

7 STŘÍDAVÝ PROUD

STŘÍDAVÝ PROUD

{alternating current}

Nucené harmonické kmitání v elektrickém obvodu připojeném ke zdroji střídavého napětí.

STŘÍDAVÉ NAPĚTÍ – u

{alternating voltage}

Harmonické napětí, které se s časem t mění podle vztahu (okamžité napětí):

$$u = U_m \sin(\omega t + \varphi)$$

(U_m je amplituda napětí, ω je úhlová frekvence, φ je počáteční fáze).

AMPLITUDA STŘÍDAVÉHO NAPĚTÍ – U_m

{AC voltage amplitude}

Největší hodnota střídavého napětí v průběhu periody.

OKAMŽITÁ HODNOTA STŘÍDAVÉHO PROUDU – i

{instantaneous value of alternating current}

Okamžitá hodnota proudu v elektrickém obvodu připojeném ke zdroji střídavého napětí:

$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi)$$

(I_m je amplituda střídavého proudu, φ je počáteční fáze, popř. fázový posun vzhledem k napětí).

AMPLITUDA STŘÍDAVÉHO PROUDU – I_m

{AC current amplitude}

Největší hodnota střídavého proudu v průběhu periody.

FÁZOVÝ ROZDÍL – φ

{phase relationship}

Fáze střídavého proudu v počátečním okamžiku (počáteční fáze), kdy je fáze střídavého napětí nulová. Označuje se také jako fázový posun proudu vzhledem k napětí.

EFEKTIVNÍ HODNOTA STŘÍDAVÉHO NAPĚTÍ – U *{effective value of an alternating voltage}*

Napětí odpovídající stejnosměrnému napětí, při němž má elektrický proud v obvodu s rezistorem stejný výkon jako daný proud střídavý. S amplitudou střídavého napětí U_m souvisí vztahem:

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \approx 0,707U_m$$

EFEKTIVNÍ HODNOTA STŘÍDAVÉHO PROUDU – I *{effective value of an alternating current}*

Proud odpovídající stejnosměrnému proudu, který má v obvodu s rezistorem stejný výkon jako daný proud střídavý. S amplitudou střídavého proudu I_m souvisí vztahem:

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \approx 0,707I_m$$

IMPEDANCE – Z *{impedance}*

Veličina charakterizující obvod střídavého proudu jako celek. Je určena podílem efektivních hodnot napětí a proudu:

$$Z = \frac{U}{I}$$
$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

(R je rezistance, X je reaktance).

Jednotkou impedance je *ohm* – Ω .

REZISTANCE – R *{resistance}*

Parametr obvodu střídavého proudu, který má jen odpor. Jednotkou rezistance je *ohm* – Ω .

REAKTANCE – X *{reactance}*

Veličina charakterizující obvod střídavého proudu, který má jen indukčnost nebo kapacitu, popř. obojí a jehož rezistance je nulová. Jednotkou reaktance je *ohm* – Ω .

INDUKTANCE – X_L

{inductance}

Veličina charakterizující obvod střídavého proudu, který má jen indukčnost L :

$$X_L = \omega L$$

Jednotkou indukance je *ohm* – Ω .

TLUMIVKA

{choke}

Cívka, která má při dané frekvenci střídavého proudu velkou indukanci.

KAPACITANCE – X_C

{capacitance}

Veličina charakterizující obvod střídavého proudu, který má jen kapacitu C :

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

JEDNODUCHÝ OBVOD STŘÍDAVÉHO PROUDU

{AC single circuit}

Obvod střídavého proudu tvořený obvodovými prvky, které mají právě jen jediný parametr: elektrický odpor R , indukčnost L nebo kapacitu C (obr. 7-1). Uvažujeme, že obvod je připojen ke zdroji harmonického napětí $u = U_m \sin \omega t$.

Obvod s R :

$$Z = R; \quad \varphi = 0$$

$$i = I_m \sin \omega t, \quad I_m = \frac{U_m}{R}$$

Obvod s L :

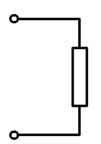
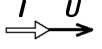
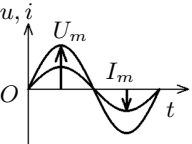
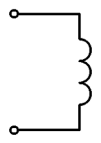
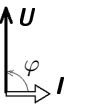
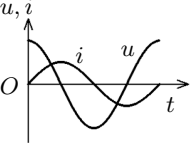
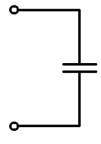
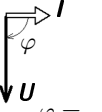
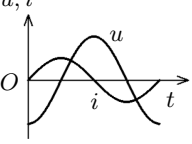
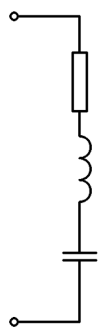
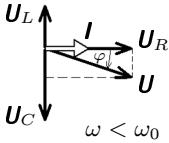
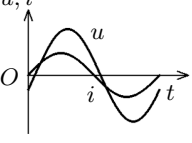
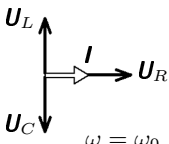
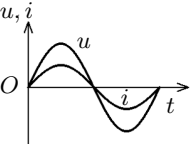
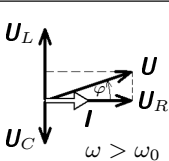
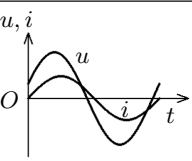
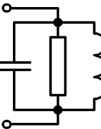
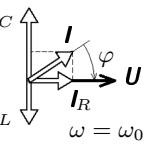
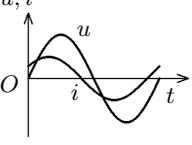
$$Z = X_L = \omega L; \quad \varphi = -\frac{\pi}{2}$$

$$i = I_m \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) = -I_m \cos \omega t, \quad I_m = \frac{U_m}{\omega L}$$

Obvod s C :

$$Z = X_C = \frac{1}{\omega C}; \quad \varphi = \frac{\pi}{2}$$

$$i = I_m \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) = I_m \cos \omega t, \quad I_m = \omega C U_m$$

	R	 $\varphi = 0$	
	$X_L = \omega L$	 $\varphi = +\frac{\pi}{2}$	
	$X_C = \frac{1}{\omega C}$	 $\varphi = -\frac{\pi}{2}$	
	$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$	 $\omega < \omega_0$	
		 $\omega = \omega_0$	
		 $\omega > \omega_0$	
	$Z = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)^2}}$	 $\omega = \omega_0$	

Obr. 7-1

SLOŽENÝ OBVOD STŘÍDAVÉHO PROUDU

{circuit consisting of AC}

Obvod střídavého proudu, jehož obvodové prvky mají více parametrů (např. obvod s RLC v sérii, obr. 7-1).

Obvod s RLC v sérii:

$$i = i_R = i_C = i_L$$

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

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

Obvod s RLC paralelně:

$$u = u_R = u_L = u_C$$

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

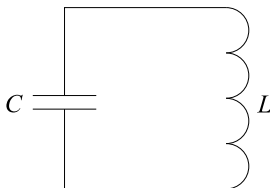
$$\operatorname{tg} \varphi = R \left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)$$

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

OSILAČNÍ OBVOD

{oscillating circuit}

Nejjednodušší elektromagnetický oscilátor tvořený cívkou o indukčnosti L a kondenzátorem o kapacitě C (obvod LC , obr. 7-2).



Obr. 7-2

VLASTNÍ KMITÁNÍ ELEKTROMAGNETICKÉHO OSCILÁTORU

{self-oscillations of electromagnetic oscillator}

Kmitání elektromagnetického oscilátoru, do kterého je vložena energie jen v počátečním okamžiku a k dalšímu vnějšímu působení nedochází. Perioda vlastního kmitání je určena jen parametry oscilátoru (L , C).

Kmitání netlumeného oscilačního obvodu ($R = 0$) je popsáno rovnicí:

$$\frac{di}{dt} + \frac{1}{LC}q = 0$$

Řešením rovnice je vztah pro okamžitou hodnotu náboje kondenzátoru:

$$q = Q_m \sin(\omega_0 t + \varphi)$$

(Q_m je amplituda náboje).

Pro okamžité hodnoty napětí a proudu v obvodu platí:

$$u = U_m \sin(\omega_0 t + \varphi)$$

$$i = I_m \sin\left(\omega_0 t + \varphi - \frac{\pi}{2}\right)$$

(U_m a I_m jsou amplitudy napětí a proudu, ω_0 je úhlová frekvence vlastního kmitání oscilačního obvodu).

$$U_m = \frac{Q_m}{C}$$

$$I_m = \omega_0 Q_m$$

Kmitání tlumeného oscilačního obvodu je popsáno rovnicí:

$$\frac{di}{dt} + \frac{R}{L}i + \frac{1}{LC}q = 0$$

Řešením rovnice je vztah pro okamžitou hodnotu náboje kondenzátoru:

$$q = Q_m e^{-\delta t} \sin \omega_0 t$$

Veličina δ je součinitel tlumení:

$$\delta = \frac{R}{2L}$$

THOMSONOVA ROVNICE

{Thomson equation}

Vztah pro úhlovou frekvenci ω_0 , periodu T_0 , popř. frekvenci f_0 vlastního netlumeného kmitání oscilačního obvodu:

$$\omega_0^2 = \frac{1}{LC}; \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$T_0 = 2\pi\sqrt{LC}; \quad f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Pro tlumený oscilační obvod platí:

$$\omega^2 = \omega_0^2 - \delta^2, \quad \omega = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}$$

$$T = \frac{2\pi\sqrt{LC}}{\sqrt{1 - \frac{R^2C}{4L}}} = \frac{T_0}{\sqrt{1 - \frac{R^2C}{4L}}}$$

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}$$

($\delta = R/(2L)$ je součinitel tlumení).

NUCENÉ KMITÁNÍ OSCILAČNÍHO OBVODU

{forced oscillation of oscillating circuit}

Kmitání vynucené vnějším zdrojem harmonického napětí o amplitudě U_0 a frekvenci Ω připojeným k oscilačnímu obvodu.

Kmitání oscilačního obvodu je popsáno rovnicí:

$$L \frac{d^2q}{dt^2} + R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = U_0 \sin \Omega t$$

Řešením rovnice je vztah pro okamžitou hodnotu náboje kondenzátoru:

$$q = Q_m \sin \Omega t; \quad Q_m = \frac{U_0}{L} \frac{1}{\sqrt{(\omega_0^2 - \Omega^2)^2 + (2\delta\Omega)^2}}$$

(Q_m je amplituda náboje nucených kmitů oscilátoru).

Pro fázový rozdíl φ mezi okamžitým nábojem a vnějším napětím platí:

$$\varphi = \arctg \frac{2\delta\Omega}{\omega_0^2 - \Omega^2}$$

REZONANCE OSCILAČNÍHO OBVODU

{resonance of oscillating circuit}

Nucené kmitání oscilačního obvodu s rezonanční frekvencí, při níž amplituda charakteristických veličin nucených kmitů dosahuje extrémní hodnoty. U oscilačního obvodu s malou rezistancí nastává rezonance při frekvenci vlastního kmitání.

Rezananční úhlová frekvence:

$$\omega_r = \sqrt{\omega_0^2 - 2\delta^2} = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{L^2}}$$

Pro amplitudu náboje nucených kmitů oscilátoru při rezonanci platí:

$$Q_r = Q_m \frac{Z_0}{R}$$

Veličina Z_0 je charakteristická impedance oscilátoru:

$$Z_0 = \frac{1}{C\omega_0} = L\omega_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

REZONANČNÍ KŘIVKA

{resonant curve}

Graficky vyjádřená závislost amplitudy nuceného kmitání na frekvenci.