

Elektrotechnika

6. előadás

Váltakozóáramú hálózatok

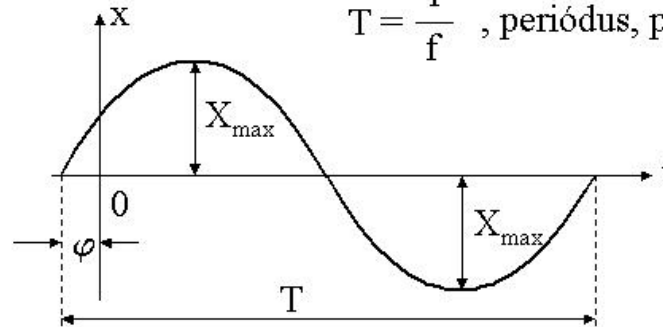
• Szinuszos időfüggvény matematikai jellemzése

$$x(t) = X_{\max} \sin(\omega t + \varphi)$$

X_{\max} — amplitúdó [V], [A]
 ω — körfrekvencia [rad/s], [s⁻¹]
 t — idő [s]
 φ — fázisszög [rad]

$\omega = 2\pi f$, f = frekvencia, pl. 50 Hz (s⁻¹)

$T = \frac{1}{f}$, periódus, pl. 20 ms



A szinuszos jelet három adat jellemez:

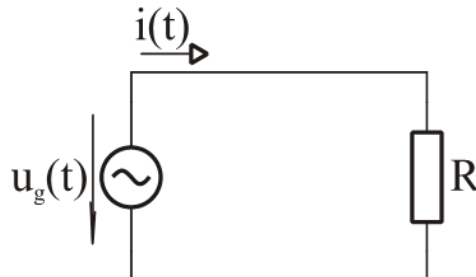
az amplitúdó $|\hat{U}|$, a periódusidő T és a kezdőfázis φ

$$u(t) = \hat{U} \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot t + \varphi\right) [V] = \sqrt{2}U \sin(\omega t + \varphi)$$

Váltakozóáramú hálózatok

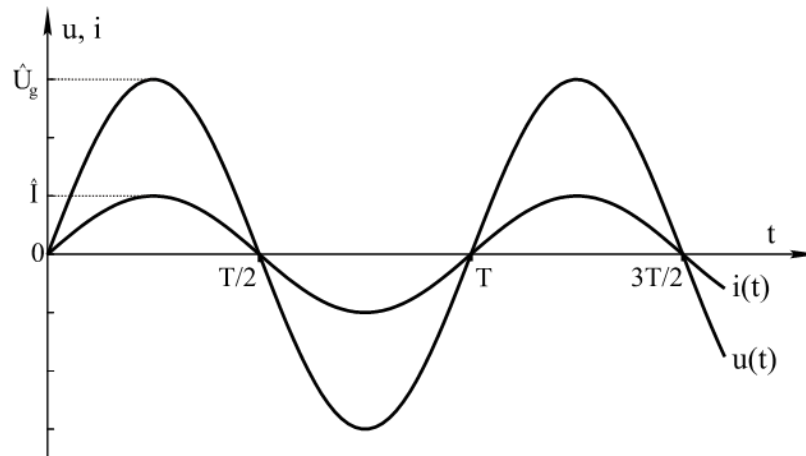
- Egyszerű hálózatok

Ellenállás a szinuszos hálózatban



$$u_g(t) = u(t) = \hat{U} \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

$$i_R(t) = \frac{u(t)}{R} = \frac{\hat{U}}{R} \cdot \sin(\omega \cdot t) = \hat{I} \cdot \sin(\omega \cdot t)$$



Ellenálláson a feszültség és az áram fázisban van.

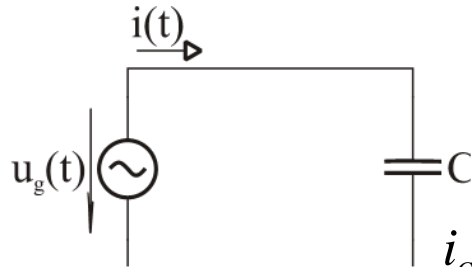
Hálózatok analízise

- Szinuszos időfüggvények
- R a szinuszos hálózatban
- C a szinuszos hálózatban
- L a szinuszos hálózatban
- Soros RLC a szinuszos hálózatban
- A szimbolikus módszer
- Műveletek komplex számokkal
- A komplex időfüggvény
- A komplex Ohm törvény
- C impedanciája
- L impedanciája
- Impedanciák eredője
- Impedancia frekvenciafüggése
- Soros RL analízise
- Soros RC analízise
- Soros RC analízise
- Soros RLC analízise
- Soros RLC analízise
- Soros RLC analízise
- Soros RLC jósága
- Soros RLC jósága
- Soros RLC jósága
- Párhuzamos RLC analízise
- Párhuzamos RLC analízise

Váltakozóáramú hálózatok

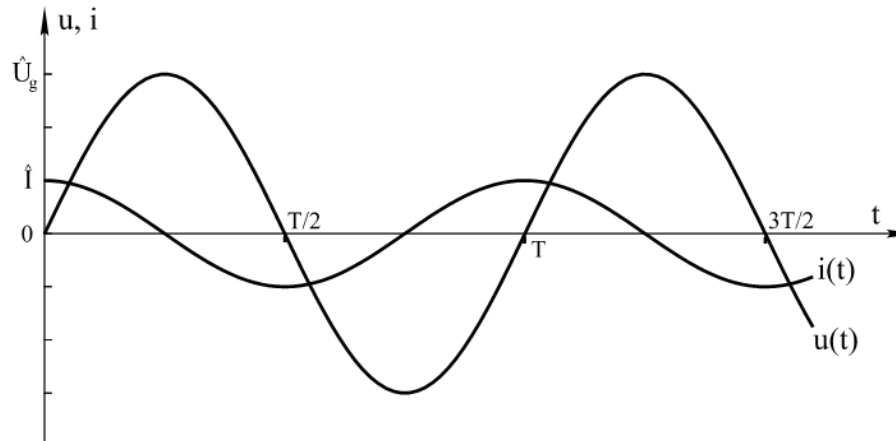
- Egyszerű hálózatok

Kondenzátor a szinuszos hálózatban



$$u_g(t) = u(t) = \hat{U} \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

$$i_c(t) = C \cdot \frac{du}{dt} = C \cdot \omega \cdot \hat{U} \cdot \cos \omega \cdot t = \hat{I} \cdot \sin(\omega \cdot t + \frac{\pi}{2})$$



Kondenzátoron az áram 90°-ot siet a feszültséghez képest.

Hálózatok analízise

- Szinuszos időfüggvények
- R a szinuszos hálózatban
- C a szinuszos hálózatban**
- L a szinuszos hálózatban
- Soros RLC a szinuszos hálózatban
- A szimbolikus módszer
- Műveletek komplex számokkal
- A komplex időfüggvény
- A komplex Ohm törvény
- C impedanciája
- L impedanciája
- Impedanciák eredője
- Impedancia frekvenciafüggése
- Soros RL analízise
- Soros RC analízise
- Soros RC analízise
- Soros RLC analízise
- Soros RLC analízise
- Soros RLC analízise
- Soros RLC jósága
- Soros RLC jósága
- Soros RLC jósága
- Párhuzamos RLC analízise
- Párhuzamos RLC analízise

Váltakozóáramú hálózatok

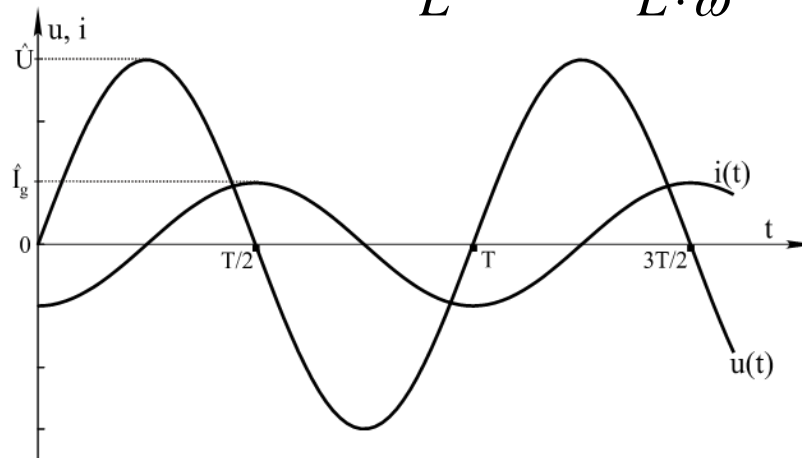
Egyszerű hálózatok

Induktivitás a szinuszos hálózatban



$$u_g(t) = u(t) = \hat{U} \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

$$i_L(t) = \frac{1}{L} \int u \cdot dt = \frac{\hat{U}}{L \cdot \omega} \cdot (-\cos \omega \cdot t) = \hat{I} \cdot \sin(\omega \cdot t - \frac{\pi}{2})$$



A tekercs feszültsége 90°-ot siet az áramához képest.

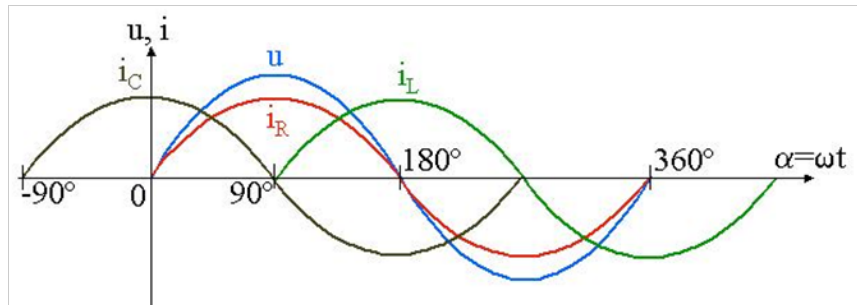
Hálózatok analízise

1. Szinuszos időfüggvények
2. R a szinuszos hálózatban
3. C a szinuszos hálózatban
4. L a szinuszos hálózatban
5. Soros RLC a szinuszos hálózatban
6. A szimbolikus módszer
7. Műveletek komplex számokkal
8. A komplex időfüggvény
9. A komplex Ohm törvény
10. C impedanciája
11. L impedanciája
12. Impedanciák eredője
13. Impedancia frekvenciafüggése
14. Soros RL analízise
15. Soros RC analízise
16. Soros RC analízise
17. Soros RLC analízise
18. Soros RLC analízise
19. Soros RLC analízise
20. Soros RLC jósága
21. Soros RLC jósága
22. Soros RLC jósága
23. Párhuzamos RLC analízise
24. Párhuzamos RLC analízise

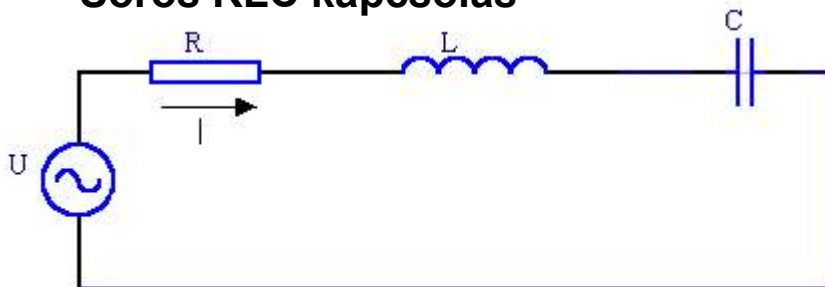
Váltakozóáramú hálózatok

- Egyszerű hálózatok

Összefoglalóan a 3 elem időfüggvényei:



Soros RLC kapcsolás



$$i(t) = \hat{I} \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

$$u(t) = u_R + u_L + u_C = i \cdot R + L \cdot \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \int i dt$$

Más módszer kell!

Hálózatok analízise

- Szinuszos időfüggvények
- R a szinuszos hálózatban
- C a szinuszos hálózatban
- L a szinuszos hálózatban
- Soros RLC a szinuszos hálózatban**
- A szimbolikus módszer
- Műveletek komplex számokkal
- A komplex időfüggvény
- A komplex Ohm törvény
- C impedanciája
- L impedanciája
- Impedanciák eredője
- Impedancia frekvenciafüggése
- Soros RL analízise
- Soros RC analízise
- Soros RC analízise
- Soros RLC analízise
- Soros RLC analízise
- Soros RLC analízise
- Soros RLC jósága
- Soros RLC jósága
- Soros RLC jósága
- Párhuzamos RLC analízise
- Párhuzamos RLC analízise

Váltakozóáramú hálózatok

- **Szimbolikus módszer. Szinuszos mennyiségek komplex leírása**

A komplex számok megadása:

Algebrai alak:

$$\bar{z} = x \pm jy$$

Exponenciális vagy Euler alak:

$$\bar{z} = z \cdot e^{\pm j\varphi}$$

Trigonometrikus alak:

$$\bar{z} = z(\cos \varphi + j \sin \varphi)$$

Vektoros ábrázolás:

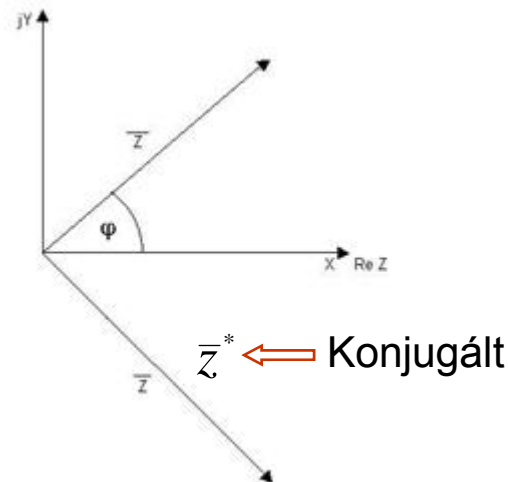
$$e^{j\varphi} = \cos \varphi + j \sin \varphi$$

$$z = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{y}{x}$$

$$x = \operatorname{Re} \cdot \bar{z} = z \cdot \cos \varphi$$

$$y = \operatorname{Im} \cdot \bar{z} = z \cdot \sin \varphi$$



Hálózatok analízise

1. Szinuszos időfüggvények
2. R a szinuszos hálózatban
3. C a szinuszos hálózatban
4. L a szinuszos hálózatban
5. Soros RLC a szinuszos hálózatban
6. **A szimbolikus módszer**
7. Műveletek komplex számokkal
8. A komplex időfüggvény
9. A komplex Ohm törvény
10. C impedanciája
11. L impedanciája
12. Impedanciák eredője
13. Impedancia frekvenciafüggése
14. Soros RL analízise
15. Soros RC analízise
16. Soros RC analízise
17. Soros RLC analízise
18. Soros RLC analízise
19. Soros RLC analízise
20. Soros RLC jósága
21. Soros RLC jósága
22. Soros RLC jósága
23. Párhuzamos RLC analízise
24. Párhuzamos RLC analízise

Váltakozóáramú hálózatok

• Műveletek komplex számokkal

Legyen két komplex szám:

$$\overline{K}_1 = a_1 + j \cdot b_1 = K_1 \cdot e^{j\varphi_1}$$

$$\overline{K}_2 = a_2 + j \cdot b_2 = K_2 \cdot e^{j\varphi_2}$$

Összeadás, kivonás:

$$\overline{K}_1 + \overline{K}_2 = (a_1 + a_2) + j \cdot (b_1 + b_2)$$

Szorzás:

$$\overline{K}_1 \cdot \overline{K}_2 = K_1 \cdot K_2 \cdot e^{j(\varphi_1 + \varphi_2)}$$

Osztás:

$$\frac{\overline{K}_1}{\overline{K}_2} = \frac{K_1}{K_2} \cdot e^{j(\varphi_1 - \varphi_2)}$$

Konjugálás:

$$\overline{z} = x + jy$$

$$\overline{z}^* = x - jy = z(\cos \varphi - j \sin \varphi) = z \cdot e^{-j\varphi}$$

Hálózatok analízise

1. Szinuszos időfüggvények
2. R a szinuszos hálózatban
3. C a szinuszos hálózatban
4. L a szinuszos hálózatban
5. Soros RLC a szinuszos hálózatban
6. A szimbolikus módszer
7. **Műveletek komplex számokkal**
8. A komplex időfüggvény
9. A komplex Ohm törvény
10. C impedanciája
11. L impedanciája
12. Impedanciák eredője
13. Impedancia frekvenciafüggése
14. Soros RL analízise
15. Soros RC analízise
16. Soros RC analízise
17. Soros RLC analízise
18. Soros RLC analízise
19. Soros RLC analízise
20. Soros RLC jósága
21. Soros RLC jósága
22. Soros RLC jósága
23. Párhuzamos RLC analízise
24. Párhuzamos RLC analízise

Váltakozóáramú hálózatok

• A komplex időfüggvény

$$\overline{u(t)} = \hat{U} \cdot e^{j(\omega t + \varphi)}$$

$$\begin{aligned} \overline{u(t)} &= \hat{U} \cdot e^{j(\omega t + \varphi)} = \hat{U} \cdot (\cos(\omega \cdot t + \varphi) + j \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi)) = \\ &= \hat{U} \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi) + j \cdot \hat{U} \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi) \end{aligned}$$

$$u(t) = \text{Im} \overline{u(t)}$$

$$\overline{u(t)} = \hat{U} \cdot e^{j(\omega t + \varphi)} = \hat{U} \cdot e^{j\varphi} \cdot e^{j\omega t} = \overline{\hat{U}} \cdot e^{j\omega t}$$

Komplex amplitúdó: $\overline{\hat{U}} = \hat{U} \cdot e^{j\varphi}$

Komplex effektív érték: $\overline{U} = \frac{\overline{\hat{U}}}{\sqrt{2}} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}} \cdot e^{j\varphi}$

Kirchhoff törvényei komplex amplitúdókkal: $\sum_{j=1}^n \overline{\hat{I}}_j = 0 \quad \sum_{i=1}^m \overline{\hat{U}}_i = 0$

Hálózatok analízise

1. Szinuszos időfüggvények
2. R a szinuszos hálózatban
3. C a szinuszos hálózatban
4. L a szinuszos hálózatban
5. Soros RLC a szinuszos hálózatban
6. A szimbolikus módszer
7. Műveletek komplex számokkal
8. **A komplex időfüggvény**
9. A komplex Ohm törvény
10. C impedanciája
11. L impedanciája
12. Impedanciák eredője
13. Impedancia frekvenciafüggése
14. Soros RL analízise
15. Soros RC analízise
16. Soros RC analízise
17. Soros RLC analízise
18. Soros RLC analízise
19. Soros RLC analízise
20. Soros RLC jósága
21. Soros RLC jósága
22. Soros RLC jósága
23. Párhuzamos RLC analízise
24. Párhuzamos RLC analízise

Váltakozóáramú hálózatok

• A Ohm törvény komplex alakja

$$\bar{Z} = \frac{\bar{U}}{\bar{I}}$$

Impedancia:
$$\bar{Z} = \frac{\bar{U}}{\bar{I}} = \frac{\hat{U} \cdot e^{j\varphi_u}}{\hat{I} \cdot e^{j\varphi_i}} = \frac{\hat{U}}{\hat{I}} e^{j(\varphi_u - \varphi_i)} = \frac{U}{I} e^{j(\varphi_u - \varphi_i)} = Z e^{j\varphi_z}$$

Ellenállás impedanciája

Kapcsoljunk az ellenállásra komplex feszültség-időfüggvényt: $\overline{u(t)} = \hat{U} \cdot e^{j\omega t}$

Az ellenállás árama:
$$\overline{i(t)} = \frac{\overline{u(t)}}{R} = \frac{\hat{U} \cdot e^{j\omega t}}{R} = \frac{\hat{U}}{R} \cdot e^{j\omega t} = \hat{I} \cdot e^{j\omega t}$$

$$\bar{I} = \frac{\hat{U}}{R}$$

Ebből az impedancia:

$$\bar{Z}_R = \frac{\bar{U}}{\bar{I}} = \frac{\hat{U}}{\hat{I}} = R$$

$$\bar{Z}_R = R$$

Hálózatok analízise

1. Szinuszos időfüggvények
2. R a szinuszos hálózatban
3. C a szinuszos hálózatban
4. L a szinuszos hálózatban
5. Soros RLC a szinuszos hálózatban
6. A szimbolikus módszer
7. Műveletek komplex számokkal
8. A komplex időfüggvény
9. **A komplex Ohm törvény**
10. C impedanciája
11. L impedanciája
12. Impedanciák eredője
13. Impedancia frekvenciafüggése
14. Soros RL analízise
15. Soros RC analízise
16. Soros RC analízise
17. Soros RLC analízise
18. Soros RLC analízise
19. Soros RLC analízise
20. Soros RLC jósága
21. Soros RLC jósága
22. Soros RLC jósága
23. Párhuzamos RLC analízise
24. Párhuzamos RLC analízise

Váltakozóáramú hálózatok

• Kondenzátor impedanciája

Kapcsoljunk a kondenzátorra komplex feszültség-időfüggvényt:

$$\overline{u(t)} = \hat{U} \cdot e^{j\omega t}$$

Az áram:
$$\overline{i(t)} = C \cdot \frac{d\overline{u(t)}}{dt} = C \cdot \frac{d(\hat{U} \cdot e^{j\omega t})}{dt} = C \cdot \hat{U} \cdot \frac{de^{j\omega t}}{dt} =$$

$$= j \cdot \omega \cdot C \cdot \hat{U} \cdot e^{j\omega t} = \hat{I} \cdot e^{j\omega t}$$

$$\hat{I} = j \cdot \omega \cdot C \cdot \hat{U}$$

A kondenzátor impedanciája:

$$\overline{Z_c} = \frac{\overline{U}}{\overline{I}} = \frac{\hat{U}}{j \cdot \omega \cdot C \cdot \hat{U}} = \frac{1}{j \cdot \omega \cdot C} = -j \cdot \frac{1}{\omega \cdot C}$$

$$\overline{Z_c} = -j \cdot \frac{1}{\omega \cdot C}$$

Hálózatok analízise

1. Szinuszos időfüggvények
2. R a szinuszos hálózatban
3. C a szinuszos hálózatban
4. L a szinuszos hálózatban
5. Soros RLC a szinuszos hálózatban
6. A szimbolikus módszer
7. Műveletek komplex számokkal
8. A komplex időfüggvény
9. A komplex Ohm törvény
10. **C impedanciája**
11. L impedanciája
12. Impedanciák eredője
13. Impedancia frekvenciafüggése
14. Soros RL analízise
15. Soros RC analízise
16. Soros RC analízise
17. Soros RLC analízise
18. Soros RLC analízise
19. Soros RLC analízise
20. Soros RLC jósága
21. Soros RLC jósága
22. Soros RLC jósága
23. Párhuzamos RLC analízise
24. Párhuzamos RLC analízise

Váltakozóáramú hálózatok

• Tekercs impedanciája

Legyen a tekercs komplex áram-időfüggvénye: $\overline{i(t)} = \hat{I} \cdot e^{j\omega t}$

A tekercs feszültsége:

$$\overline{u(t)} = L \cdot \frac{d\overline{i(t)}}{dt} = L \cdot \frac{d(\hat{I} \cdot e^{j\omega t})}{dt} = L \cdot \hat{I} \cdot \frac{de^{j\omega t}}{dt} = j \cdot \omega \cdot L \cdot \hat{I} \cdot e^{j\omega t} = \overline{\hat{U}} \cdot e^{j\omega t}$$

A feszültség komplex amplitúdója $\overline{\hat{U}} = j \cdot \omega \cdot L \cdot \hat{I}$

A kondenzátor impedanciája: $\overline{Z}_L = \frac{\overline{\hat{U}}}{\overline{\hat{I}}} = \frac{j \cdot \omega \cdot L \cdot \hat{I}}{\hat{I}} = j \cdot \omega \cdot L$

$$\overline{Z}_L = j \cdot \omega \cdot L$$

Hálózatok analízise

1. Szinuszos időfüggvények
2. R a szinuszos hálózatban
3. C a szinuszos hálózatban
4. L a szinuszos hálózatban
5. Soros RLC a szinuszos hálózatban
6. A szimbolikus módszer
7. Műveletek komplex számokkal
8. A komplex időfüggvény
9. A komplex Ohm törvény
10. C impedanciája
- 11. L impedanciája**
12. Impedanciák eredője
13. Impedancia frekvenciafüggése
14. Soros RL analízise
15. Soros RC analízise
16. Soros RC analízise
17. Soros RLC analízise
18. Soros RLC analízise
19. Soros RLC analízise
20. Soros RLC jósága
21. Soros RLC jósága
22. Soros RLC jósága
23. Párhuzamos RLC analízise
24. Párhuzamos RLC analízise

Váltakozóáramú hálózatok

• Impedanciák eredője

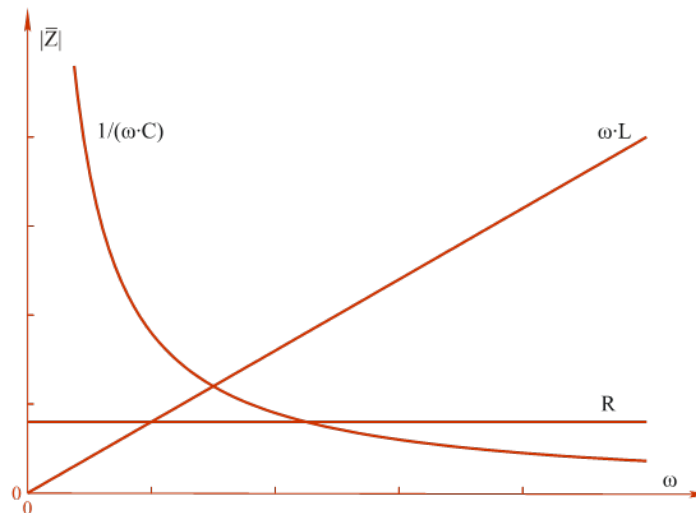
Sorosan kapcsolt elemek eredő impedanciája:

$$\overline{Z}_{es} = \sum_{i=1}^n \overline{Z}_i$$

Párhuzamosan kapcsolt elemek eredő impedanciája:

$$\overline{Z}_{ep} = \overline{Z}_1 \times \overline{Z}_2 \times \dots \times \overline{Z}_j$$

Az egyes elemek frekvenciafüggése:



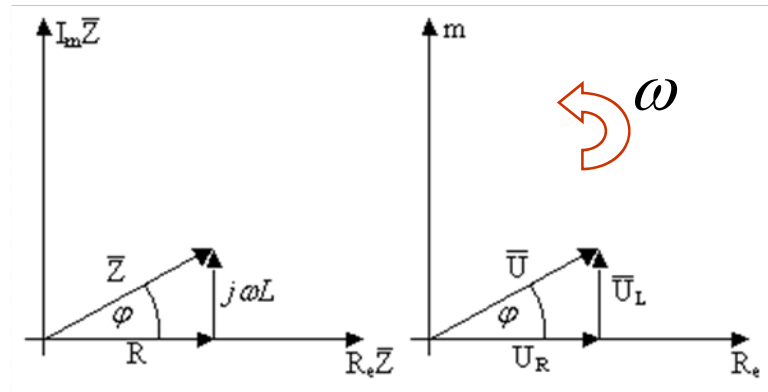
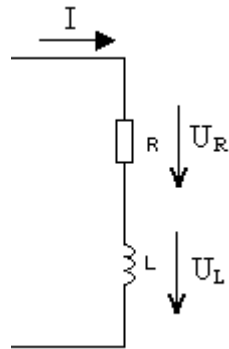
Hálózatok analízise

1. Szinuszos időfüggvények
2. R a szinuszos hálózatban
3. C a szinuszos hálózatban
4. L a szinuszos hálózatban
5. Soros RLC a szinuszos hálózatban
6. A szimbolikus módszer
7. Műveletek komplex számokkal
8. A komplex időfüggvény
9. A komplex Ohm törvény
10. C impedanciája
11. L impedanciája
12. Impedanciák eredője
13. Impedancia frekvenciafüggése
14. Soros RL analízise
15. Soros RC analízise
16. Soros RC analízise
17. Soros RLC analízise
18. Soros RLC analízise
19. Soros RLC analízise
20. Soros RLC jósága
21. Soros RLC jósága
22. Soros RLC jósága
23. Párhuzamos RLC analízise
24. Párhuzamos RLC analízise

Váltakozóáramú hálózatok

Az impedancia frekvenciafüggése

Soros RL kapcsolás analízise



Az impedancia komplex kifejezése:

$$\bar{Z} = R + j\omega L$$

Az impedancia abszolút értéke és fázisszöge:

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$$

$$\varphi = \arctg \frac{\omega L}{R}$$

Hálózatok analízise

1. Szinuszos időfüggvények
2. R a szinuszos hálózatban
3. C a szinuszos hálózatban
4. L a szinuszos hálózatban
5. Soros RLC a szinuszos hálózatban
6. A szimbolikus módszer
7. Műveletek komplex számokkal
8. A komplex időfüggvény
9. A komplex Ohm törvény
10. C impedanciája
11. L impedanciája
12. Impedanciák eredője
13. Impedancia frekvenciafüggése
14. Soros RL analízise
15. Soros RC analízise
16. Soros RC analízise
17. Soros RLC analízise
18. Soros RLC analízise
19. Soros RLC analízise
20. Soros RLC jósága
21. Soros RLC jósága
22. Soros RLC jósága
23. Párhuzamos RLC analízise
24. Párhuzamos RLC analízise

Váltakozóáramú hálózatok

• Az impedancia frekvenciafüggése

Soros RL kapcsolás analízise

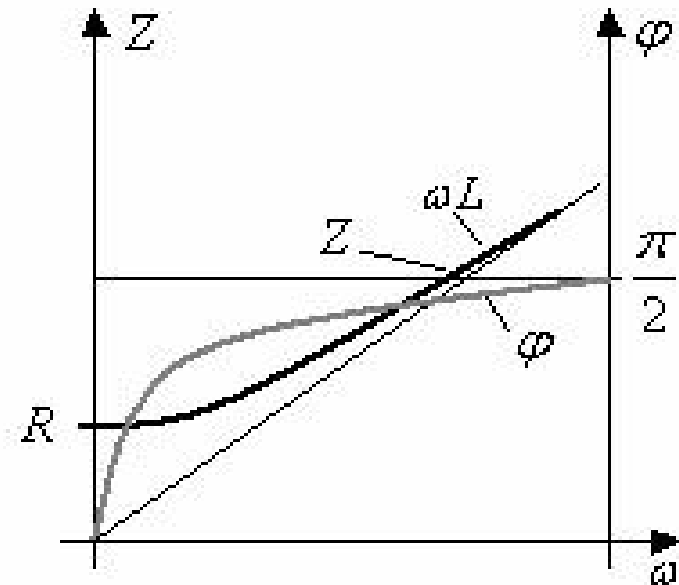
Vizsgáljuk meg $\omega = 0$ és $\omega \rightarrow \infty$ esetén ezen kifejezéseket:

$$Z_{(\omega=0)} = R$$

$$\varphi_{(\omega=0)} = 0$$

$$Z_{(\omega \rightarrow \infty)} = \infty$$

$$\varphi_{(\omega \rightarrow \infty)} = \frac{\pi}{2}$$



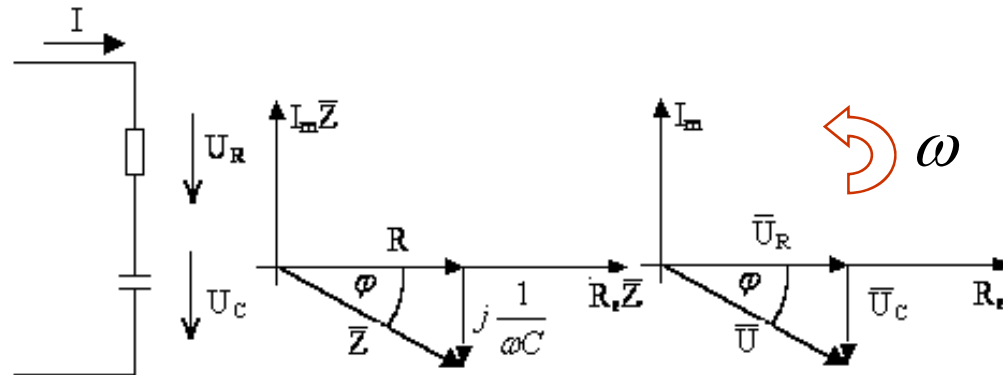
Hálózatok analízise

1. Szinuszos időfüggvények
2. R a szinuszos hálózatban
3. C a szinuszos hálózatban
4. L a szinuszos hálózatban
5. Soros RLC a szinuszos hálózatban
6. A szimbolikus módszer
7. Műveletek komplex számokkal
8. A komplex időfüggvény
9. A komplex Ohm törvény
10. C impedanciája
11. L impedanciája
12. Impedanciák eredője
13. Impedancia frekvenciafüggése
14. **Soros RL analízise**
15. Soros RC analízise
16. Soros RC analízise
17. Soros RLC analízise
18. Soros RLC analízise
19. Soros RLC analízise
20. Soros RLC jósága
21. Soros RLC jósága
22. Soros RLC jósága
23. Párhuzamos RLC analízise
24. Párhuzamos RLC analízise

Váltakozóáramú hálózatok

Az impedancia frekvenciafüggése

Soros RC kapcsolás analízise



Az impedancia komplex kifejezése:

$$\bar{Z} = R + \frac{1}{j\omega C} = R - j\frac{1}{\omega C}$$

Az impedancia abszolút értéke

$$Z = \sqrt{R^2 + \frac{1}{(\omega C)^2}}$$

és fázisszöge:

$$\varphi = -\arctg \frac{1}{\omega RC}$$

Hálózatok analízise

1. Szinuszos időfüggvények
2. R a szinuszos hálózatban
3. C a szinuszos hálózatban
4. L a szinuszos hálózatban
5. Soros RLC a szinuszos hálózatban
6. A szimbolikus módszer
7. Műveletek komplex számokkal
8. A komplex időfüggvény
9. A komplex Ohm törvény
10. C impedanciája
11. L impedanciája
12. Impedanciák eredője
13. Impedancia frekvenciafüggése
14. Soros RL analízise
15. **Soros RC analízise**
16. Soros RC analízise
17. Soros RLC analízise
18. Soros RLC analízise
19. Soros RLC analízise
20. Soros RLC jósága
21. Soros RLC jósága
22. Soros RLC jósága
23. Párhuzamos RLC analízise
24. Párhuzamos RLC analízise

Váltakozóáramú hálózatok

• Az impedancia frekvenciafüggése

Soros RC kapcsolás analízise

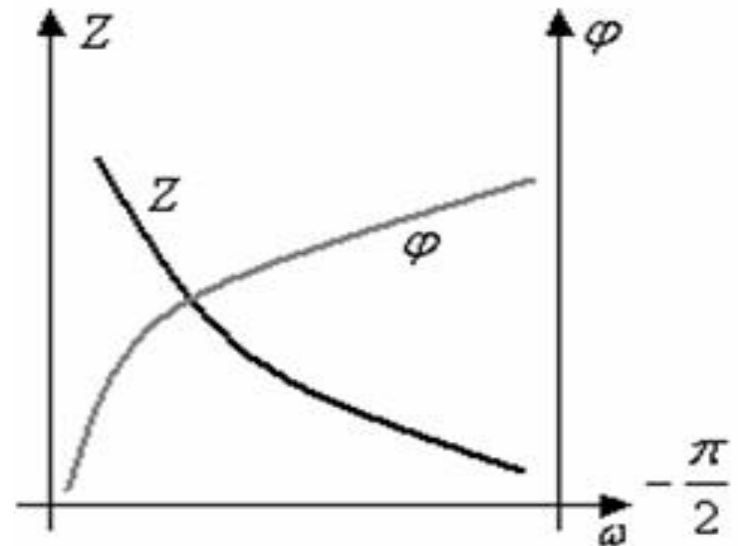
Vizsgáljuk meg $\omega = 0$ és $\omega \rightarrow \infty$ esetén ezen kifejezéseket:

$$Z_{(\omega=0)} \rightarrow \infty$$

$$\varphi_{(\omega=0)} \rightarrow -\frac{\pi}{2}$$

$$Z_{(\omega \rightarrow \infty)} = R$$

$$\varphi_{(\omega \rightarrow \infty)} = 0$$



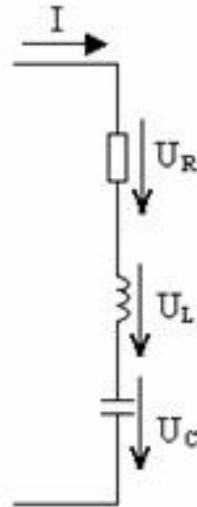
Hálózatok analízise

1. Szinuszos időfüggvények
2. R a szinuszos hálózatban
3. C a szinuszos hálózatban
4. L a szinuszos hálózatban
5. Soros RLC a szinuszos hálózatban
6. A szimbolikus módszer
7. Műveletek komplex számokkal
8. A komplex időfüggvény
9. A komplex Ohm törvény
10. C impedanciája
11. L impedanciája
12. Impedanciák eredője
13. Impedancia frekvenciafüggése
14. Soros RL analízise
15. Soros RC analízise
16. **Soros RC analízise**
17. Soros RLC analízise
18. Soros RLC analízise
19. Soros RLC analízise
20. Soros RLC jósága
21. Soros RLC jósága
22. Soros RLC jósága
23. Párhuzamos RLC analízise
24. Párhuzamos RLC analízise

Váltakozóáramú hálózatok

• Az impedancia frekvenciafüggése

Soros RLC kapcsolás analízise



A kapcsolat eredő impedanciája:

$$\bar{Z} = R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C} = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)$$

Az impedancia abszolút értéke és fázisszöge:

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

$$\varphi = \arctg \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$$

jellegzetes frekvencia:

$$\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0$$

$$\omega = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

rezonanciafrekvencia: ω_0

Hálózatok analízise

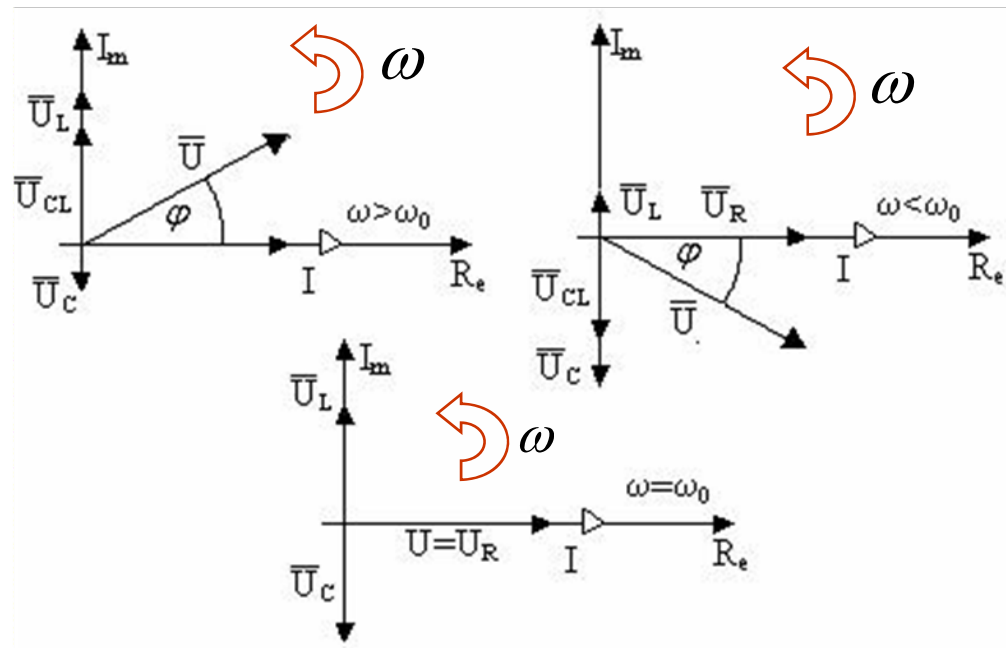
1. Szinuszos időfüggvények
2. R a szinuszos hálózatban
3. C a szinuszos hálózatban
4. L a szinuszos hálózatban
5. Soros RLC a szinuszos hálózatban
6. A szimbolikus módszer
7. Műveletek komplex számokkal
8. A komplex időfüggvény
9. A komplex Ohm törvény
10. C impedanciája
11. L impedanciája
12. Impedanciák eredője
13. Impedancia frekvenciafüggése
14. Soros RL analízise
15. Soros RC analízise
16. Soros RC analízise
17. **Soros RLC analízise**
18. Soros RLC analízise
19. Soros RLC analízise
20. Soros RLC jósága
21. Soros RLC jósága
22. Soros RLC jósága
23. Párhuzamos RLC analízise
24. Párhuzamos RLC analízise

Váltakozóáramú hálózatok

Az impedancia frekvenciafüggése

Soros RLC kapcsolás analízise

A feszültség-áram vektorábrák különböző frekvenciákon:



Hálózatok analízise

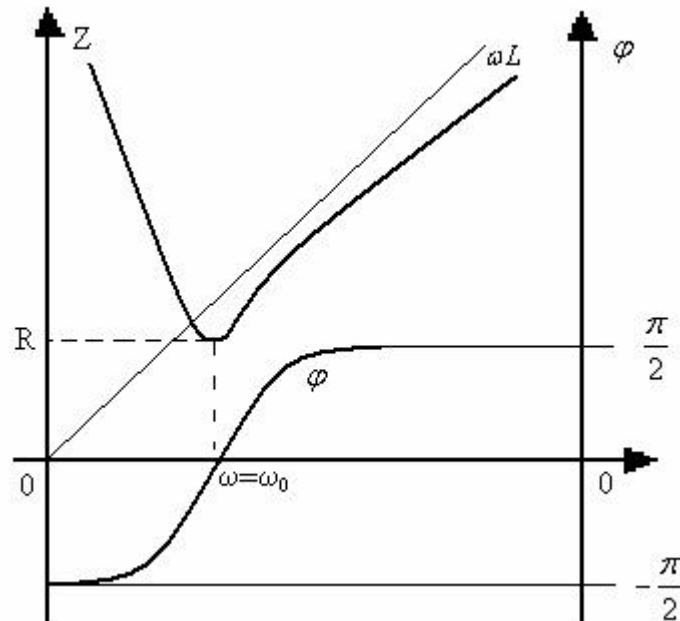
1. Szinuszos időfüggvények
2. R a szinuszos hálózatban
3. C a szinuszos hálózatban
4. L a szinuszos hálózatban
5. Soros RLC a szinuszos hálózatban
6. A szimbolikus módszer
7. Műveletek komplex számokkal
8. A komplex időfüggvény
9. A komplex Ohm törvény
10. C impedanciája
11. L impedanciája
12. Impedanciák eredője
13. Impedancia frekvenciafüggése
14. Soros RL analízise
15. Soros RC analízise
16. Soros RC analízise
17. Soros RLC analízise
18. **Soros RLC analízise**
19. Soros RLC analízise
20. Soros RLC jósága
21. Soros RLC jósága
22. Soros RLC jósága
23. Párhuzamos RLC analízise
24. Párhuzamos RLC analízise

Váltakozóáramú hálózatok

• Az impedancia frekvenciafüggése

Soros RLC kapcsolás analízise

Az impedancia abszolút értéke és fázisszöge a frekvencia függvényében:



Hálózatok analízise

1. Szinuszos időfüggvények
2. R a szinuszos hálózatban
3. C a szinuszos hálózatban
4. L a szinuszos hálózatban
5. Soros RLC a szinuszos hálózatban
6. A szimbolikus módszer
7. Műveletek komplex számokkal
8. A komplex időfüggvény
9. A komplex Ohm törvény
10. C impedanciája
11. L impedanciája
12. Impedanciák eredője
13. Impedancia frekvenciafüggése
14. Soros RL analízise
15. Soros RC analízise
16. Soros RC analízise
17. Soros RLC analízise
18. Soros RLC analízise
19. **Soros RLC analízise**
20. Soros RLC jósága
21. Soros RLC jósága
22. Soros RLC jósága
23. Párhuzamos RLC analízise
24. Párhuzamos RLC analízise

Váltakozóáramú hálózatok

• Az impedancia frekvenciafüggése

Soros RLC kapcsolás analízise

Soros rezgőkör „jósága”:

A jósági tényező jele: Q_0 . A rezonancia-körfrekvencián mutatott látszólagos ellenállások hányadosával számítható.

$$Q_0 = \frac{\omega_0 \cdot L}{R} = \frac{1}{\omega_0 \cdot C}$$

Vagy feszültségekkel:

$$Q_0 = \frac{U_L}{U_R} = \frac{U_C}{U_R}$$

A soros rezgőkör jó, ha $Q_0 \gg 1$

Hálózatok analízise

1. Szinuszos időfüggvények
2. R a szinuszos hálózatban
3. C a szinuszos hálózatban
4. L a szinuszos hálózatban
5. Soros RLC a szinuszos hálózatban
6. A szimbolikus módszer
7. Műveletek komplex számokkal
8. A komplex időfüggvény
9. A komplex Ohm törvény
10. C impedanciája
11. L impedanciája
12. Impedanciák eredője
13. Impedancia frekvenciafüggése
14. Soros RL analízise
15. Soros RC analízise
16. Soros RC analízise
17. Soros RLC analízise
18. Soros RLC analízise
19. Soros RLC analízise
20. **Soros RLC jósága**
21. Soros RLC jósága
22. Soros RLC jósága
23. Párhuzamos RLC analízise
24. Párhuzamos RLC analízise

Hálózatok analízise

1. Szinuszos időfüggvények
2. R a szinuszos hálózatban
3. C a szinuszos hálózatban
4. L a szinuszos hálózatban
5. Soros RLC a szinuszos hálózatban
6. A szimbolikus módszer
7. Műveletek komplex számokkal
8. A komplex időfüggvény
9. A komplex Ohm törvény
10. C impedanciája
11. L impedanciája
12. Impedanciák eredője
13. Impedancia frekvenciafüggése
14. Soros RL analízise
15. Soros RC analízise
16. Soros RC analízise
17. Soros RLC analízise
18. Soros RLC analízise
19. Soros RLC analízise
20. Soros RLC jósága
21. **Soros RLC jósága**
22. Soros RLC jósága
23. Párhuzamos RLC analízise
24. Párhuzamos RLC analízise

Váltakozóáramú hálózatok

• **Az impedancia frekvenciafüggése****Soros RLC** kapcsolás analízise**Soros rezgőkör „jósága”:**

A rezgőkörök jóságát nemcsak a Q_0 jósági tényezővel, hanem $\Delta\omega$ sávszélességgel is szokásos jellemezni. Ha

$$\omega = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

soros rezgőkör esetén az áramerősség és így a veszteség is maximális. Legyen ω_1 és ω_2 az a két körfrekvencia, melyen a veszteség a felére csökken, vagyis az áramerősség a

$\sqrt{2}$ -ed része a maximálisnak. A sávszélesség ekkor:

$$\Delta\omega = \omega_1 - \omega_2 = \frac{\omega_0}{Q_0}$$

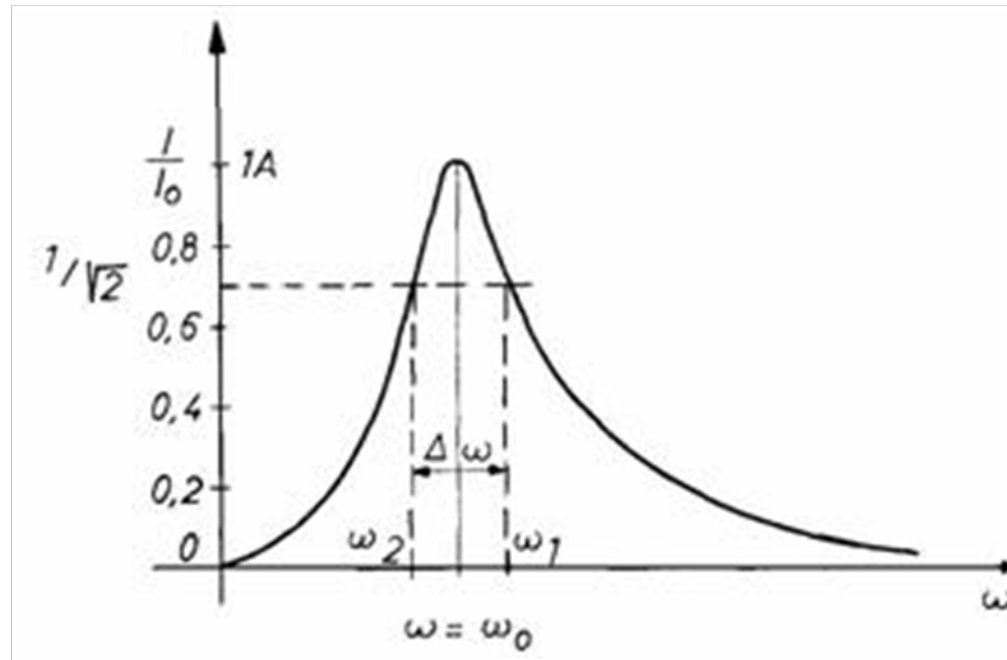
$$I_{(\omega_1)} = I_{(\omega_2)} = \frac{I_{\omega_0}}{\sqrt{2}}$$

Váltakozóáramú hálózatok

• Az impedancia frekvenciafüggése

Soros RLC kapcsolás analízise

Soros rezgőkör „jósága”, a sávszélesség értelmezése:



Hálózatok analízise

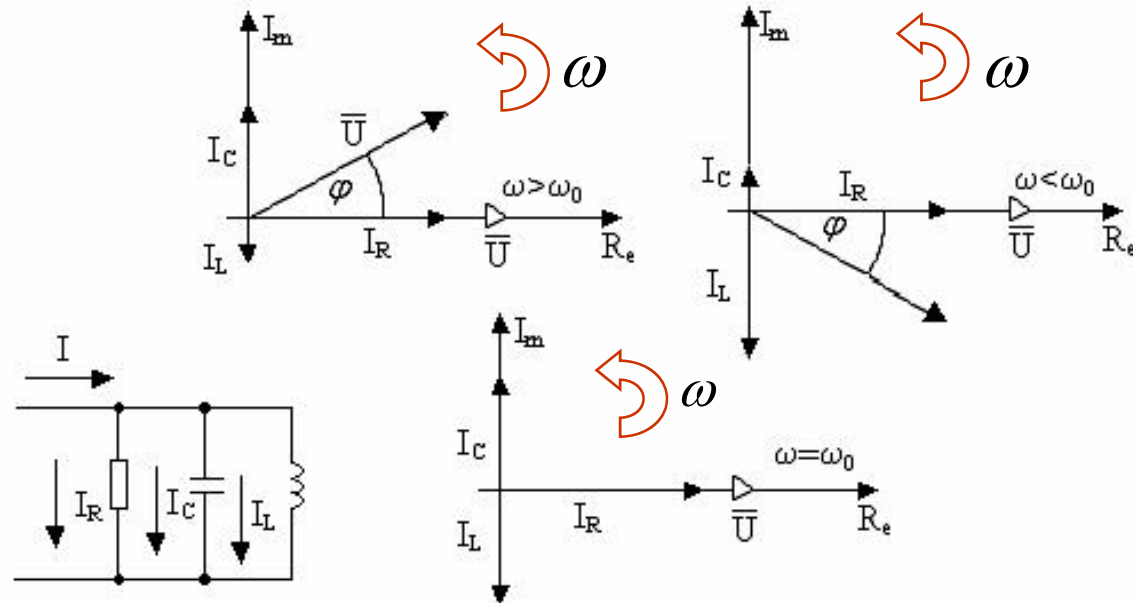
1. Szinuszos időfüggvények
2. R a szinuszos hálózatban
3. C a szinuszos hálózatban
4. L a szinuszos hálózatban
5. Soros RLC a szinuszos hálózatban
6. A szimbolikus módszer
7. Műveletek komplex számokkal
8. A komplex időfüggvény
9. A komplex Ohm törvény
10. C impedanciája
11. L impedanciája
12. Impedanciák eredője
13. Impedancia frekvenciafüggése
14. Soros RL analízise
15. Soros RC analízise
16. Soros RC analízise
17. Soros RLC analízise
18. Soros RLC analízise
19. Soros RLC analízise
20. Soros RLC jósága
21. Soros RLC jósága
22. **Soros RLC jósága**
23. Párhuzamos RLC analízise
24. Párhuzamos RLC analízise

Váltakozóáramú hálózatok

Az impedancia frekvenciafüggése

Párhuzamos RLC kapcsolás analízise

Az áramok és feszültségek vektorábrái különböző frekvencián:



Hálózatok analízise

1. Szinuszos időfüggvények
2. R a szinuszos hálózatban
3. C a szinuszos hálózatban
4. L a szinuszos hálózatban
5. Soros RLC a szinuszos hálózatban
6. A szimbolikus módszer
7. Műveletek komplex számokkal
8. A komplex időfüggvény
9. A komplex Ohm törvény
10. C impedanciája
11. L impedanciája
12. Impedanciák eredője
13. Impedancia frekvenciafüggése
14. Soros RL analízise
15. Soros RC analízise
16. Soros RC analízise
17. Soros RLC analízise
18. Soros RLC analízise
19. Soros RLC analízise
20. Soros RLC jósága
21. Soros RLC jósága
22. Soros RLC jósága
23. Párhuzamos RLC analízise
24. Párhuzamos RLC analízise

Váltakozóáramú hálózatok

• Az impedancia frekvenciafüggése

Párhuzamos RLC kapcsolás analízise

Az admittancia
$$\bar{Y} = \frac{1}{R} + j\omega C + \frac{1}{j\omega L} = \frac{1}{R} + j\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)$$

Az admittancia abszolút értéke és fázisszöge:

$$Y = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)^2}$$

$$\varphi = \arctg\left(\omega CR - \frac{R}{\omega L}\right)$$

Az antirezonáns körfrekvencia:

$$\omega C - \frac{1}{\omega L} = 0 \implies \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Hálózatok analízise

1. Szinuszos időfüggvények
2. R a szinuszos hálózatban
3. C a szinuszos hálózatban
4. L a szinuszos hálózatban
5. Soros RLC a szinuszos hálózatban
6. A szimbolikus módszer
7. Műveletek komplex számokkal
8. A komplex időfüggvény
9. A komplex Ohm törvény
10. C impedanciája
11. L impedanciája
12. Impedanciák eredője
13. Impedancia frekvenciafüggése
14. Soros RL analízise
15. Soros RC analízise
16. Soros RC analízise
17. Soros RLC analízise
18. Soros RLC analízise
19. Soros RLC analízise
20. Soros RLC jósága
21. Soros RLC jósága
22. Soros RLC jósága
23. Párhuzamos RLC analízise
24. Párhuzamos RLC analízise