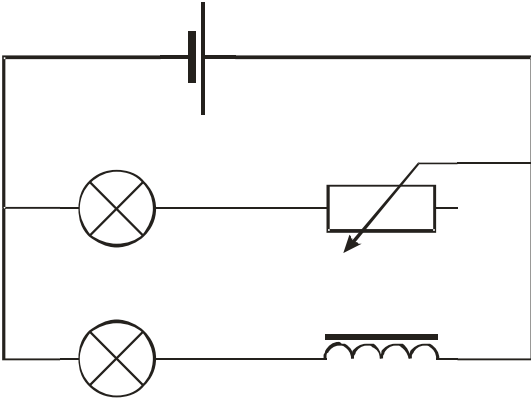


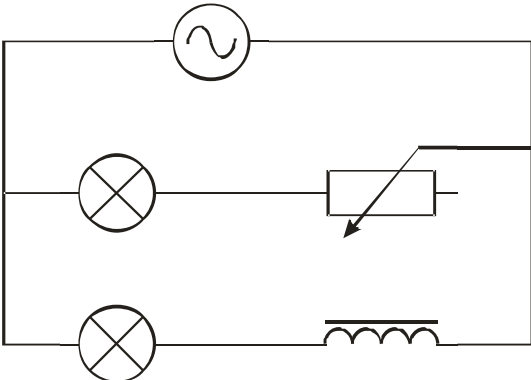
4.6.4 Cívka v obvodu střídavého proudu

Předpoklady: 4511, 4601, 4602

Postavíme podobný obvod jako v minulé hodině, kondenzátor nahradíme cívkou



reostat nastavíme tak, aby ve stejnosměrném obvodu svítily obě žárovky stejně
Zapojíme do obvodu místo stejnosměrného zdroje střídavý:



Žárovka u cívky zhasne nebo svítí jen velmi málo.

Svit svíčky závisí na počtu závitů cívky a uzavření nebo neuzavření železného jádra \Rightarrow závisí na indukčnosti cívky \Rightarrow indukčnost cívky připojené ke zdroji střídavého napětí zmenšuje velikost procházejícího střídavého proudu.

Proč?

U přechodového jevu cívka indukuje protinapětí, kterým se snaží zabraňovat změnám magnetického pole (u přechodového jevu se žárovka rozsvítí se zpožděním) a tím zmenšila po zapojení obvodu proud.

Střídavý proud se neustále mění \Rightarrow cívka stále indukuje protinapětí \Rightarrow neustále zmenšuje proud

\Rightarrow **induktance** = „odpor“ cívky (zvětšuje se s indukčností cívky). Na čem závisí?

- indukované napětí je přímo úměrné indukčnosti cívky \Rightarrow větší indukčnost \Rightarrow větší protinapětí \Rightarrow víc brání proudu \Rightarrow větší indukance
- vyšší frekvence střídavého proudu \Rightarrow rychlejší změna magnetického toku v cívce \Rightarrow větší indukované protinapětí (je přímo úměrné časové změně magnetického toku) \Rightarrow cívka víc zmenšuje proud \Rightarrow větší indukance

\Rightarrow vzorec: $X_L = \omega L$ [Ω] (měří se opět v ohmech)

$\omega = 2\pi f$ - úhlová frekvence, L - indukčnost cívky

Př. 1: Urči indukčanci cívky o indukčnosti 0,1 H, zapojené do obvodu s frekvencí 50 Hz.

$$L=0,1 \text{ H} \quad , \quad f=50 \text{ Hz} \quad , \quad X_L=?$$
$$X_L=\omega L=2\pi f L=2\pi \cdot 50 \cdot 0,1 \Omega=31,4 \Omega$$

Cívka bude mít indukčanci $31,4 \Omega$.

Postřehy:

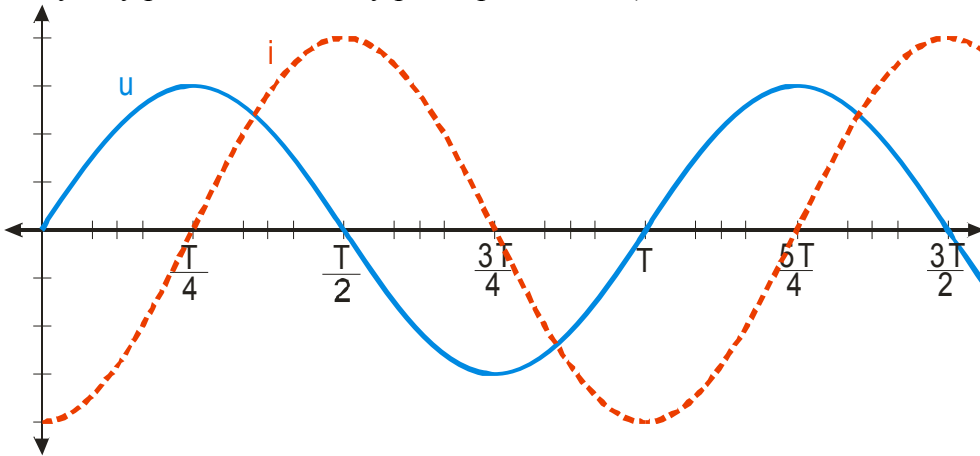
- stejnosměrný proud $\Rightarrow \omega=0 \Rightarrow X_L=0$ (jasné, když se proud nemění cívka nic neindukuje a nezmenšuje proud)
- cívka kvůli indukčanci nemění elektrickou energii na teplo (při přechodovém jevu, se elektrická energie přeměnila na magnetickou a při vypínání ji cívka opět vrátila do obvodu)

Cívka se nechová zcela shodně s odporem, zmenšuje odpor, ale nemění elektřinu v teplo \Rightarrow zřejmě existují i další rozdíly

Fázový posun napětí a proudu na cívce

není vidět okem, je možné zachytit pomocí osciloskopu nebo počítače

upozornění: v grafu není nakresleno napětí na zdroji, ale **napětí měřené na cívce** = napětí, které vzniká díky indukování napětí na cívce, toto napětí nemá nic společného s napětím, jak si ho představujeme u rezistoru při stejnosměrném proudu (tedy s napětím jako rozdílem tlaků, který je nutný, aby protlačil elektrický proud přes rezistor)



Proud v obvodu není ve fázi s napětím a zpožďuje se za ním o čtvrt periody (o $\frac{\pi}{2}$)

Mnemotechnická pomůcka pro zapamatování: „Cívka jako dívka – nejdřív napětí a pak proud“.

Pedagogická poznámka: Autor přiznává, že na rozdíl od kondenzátoru nechápe, jakým dějem dojde na cívce právě k takovému průchodu proudu a napětí. Bude rád za radu.

Př. 2: Urči, jaký proud bude procházet cívku o indukčnosti $L=0,5 \text{ H}$, pokud jej zapojíme do normální elektrické sítě 230V/50Hz.

$$L=0,5 \text{ H} \quad , \quad f=50 \text{ Hz} \quad , \quad U=230 \text{ V} \quad , \quad I=?$$
$$I=\frac{U}{X_L}=\frac{U}{\omega \cdot L}=\frac{U}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot L}$$
$$I=\frac{U}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot L}=\frac{230}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0,5} \text{ A}=1,5 \text{ A}$$

Cívkou bude procházet proud $1,5 \text{ A}$.

Skutečná cívka má kromě indukčnosti i ohmický odpor (odpor drátu, ze kterého je namotaná) \Rightarrow

- Jaký proud bude procházet přes reálnou cívku z předchozího příkladu?

- Určitě menší než 1,5 A podle výpočtu. Proudů bude bránit ještě obyčejný odpor.
- Jaký bude posun napětí a proudu?
Určitě menší než 90°.

Př. 3: Urči, při jaké frekvenci by ideální cívkou z předchozího příkladu procházel proud 0,1 A. Napájecí napětí má hodnotu 230 V.

S rostoucí frekvencí se zvyšuje indukčnost \Rightarrow frekvence musí vyjít víc než 50 Hz.

$$I = \frac{U}{X_L} = \frac{U}{\omega \cdot L} = \frac{U}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot L}$$

$$f = \frac{U}{2 \cdot \pi \cdot I \cdot L}$$

$$f = \frac{U}{2 \cdot \pi \cdot I \cdot L} = \frac{230}{2 \cdot \pi \cdot 0,1 \cdot 0,5} \text{ Hz} = 732 \text{ Hz}$$

Požadovaný proud bude procházet při frekvenci 732 Hz.

Př. 4: Urči indukčnost cívky z úvodního pokusu.

Máme zjištěný reálný odpor cívky (nastavení potenciometru u stejnosměrného proudu) 55 Ω .

Posuneme potenciometr tak, aby žárovky svítily stejně i při připojení na střídavý proud 50 Hz – 120 Ω .

Cívka „má“ ve střídavém obvodu odpor o 65 Ω větší – to je její indukčnost.

$$X_L = \omega \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

$$\frac{X_L}{2 \cdot \pi \cdot f} = L$$

$$L = \frac{X_L}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{65}{2 \cdot \pi \cdot 50} \text{ H} = 0,2 \text{ H}$$

Indukčnost použité cívky je 0,2 H.

Poznámka: Jak zjistíme v příští hodině není úvaha v předchozím příkladu zcela správná a indukčnost cívky je ve skutečnosti větší.

Shrnutí: Odpor cívky ve střídavém obvodu je větší než v obvodu stejnosměrném, kvůli indukovanému protinapětí. Navíc způsobuje elektromagnetická indukce zpoždění proudu za napětím o čtvrt periody (o $\frac{\pi}{2}$)