

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

Professor: William Caires Silva Amorim

ELT 227 - Laboratório de Circuitos Elétricos II

Nome: _____ Mat.: _____ Data: ____ / ____ / ____

Diagrama de Bode

Introdução:

Obter a resposta de frequência da função de transferência é uma tarefa árdua. O intervalo de frequência necessário na resposta de frequência, muitas vezes, é tão extenso que não é conveniente o uso de uma escala linear para o eixo das frequências. Além disso, existe uma maneira mais sistemática de se localizar as características importantes dos gráficos de amplitude e fase da função de transferência. Por tais razões, tornou-se prática comum representar graficamente a função de transferência em um par de gráficos semilogarítmicos: a amplitude (em decibéis) é representada graficamente versus o logaritmo da frequência; em outro gráfico, a fase (em graus) é representada graficamente versus o logaritmo da frequência. Esses gráficos semilogarítmicos da função de transferência – conhecidos como gráficos de Bode – tornaram-se o padrão adotado pelo mercado.

Objetivos:

- Análise do diagrama de bode de funções de transferência de circuitos elétricos.

Material utilizado:

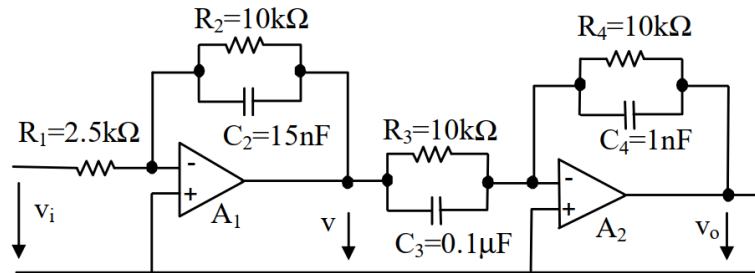
- Resistores;
- Capacitores;
- Indutores;
- Amplificadores operacionais;
- Fonte c.a.
- Osciloscópio.

Parte teórica e prática:

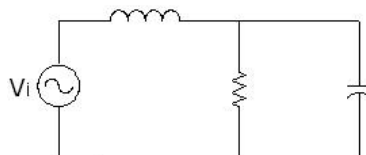
- 1) Para cada uma das funções de transferência apresentada, plote a aproximação assintótica do gráfico de amplitude de Bode e plote a resposta em frequência completa do diagrama de Bode (sem aproximação assintótica). Avalie a aproximação realizada em diferentes frequências de excitação.
 - a) $H_1(s) = \frac{0,1(s+10)}{s^2(s+100)}$
 - b) $H_2(s) = \frac{1000(s+1)}{s(s^2+10s+25)}$
 - c) $H_3(s) = \frac{100s}{(s+100)(s+1000)(s+4000)}$
 - d) $H_4(s) = \frac{A(s+B)}{(s+C)(s+D)}$ (defina valores para as constantes e considere $A > B > C > D$)
- 2) Considere um circuito RLC série com $R = 12 \, \Omega$, $C = 10 \, \text{mF}$ e $L = 150 \, \text{mH}$. Pede-se:
 - a) Determine a função de transferência do circuito, considerando a entrada como a fonte de tensão que alimenta o circuito e a saída como a tensão no resistor;
 - b) Plote a aproximação assintótica do gráfico de amplitude de Bode;
 - c) Plote a resposta em frequência completa do diagrama de Bode (sem aproximação assintótica);

- d) Calcule o módulo da amplitude da FT em dB para $\omega = 55 \text{ rad/s}$ por meio da resposta obtida em b) e c). Calcule o erro da aproximação assintótica;
- e) Suponha que a tensão de entrada aplicada seja igual a $v_i(t) = 50 \cos(500t + 20^\circ) \text{ (V)}$. Esboce a tensão de saída com base apenas na tensão de entrada ($v_i(t)$) e no diagrama de bode encontrado no item c).
- f) Valide a resposta no tempo obtida, simulando o circuito para condição de $\omega = 55 \text{ rad/s}$.

3) Para o circuito da figura abaixo admita a utilização de amplificadores operacionais ideais. Pede-se:



- a) Calcule a função de transferência V_o/V_i do circuito. Qual o valor de seus polos e zeros?
 - b) Plote a resposta em frequência da FT calculada por meio do diagrama de bode;
 - c) Qual fenômeno observado para a amplitude e a fase quando $\omega \rightarrow \infty$ e $\omega \rightarrow 0$?
 - d) Repita os itens anteriores se $C_2 = 0,1 \mu\text{F}$, $C_4 = 3,3 \text{ nF}$ e $R_3 = 1 \text{ k}\Omega$;
 - e) Valide a resposta em frequência obtida, simulando o circuito para condição de $\omega = 10 \text{ rad/s}$.
- 4) Para a função de transferência $H(s) = \frac{A}{Bs^2 + Cs + A}$. Pede-se:
- a) Sabendo que a função de transferência $H(s)$ é derivada do circuito abaixo, onde a entrada é definida como V_i e a saída a tensão no capacitor, encontre as constantes A, B e C em função de R, L e C;



- b) Defina valores para R, L e C e plote o diagrama de bode da FT apresentada;
- c) Qual o comportamento da magnitude e fase quando $\omega \rightarrow 0$ e $\omega \rightarrow \infty$;
- d) Aplique uma entrada de degrau unitário na tensão V_i e esboce a saída, utilizando a FT $H(s)$;
- e) Simule o circuito apresentado aplicando uma entrada de degrau unitário na tensão V_i ;
- f) Compare os resultados obtidos em d) e e).
- g) Analise a resposta em regime permanente com a entrada de degrau unitário aplicada.