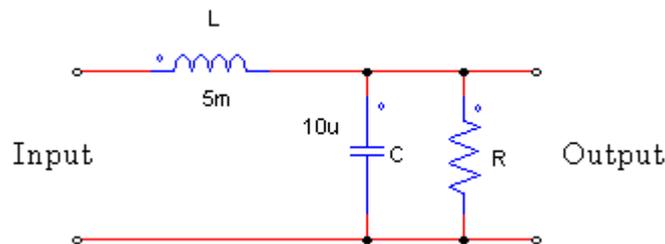


フリーシミュレータで実践する回路設計講座
第2回 伝達関数と周波数特性
解答と解説

○ 問題

以下の回路は2次ローパスフィルタ回路です。(ファイル Q1.sch 参照)

(入力端子には内部インピーダンス 0 の電圧源が接続され、出力端子には入力インピーダンス無限大の回路が接続されることを想定します。)



○ 問1 紙・鉛筆で計算しなさい

上記の回路の入出力間の s 領域での伝達関数を求めなさい。

入力 :input 端子から入力される電圧

出力 :output 端子から出力される電圧

○ 解答例 1

入力から流れ込む電流を $I(s)$ とすると、input 端子からの入力電圧 V_i と output 端子の出力電圧 V_o は以下のように表わされます。

$$\begin{aligned} V_i &= Z_i \cdot I(s) \\ &= sL + \frac{1}{sC + \frac{1}{R}} I(s) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_o &= Z_o \cdot I(s) \\ &= \frac{1}{sC + \frac{1}{R}} I(s) \end{aligned}$$

入出力間の伝達関数 $H(s)$ は入出力の電圧の比となりますので、

$$\begin{aligned}
 H(s) &= \frac{V_o}{V_i} \\
 &= \frac{\left(\frac{1}{sC + \frac{1}{R}} \right)}{\left(sL + \frac{1}{sC + \frac{1}{R}} \right)} \\
 &= \frac{1}{s^2 LC + s \frac{L}{R} + 1}
 \end{aligned}$$

と求まります。

○ 問 2 紙・鉛筆・電卓で計算しなさい

上記 1.では一般的な 2 次遅れの伝達関数が求められたはずですが。

C=10[μ F]、L=5[mH] のときに、上記で求めた伝達関数の減衰係数が 0.2 となる抵抗値 R を求めなさい。

○ 解答例 2

問 1 で求めた伝達関数 $H(s)$ より、

$$\begin{aligned}
 H(s) &= \frac{1}{s^2 LC + s \frac{L}{R} + 1} \\
 &= \frac{\frac{1}{LC}}{s^2 + s \frac{1}{LC} \frac{L}{R} + \frac{1}{LC}}
 \end{aligned}$$

ここで $\omega_c = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ (共振角周波数) とおくと

$$H(s) = \frac{\omega_c^2}{s^2 + s \omega_c \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} + \omega_c^2}$$

この式より、減衰係数を ξ とおくと

$$2\xi = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

という関係が成り立ちます。

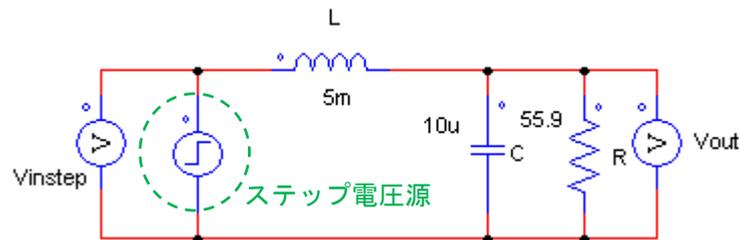
この式へ $\xi = 0.2$ を代入すると
 $R \approx 55.9\Omega$
が求められます。

○ 問 3PSIM で計算しなさい

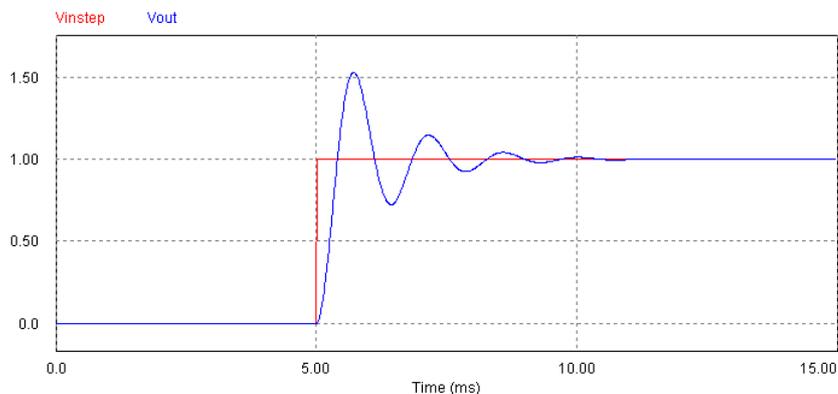
上記 2 で求めたパラメータを例題 RLC に代入し、過渡解析にて、上記回路のステップ応答を求めなさい。

○ 解答例 3

問 2 で求めた抵抗値 ($R \approx 55.9\Omega$) を代入して、PSIM 上で 2 次ローパスフィルタ回路を作成します。そして入力端子にステップ電圧源と電圧プローブ、出力端子に電圧プローブを接続します。(下図 (ファイル Q3.sch) 参照。)



過渡解析シミュレーションを走らせ、ステップ応答の波形として表示されたものが下図になります。(Vinstep: ステップ入力電圧、Vout: ステップ応答出力電圧)

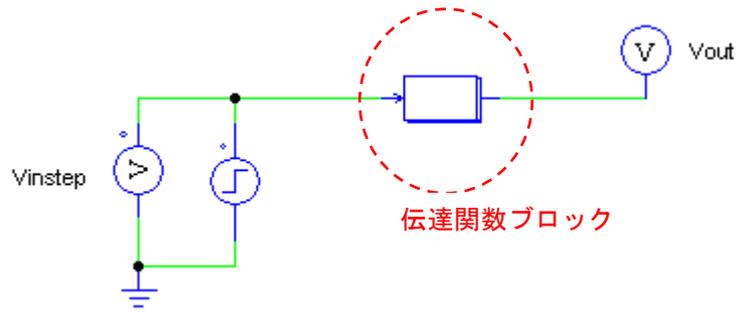


○ 問 4PSIM で計算しなさい

例題 RLC 回路の代わりに、PSIM 伝達関数ブロックを利用して、問 1 で求めた伝達関数のステップ応答を同様に過渡解析にてシミュレーションしなさい。

○ 解答例 4

例題 RLC 回路の代わりに PSIM の伝達関数ブロックを用いて作成した回路図を下図 (ファイル Q4.sch) に示しています。赤丸で囲まれたブロックが伝達関数ブロックになります。(伝達関数ブロックを置くには、PSIM メインウィンドウから、「Element」→「Control」→「OtherFunctionBlocks」→「s-domainTransferFunction」を選んでください。)

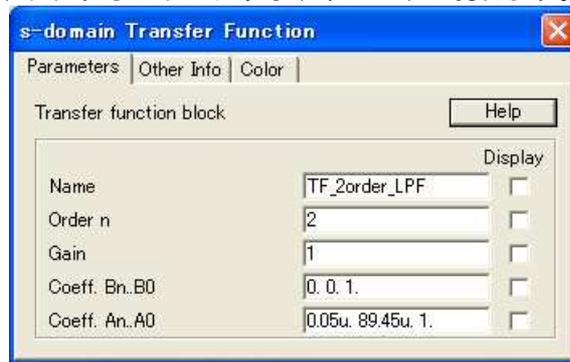


・伝達関数ブロックの設定方法

設置した伝達関数ブロックが問1、問2で求めた伝達関数と同じ働きをするように値の設定をしなければなりません。

$$H(s) = \frac{1}{s^2 LC + s \frac{L}{R} + 1} \quad (\text{問1で求めた伝達関数})$$

ブロックをダブルクリックすると下のようなウィンドウが現れます。



まず「Ordern」の欄に2を入力します。これによって伝達関数は2次であり以下の形であることを定義しています。

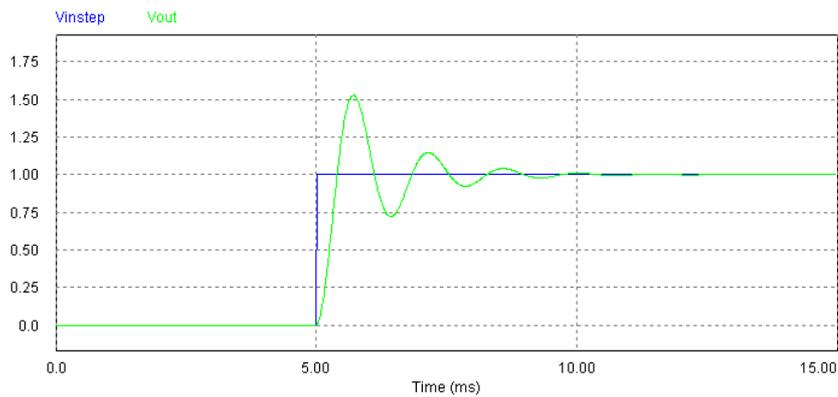
$$H(s) = k \frac{B_2 s^2 + B_1 s + B_0}{A_2 s^2 + A_1 s + A_0}$$

次の「Gain」欄は上式のkの値を入力する欄です。問1の伝達関数より、ここには1を入力します。

次の「Coeff.Bn..B0」は伝達関数の分子の係数を入力します。問1の伝達関数より、ここには、0.0.1.を入力します。

最後の「Coeff.An..A0」は伝達関数の分母の係数を入力します。問1の伝達関数より、ここには、0.05u.89.45u.1.を入力します。

過渡解析シミュレーションを走らせ、ステップ応答の波形として表示されたものが下図になります。問3の結果と同様の波形が得られていることが確認できます。(Vinstep: ステップ入力電圧、Vout: ステップ応答出力電圧)

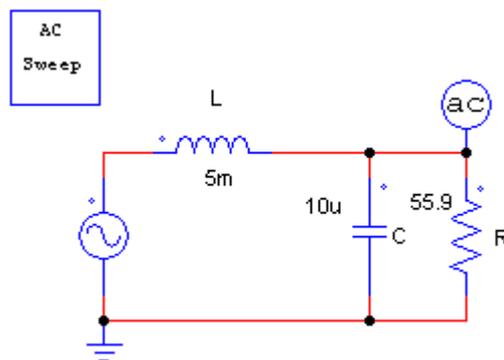


○ 問 5PSIM で計算しなさい

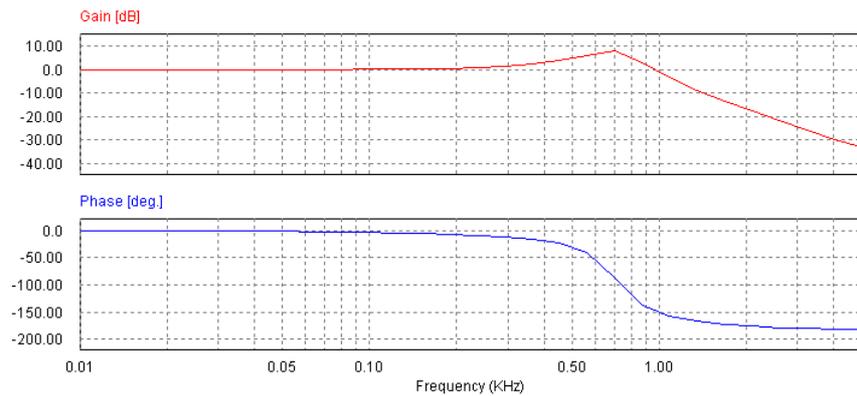
問 2 で求めたパラメータを用いて、上記の回路の周波数特性を PSIM の AC 解析機能を用いてシミュレーションしなさい。得られた結果をボード線図に描画して、共振特性を確認しなさい。

○ 解答例 5

例題 RLC 回路の入力端子に正弦波電圧源と、出力端子に AC 電圧プローブを接続します。そして AC 解析ブロックを PSIM 上に設置します。また、基準電位を定義するためにグラウンドも設置します。（これは AC 電圧プローブが設置されたノードとグラウンドとの間の電位を読み取る仕様であるため）（下図（ファイル Q5.sch）参照。）



AC 解析シミュレーションの結果（周波数範囲を 10~1500[Hz] ）を下図に示しています。



図より Phase が 90 度になる周波数で Gain の変化が起きていることが判り、共振現象が確認できます。また、このときの周波数を読み取ると、709Hz であることが判ります。

ここで伝達関数より、共振周波数を手計算で求めてみると、

$$\omega_c = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$\Leftrightarrow f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$\Leftrightarrow = 712[\text{Hz}]$$

となり、グラフから読み取った共振周波数とほぼ一致することが判ります。

ご注意

1. 本資料に記載された製品の仕様は、予告なく変更することがあります。
2. 本資料の内容については、万全を期しておりますが、万一ご不明な点などがありましたら、弊社までお申しつけください。
3. 本資料に記載された情報に起因する損害または特許権その他権利の侵害に関しては、弊社は一切の責任を負いません。
4. 本資料によって第三者または弊社の特許権その他権利の実施権を許諾するものではありません。
5. 弊社の書面許諾なく、本資料の一部または全部を無断で複製することを固くお断りします。
6. 本資料に記載されている会社名、商品名は、各社の商標または登録商標です。

Copyright2007-2011byMywayCorporation.
 Allrightsreserved.Nopartofthismanualmaybe photocopiedorreproducedinany
 formorbyanymeanswithoutthewrittenpermission ofMywayCorporation.