מש' דיפרנציאלית- מתח על קבל: $\tau \frac{dv(t)}{dt} + v(t) = v_s(t)$

פתרון: $v(t) = V_s\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$

פתרון פרטי = פתרון למבוא אפס –מצב מתמיד

פתרון הומוגני – פתרון לתנאי התחלה אפס – מצב אפס

■ יתרונות של הצגה ZIR + ZSR

שני המרכיבים בלתי תלויים זה לזה

ניתן להוציא כל מרכיב באופן ניסיוני

תגובה במבוא אפס הינה פונקציה ליניארית של תנאי התחלה

תגובה במצב אפס הינה פונקציה ליניארית של מבוא

<u>תגובה שלמה של מעגל חשמלי ליניארי הינה סופרפוזיציה של תגובה במבוא אפס ותגובה במצב אפס.</u>

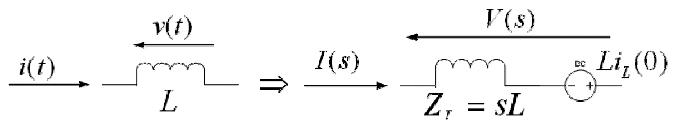
השארית: $F(s) = \frac{B(s)}{A(s)}$: $r_k = \frac{B(p_k)}{\left.\frac{dA(s)}{ds}\right|_{s=p_k}}$

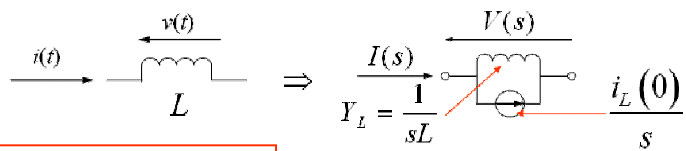
אופיין של סליל: N –ליפופים, ϕ - שטף מגנטי ψ -מוצמד

$$v(t) = \frac{d\psi}{dt} = N\frac{d\phi}{dt} \qquad \psi = L\cdot i(t)\,;\; L = \mu\frac{s}{l}N^2 \;\; [H]$$

$$v(t) = \frac{d\psi}{dt} = \frac{d\left(L\cdot i(t)\right)}{dt} = L\frac{di(t)}{dt}$$

$$i(t) = \frac{1}{L}\int_{-\infty}^{t} v(t)dt = \frac{1}{L}\int_{-\infty}^{0} v(t)dt + \frac{1}{L}\int_{0}^{t} v(t)dt = i_L(0) + \frac{1}{L}\int_{0}^{t} v(t)dt$$





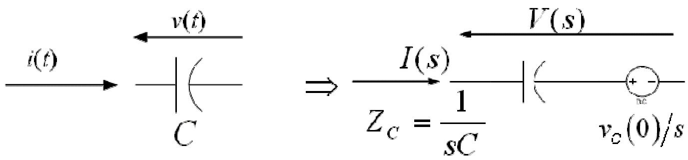
$$\boxed{i_L(0-) = i_L(0+) = i_L(0)}$$

אופיין קבל:

$$i(t) = C\frac{dv(t)}{dt} \qquad i(t) = \frac{dq}{dt} = \frac{d\left[C\cdot v(t)\right]}{dt}$$

$$q(t) = C\cdot v(t) \quad ; \quad C = \varepsilon\frac{s}{d} \;\; [F]$$

$$v(t) = \frac{1}{C}\int_{-\infty}^{t} i(t)dt = \frac{1}{C}\int_{-\infty}^{0} i(t)dt + \frac{1}{C}\int_{0}^{t} i(t)dt = v_C(0) + \frac{1}{C}\int_{0}^{t} i(t)dt$$



$$\boxed{v_C(0-) = v_C(0+) = v_C(0)}$$

$$W(t) = \frac{1}{2}Li^2 \;\; [J]$$
$$W(t) = \frac{1}{2}Cv^2 \;\; [J]$$
$$p(t) = v(t)\cdot i(t) = \frac{dW(t)}{dt}$$

- סיכום פתרון מעגל חשמלי בעירור סינוסי <u>במצב מתמיד בשיטת הפאזורים</u>

1. סכמת המעגל במישור הזמן
2. בחירה בכיווני היחוס לזרמים <u>באופן שרירותי</u>, כיווני המתחים - <u>הפוכים</u>
3. שקול של המעגל במישור הפאזורים כולל את כיווני היחוס לזרמים ומתחים
4. משוואות הרשת לפאזורים (משפטי הרשת)
5. פתרון משוואות הרשת ובידוד של פאזור אות היציאה
6. התמרת פאזור אות היציאה מהמישור המרוכב למישור הזמן

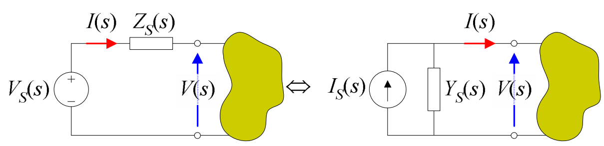
- סיכום פתרון מעגל חשמלי <u>במצב מעבר בשיטת התמרת לפלס</u>

1. מעגל במישור הזמן
2. כיווני היחוס לזרמים <u>כמו במצב לפני המיתוג</u>
3. שקול המעגל במישור מרוכב (התמרת לפלס) כולל מקורות המתח\הזרם של תנאי התחלה
4. משוואות אלגבריות בצורת התמרת לפלס (משפטי הרשת)
5. פתרון המשוואות האלגבריות ובידוד של אות היציאה
6. התמרת לפלס הפוכה לאות היציאה

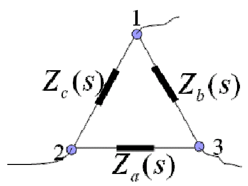
<u>משפט הסופרפוזיציה</u>:

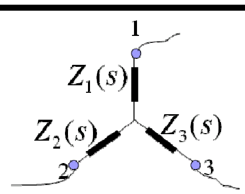
אם ברשת ליניארית פועלים באופן סימולטני מספר מקורות פיסיקליים ו\או דמיוניים של זרם התחלתי בסליל ומתח התחלתי בקבל, אזי תגובה שלמה שווה לסכום תגובות של כל מקור בנפרד כאשר שאר המקורות מאופסים, כלומר <u>מקור מתח מוחלף בקצר, מקור זרם מוחלף בנתק.</u>

<u>שקילות זרמים ומתחים:</u>



התמרת לפלס (זרם שרירותי)	$Y_S = \frac{1}{Z_S}$	$I_S(s) = \frac{V_S(s)}{Z_S}$
פאזורים	$\bar{Y}_S = \frac{1}{\bar{Z}_S}$	$\bar{I}_S = \frac{\bar{V}_S}{\bar{Z}_S}$
זרם ישר	$G_S = \frac{1}{R_S}$	$I_S = \frac{V_S}{R_S}$





מכוכב למשולש

$$Z_a = \frac{Z_1Z_2 + Z_2Z_3 + Z_3Z_1}{Z_1}$$
$$Z_b = \frac{Z_1Z_2 + Z_2Z_3 + Z_3Z_1}{Z_2}$$
$$Z_c = \frac{Z_1Z_2 + Z_2Z_3 + Z_3Z_1}{Z_3}$$

ממשולש לכוכב

$$Z_1 = \frac{Z_bZ_c}{Z_a + Z_b + Z_c}$$
$$Z_2 = \frac{Z_aZ_c}{Z_a + Z_b + Z_c}$$
$$Z_3 = \frac{Z_aZ_b}{Z_a + Z_b + Z_c}$$

$$\tau = 1/\omega_0 = \sqrt{LC}$$

$$\xi = \frac{RC}{2\tau} = \frac{RC}{2\sqrt{LC}} = \frac{R}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}$$

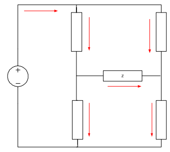
תבנין ונורטון:

Z_{eq} מחושבים באיפוס מקורות. (מתח-קצר, זרם - נתק)

$$\boxed{I_{eq}(s) = \frac{V_{eq}(s)}{Z_{eq}(s)} \quad Y_{eq}(s) = \frac{1}{Z_{eq}(s)}} \qquad \boxed{\bar{I}_{eq} = \frac{\bar{V}_{eq}}{\bar{Z}_{eq}} \quad \bar{Y}_{eq} = \frac{1}{\bar{Z}_{eq}}}$$

לעיתים יש להשתמש בסופרפוזיציה.

<u>גשר פסיבי:</u>



מצב מעבר: $Z_2(s)\cdot Z_4(s) = Z_1(s)\cdot Z_3(s)$

מצב מתמיד: $\bar{Z}_2\cdot\bar{Z}_4 = \bar{Z}_1\cdot\bar{Z}_3$

זרם ישר: $R_2\cdot R_4 = R_1\cdot R_3$

<u>הספק:</u>

$$P_{av} = \frac{1}{T}\int_0^T p(t)dt = \frac{1}{T}\int_0^T \frac{I_m^2}{2}\cdot R\cdot(1-\cos 2\omega t)dt = \frac{I_m^2}{2}\cdot R$$

<u>בזרם סינוסואידלי:</u>

$$\boxed{I_{eff} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0.707 I_m} \qquad \boxed{V_{eff} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = 0.707 V_m}$$

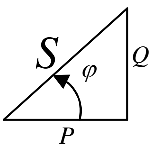
$$P_{av} = \frac{1}{T}\int_0^T p(t)dt = V_{eff} I_{eff}\cos\varphi$$

<u>זרם ישר:</u> $P = \dfrac{V^2}{R}$ <u>הספק מדומה:</u> $\boxed{S = V_{eff} I_{eff}}$

$P_{av} = S\cos\varphi$ הספק עיוור: $\boxed{Q = V_{eff} I_{eff}\sin\varphi}$

$P[W] \quad S[VA] \quad Q[VAR]$

$\bar{S} = P + jQ$



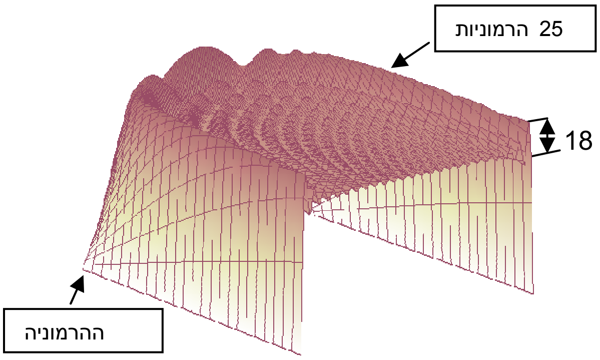
<u>**טורי פוריה:**</u>

$$a_0 = \frac{1}{T}\int_0^T f(t)dt \qquad a_n = \frac{2}{T}\int_0^T f(t)\cos(n\omega_0 t)dt$$

$$b_0 = 0 \qquad b_n = \frac{2}{T}\int_0^T f(t)\sin(n\omega_0 t)dt$$

- סימטריה לגבי הזמן $f(\omega_0 t) = -f(\omega_0 t + \pi)$: רק איברים אי זוגיים.
- סימטריה לגבי ציר אנכי $f(\omega_0 t) = f(-\omega_0 t)$: רק קוסינוסים.
- סימטריה לגבי הראשית $f(\omega_0 t) = -f(-\omega_0 t)$: רק סינוסים.

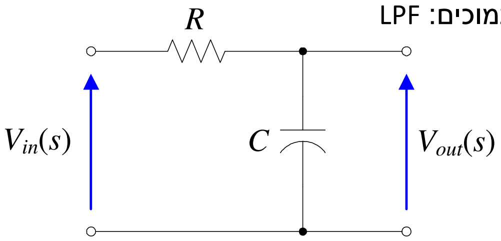
בסמוך לנקודת קפיצה של הפונקציה המקורית, טור פורייה מציג קפיצה (overshoot) של כ 18%.



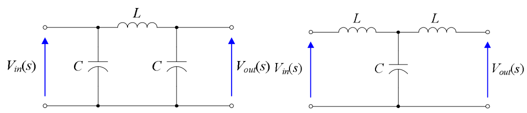
$$H_{dB} = 10\cdot\log_{10}\frac{P_{out}}{P_{in}} = 10\cdot\log_{10}\frac{V_{out,eff}^2/R}{V_{in,eff}^2/R} =$$

$$= 20\cdot\log_{10}\frac{V_{eff,out}}{V_{eff,in}} = 20\cdot\log_{10}\frac{V_{out}}{V_{in}} = 20\cdot\log_{10} H(\omega)$$

מעביר נמוכים: LPF



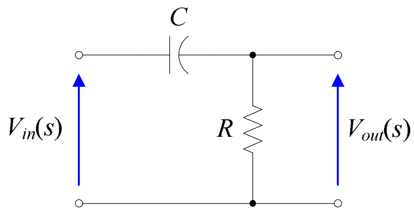
$$V_{out}(s) = V_{in}(s)\frac{1/sC}{R+1/sC} = \frac{V_{in}(s)}{1+sRC} \Rightarrow H(s) = \frac{V_{out}(s)}{V_{in}(s)} = \frac{1}{1+sRC}$$

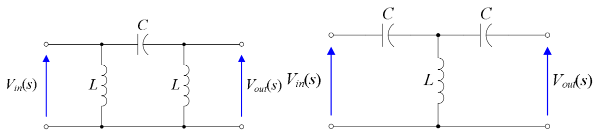


מעביר גבוהים: HPF

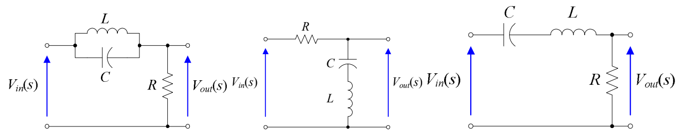
$$V_{out}(s) = V_{in}(s)\frac{R}{R+1/sC} = V_{in}(s)\frac{sRC}{1+sRC}$$

$$H(s) = \frac{V_{out}(s)}{V_{in}(s)} = \frac{s\tau}{1+s\tau}$$





מעביר תיחום:



$$V_{out}(s) = V_{in}(s)\frac{R}{R+sL+1/sC} \Rightarrow H(s) = \frac{V_{out}(s)}{V_{in}(s)} = \frac{sRC}{1+sRC+s^2LC}$$