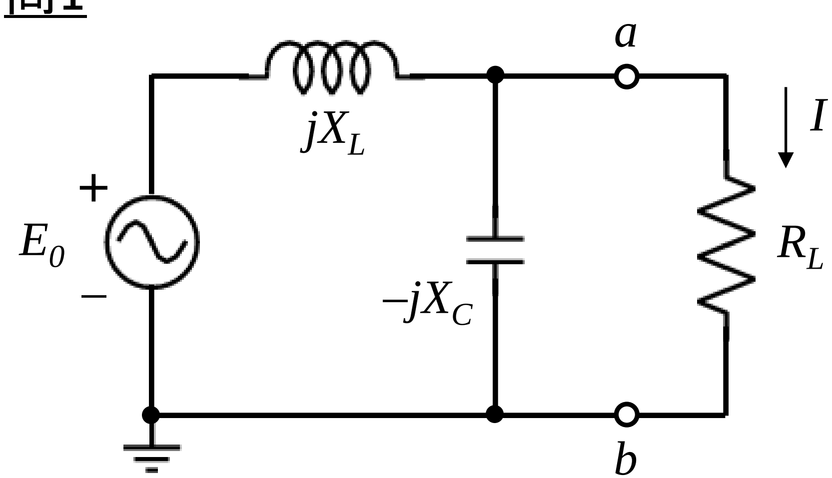
電気回路学I演習

2011/10/28 (金)

等価電圧源とテブナンの定理

問1



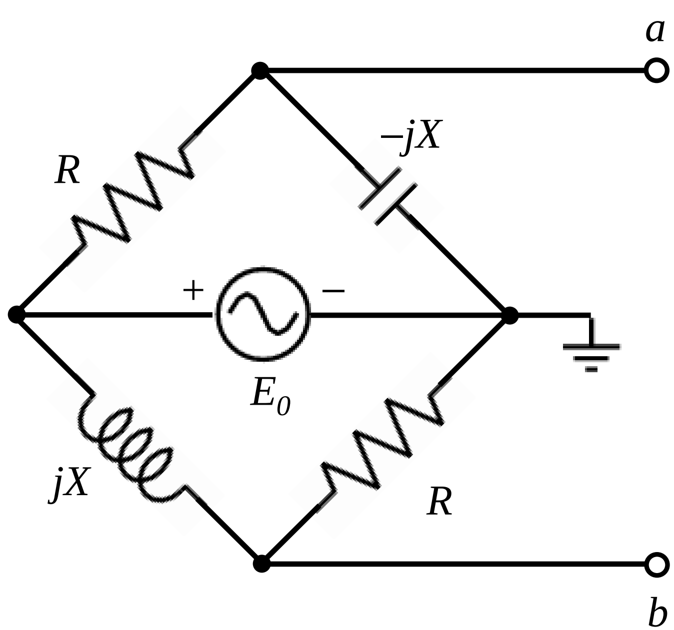
a-bから左側の等価電圧源を求めよ.
またテブナンの定理を用いて、R_Lに流れる電流Iを求めよ.
ただし $X_L \neq X_C$ とする.

問2

開放電圧が24Vの電源回路がある。
この電源に1kΩおよび3kΩの抵抗を接続したとき、抵抗に流れた電流の比は 2.8:1 であった。
この電源の内部抵抗はいくらか?

問3

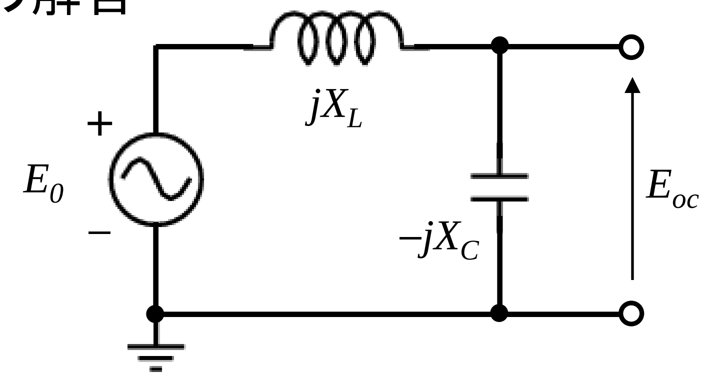
a-bから左側の回路の等価電圧源を求めよ.

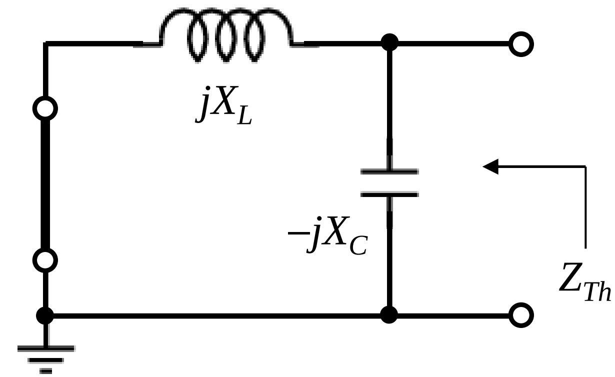


電気回路学I演習

テブナンの定理

問1の解答





<開放電圧>
開放電圧E_{oc}はキャパシタにかかる電圧に等しい. よって電圧の分配則より、

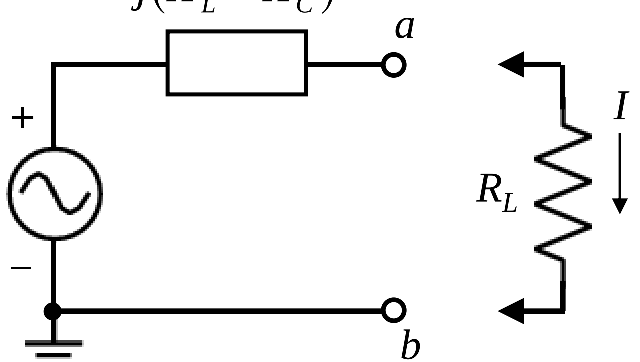
$$E_{oc}=\frac{-X_C}{X_L-X_C}E_0$$

<内部インピーダンス> → 電圧源を短絡除去する.
端子から回路を見たインピーダンスZ_{Th}は、X_LとX_Cの並列インピーダンスに等しいので、

$$Z_{Th}=\frac{X_L X_C}{j\left(X_L-X_C\right)}$$

$$Z_{Th}=\frac{X_L X_C}{j\left(X_L-X_C\right)}$$

$$E_{Th}=\frac{-X_C}{X_L-X_C}E_0$$



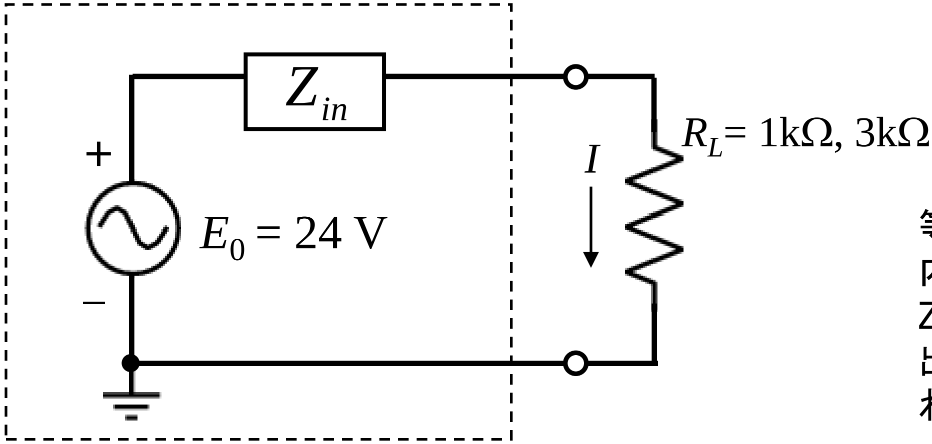
以上より、左図が等価電圧源となる.
すると負荷R_Lの接続時に流れる電流Iは、

$$\boxed{I=\frac{E_{Th}}{Z_{Th}+R_L}}$$ テブナンの定理

$$=\frac{-jX_C E_0}{X_L X_C+jR_L\left(X_L-X_C\right)}$$

■

問2の解答



等価電圧源は上図のように書ける。
内部電圧源の電圧E_0は開放電圧に等しいから、24V.
Z_{in} が求めるべき内部インピーダンスである.
出力端子に1kΩ, 3kΩの負荷を接続した際に負荷に流れる電流をそれぞれI_1, I_2とすると,

$$I_1 = \frac{24}{Z_{in} + 1000} \quad \text{[A]}$$

$$I_2 = \frac{24}{Z_{in} + 3000} \quad \text{[A]}$$

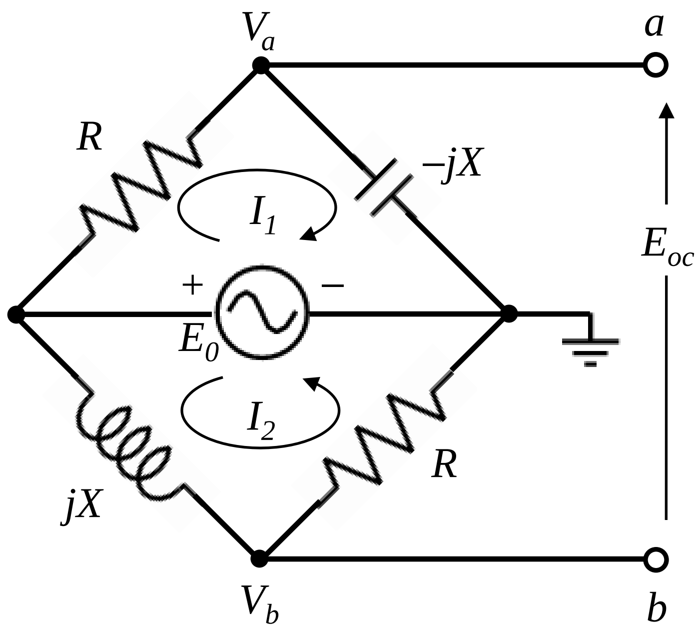
$I_1 : I_2 = 2.8 : 1$ を解いて、

$$\underline{Z_{in} = 111.1 \ [\Omega]}$$

$\left(\frac{1000}{9}\Omega, \ \frac{1}{9}k\Omega \right.$ でも○.$\left.\right)$

■

問3の解答



まず端子間の開放電圧E_{oc}を求める。

左図のように電流I_1, I_2を定義すると、

$$I_1 = \frac{E_0}{R - jX} \qquad I_2 = \frac{E_0}{R + jX}$$

よって端子a,bの電位V_a, V_b は、

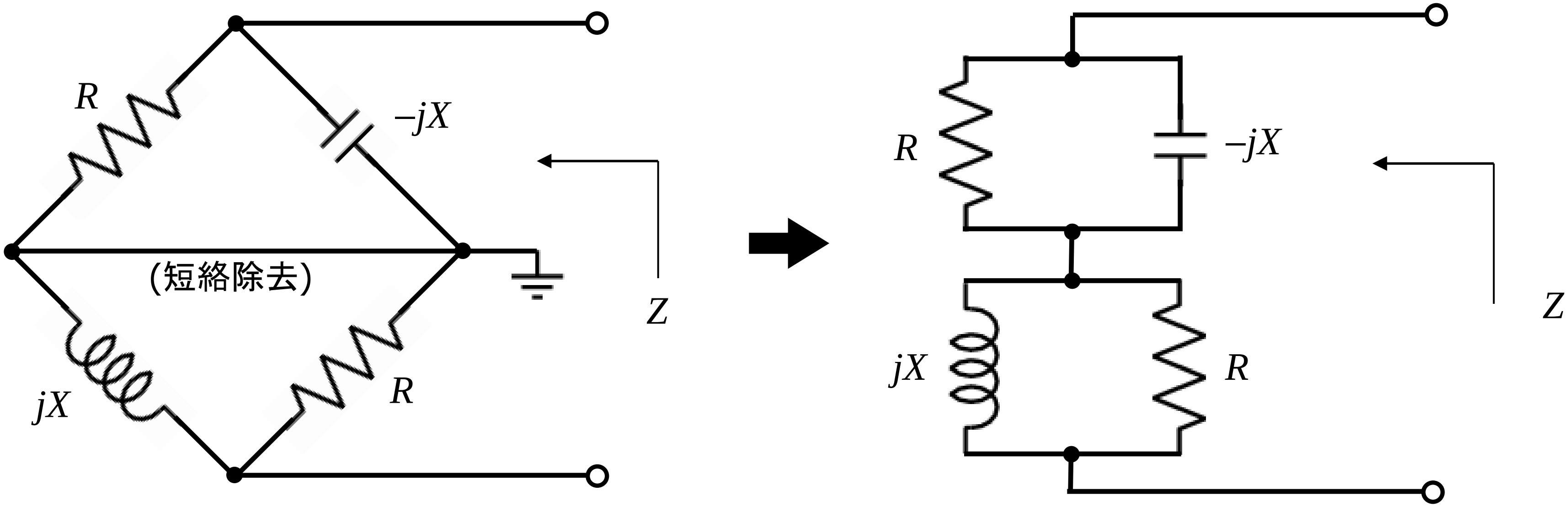
$$V_a = -jXI_1 = \frac{-jXE_0}{R - jX}$$

$$V_b = RI_2 = \frac{RE_0}{R + jX}$$

従ってa-b間の開放電圧E_{oc}は、

$$E_{oc} = V_a - V_b = \frac{X^2 - R^2}{X^2 + R^2} E_0$$

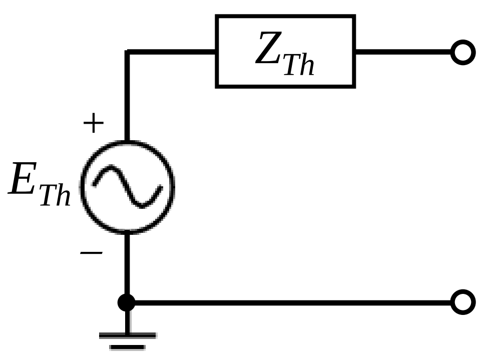
次に回路の<u>内部インピーダンス</u>を求める.
(この計算の際には回路内の電圧源を短絡除去しておくことに注意.)
このとき回路は以下のように書き直せるので、



$$Z = \frac{-jXR}{R - jX} + \frac{jXR}{R + jX} = \frac{2RX^2}{R^2 + X^2}$$

以上より、求めるべき等価電圧源は次のとおり。

(この回路まで書くこと。)



$$\begin{cases} E_{Th} = \dfrac{X^2 - R^2}{X^2 + R^2} E_0 \\ Z_{Th} = \dfrac{2RX^2}{R^2 + X^2} \end{cases}$$

■