・パス・フィルターでは電力帯域幅とカットオフ周波数の関係はどのようにになっているのだろうか？

3次までは、積分公式を使って計算もできるが、それを超える高次関数の積分（まずは不定積分）は容易ではない。そこで、実験的にシミュレーションで求めることを試みた。

— SANKYOSHA — FAE : Michio Shibuya ————— 2020/02/16・・・渋谷道雄 —

n次バターース・ロー・パス・フィルターを Laplace式で表した回路図

バターース・ロー・パス・フィルターのPower BW を実験的に求める



.PARAM F0=1 はカット・オフ周波数を1Hzで規格化している。
AC解析の範囲は、積分精度を上げるため、1nHz~100THzに設定し、1dec.の間に1Megポイント分割で計算。

— SANKYOSHA — FAE : Michio Shibuya —————

Power BW と Fc の比率の計算結果

パワースローパスフィルタをBrick Wall Filterとみなし、Power BW を求めるとき、Fcに掛ける係数。

Measurement: pbw

step	INTEG(mag(v(resp_1))**2)
1	1.570797
2	1.110721
3	1.047198
4	1.026172
5	1.016641
6	1.011515
7	1.008442
8	1.006455
9	1.005095
10	1.004124

Power BW / Fc
の値

Power BW を求めるとき、Fc に掛ける係数を(n/mm)で表した時の、mm(分母)の値。

Measurement: mm

step	pi/pbw
1	2
2	2.828427
3	3
4	3.061467
5	3.09017
6	3.105828
7	3.115293
8	3.121445
9	3.125667
10	3.128689

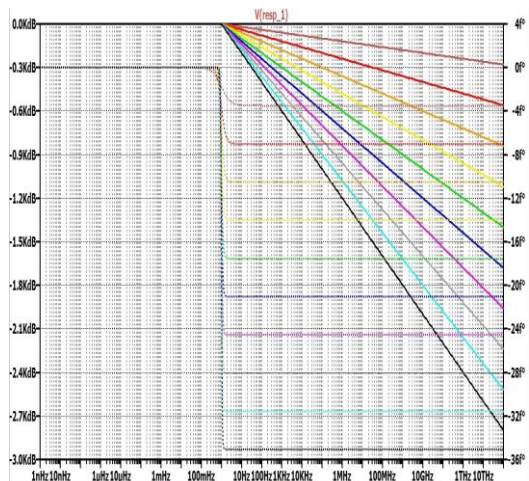
πを左の
係数で割った値

- $\pi/2$
- $\pi/2\sqrt{2}$
- $\pi/3$
- $\pi/4\sqrt{2-\sqrt{2}}$

積分公式から、Power BW を数学的に計算すると、1次から4次までは右の表のようになる。上でLTspiceを使って実験的に求めた値が、これ等の理論値とよく一致していることがわかる。

シミュレーション結果のグラフ

利得（縦軸）はdB目盛



利得（縦軸）はリニア目盛。周波数は1Hz付近を拡大

