IC: Lista de Exercícios Obrigatórios 2

Questão 1 – Vamos investigar a tensão de interferência de modo série V_{SM} que pode surgir num circuito devido ao acoplamento indutivo. Suponha que o circuito fechado de um sistema de medição consista num laço de área A. Considere que uma carga foi acionada nas proximidades, sendo sua corrente modelada no tempo por $i(t) = Iu(t)(1 - e^{-t/\tau})$ ampères, onde $u(t)$ é uma entrada do tipo degrau unitário, I é a magnitude da corrente em regime permanente e τ uma constante de tempo. Admita que o campo magnético $\boldsymbol{B}$ produzido pela corrente da carga sobre a área total do circuito seja uniforme e tenha módulo $B = \mu_0 i/2\pi d$, onde d é a distância da carga ao laço do circuito de medição. Nesse caso, se a área A é plana e ortogonal a $\boldsymbol{B}$, o fluxo magnético sobre a mesma é $\phi = BA$, de modo que a indutância mútua $M = \phi/i$ entre o circuito da carga e o de medição seria dada por $M = \mu_0 A/2\pi d$. A Figura 1 ilustra o modelo a ser considerado, sendo $Z_{Th} = R_{Th}$, $Z_L = R_L$ e $R_L \gg R_{Th}$.

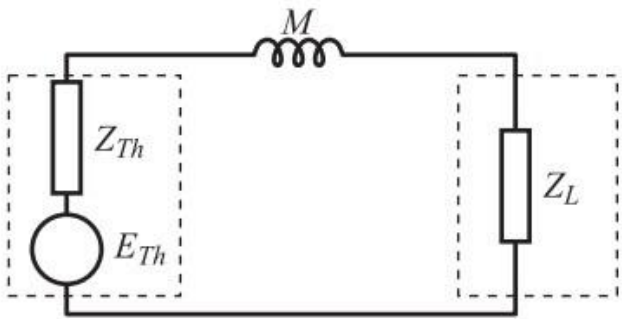

Figura 1

A partir das informações dadas, responda:

a) Valendo-se do princípio da superposição, faça $E_{Th} = 0$ V para investigar apenas o efeito da tensão de interferência V_{SM} associada à indutância mútua M, isto é, $V_{SM} = Mdi/dt$, onde $i(t)$ é a corrente que alimenta a carga próxima[1]. Assim, supondo que $A = 0{,}4\ \mathrm{m}^2$, $I = 10$ A, $d = 1$ m, $\tau = 1$ ms e $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\ \mathrm{TmA}^{-1}$, determine a tensão medida sobre Z_L. Qual o seu valor máximo?

b) Considere agora o efeito de um relâmpago cuja corrente é modelada ainda por $i(t) = Iu(t)(1 - e^{-t/\tau})$ dentro do intervalo $(0,\ t_f)$[2], mas com $I = 10^5$ A e $\tau = 50\ \mu\mathrm{s} \ll t_f$. Assuma o mesmo modelo para o campo magnético $\boldsymbol{B}$ produzido e sua relação com a área $A = 0{,}4\ \mathrm{m}^2$ do circuito de medição, ou seja, a indutância mútua continua sendo dada por $M = \mu_0 A/2\pi d$, sendo que desta vez, tome $d = 5$ km. Determine a tensão medida sobre Z_L dentro do intervalo $(0, t_f)$. Qual o seu valor máximo?

c) Considerando os valores típicos de sinais não amplificados de sistemas de medição com RTD's, extensômetros – ligados a pontes de deflexão – termopares, etc., os valores obtidos nos itens "a" e "b" são desprezíveis? Como reduzir esses efeitos?

---

[1] Não confunda essa corrente com a que circula no próprio circuito de medição.

[2] Naturalmente, espera-se que a corrente do relâmpago comece a decrescer em algum momento. O que o exercício propõe é que $i(t)$ modele o comportamento inicial da corrente em um intervalo $(0, t_f)$, quando ela parte de 0 A e atinge o máximo de I ampères. Após $t > t_f$, ela poderia começar a diminuir.

Questão 2 – Considere um termistor cuja resistência $R(\theta)$ seja dada pela Eq. (1).

$$R(\theta) = k \cdot \exp\left(\frac{\beta}{\theta}\right) \qquad (1).$$

Na Eq. (1), θ é a temperatura em kelvins e k e β são parâmetros do componente.

Seja o *range* de entrada do sistema definido por θ_{MIN} e θ_{MAX}, e defina $\theta_{MID} = (\theta_{MIN} + \theta_{MAX})/2$. Colocando-se o termistor no lugar de R_1 na ponte de deflexão mostrada na Figura 2, deseja-se ajustar os parâmetros V_S, $r = R_3/R_2$ e R_4 de modo que a saída $E_{Th}(\theta)$ em função da temperatura seja tal que $E_{Th}(\theta_{MIN}) = 0\ \text{V}$, $E_{Th}(\theta_{MAX}) = V_{MAX}$ e $E_{Th}(\theta_{MID}) = V_{MID}$, onde $V_{MID} = V_{MAX}/2$. Assim sendo, faça o que se pede abaixo:

a) Obtenha V_S, r e R_4 de modo que $E_{Th}(\theta)$ satisfaça as condições estabelecidas. Você pode expressar os resultados em função de $R(\theta_{MIN})$, $R(\theta_{MAX})$ e $R(\theta_{MID})$.
b) Aplique o resultado do item anterior a um termistor do tipo PTC com range de entrada de -55 °C a 120 °C tal que $R(\theta_{MIN}) = 100\ \Omega$ e $R(\theta_{MAX}) = 10\ k\Omega$.

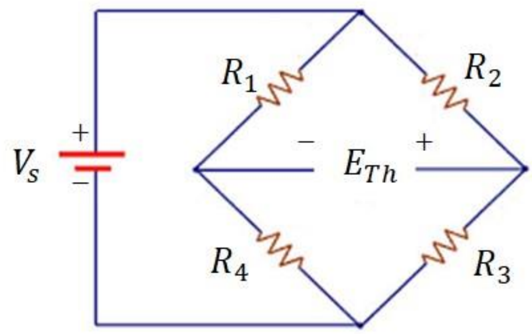

Figura 2

Questão 3 – A Figura 3 mostra um circuito usado para a medição de uma grandeza I com tensão e impedância equivalentes de Thévenin $E_{Th} = KI$ e Z_{Th}, respectivamente, onde K é um parâmetro do sistema. O circuito é ligado a um amplificador com impedância de entrada $Z_{IN} \gg Z_{Th}$. A saída do amplificador é conectada à impedância Z_L onde será feita a leitura do sinal por meio de cabos longos com resistência total $R_C = 20\ \Omega$. Agora, considere os dois casos seguintes:

i. A saída do amplificador (linear) é tal que $O_{OUT} = 1\ \text{V}$ para $I = I_{MIN}$ e $O_{OUT} = 5\ \text{V}$ para $I = I_{MAX}$ (amplificador de tensão).
ii. A saída do amplificador (linear) é tal que $O_{OUT} = 4\ \text{mA}$ para $I = I_{MIN}$ e $O_{OUT} = 20\ \text{mA}$ para $I = I_{MAX}$ (amplificador de transcondutância).

Suponha que os cabos estão sujeitos a uma tensão de interferência de modo série V_{SM}, a qual é um ruído gaussiano com média nula e densidade espectral de potência uniforme de 625nWHz^{-1} até uma frequência de $100\ \text{kHz}$. A partir dessas informações, responda os itens seguintes.

a) Modele a saída do amplificador de tensão (i) como uma fonte de tensão controlada O_{OUT} em série com uma resistência de $50\ \Omega$. Obtenha a relação sinal ruído entre a tensão de saída do amplificador e V_{SM} medidas sobre $Z_L \gg 70\ \Omega$ para uma entrada constante $I = (I_{MAX} + I_{MIN})/2$. Obtenha também a potência do ruído, seu valor RMS e desvio padrão.

b) Modele a saída do amplificador de transcondutância (ii) como uma fonte de corrente controlada O_{OUT} em paralelo com uma resistência de $25\ \mathrm{k\Omega}$. Obtenha a relação sinal ruído entre a tensão devida ao amplificador[3] e V_{SM} medidas sobre $Z_L = 250\ \Omega$ para uma entrada constante $I = (I_{MAX} + I_{MIN})/2$. Obtenha também a potência do ruído, seu valor RMS e desvio padrão medidos em Z_L. Compare esse resultado com o do item anterior.

c) Obtenha as novas relações sinal/ruído para os casos dos dois itens anteriores supondo que Z_L é conectada a um filtro passa-baixas com ganho DC unitário e frequência de corte de $1\ \mathrm{kHz}$.

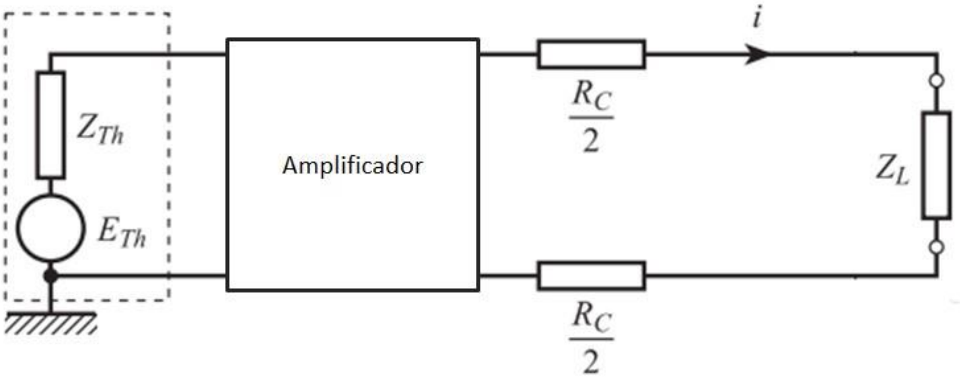

Figura 3

Questão 4 – Um sensor do tipo diafragma é utilizado para a medição de pressão P. A variação da capacitância ΔC em relação à capacitância mínima C_{MIN}, quando não há pressão aplicada, é dada pela Eq. (2).

$$\frac{\Delta C}{C_{MIN}} = \frac{(1-\nu^2)a^4}{16Edt^3}P \qquad (2).$$

Na Eq. (2), ν é a razão de Poisson do diafragma, a é seu raio, E é seu módulo de Young, t é sua espessura e d é a separação entre as placas quando não há deformação. Mostre que ao se colocar esse sensor capacitivo numa ponte de deflexão reativa, a relação entre a saída E_{Th} da ponte e P pode ser aproximada por uma reta passando pela origem fazendo-se os devidos ajustes nos parâmetros do circuito de condicionamento. A frequência de alimentação da ponte afeta o resultado? Explique.

[3] Como o sinal é medido em Z_L, a tensão devida ao amplificador de transcondutância é a sua corrente vezes Z_L.