İki Kapılı Devreler ve devre parametreleri (4 uçlu)

Özellikler.

1) Başlangıç değerleri $=0$

2) $I_1 = I_1'$ olmalı, $I_2 = I_2'$ olmalı.

3) Devre parametreleri bulunurken iki kapılı devre içerisinde bağımsız akım veya gerilim kaynağı bulunmamalı, eğer varsa gerilim kaynağı kısa devre akım kaynağı açık devre yapılarak işlem yapılır.

4) Devre içerisinde bağımlı kaynaklar olabilir fakat bağımlı kaynağın bağlı olduğu akım ve gerilimler yine bu iki kapılının içindeki elemanlara ait olmalıdır.

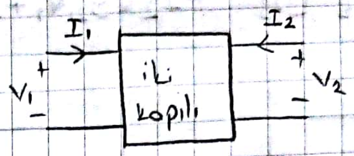
5) Ortak endüktanslı elemanlar yine bu devre içerisinde kalmalı.

Parametre Türü	Bağımsız değişkenler	Bağımlı Değişkenler	Tanımlar
1) Y-(kısa devre) admitans parametreleri	V_1 V_2	I_1 I_2	$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} \\ y_{21} & y_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix}$ I_1, I_2 V_1, V_2 'ye bağlı
2) Z-(açık devre) empedans parametreleri	I_1 I_2	V_1 V_2	$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} \\ z_{21} & z_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix}$
3) Karışık h (hybrid) parametreleri	I_1 V_2	I_2 V_1	$\begin{bmatrix} V_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ V_2 \end{bmatrix}$
4) g-parametreleri	V_1 I_2	I_1 V_2	$\begin{bmatrix} I_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} g_{11} & g_{12} \\ g_{21} & g_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ I_2 \end{bmatrix}$
5) Zincir (transmisyon) parametreleri	V_2 I_2	V_1 I_1	$\begin{bmatrix} V_1 \\ I_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_2 \\ -I_2 \end{bmatrix}$
6) Ters zincir parametreleri	V_1 I_1	V_2 I_2	$\begin{bmatrix} V_2 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathcal{A} & \mathcal{B} \\ \mathcal{C} & \mathcal{D} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ -I_1 \end{bmatrix}$

iki Kapılılarda Devre Parametrelerinin Tanımları

a) Giriş işlevi

Aynı yataklı büyüklüklerin birbiriyle ilişkisidir



$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} \\ z_{21} & z_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} \qquad \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} \\ y_{21} & y_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix}$$

$V_1 = z_{11} I_1 + z_{12} I_2$

$I_2 = 0$ iken $z_{11} = \dfrac{V_1}{I_1}$ kısa devre giriş empedansı

$I_1 = 0 \Rightarrow V_2 = z_{11} I_1 + z_{22} I_2$ $\quad z_{22} = \dfrac{V_2}{I_2}$ kısa devre çıkış empedansı

$V_2 = 0 \Rightarrow I_1 = y_{11} V_1 + y_{12} V_2$

$I_2 = y_{21} V_1 + y_{22} V_2$ $\quad V_1 = 0 \Rightarrow y_{22} = \dfrac{I_2}{V_2}$ açık devre çıkış admitansı

$y_{11} = \dfrac{I_1}{V_1}$ açık devre giriş admitansı

b) Geçiş (aktarma) işlevi

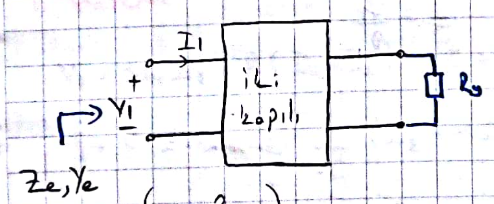
Farklı kapılardaki farklı değerlerin birbirine oranıdır

$z_{12} = \left.\dfrac{V_1}{I_2}\right|_{I_1=0}$? $\qquad z_{21} = \left.\dfrac{V_2}{I_1}\right|_{I_2=0}$?

$y_{12} = \left.\dfrac{I_1}{V_2}\right|_{V_1=0}$? $\qquad y_{21} = \left.\dfrac{I_2}{V_1}\right|_{V_2=0}$?

Not: $z_{12} \neq \dfrac{1}{y_{12}}$ $\quad z_{22} \neq \dfrac{1}{y_{22}}$ gibi hiçbiri için oranlama yapılamaz

c) Girişten bakıldığında görülen eşdeğer empedans / admitans



$Z_e = \dfrac{V_1}{I_1}$

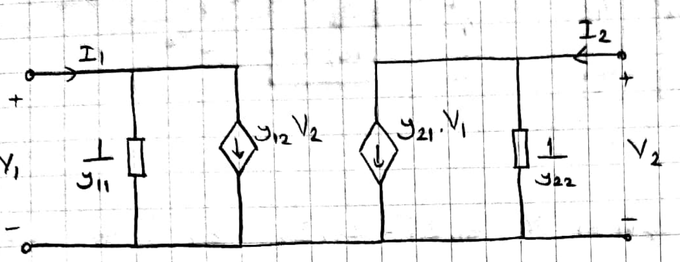
(?)

d) Kazanç işlevleri

$K_V = \dfrac{V_2}{V_1} \Rightarrow$ Gerilim kazancı $\qquad K_I = \dfrac{I_2}{I_1} \Rightarrow$ Akım kazancı

1) Y kısadevre admitans parametreleri

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} \\ y_{21} & y_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} \qquad \begin{aligned} I_1 &= y_{11} \cdot V_1 + y_{12} V_2 \\ I_2 &= y_{21} V_1 + y_{22} V_2 \end{aligned}$$



Y kısa devre admitans parametreleri modeli

$V_2 = 0$ ise

$V_1 = 0$ ise

$y_{11} = \dfrac{I_1}{V_1}\Big|_{V_2=0}$ (kısa devre giriş admitansı)

$y_{12} = \dfrac{I_1}{V_2}\Big|_{V_1=0}$ (tersine geçiş admitansı)

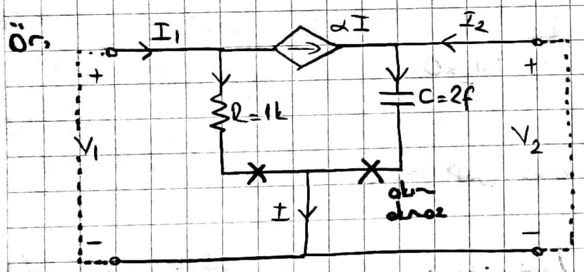
?

$y_{21} = \dfrac{I_2}{V_1}\Big|_{V_2=0}$ (ileri yönde giriş admitansı)

$y_{22} = \dfrac{I_2}{V_2}\Big|_{V_1=0}$ (çıkış admitansları)

Not: Devrede bağımlı kaynak yok ise $y_{12} = y_{21}$ olacaktır. (ikililik (resiprok) özelliği)

Ör.



y kısa devre admitans parametrelerini bulunuz.

$I_1 = y_{11} V_1 + y_{12} V_2$

$I_2 = y_{21} V_1 + y_{22} V_2$

$V_2 = 0$ için;

$$y_{11} = \frac{I_1}{V_1}\Big|_{V_2=0} = \frac{\frac{V_1}{R} + \alpha I_1}{V_1} = \frac{\frac{V_1}{R_1} + \alpha\frac{V_1}{R_1}}{V_1} = 1+\alpha \qquad I = \frac{V_1}{R}$$

$$y_{21} = \frac{I_2}{V_1}\Big|_{V_2=0} = -\frac{\alpha I}{V_1} = \frac{-\alpha\frac{V_1}{R}}{V_1} = -\frac{\alpha}{R} = -\alpha$$

$V_1 = 0$ için;

$$y_{12} = \frac{I_1}{V_2}\Big|_{V_1=0} = \frac{\alpha I}{\frac{1}{sC} I} = \alpha sC = 2\alpha s$$

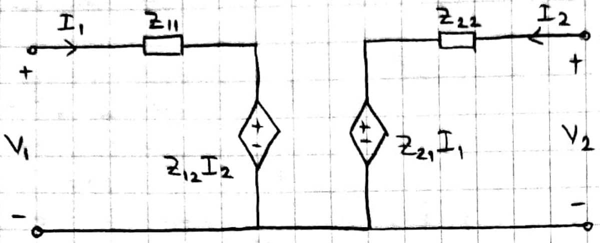
$$y_{22} = \frac{I_2}{V_2}\Big|_{V_1=0} = \frac{I - \alpha I}{\frac{1}{sC} I} = (1-\alpha)s2$$

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1+\alpha & 2\alpha s \\ -\alpha & 2(1-\alpha)s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix}$$

$y_{12} \neq y_{21}$ resiprok değil

2. Açık Devre Empedans Parametreleri

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} \qquad \begin{aligned} V_1 &= Z_{11} I_1 + Z_{12} I_2 \\ V_2 &= Z_{21} I_1 + Z_{22} I_2 \end{aligned}$$



iki bağımlı kaynaklı model

$I_2 = 0$ için

$$Z_{11} = \left.\frac{V_1}{I_1}\right|_{I_2=0} \quad \text{(giriş empedansı)}$$

$$Z_{21} = \left.\frac{V_2}{I_1}\right|_{I_2=0} \quad \text{(ileri yönde aktarma empedansı)} \ ?$$

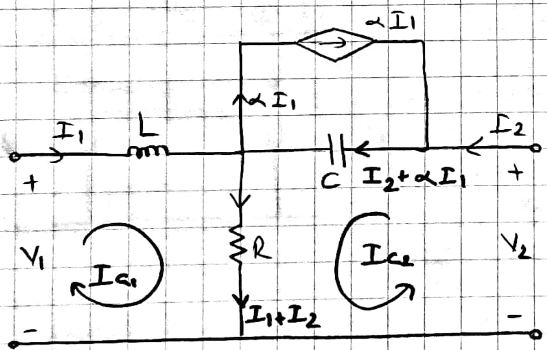
$I_1 = 0$ için

$$Z_{12} = \left.\frac{V_1}{I_2}\right|_{I_1=0} \quad \text{(tersine aktarma empedansı)}$$

$$Z_{22} = \left.\frac{V_2}{I_2}\right|_{I_1=0} \quad \text{(çıkış empedansı)}$$

Not: $Z_{12} = Z_{21}$ ise devre resiproktur. Bağımlı kaynak varsa ikililik özelliği bozulacaktır.

Ör:



Z empedans parametrelerini bulunuz

1. Yöntem

$$V_1 = sL I_1 + R(I_1 + I_2) = \overbrace{(R + sL)}^{Z_{11}} + \overset{Z_{12}}{R} I_2$$

$$V_2 = R(I_1 + I_2) + \frac{1}{sC}(I_2 + \alpha I_1) = \underbrace{\left(R + \frac{\alpha}{sC}\right)}_{Z_{21}} I_1 + \underbrace{\left(R + \frac{1}{sC}\right)}_{Z_{22}} I_2$$

2. Yöntem:

$I_2 = 0$ için

$$Z_{11} = \left.\frac{V_1}{I_1}\right|_{I_2=0} = \frac{(R+sL)I_1}{I_1} = R+sL$$

$$Z_{21} = \left.\frac{V_1}{I_1}\right|_{I_2=0} = \frac{RI + \frac{1}{sC}\alpha I_1}{I_1} = R + \frac{\alpha}{sC}$$

$I_1 = 0$ için

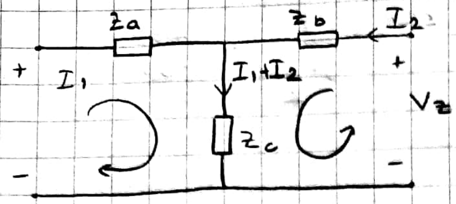
$$Z_{12} = \left.\frac{V_1}{I_2}\right|_{I_1=0} = \frac{R.I_1}{I_2} = R$$

$$Z_{22} = \left.\frac{V_2}{I_2}\right|_{I_1=0} = \frac{\left(R+\frac{1}{sC}\right)I_2}{I_2} = R + \frac{1}{sC}$$

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} R+sL & R \\ R+\frac{\alpha}{sC} & R+\frac{1}{sC} \end{bmatrix}}_{Z(s)} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix}$$

$Z_{12} \neq Z_{21}$ için iletilik özelliği yoktur.

T - Devresi



Z açık devre empedans parametreleri:

$$V_1 = I_1 . Z_a + (I_1 + I_2) . Z_c$$

$$V_1 = I_1 \underbrace{(Z_a + Z_c)}_{Z_{11}} + I_2 \underbrace{Z_c}_{Z_{12}}$$

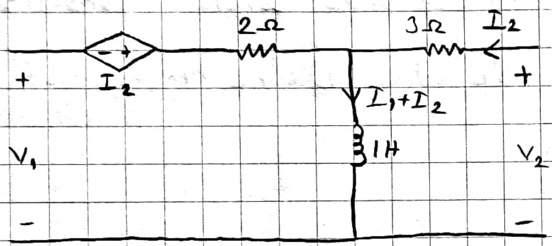
$$V_2 = Z_b I_2 + Z_c (I_1 + I_2)$$

$$V_2 = \underbrace{Z_c}_{Z_{21}} I_1 + I_2 \underbrace{(Z_b + Z_c)}_{Z_{22}}$$

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_a + Z_c & +Z_c \\ +Z_c & Z_b + Z_c \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix}$$

Z_{12} ve Z_{21} eşit olduğundan devre resiprok olur.

ör:

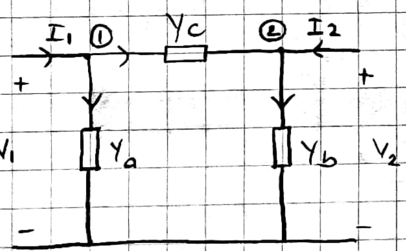


Z empedans parametrelerini bul.

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} 2 + s.L - I_2 & s.L - 1 \\ s.L & 3 + s.L \end{bmatrix}}_{Z(s)} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix}$$

$Z_{12} \neq Z_{21}$ olduğundan resiprok değil.

Π - Devresi



Y_a, Y_b ve Y_c admitans değeridir.

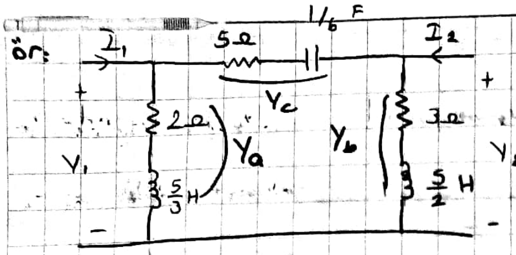
y - kısa devre admitans parametreleri en kullanışlı parametredir.

$$I_1 = \frac{V_1}{Z_a} = V_1 . Y_a + Y_c (V_1 - V_2) = \underbrace{(Y_a + Y_c)}_{Y_{11}} V_1 \underbrace{- Y_c}_{Y_{12}} V_2$$

$$I_2 = V_2 Y_b - Y_c (V_1 - V_2) = \underbrace{(-Y_c)}_{Y_{21}} V_1 + \underbrace{(Y_b + Y_c)}_{Y_{22}} V_2$$

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} Y_a + Y_c & -Y_c \\ -Y_c & Y_b + Y_c \end{bmatrix}}_{Y(s)} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix}$$

ör:



Y - kısa devre admitans parametrelerini bul.

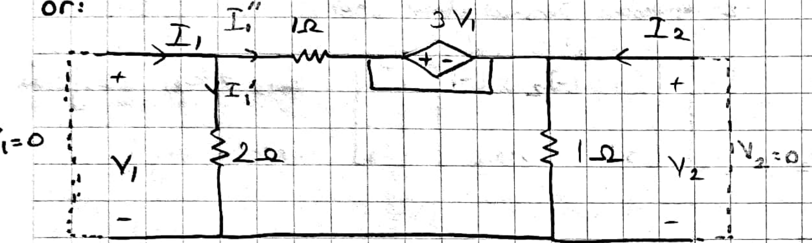
$$Y_a = \frac{1}{2+\frac{5}{3}s} = \frac{3}{6+5s} \qquad Y_b = \frac{1}{3+\frac{5}{2}s} = \frac{2}{6+5s}$$

$$Y_c = \frac{1}{5+\frac{6}{s}} = \frac{s}{6+5s}$$

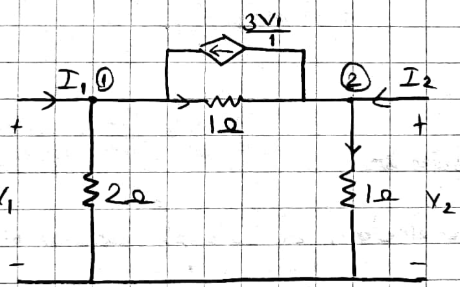
$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{3+s}{6+5s} & -\frac{s}{6+5s} \\ -\frac{s}{6+5s} & \frac{s+2}{6+5s} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix}$$

Resiproktur.

ör:



Y - kısa devre admitans parametrelerini elde ediniz. Devre resiprok mudur?



$$\begin{bmatrix} I_1 \; 3V_1 \\ \\ I_2 \; 3V_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{2}+1-\cancel{3} & -1 \\ -1+3 & 1+1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{3}{2} & -1 \\ 2 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix}$$

$I_1 = y_{11} V_1 + y_{12} V_2$

$I_2 = y_{21} V_1 + y_{22} V_2$

$V_2 = 0$ için

- $y_{11} = \left.\frac{I_1}{V_1}\right|_{V_2=0}$ $\qquad I_1'' + 3V_1 - V_1 = 0 \quad I_1'' = -2V_1 \quad I_1' = \frac{V_1}{2} \quad I_1 = I_1' + I_1'' = -\frac{3}{2}V_1$

$y_{11} = -\frac{3}{2}$

$y_{21} = \left.\frac{I_2}{V_1}\right|_{V_2=0} = \frac{2V_1}{V_1} = 2$

$V_1 = 0$ için

$$y_{12} = \left.\frac{I_1}{V_2}\right|_{V_1=0} \qquad V_2 = -I_1 \cdot 1 \qquad y_{12} = \frac{-V_2}{V_2} = \underline{-1}$$

$$y_{22} = \left.\frac{I_2}{V_2}\right|_{V_1=0} \qquad V_2 = \frac{1}{2} I_2 \qquad y_{22} = \underline{\underline{2}}$$

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} -3/2 & -1 \\ 2 & 2 \end{bmatrix}}_{Y(s)_{2\times 2}} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix}$$

$y_{12} \neq y_{21}$ olduğundan devre resiprok değildir. Çünkü bağımlı kaynak var.

⇒ Aynı devrenin Z empedans parametrelerini bulalım.

$$\Delta_{Y(s)} = -3 + 2 = -1$$

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2 & -1 \\ 2 & 3/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix}$$

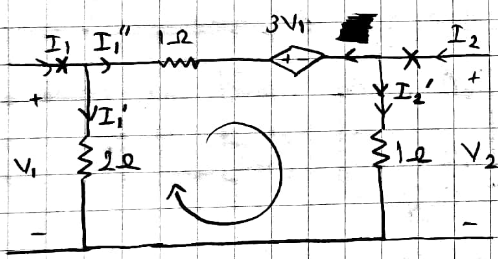
$$V_1 = Z_{11} \cdot I_1 + Z_{12} I_2$$

$$V_2 = Z_{21} I_1 + Z_{22} I_2$$

$I_2 = 0$ olduğunda

$$Z_{11} = \left.\frac{V_1}{I_1}\right|_{I_2=0} \qquad \frac{V_1}{-\frac{V_1}{2}} = \underline{\underline{-2}}$$

$$Z_{21} = \left.\frac{V_2}{I_1}\right|_{I_2=0} \qquad \frac{-V_1}{-\frac{V_1}{2}} = \underline{2}$$



- $I_1' = \frac{V_1}{2}$ $\qquad I_1'' \cdot 2 + 3V_1 - V_1 = 0 \quad I_1'' = -V_1 \qquad I_1 = I_1' + I_1'' = \frac{V_1}{2} - V_1 = -\frac{V_1}{2}$

$V_2 = 1 \cdot I_1'' = -V_1$

- $Z_{12} = \left.\frac{V_1}{I_2}\right|_{I_1=0}$ $\qquad I_1'' = -\frac{V_1}{2} \qquad \underbrace{V_2}_{I_2' \cdot 1} - V_1 + 3V_1 + I_1'' \cdot 1 = 0 \Rightarrow -2V_1 + \frac{V_1}{2} = V_2 \Rightarrow V_2 = -\frac{3}{2}V_1$

$$I_2 = I_2' - I_1'' = -\frac{3}{2}V_1 + \frac{V_1}{2} = -V_1$$

$$I_2' = \frac{V_2}{1} = \frac{-\frac{3}{2}V_1}{1}$$

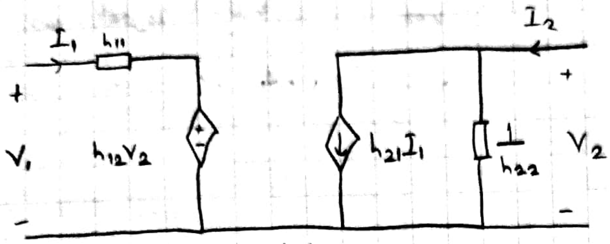
$$Z_{22} = \left.\frac{V_2}{I_2}\right|_{I_1=0}$$

$$Z_{12} = \frac{V_1}{-V_1} = \underline{\underline{-1}} \qquad Z_{22} = \frac{-\frac{3}{2}V_1}{-V_1} = \underline{\underline{\frac{3}{2}}}$$

3- Karışık h (hybrid) parametreleri

$$V_1 = h_{11} I_1 + h_{12} V_2$$
$$I_2 = h_{21} \cdot I_1 + h_{22} V_2$$

Lineer (resiprok) $h_{12} = -h_{21}$ için geçerlidir



eşdeğer model

$V_2 = 0$ alınırsa

$h_{11} = \frac{V_1}{I_1}\Big|_{V_2=0} = \frac{1}{y_{11}}$ Giriş empedans işlevi

$h_{21} = \frac{I_2}{I_1}\Big|_{V_2=0} = \frac{y_{21}}{y_{11}} = -\frac{z_{21}}{z_{22}}$; ileri yönde kısa devre akım kazancı

$I_1 = 0$ alınırsa

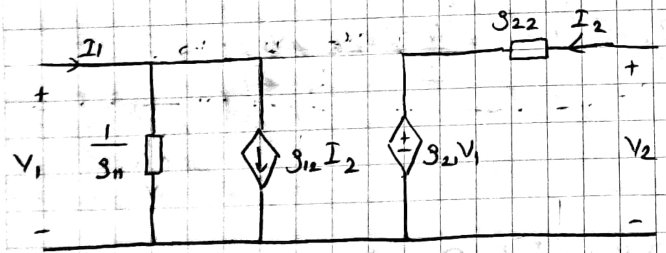
$h_{12} = \frac{V_1}{V_2}\Big|_{I_1=0} = \frac{z_{12}}{z_{22}} = -\frac{y_{12}}{y_{11}}$ Geri yönde gerilim kazancı

$h_{22} = \frac{I_2}{V_2}\Big|_{I_1=0} = \frac{1}{z_{22}}$ çıkış admitansı

4) Karışık g- parametreleri

$$I_1 = g_{11} V_1 + g_{12} I_2$$
$$V_2 = g_{21} V_1 + g_{22} I_2$$

$g_{12} = -g_{21}$ devre resiprok olur.



g parametreleri için eşdeğer devre.

$I_2 = 0$ alınırsa

$g_{11} = \frac{I_1}{V_1}\Big|_{I_2=0} = \frac{1}{z_{11}}$ Giriş açık devre admitans parametresi

$g_{21} = \frac{V_2}{V_1}\Big|_{I_2=0} = \frac{z_{21}}{z_{11}} = -\frac{y_{21}}{y_{22}}$ Gerilim kazancı

$V_1 = 0$ alınırsa

$g_{12} = \frac{I_1}{I_2}\Big|_{V_1=0} = \frac{y_{12}}{y_{22}} = -\frac{z_{12}}{z_{11}}$ Ters yönde kısa devre akım kazancı

$g_{22} = \frac{V_2}{I_2}\Big|_{V_1=0} = \frac{1}{y_{22}}$

5- Zincir Parametreleri

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ I_1 \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix}}_{T} \begin{bmatrix} V_2 \\ -I_2 \end{bmatrix} \qquad \begin{aligned} V_1 &= AV_2 - BI_2 \\ I_1 &= CV_2 - DI_2 \end{aligned}$$

$I_2 = 0$ için

$A = \dfrac{V_1}{V_2}\Big|_{I_2=0} = \dfrac{z_{11}}{z_{21}} = \dfrac{1}{g_{21}}$ Ters yönde gerilim kazancı

$C = \dfrac{I_1}{V_2}\Big|_{I_2=0} = \dfrac{1}{z_{21}}$: Ters yönde aktarma işlevi

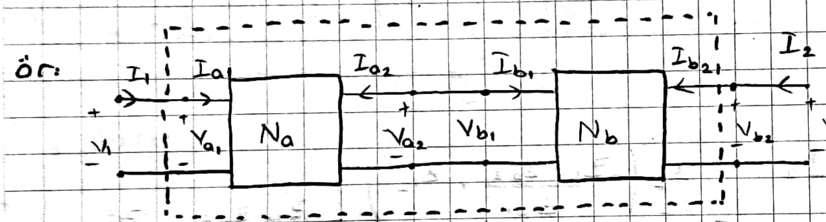
$V_2 = 0$ için

$B = -\dfrac{V_1}{I_2}\Big|_{V_2=0} = -\dfrac{1}{y_{21}}$ Kısa devre ters yönde aktarma işlevi

$D = -\dfrac{I_1}{I_2}\Big|_{V_2=0} = -\dfrac{y_{11}}{y_{21}}$

$\Delta T = AD - BC = 1$ ise devre iletilik özelliğe sahiptir.

Ör:



N devresinin zincir parametrelerini elde ediniz.

N_a devresi için $\begin{bmatrix} V_{a1} \\ I_{a1} \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} A_a & B_a \\ C_a & D_a \end{bmatrix}}_{T_a} \begin{bmatrix} V_{a2} \\ -I_{a2} \end{bmatrix}$

N_b devresi için $\begin{bmatrix} V_{b1} \\ I_{b1} \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} A_b & B_b \\ C_b & D_b \end{bmatrix}}_{T_b} \begin{bmatrix} V_{b2} \\ -I_{b2} \end{bmatrix}$

N devresi için $\begin{bmatrix} V_1 \\ I_1 \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix}}_{T_N} \begin{bmatrix} V_2 \\ -I_2 \end{bmatrix}$

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ I_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_{a1} \\ I_{a1} \end{bmatrix} = T_a \begin{bmatrix} V_{a2} \\ -I_{a2} \end{bmatrix} = T_a \begin{bmatrix} V_{b1} \\ I_{b1} \end{bmatrix} = T_a T_b \begin{bmatrix} V_{b2} \\ -I_{b2} \end{bmatrix} = \underbrace{T_a T_b}_{T_N} \begin{bmatrix} V_2 \\ -I_2 \end{bmatrix}$$

Sonuç: Ard arda bağlı devreler için (n tane devre) zincir parametreleri girişten çıkışa doğru sırayla devrelerin zincir parametrelerinin çarpımına eşittir.

$$T_N = T_1 \cdot T_2 \cdot T_3 \cdot \ldots \cdot T_n$$

ör: Bir N devrenin Z empedans parametreleri verildiği durumda bunlara bağlı olarak A, B, C ve D parametrelerinin eşitliği ne olur.

$$\left.\begin{aligned} V_1 &= Z_{11} I_1 + Z_{12} I_2 \\ V_2 &= Z_{21} I_1 + Z_{22} I_2 \end{aligned}\right\} \quad Z = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix} \qquad \Delta_Z = Z_{11} Z_{22} - Z_{21} Z_{12}$$

$I_2 = 0 \Rightarrow \quad V_1 = Z_{11} I_1$

$\qquad\qquad V_2 = Z_{21} I_1$

$$A = \frac{V_1}{V_2} = \frac{Z_{11}}{Z_{21}}$$

$$C = \frac{I_1}{V_2} = \frac{I_1}{Z_{21} I_1} = \frac{1}{Z_{21}}$$

$V_2 = 0 \Rightarrow \quad Z_{21} I_1 + Z_{22} I_2 = 0 \qquad I_1 = \dfrac{-Z_{22} I_2}{Z_{21}}$

$\qquad\qquad V_1 = Z_{11} I_1 + Z_{12} I_2$

$$D = -\frac{I_1}{I_2} = \frac{Z_{22}}{Z_{21}}$$

$$B = -\frac{V_1}{I_2} = -\frac{Z_{11}\left(-\frac{Z_{22} \cdot I_2}{Z_{21}}\right) + Z_{12} I_2}{I_2} = -\frac{\cancel{I_2}\left(-\frac{Z_{11} \cdot Z_{22}}{Z_{21}} + Z_{12}\right)}{\cancel{I_2}} = \frac{Z_{11} \cdot Z_{22}}{Z_{21}} - Z_{12}$$

$$= \frac{-Z_{21} Z_{12} + Z_{11} Z_{22}}{Z_{21}} = \frac{\Delta_Z}{Z_{21}}$$

$Z_{12} = Z_{21} \Rightarrow \Delta_T = 1$ olduğunu ispatla

b) Ters Zincir Parametreleri:

$$\begin{bmatrix} V_2 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ -I_1 \end{bmatrix} \qquad \begin{aligned} V_2 &= A V_1 - B I_1 \\ I_2 &= C V_1 - D I_1 \end{aligned}$$

$I_1 = 0$

$$A = \left.\frac{V_2}{V_1}\right|_{I_1 = 0} = -\frac{y_{11}}{y_{21}} = \frac{Z_{22}}{Z_{12}} = \frac{1}{h_{11}}$$

$$C = \left.\frac{I_2}{V_1}\right|_{I_1 = 0} = \frac{1}{Z_{12}} = \frac{h_{22}}{h_{12}} = -\frac{g_{11}}{g_{12}}$$

$V_1 = 0$ alınırsa

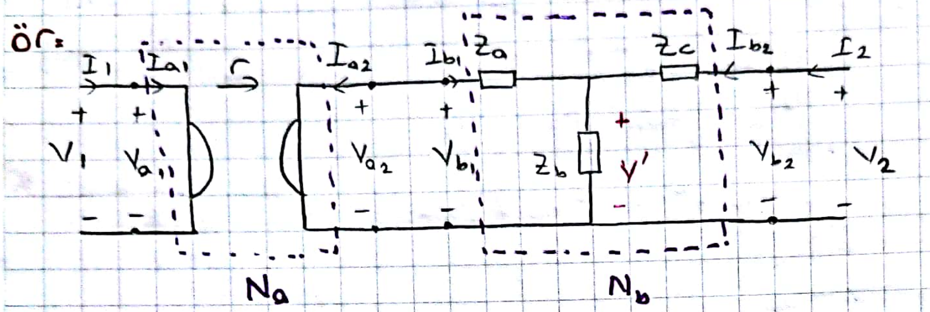
$$B = -\frac{V_2}{I_1}\Big|_{V_1=0} = -\frac{1}{y_{21}} = \frac{h_{11}}{h_{12}} = -\frac{g_{22}}{g_{12}} = \frac{\Delta z}{z_{12}}$$

$$D = -\frac{I_2}{I_1}\Big|_{V_1=0} = -\frac{y_{22}}{y_{21}} = \frac{z_{11}}{z_{12}} = -\frac{1}{g_{22}}$$

$\Delta = 1$ olmalı (Resiprok ise)

$AD - CB = 1$

ör:



Zincir parametrelerini bulunuz.

$T_N = T_a . T_b$

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ I_1 \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix}}_{T_N = T_a . T_b} \begin{bmatrix} V_2 \\ I_2 \end{bmatrix}$$

N_a devresi için:

$V_{a1} = -r . I_{a2}$

$V_{a2} = r . I_{a1}$

$$\begin{bmatrix} V_{a1} \\ I_{a1} \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} 0 & r \\ 1/r & 0 \end{bmatrix}}_{T_a} \begin{bmatrix} V_{a2} \\ -I_{a2} \end{bmatrix}$$

N_b devresi

$V_{b1} = A_b V_{b2} - B_b I_{b2}$

$I_{b1} = C_b V_{b2} - D_b I_{b2}$

$I_{b2} = 0$ için

$$A_b = \frac{V_{b1}}{V_{b2}}\Big|_{I_{b2}=0} = \frac{Z_a + Z_b}{Z_b}$$

$V_{b1} = I_{b1}(Z_a + Z_b)$

$V_{b2} = I_{b1} . (Z_b)$

$$C_b = \frac{I_{b1}}{V_{b2}}\Big|_{I_{b2}=0} = \frac{1}{Z_b}$$

$V_{b2} = 0$ için

$$B_b = -\frac{V_{b1}}{I_{b2}}\Big|_{V_{b2}=0} = \frac{Z_a + \frac{Z_b . Z_c}{Z_b + Z_c}}{\frac{Z_b}{Z_b + Z_c}} = \frac{Z_a Z_b + Z_a Z_c + Z_b Z_c}{Z_b}$$

$V_{b1} = I_{b1}\left(Z_a + \frac{Z_b . Z_c}{Z_b + Z_c}\right)$

$V' = I_{b1}\left(\frac{Z_b . Z_c}{Z_b + Z_c}\right)$ $\quad I_{b2} = -\frac{V'}{Z_c}$

$$D_b = -\frac{I_{b1}}{I_{b2}}\Big|_{V_{b2}=0} = \frac{Z_b + Z_c}{Z_b}$$

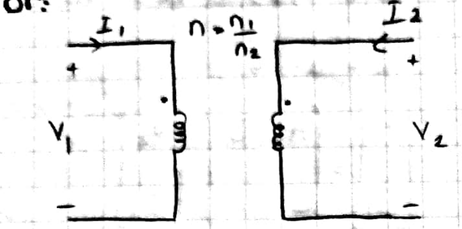
$$I_{b2} = -\frac{I_{b1} . Z_b}{Z_b + Z_c}$$

$$\begin{bmatrix} V_{b_1} \\ I_{b_1}\end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} \dfrac{Z_a+Z_b}{Z_b} & \dfrac{Z_aZ_b+Z_aZ_c+Z_bZ_c}{Z_b} \\ \dfrac{1}{Z_b} & \dfrac{Z_b+Z_c}{Z_b}\end{bmatrix}}_{T_b} \begin{bmatrix} V_{b_2} \\ -I_{b_2}\end{bmatrix}$$

$T_N = T_a \cdot T_b$

$\Delta_{T_N} = -1$ resiprok değil

ör:

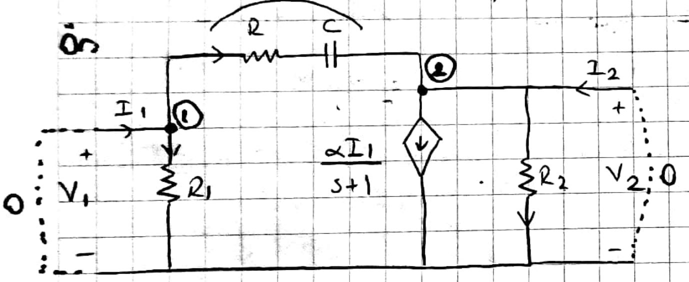


$$\frac{V_1}{V_2} = n \qquad \frac{I_2}{I_1} = -n$$

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ I_1\end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n & 0 \\ 0 & 1/n\end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_2 \\ -I_2\end{bmatrix}$$

$\Delta = 1$ resiprok özelliği var.

ör:



Verilen devrenin kısa devre admitans parametrelerini elde ediniz.

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2\end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_1 + \dfrac{1}{R+\frac{1}{sC}} & -\dfrac{1}{R+\frac{1}{sC}} \\ -\dfrac{1}{R+\frac{1}{sC}} & \dfrac{1}{R+\frac{1}{sC}} + G_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2\end{bmatrix}$$

$$\frac{\alpha I_1}{s+1} = \frac{\alpha}{s+1}\left(G_1V_1 + \frac{1}{R+\frac{1}{sC}}(V_1 - V_2)\right)$$

$$\underbrace{\frac{\alpha}{s+1}\left[G_1 + \frac{1}{R+\frac{1}{sC}}\right] \qquad -\frac{\alpha}{s+1}\left[\frac{1}{R+\frac{1}{sC}}\right]}_{Y(s)}$$

2. Yol: $I_1 = y_{11}V_1 + y_{12}V_2$

$I_2 = y_{21}V_1 + y_{22}V_2$

$V_2 = 0$ için

$$y_{11} = \left.\frac{I_1}{V_1}\right|_{V_2=0} \quad G_1 + \frac{1}{R+\frac{1}{sC}}$$

$$* \; I_1 = G_1V_1 + \frac{1}{R+\frac{1}{sC}}V_1$$

$$y_{21} = \left.\frac{I_2}{V_1}\right|_{V_2=0} \quad -\frac{1}{R+\frac{1}{sC}} + \frac{\alpha}{s+1}\left[G_1 + \frac{1}{R+\frac{1}{sC}}\right]$$

* $I_2 = -\frac{1}{R+\frac{1}{sC}} V_1 + \frac{\alpha}{s+1}\left[G_1 V_1 + \frac{1}{R+\frac{1}{sC}} V_1\right]$

$V_1 = 0$ için

$y_{12} = \frac{I_1}{V_2}\Big|_{V_1=0} \quad - \frac{1}{R+\frac{1}{sC}}$

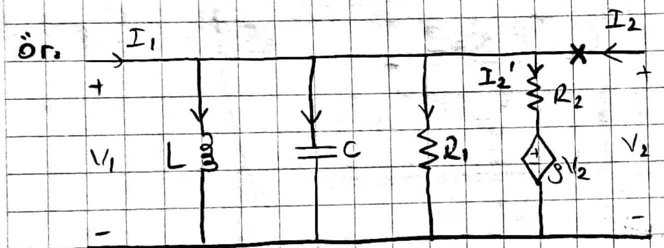
$y_{22} = \frac{I_2}{V_2}\Big|_{V_1=0} \quad G_2 + \frac{1}{R+\frac{1}{sC}} - \frac{\alpha}{s+1}\left[\frac{1}{R+\frac{1}{sC}}\right]$

$\therefore y_{12} \neq y_{21}$ olduğundan devre resiprok değildir.

* $I_1 = \frac{1}{R+\frac{1}{sC}} \cdot (-V_2)$ $\quad \overset{0}{V_1} - V_2$

$I_2 = G_2 V_2 + \frac{\alpha}{s+1} I_1 - \frac{1}{R+\frac{1}{sC}}(-V_2) = G_2 V_2 + \frac{1}{R+\frac{1}{sC}} V_2 + \frac{\alpha}{s+1}\left[-\frac{V_2}{R+\frac{1}{sC}}\right]$

ör.



g parametrelerini bulunuz.

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} g_{11} & g_{12} \\ g_{21} & g_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ I_2 \end{bmatrix} \qquad \begin{aligned} I_1 &= g_{11} V_1 + g_{12} I_2 \\ V_2 &= g_{21} V_1 + g_{22} I_2 \end{aligned}$$

$I_2 = 0$ için

$g_{11} = \frac{I_1}{V_1}\Big|_{I_2=0} = \frac{1}{sL} + sC + G_1 + G_2 - \overset{?}{gG_2}$

$g_{21} = \frac{V_2}{V_1}\Big|_{I_2=0} = \frac{V_1}{V_1} = 1$

$I_1 = \frac{V_1}{sL} + sCV_1 + G_1 V_1 + I_2'$

$I_2' = \frac{V_2 - gV_2}{R_2} = G_2 V_2 - gG_2 \underbrace{V_2}_{V_1}$

$V_1 = 0$ için

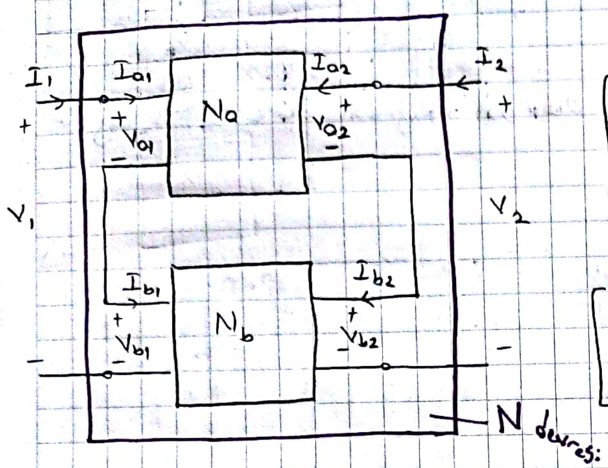
$g_{12} = \frac{I_1}{I_2}\Big|_{V_1=0} = \frac{-I_2}{I_1} = -1$

$g_{22} = \frac{V_2}{I_2}\Big|_{V_1=0} = 0$

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} \frac{1}{sL} + sC + G_1 + G_2 - gG_2 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}}_{G} \begin{bmatrix} V_1 \\ I_2 \end{bmatrix}$$

$g_{12} = -g_{21}$ olduğundan devre resiprok olur.

Girişten ve Çıkıştan Seri Bağlı Devreler



Z empedans parametreleri:

$$\begin{bmatrix} V_{a1} \\ V_{a2} \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} Z_{a11} & Z_{a12} \\ Z_{a21} & Z_{a22} \end{bmatrix}}_{Z_a} \begin{bmatrix} I_{a1} \\ I_{a2} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} V_{b1} \\ V_{b2} \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} Z_{b11} & Z_{b12} \\ Z_{b21} & Z_{b22} \end{bmatrix}}_{Z_b} \begin{bmatrix} I_{b1} \\ I_{b2} \end{bmatrix}$$

N devresi için

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_{a1} \\ V_{a2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} V_{b1} \\ V_{b2} \end{bmatrix} = Z_a \begin{bmatrix} I_{a1} \\ I_{a2} \end{bmatrix} + Z_b \begin{bmatrix} I_{b1} \\ I_{b2} \end{bmatrix}$$

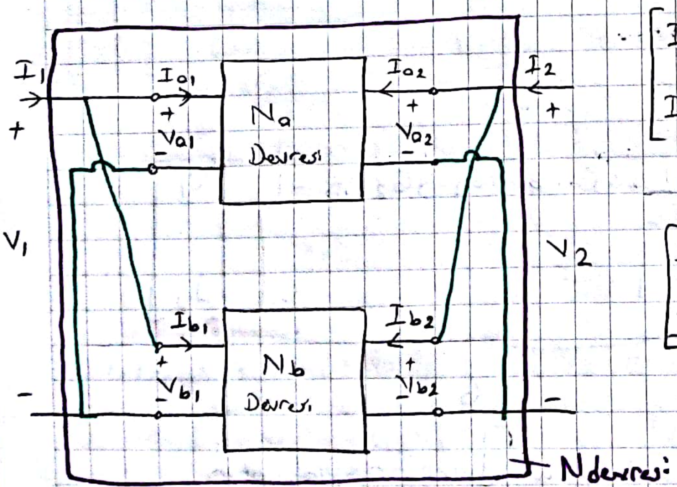
$I_1 = I_{a1} = I_{b1}$

$I_2 = I_{a2} = I_{b2}$

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} Z_a + Z_b \end{bmatrix}}_{Z_N} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix}$$

n tane devre giriş ve çıkıştan seri bağlı ise $Z_N = Z_1 + Z_2 + \dots + Z_n$

Girişten ve Çıkıştan Paralel Bağlı Devreler



$$\begin{bmatrix} I_{a1} \\ I_{a2} \end{bmatrix} = Y_a \begin{bmatrix} V_{a1} \\ V_{a2} \end{bmatrix} \qquad \begin{bmatrix} I_{b1} \\ I_{b2} \end{bmatrix} = Y_b \begin{bmatrix} V_{b1} \\ V_{b2} \end{bmatrix}$$

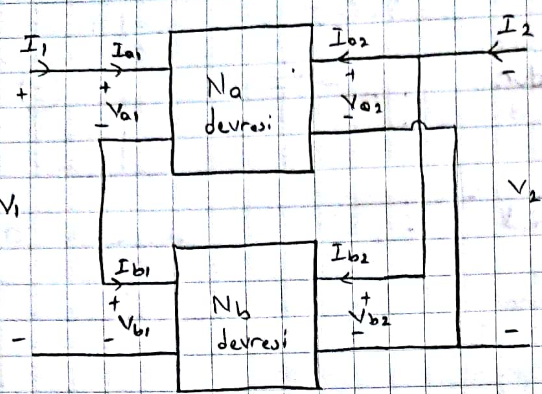
$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_{a1} \\ I_{a2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} I_{b1} \\ I_{b2} \end{bmatrix} = Y_a \begin{bmatrix} V_{a1} \\ V_{a2} \end{bmatrix} + Y_b \begin{bmatrix} V_{b1} \\ V_{b2} \end{bmatrix}$$

$V_1 = V_{a1} = V_{b1}$ $\quad$ $V_2 = V_{a2} = V_{b2}$

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} Y_a + Y_b \end{bmatrix}}_{Y_N} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix}$$

N tane devre paralel ise $Y_N = Y_1 + Y_2 + \dots + Y_n$

Girişten Seri - Çıkıştan Paralel bağlı Devreler



$$\begin{bmatrix} V_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_{a1} \\ I_{a2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} V_{b1} \\ I_{b2} \end{bmatrix} = H_a \begin{bmatrix} I_{a1} \\ V_{a2} \end{bmatrix} + H_b \begin{bmatrix} I_{b1} \\ V_{b2} \end{bmatrix}$$

I_1, V_2

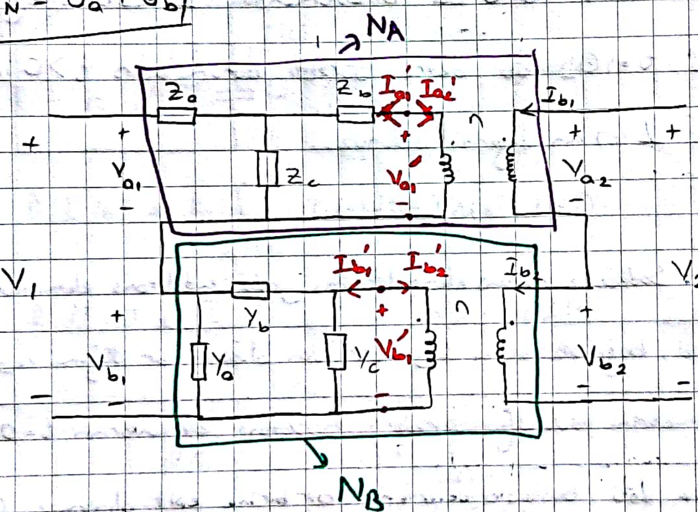
$$= \left[H_a + H_b \right] \begin{bmatrix} I'_1 \\ V_2 \end{bmatrix}$$

Girişten Paralel - Çıkıştan Seri Bağlı Devreler

g parametreleri.

$$\boxed{G_N = G_a + G_b}$$

Ör:



Z_a, Z_b ve Z_c empedans

Y_a, Y_b ve Y_c admitans

T devresinin Z parametreleri:

$$\begin{bmatrix} V_{a1} \\ V_{a1}' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_a + Z_c & Z_c \\ Z_c & Z_b + Z_c \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{a1} \\ I_{a1}' \end{bmatrix}$$

$V_{a1}' \to n . V_{a2}$ $\qquad$ $I_{a1}' \to \dfrac{I_{a2}}{n}$

NA devresi için

$$\begin{bmatrix} V_{a1} \\ V_{a2} \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} Z_a + Z_c & Z_c / n \\ Z_c / n & (Z_b + Z_c)/n^2 \end{bmatrix}}_{Z_A} \begin{bmatrix} I_{a1} \\ I_{a2} \end{bmatrix}$$

$$\frac{V_{a1}'}{V_{a2}} = n \qquad \frac{I_{a2}}{I_{a2}'} = -n \qquad I_{a1}' = -I_{a2}' \qquad I_{a1}' = \frac{I_{a2}}{n}$$

π devresi için

$$\begin{bmatrix} I_{b1} \\ I_{b1}' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_a + Y_b & -Y_b \\ -Y_b & Y_b + Y_c \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{b1} \\ V_{b1}' \end{bmatrix}$$

N_B devresi için

$$\begin{bmatrix} I_{b1} \\ I_{b2} \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} Y_a + Y_b & -n Y_b \\ -n Y_b & n^2 (Y_b + Y_c) \end{bmatrix}}_{Y_B} \begin{bmatrix} V_{b1} \\ V_{b2} \end{bmatrix}$$

$$\frac{V_{b1}'}{V_{b2}} = n \qquad \frac{I_{b2}'}{I_{b2}} = -n \qquad I_{b1}' = -I_{b2}'$$

$$Z_B = Y_B^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{n^2(Y_b+Y_c)}{\Delta} & \frac{nY_b}{\Delta} \\ \frac{nY_b}{\Delta} & \frac{Y_a+Y_b}{\Delta} \end{bmatrix}$$

$Z_N = Z_A + Z_B$

Resiproktur.

Başlangıç Değerleri ve Geçici Olaylar

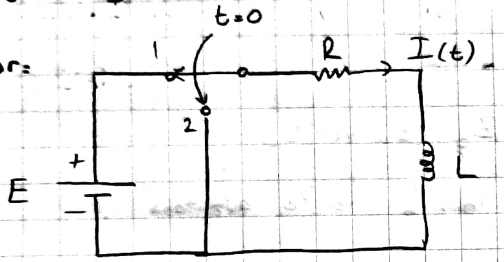
endüktans $\rightarrow I(t_0)$

kapasite $\rightarrow V_c(t_0)$

$t \rightarrow 0_-$ sürekli durumdadır.

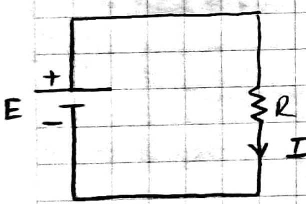
$t \rightarrow 0_+$

Ör:



Anahtar $t=0$ da 1 konumundan 2 konumuna getiriliyor. $t=0_-$'de devre sürekli durumdadır. $t>0$ için $I(t)$'nin değerini bulunuz.

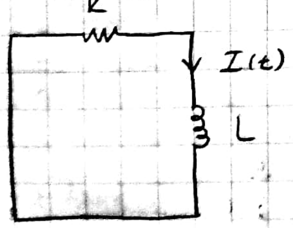
$t=0_-$'deki eşdeğer devre



$I(0_-) = \frac{E}{R}\,A = I(0_+)$

Kural: Sadece endüktans elemanlarından yada endüktans elemanlarıyla birlikte, bağımsız akım kaynaklarından oluşan bir düğüm veya kesitlemelerin bulunduğu devrede, endüktans elemanlarının $t=0_-$ ve $t=0_+$ deki başlangıç değerleri, birbirine eşit alınamaz. Çünkü böyle durumlarda endüktans elemanlarının akımları ani olarak değişecektir.

$t>0$



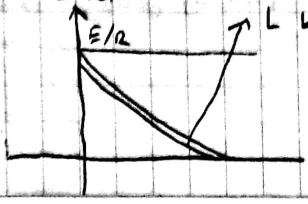
$R\,I(t) + L\frac{dI(t)}{dt} = 0 \qquad D\,I(t) + \frac{R}{L}I(t) = 0$

$\underbrace{\left(P + \frac{R}{L}\right)}_{0} I(t) = 0 \qquad P_1 = -\frac{R}{L}$ özdeğer

$I(t) = I_h + \cancel{I_{özel}}^{\,0}$

$I(t) = C_1 e^{-\frac{R}{L}t}$

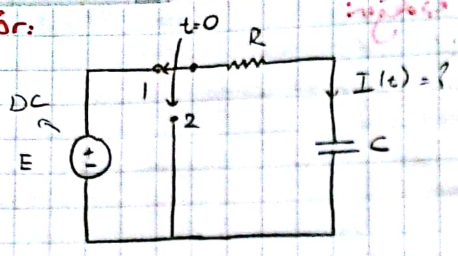
$t=0_+$ için $I(0_+) = C_1 = \frac{E}{R} \qquad I(t) = \frac{E}{R}e^{-\frac{R}{L}t}$



↑ L büyüdükçe grafik yukarı gider

L büyüdükçe I akımı daha geç azalır.

Ör:



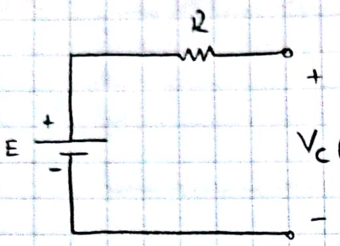
$t < 0$ için devre sürekli durumdadır.

$t=0$'da anahtar aniden 1'den 2 konumuna getiriliyor

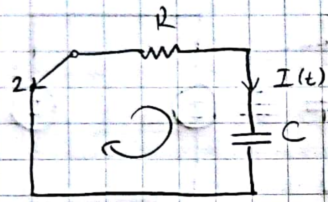
$t>0$'da $I(t) = ?$

Kural: Bu devrede kapasite üzerindeki gerilim $t=0_+$ anında aniden değişemez, çünkü kapasitelerden oluşan veya hem kapasite hem de bağımsız gerilim kaynağından oluşan bir çevre karşımıza çıkmamaktadır. Kapasitelerden ve bağımsız gerilim kaynaklarından oluşan bir çevre varsa kapasitenin gerilimi aniden değişecektir.

$t = 0_-$ durumunda



$$V_c(0_-) = E = V_c(0_+)$$



$$R.I(t) + \frac{1}{C}\int_{t_0=0_+}^{t} I(t)dt + V_c(0_+) = 0$$

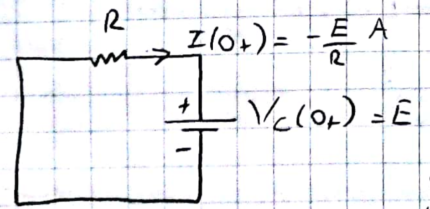
$$R.\frac{dI(t)}{dt} + \frac{I(t)}{C} = 0 \Rightarrow \frac{dI(t)}{dt} + \frac{I(t)}{RC} = 0$$

$$D I(t) + \frac{I(t)}{RC} = 0 \quad \underbrace{\left(D + \frac{1}{RC}\right)}_{=0} I(t) = 0$$

$$P_1 = -\frac{1}{RC}$$

$$I(t) = C_1 . e^{-\frac{t}{RC}}$$

$t = 0_+$'daki eşdeğer devre



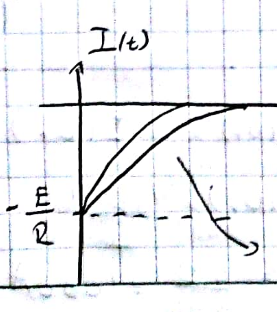
$t = 0_+$ için $I(0_+) = C_1 . e^0 = -\frac{E}{R}$

$$I(t) = -\frac{E}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$$

$\tau = RC$

↳ Kapasitenin dolma değeri

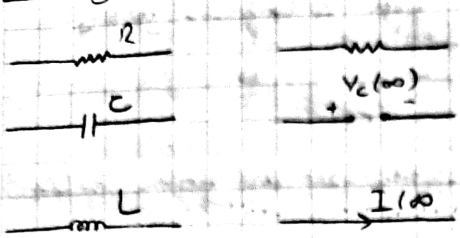
$t \xrightarrow{\text{gider}} \infty \quad I(t) \xrightarrow{\text{gider}} 0$



RC ne kadar büyürse boşalma süresi o kadar geç olur.

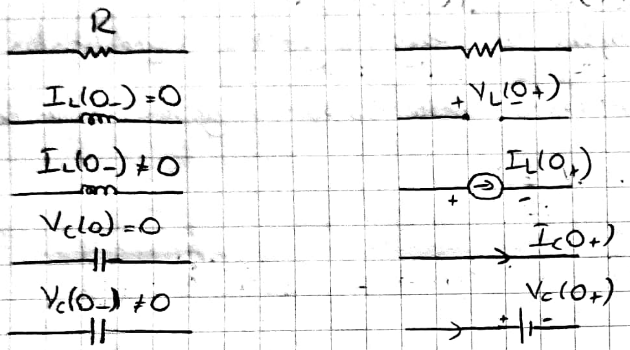
DC kaynak varsa $t=\infty$ da (sürekli durumda) elemanların eşdeğeri

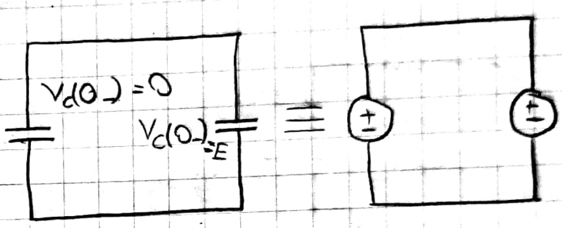
Başlangıçta — $t=\infty$ da $(t=0_-)$



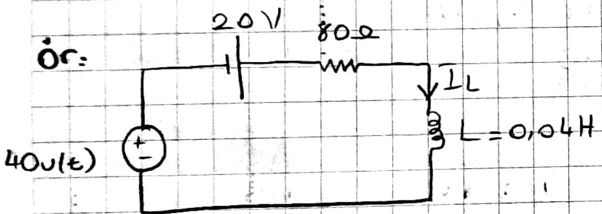
$t=0_+$ da 0_- ve 0_+ daki değerler eşitse

$t=0_-$ daki durum — $t=0_+$ daki eşdeğer

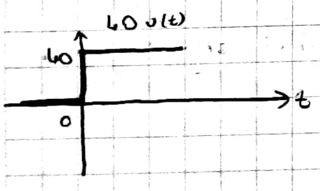




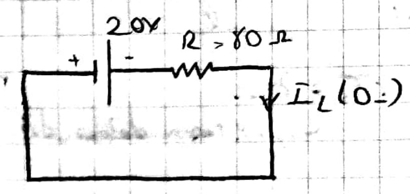
Ör:



u(t) birim basamak fonksiyonudur. $t=0_-$, $t=0_+$ ve $t=\infty$ daki değerlerini (I_L) bulunuz. $I_L(0_+)=?$

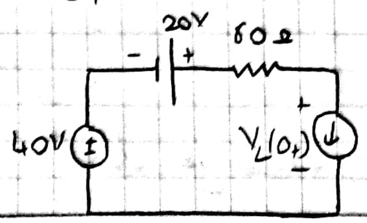


$t=0_-$ de sürekli durumda



$$I_L(0_-)=\frac{20}{80}=0,25\,A=I_L(0_+)$$

$t=0_+$



$I_L(0_+)=0,25A$

$$V(t)=L\cdot\frac{dI(t)}{dt} \qquad V(0_+)=L\cdot\dot{I}(0_+)$$

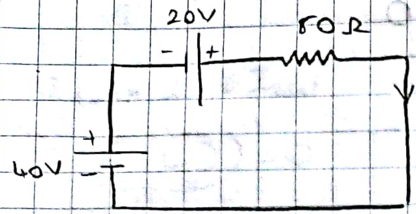
$$\dot{I}(0_+)=\frac{V(0_+)}{L}$$

$$80\cdot 0,025+V_L(0_+)=60 \qquad \dot{I}(0_+)=\frac{40}{0,04}=1000A$$

$V_L(0_+)=40V$

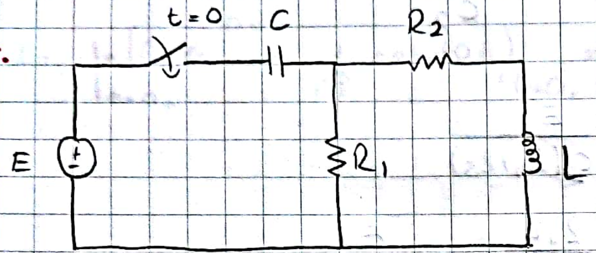
* Aynı düğüme bağlı C yada L yada bağımlı kaynak yoksa +/- deki durumlar eşit olur.

$t=\infty$ için



$I_L(\infty) = \frac{60}{80} = 0{,}75A$

ör.



t=0 da anahtar aniden kapatılıyor.

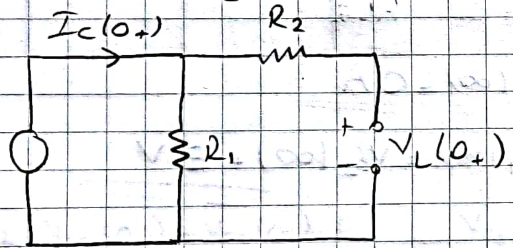
$V_C(0_-)=0V \quad I_L(0_-)=0A$

$t=0_+$ daki eşdeğer devreyi $\dot V_C(0_+), \dot I_L(0_+)=?$

$I_L(0_-)=I_L(0_+)=0A$

$V_C(0_-)=V_C(0_+)=0V$

$t=0_+$ daki eşdeğer



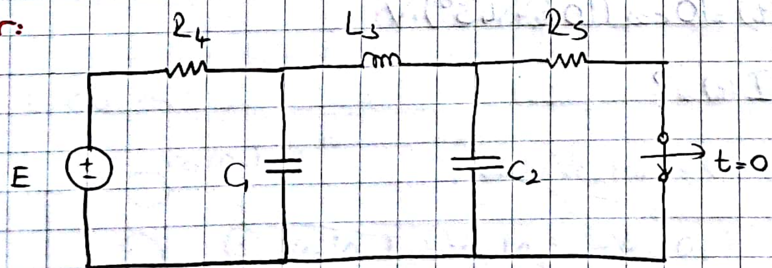
$I(t) = C\cdot\frac{dV_C(t)}{dt}$

$I(0_+) = C\cdot\dot V(0_+) = \frac{E}{R_1} \Rightarrow \dot V_C(0) = \frac{E}{R_1 C}$

$V_L(0_+) = E \Rightarrow \dot I_L(0_+) = \frac{E}{L}$

$= L\dot I_L(0_+)$

ör:

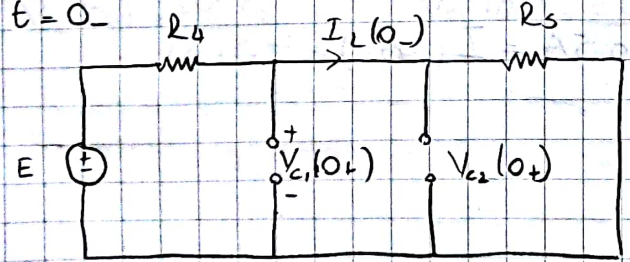


t=0 anında anahtar açılıyor. ($t=0_-$ 'de devre sürekli durumda)

$t=0_-$ ve $t=0_+$ daki değerlerini bul.

$\dot V_{C_1}(0_+)$, $\dot V_{C_2}(0_+)$ ve $\dot I_{L_3}(0_+)=?$

$t=0_-$

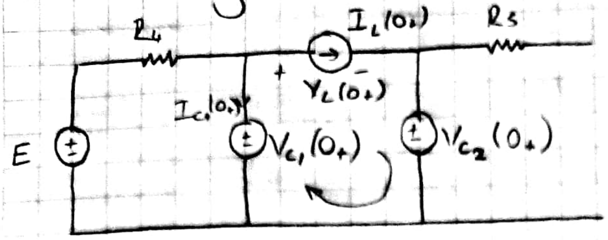


$I_L(0_-) = \frac{E}{R_4+R_5} = I_L(0_+)$

$V_{C_1}(0_-) = V_{C_2}(0_-) = R_5\cdot I_L(0_-) = R_5\frac{E}{R_4+R_5}$

$= V_{C_1}(0_+) = V_{C_2}(0_+)$

$t = 0_+$ 'de eşdeğer



$$\dot{I}_L(0_+) = \frac{\overset{0}{\uparrow}{V_L(0_+)}}{L} = 0$$

$$\dot{V}_{C_1}(0_+) = \frac{I_{C_1}(0_+)}{C_1}$$

$$\dot{V}_{C_2}(0_+) = \frac{I_{C_2}(0_+)}{C_2}$$

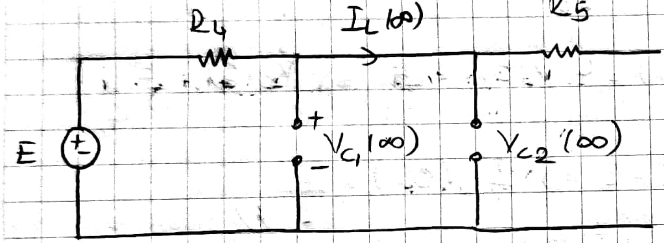
$$V_L(0_+) = V_{C_1}(0_+) - V_{C_2}(0_+) = 0$$

$$I_{C_2}(0_+) = I_L(0_+) = \frac{E}{R_4+R_5} \Rightarrow \dot{V}_{C_2}(0_+) = \frac{E}{C_2(R_4+R_5)}$$

$$I_{R_4}(0_+) = \frac{E - V_{C_1}(0_+)}{R_4} = \frac{E}{R_4} - \frac{R_5 E}{(R_4+R_5)R_4} = \frac{R_4 E}{R_4(R_4+R_5)} = \frac{E}{R_4+R_5}$$

$$I_{C_1}(0_+) = I_{R_4}(0_+) - I_L(0_+) = 0 \Rightarrow \dot{V}_{C_1}(0_+) = \frac{0}{C_1} = \underline{\underline{0}}$$

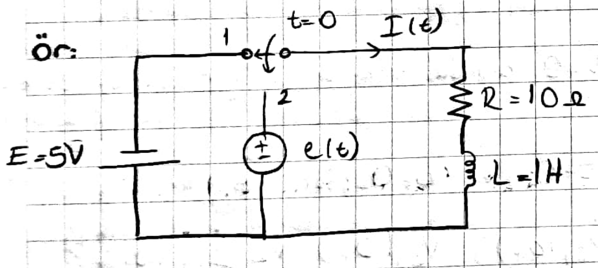
$t = \infty$ için



$$\underline{\underline{I_L(\infty) = 0\,A}}$$

$$V_{C_1}(\infty) = \underline{\underline{V_{C_2}(\infty) = E\,V}}$$

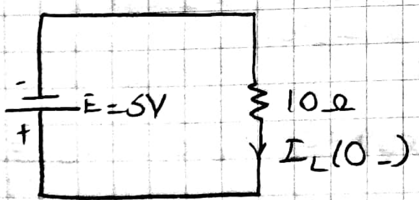
ör:



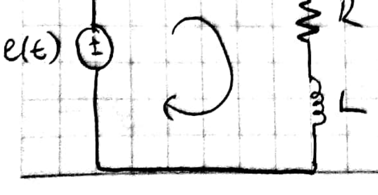
$e(t) = 10\cos(10t + 45°)\,V$

$I(t) = ?$

$t = 0_-$ de



$$I_L(0_-) = -\frac{5}{10} = -0{,}5A = I_L(0_+)$$



Başlangıç değeri yok gibi düşünüp önce jw bölgesinde çözeriz.

$$R.I(t) + L.\frac{dI(t)}{dt} = e(t)$$

$w = 10$

$$I(10 + j10) = 10e^{j45°} \quad I\sqrt{2}\,e^{j45°} = e^{j45°}$$

$$I = \frac{1}{\sqrt{2}} e^{j0} \qquad I_{özel}(t) = \frac{1}{\sqrt{2}} \cos(10t + 0)\ A$$

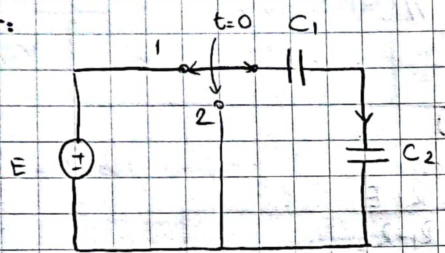
$$I_{tam} = I_h + I_{özel}$$

$$I\underbrace{(R + LD)}_{\text{öz denklem}} = 0 \qquad D = -\frac{R}{L} = -10$$

$$I_{Tam}\Big|_{t=0_+} = \left(C_1 e^{-10t} + \frac{1}{\sqrt{2}} \cos 10t\right)_{t=0_+} = -0,5 \qquad C_1 = -1,207$$

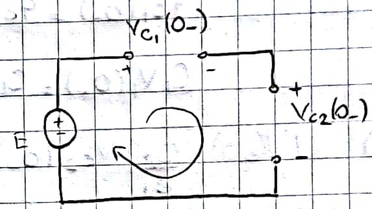
$$I(t) = -1,207\, e^{-10t} + \frac{1}{\sqrt{2}} \cos 10t$$

Ör:



$t = 0_-$ de devre sürekli durumdadır.

$t=0_-$



$$V_{c_1}(0_-) + V_{c_2}(0_-) = E \quad (1)$$

$$q(0) = q_{c_1}(0_-) = q_{c_2}(0_-)$$

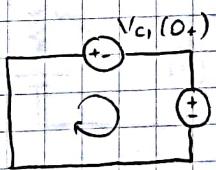
$$C_1 . V_{c_1}(0_-) = C_2 . V_{c_2}(0_-)$$

$$V_{c_1}(0_-) = \frac{C_2}{C_1} V_{c_2}(0_-) \quad \text{(1'e yerleştirelim)}$$

$$\frac{C_2}{C_1} V_{c_2}(0_-) + V_{c_2}(0_-) = E \qquad V_{c_2}(0_-) = \frac{EC_1}{C_1 + C_2} \qquad V_{c_1}(0_-) = \frac{EC_2}{C_1 + C_2} \ //$$

$$q_{c_1}(0_-) = q_{c_2}(0_-) = \frac{EC_1C_2}{C_1 + C_2} \ //$$

$t = 0_+$ için

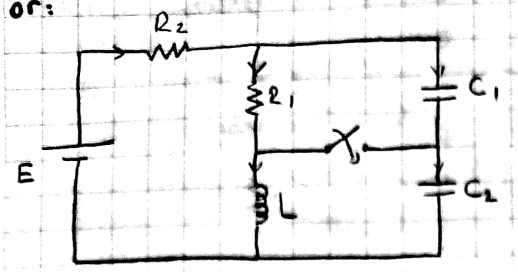


$$V_{c_1}(0_+) + V_{c_2}(0_+) = 0 \qquad q(0_-) = q_{c_2}(0_+) - q_{c_1}(0_+) \quad -V_{c_2}(0_+)$$

$$V_{c_1}(0_+) = -V_{c_2}(0_+) \qquad \frac{EC_1C_2}{C_1 + C_2} = C_2 V_{c_2}(0_+) - C_1 V_{c_1}(0_+)$$

$$V_{c_2}(0_+) = \frac{EC_1C_2}{(C_1 + C_2)^2} \ // \qquad V_{c_1}(0_+) = \frac{EC_1C_2}{(C_1 + C_2)^2} \ //$$

ör:

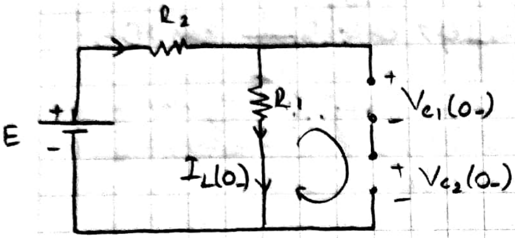


$t=0_-$'de devre sürekli durumdadır.

a) $t=0_-$ de $V_{c_1}(0_-)$, $V_{c_2}(0_-)$, $I_L(0_-)$

b) $t=0_+$ da $V_{c_1}(0_+)$, $V_{c_2}(0_+)$, $I_L(0_+)$, $\dot{V}_{c_1}(0_+)$, $\dot{V}_{c_2}(0_+)$ ve $\dot{I}_L(0_+)$

$t=0_-$de



$$I_L(0_-)=\frac{E}{R_1+R_2}=I_L(0_+)$$

$$V_{c_1}(0_-)+V_{c_2}(0_-)=\frac{R_1E}{R_1+R_2} \quad // \quad (1)$$

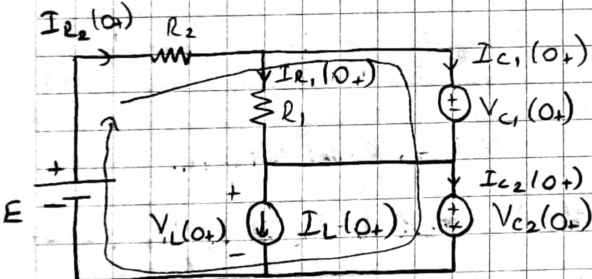
$$q_{c_1}(0_-)=q_{c_2}(0_-)$$

$$C_1V_1(0_-)=C_1V_2(0_-) \quad (2)$$

$$V_{c_1}(0_-)=\frac{C_2}{C_1}V_{c_2}(0_-) \qquad 1\text{'de} \qquad \frac{C_2}{C_1}V_{c_2}(0_-)+V_{c_2}(0_-)=\frac{R_1E}{R_1+R_2}$$

$$V_{c_2}(0_-)=\frac{R_1C_1E}{(C_1+C_2)(R_1+R_2)}=V_{c_2}(0_+) \qquad V_{c_1}(0_-)=\frac{R_1C_2E}{(C_1+C_2)(R_1+R_2)}=V_{c_1}(0_+)$$

$t=0_+$'da



$$I_{c_2}(0_+)=C_2\dot{V}_2(0_+)$$

$$V_L(0_+)=L.\dot{I}(0_+)$$

$$V_L(0_+)=V_{c_2}(0_+)=\frac{R_1C_1E}{(C_1+C_2)(R_1+R_2)}=L\dot{I}(0_+)$$

$$\dot{I}_L(0_+)=\frac{R_1C_1E}{L(C_1+C_2)(R_1+R_2)}$$

$$I_{R_1}(0_+)=\frac{V_{c_1}(0_+)}{R_1}=\frac{C_2E}{(C_1+C_2)(R_1+R_2)}$$

$$-R_2I_{R_2}(0_+)+\underbrace{V_{c_1}(0_+)+V_{c_2}(0_+)}_{\frac{R_1E}{R_1+R_2}}=E \Rightarrow I_{R_2}(0_+)=\frac{E}{R_2}-\frac{ER_1}{(R_1+R_2)R_2}=\frac{ER_2}{R_2(R_1+R_2)}$$

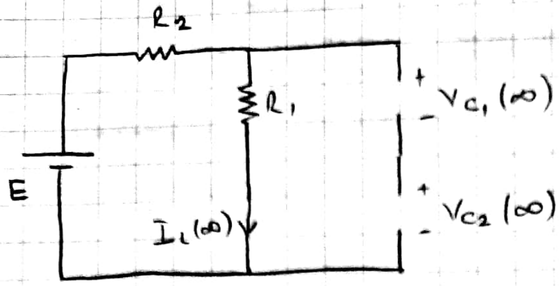
$$I_{R_2}(0_+)=\frac{E}{R_1+R_2}$$

$$I_{c_2}(0_+)=I_{R_2}(0_+)-I_L(0_+)=0=C_2\dot{V}_{c_2}(0_+) \Rightarrow \dot{V}_{c_2}(0_+)=\underline{0}$$

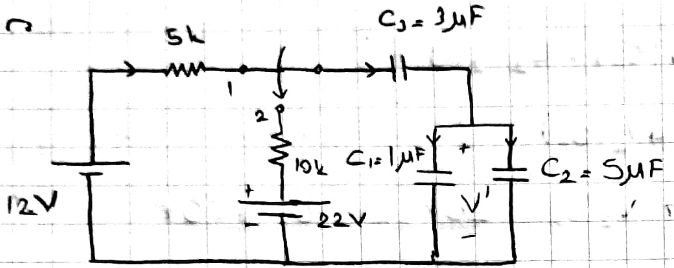
$$I_{c_1}(0_+)=I_{R_2}(0_+)-I_{R_1}(0_+)=\frac{E}{R_1+R_2}-\frac{C_2E}{(C_1+C_2)(R_1+R_2)}=\frac{E.C_1}{(R_1+R_2)(C_1+C_2)}=C_1\dot{V}_1(0_+)$$

$$\dot{V}_1(0_+)=\frac{E}{(R_1+R_2)(C_1+C_2)} \quad //$$

$t = \infty$ da



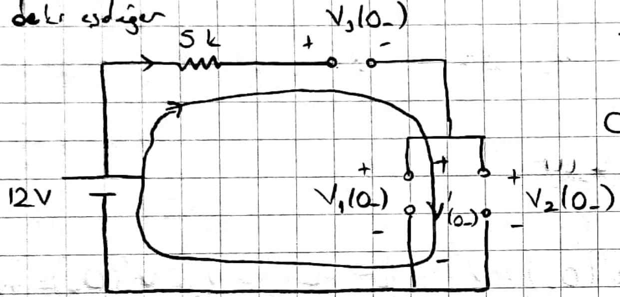
ör



$t = 0_-$ de $V'(0_-)$, $V_3(0_-) = ?$

$t = 0_+$ da $V'(0_+)$ ve $V_3(0_+) = ?$

$t = 0_-$ daki eşdeğer



$V_3(0_-) + V'(0_-) = 12$ (1) Çevre denk.

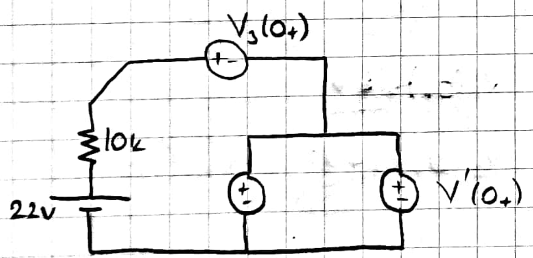
$C' = 6\mu F$ $\quad q'(0_-) = q_3(0_-) \Rightarrow C'V'(0_-) = C_3 V_3(0_-)$

$V_3(0_-) = \frac{C'}{C_3} V'(0_-) = 2V'(0_-)$

$2V'(0_-) + V'(0_-) = 12 \Rightarrow V'(0_-) = 4V = V'(0_+)$

$V_3(0_-) = 8V = V_3(0_+)$

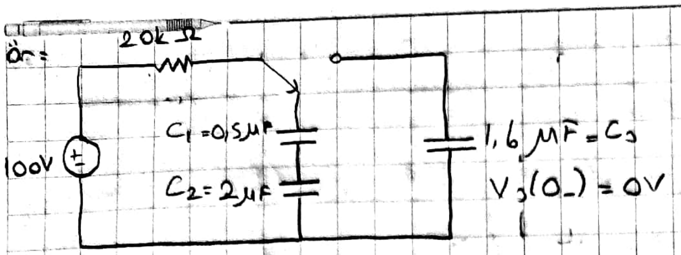
$t = 0_+$ daki eşdeğer



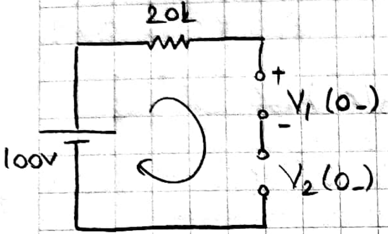
Çünkü anahtar değiştiğinde 22V kaynağa seri bağlı olan anahtar giriş gerilimi ve 22V'u birbirine eşitler. Direnç olmasaydı 0_+ daki durumlar farklı olurdu.

seri kol yükler eşit

Ör:



$t = 0_-$ da



$V_1(0_-) + V_2(0_-) = 100V$

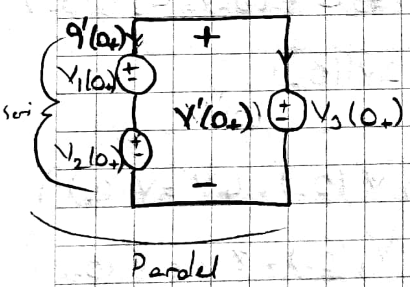
$q_1(0_-) = q_2(0_-) \quad C_1V_1(0_-) = C_2V_2(0_-)$

$V_1(0_-) = \frac{C_2}{C_1} V_2(0_-) = 4V_2(0_-)$

$4V_2(0_-) + V_2(0_-) = 100 \quad V_2(0_-) = 20V \quad V_1(0_-) = 80V$

$q_2(0_-) = q_1(0_-) = C_1V_1(0_-) = 40\mu C$

$t = 0_+$ da



$C' = \frac{0{,}5 . 2 . 10^{-6}}{2{,}5} = 0{,}4\mu F$

$q_1(0_-) = q_3(0_+) + q'(0_+) = V'(0_+)[C_3 + C'] = 2\mu\, V'(0_+) = 40\mu$

$C_3V_3(0_+) + C'V'(0_+)$ $\qquad V'(0_+) = 20V$

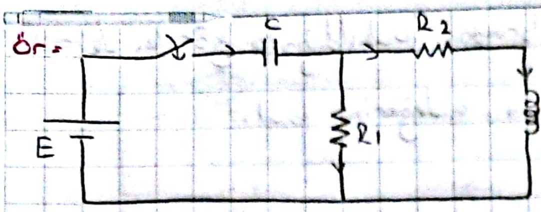
$V_3(0_+) = 20V$

$q_1(0_+) = q_2(0_+) = 8\mu C \qquad C_1V_1(0_+) = 8\mu C \quad V_1(0_+) = \underline{16V}$

$q'(0_+) = 0{,}4\mu . 20V = 8\mu C \qquad C_2V_2(0_+) = 8\mu C \quad V_2(0_+) = \underline{4V}$

$V_c(0_-)$ ve $I_L(0_-)$

Ör:



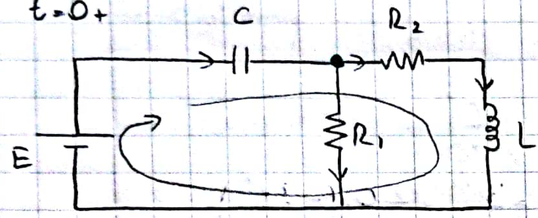
0_-'da tüm değerler sıfırdır. (Endüktansın akımı, kapasitenin gerilimi)

$$V_c(0_-) = V_c(0_+) = 0$$

$$I_L(0_-) = I_L(0_+) = 0$$

$\dot{I}_L(0_+)$, $\ddot{I}_L(0_+)$, $\dot{V}_c(0_+)$, $\ddot{V}_c(0_+)$?

$t = 0_+$



$t>0$ için $\dot{I}_L(t)$, $\dot{V}_c(t)$

$$V_L(t) = L \cdot \dot{I}_L(t)$$

$$V_c + \underbrace{R_2 \cdot I_2}_{I_L(t)} + \underbrace{V_L}_{L\dot{I}_L(t)} = E \Rightarrow L \cdot \dot{I}_L(t) = E - V_c - R_2 I_L(t)$$

$$\dot{I}_L(t) = \frac{E}{L} - \frac{V_c}{L} - \frac{R_2 I_L(t)}{L}$$

akım için çevre denk.

Gerilim için düğüm denk.

$$\underbrace{I_c}_{C\dot{V}_c} = \underbrace{I_{R_2}}_{I_L} + \underbrace{I_{R_1}}_{\frac{(E-V_c)}{R_1}}$$

$$C \cdot \dot{V}_c = I_L + \frac{E}{R_1} - \frac{V_c}{R_1} \qquad \dot{V}_c = \frac{I_L}{C} + \frac{E}{R_1 C} - \frac{V_c}{R_1 C}$$

$t = 0_+$'da

$$\dot{I}_L(t) = \frac{E}{L} - \underbrace{\frac{V_c(t)}{L} - \frac{R_2 I_L(t)}{L}}_{0_+ \text{ daki değerleri } 0} \Rightarrow \dot{I}_L(0_+) = \frac{E}{L}$$

$$\dot{V}_c(0_+) = 0 + \frac{E}{R_1 C_1} - 0 = \frac{E}{R_1 C}$$

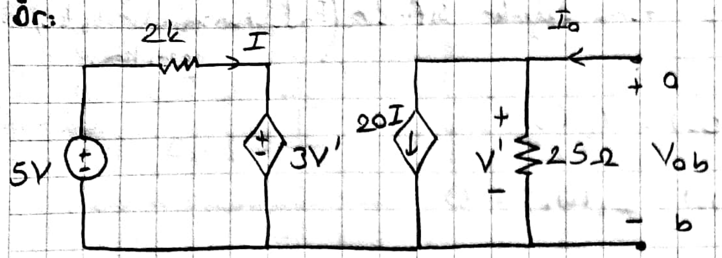
$$\ddot{I}_L(t) = \frac{\dot{V}_c(t)}{L} - \frac{R_2 \dot{I}_L(t)}{L} \Rightarrow \frac{E}{L} \text{ sabit old. için türevi 0 olur.}$$

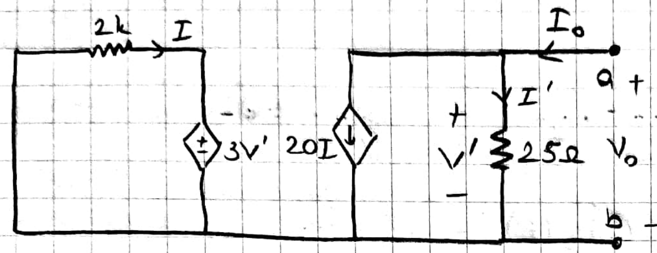
$$\ddot{V}_c(t) = \frac{\dot{I}_L(t)}{C} - \frac{\dot{V}_c(t)}{R_1 C}$$

$t = 0_+$ da

$$\ddot{I}_L(0_+) = \frac{\dot{V}_c(0_+)}{L} + \frac{R_2 \dot{I}_L(0_+)}{L} \qquad \ddot{I}_L(0_+) = \frac{E}{R_1 C L} - \frac{R_2 E}{L^2}$$

Ör: a b uçlarından bakıldığında görülen devrenin thevenin eşdeğerini bul.

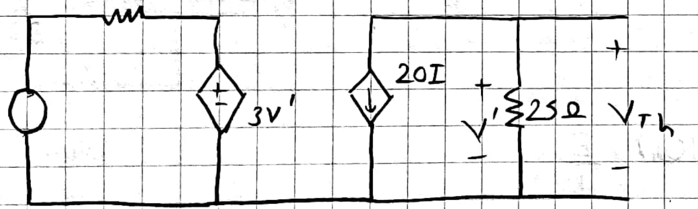




$$I = -\frac{3V'}{2k} \qquad I_o = \frac{V'}{25} + 20I \Rightarrow I_o = \overbrace{\frac{V'}{25}}^{I'} + 20.\left(-\frac{3V'}{2k}\right)$$

$$V' = 25(I_o - \underbrace{20I}_{\downarrow\ \frac{-3V}{2k}})$$

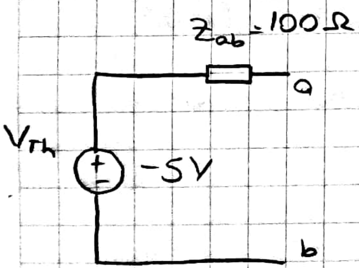
$V' = V_o$ olduğundan $\quad V_o - \frac{25.20.3V_o}{2000} = 25 I_o \Rightarrow \frac{V_o}{I_o} = 100\,\Omega$



$V_{Th} = 25(-20I)$

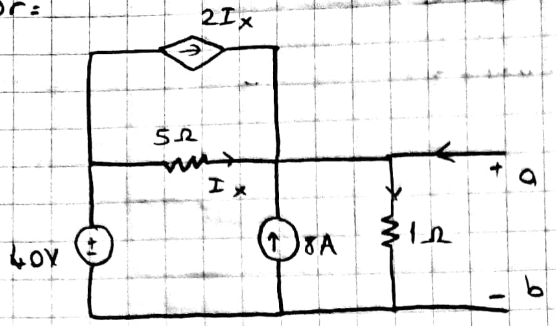
$I = \frac{5-3V_{Th}}{2000}$

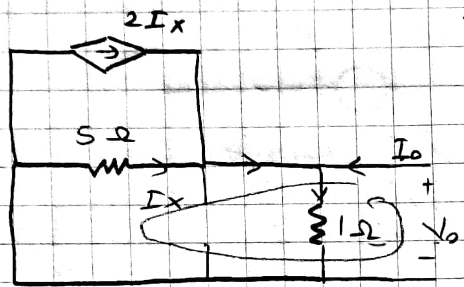
$V_{Th} = -5V$
$\downarrow$
kaynak yönü ters



www.oguzhancakmak.com.tr

Ör: Thevenin eşdeğerini bul.



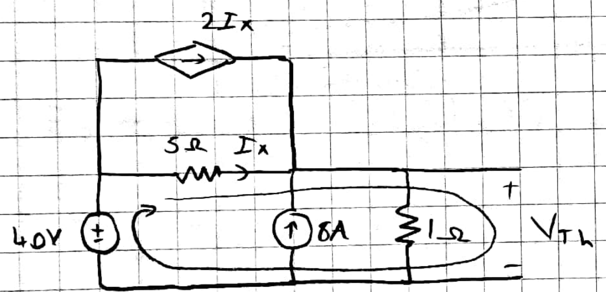


$V_o = 1.(I_o + 3I_x)$

$V_o = -5I_x \quad I_x = -\frac{V_o}{5}$

$V_o = I_o - \frac{3}{5}V_o$

$\frac{V_o}{I_o} = \frac{5}{8}\ \Omega$

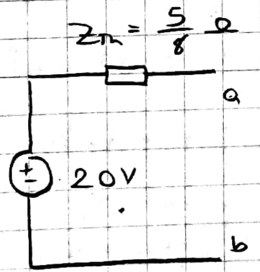


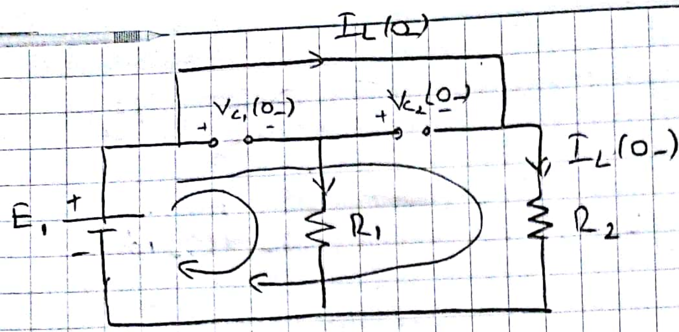
$V_{Th} = 1.(8 + 3I_x)$

$V_{Th} \quad V_{Th} = -5I_x + 40$

$8 + 3I_x = -5I_x + 40$

$I_x = 4A \Rightarrow V_{Th} = 20V$



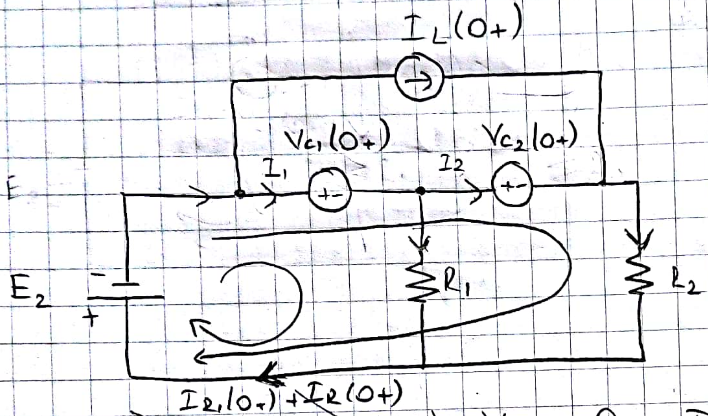


$$\frac{E_1}{R_2} = I_L(0_-) = I_L(0_+) = I_{R_2}(0_-)$$

$$V_{C_1}(0_-) = +E_1 = V_{C_1}(0_+)$$

$$V_{C_2}(0_-) = -E_1$$

$$-E_1 + E_1 + I_{R_2}(0_-) \cdot \cancel{R_2} = 0 - \frac{E_1}{\cancel{R_2}} = V_{C_2}(0_+)$$



$$V_{R_1}(0_+) = -E_2 - E_1$$

$$R_1 \cdot I_{R_1}(0_+) = -E_2 - E_1$$

$$\boxed{I_{R_1}(0_+)} = -\frac{E_2 + E_1}{R_1}$$

$$E_2 + \cancel{V_{C_1}(0_+) + V_{C_2}(0_+)} + V_{R_2} = 0 \qquad I_{R_2}(0_+) = \frac{-E_2}{R_2}$$

$$I_{C_2}(0_+) + I_L(0_+) = I_{R_2}(0_+)$$

$$I_{C_2}(0_+) = I_{R_2}(0_+) - I_L(0_+) \qquad -\frac{E_2}{R_2} - \frac{E_1}{R_2} \qquad \boxed{-\frac{(E_2 + E_1)}{R_2} = I_{C_2}(0_+)}$$

$$I_{C_2}(0_+) = C_2 \dot{V}_2(0_+)$$

$$\boxed{\dot{V}_2(0_+) = -\frac{E_1 + E_2}{R_2 \cdot C_2}}$$

$$\cancel{I_{R_1}(0_+) + I_{R_2}(0_+) - I_L(0_+) = I_{C_1}}(0_+) \qquad I_{C_1}(0_+) = I_{C_2}(0_+) + I_{R_1}(0_+)$$

$$I_{C_1} = -\frac{E_2 + E_1}{R_2 C_1} - \frac{E_2 + E_1}{R_1 C_1} = C_1 \dot{V}_1(0_+)$$

$$\cancel{-\frac{E_2 + E_1}{R_1} - \frac{E_2}{R_2} - \frac{E_1}{R_2} = I_{C_1}(0_+)}$$

$$\dot{V}_1(0_+)$$