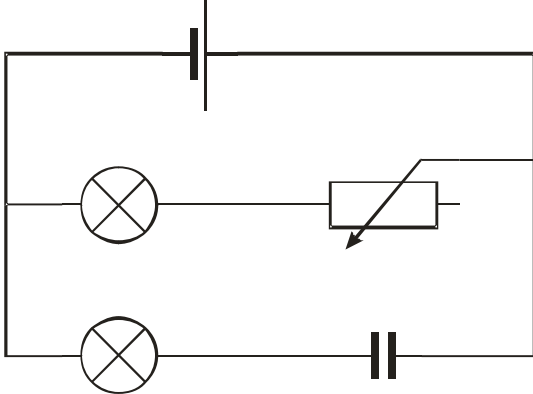


4.6.3 Kondenzátor v obvodu střídavého proudu

Předpoklady: 4109, 4601, 4602

Kondenzátor = „nádrž“ na elektrony, dvě kovové desky oddělené dielektrikem, slouží ke shromažďování elektrického náboje

Sestavíme obvod:



Př. 1: Jak budou svítit žárovky v nakresleném obvodu, poté co jej připojíme ke zdroji stejnosměrného napětí? Zdůvodni odhad.

V rameni s kondenzátorem žárovka svítit nebude.

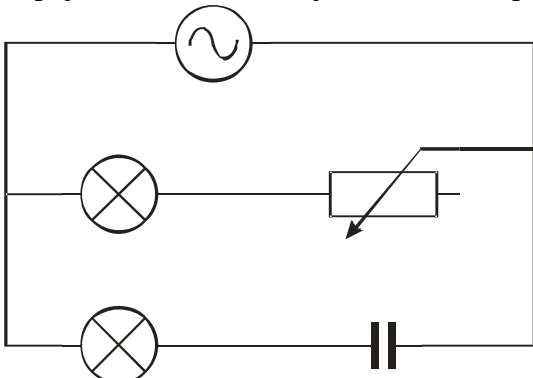
Proč?

kondenzátor je přerušením obvodu \Rightarrow když se nabije, proud přes něj neprochází \Rightarrow žárovka nesvítí

Přesně stejnou zkušenost už máme ze začátku roku. Pouze u velkého kondenzátoru a LED diody jsme pozorovali bliknutí po zapojení obvodu.

V obvodu stejnosměrného proud přes kondenzátor neprochází elektrický proud. Kondenzátor je přerušením obvodu.

Zapojíme obvod ke zdroji střídavého napětí:



Žárovka svítí i v rameni s kondenzátorem!

Jak je možné, že žárovka svítí?

V obvodu prochází střídavý proud (neustále se střídá jeho polarita) \Rightarrow kondenzátor se pořád nabíjí a vybíjí \Rightarrow ve větvi s kondenzátorem prochází střídavý proud, který rozsvítí žárovku přesto náš kondenzátor $50 \mu F$ omezuje velikost proudu (žárovka u kondenzátoru svítila méně, museli jsme na reostatu nastavit přibližně na 50Ω , aby žárovky svítily stejně)

Proč?

jakmile kondenzátor trošku nabíjí, objeví se na něm napětí \Rightarrow ztratí se část napětí ze zdroje (jako by tam byl připojený odpor) \Rightarrow poteče menší proud

\Rightarrow **kapacitance** = „odpor“ vyrobený kondenzátorem. Na čem závisí?

- větší kapacita \Rightarrow potřeba více náboje na nabití \Rightarrow déle to trvá \Rightarrow méně se brání \Rightarrow menší kapacitance
- větší frekvence \Rightarrow kondenzátor nedostane tolik času na nabití (rychleji se obrací směr proudu) \Rightarrow méně se nabije \Rightarrow méně omezí proud \Rightarrow menší kapacitance

vzorec: $X_c = \frac{1}{\omega C}$ [Ω] měří se v ohmech stejně jako odpor

$\omega = 2\pi f$ - úhlová frekvence, C - kapacita kondenzátoru

Př. 2: Urči kapacitanci kondenzátoru v našem zapojení (kapacita kondenzátoru $50 \mu F$, frekvence střídavého proudu 50 Hz).

$$C = 50 \mu F, \quad f = 50 \text{ Hz}, \quad X_c = ?$$

$$X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 50 \cdot 10^{-6}} \Omega = 64 \Omega$$

Kapacitance kondenzátoru je 64Ω .

Výsledek předchozího příkladu přibližně odpovídá hodnotě nastavené na reostatu. Podrobněji zatím situaci zkoumat nebudeme.

Př. 3: Urči jaký proud bude procházet kondenzátorem o kapacitě $C = 4 \text{ nF}$, pokud jej zapojíme do normální sítě 230V/50Hz.

$$C = 4 \text{ nF}, \quad U = 230 \text{ V}, \quad f = 50 \text{ Hz}, \quad I = ?$$

$$I = \frac{U}{X_c} = \frac{U}{\frac{1}{\omega \cdot C}} = U \omega C = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot U \cdot C$$

$$I = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot U \cdot C = 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 230 \cdot 4 \cdot 10^{-9} \text{ A} = 2,9 \cdot 10^{-4} \text{ A}$$

Kondenzátorem bude procházet proud $2,9 \cdot 10^{-4} \text{ A}$

Postřehy:

- Ohmův zákon používáme pro kapacitanci stejně jako pro odpor
- stejnosměrný proud $\Rightarrow \omega = 0 \Rightarrow X_c = \infty$ (jasné, když se směr proudu nemění kondenzátor se nabije a nepustí přes sebe proud)
- kondenzátor kvůli kapacitanci nemění energii na teplo (na rozdíl od vlákna žárovky se nezahřívá) \Rightarrow neztrácí se na něm energie

Poznámka: V druhém bodu u postřehů samozřejmě nejde o dělení nulou, spíše o představu limity, když zmenšujeme frekvenci, zvyšuje se postupně kapacitance a pro frekvenci se blíží nule se blíží nekonečnu. Nekonečná kapacitance u stejnosměrného proudu je logickým vyústěním této tendence.

Kondenzátor se nechová zcela shodně s odporem, zmenšuje odpor, ale nemění elektřinu v teplo

⇒ zřejmě existují i další rozdíly

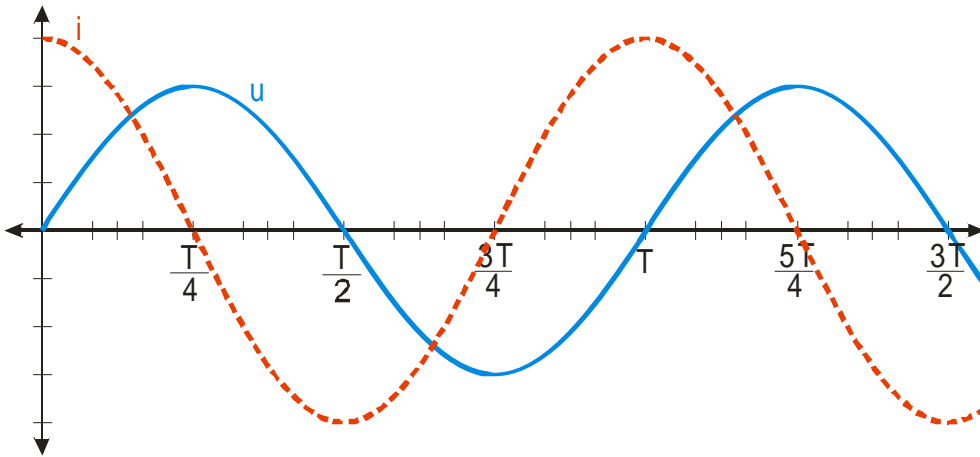
Fázový posun napětí a proudu na kondenzátoru

není vidět okem, je možné zachytit pomocí osciloskopu nebo počítače

upozornění: v grafu není nakresleno napětí na zdroji, ale **napětí měřené na kondenzátoru** =

napětí, které vzniká díky náboji, který se na deskách nashromáždil (vzorec $Q = C \cdot U \Rightarrow U = \frac{Q}{C}$),

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 s kondenzátorem není ve fázi s napětím a předbíhá ho o čtvrt periody (o $\frac{\pi}{2}$)

Proč?

1. čtvrtina periody (od $t=0$ do $t=\frac{T}{4}$)

v $t=0$ není na kondenzátoru žádný náboj, tedy ani žádné napětí na jeho deskách ⇒ proud nic neomezuje a je maximální ⇒ nabíjí kondenzátor ⇒ shromažďuje se náboj a objevuje se na něm napětí ⇒ proud je čím dál víc omezován napětím na deskách a zmenšuje se ⇒ v $t=\frac{T}{4}$

je napětí na kondenzátoru maximální a proud neteče vůbec)

podobně i dále

Př. 4: Urči kapacitu kondenzátoru, přes který prochází při zapojení ke zdroji 20V/50Hz střídavý proud 0,05 A.

$$U = 20 \text{ V} , \quad f = 50 \text{ Hz} , \quad I = 0,05 \text{ A} , \quad C = ?$$

$$I = \frac{U}{X_c} = \frac{U}{\frac{1}{\omega \cdot C}} = U \omega C$$

$$C = \frac{I}{U \omega} = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot U} = \frac{0,05}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 20} \text{ F} = 8 \mu \text{ F}$$

Kondenzátorem musí mít kapacitu $8 \mu \text{ F}$.

Shrnutí: Střídavý proud prochází i přes kondenzátor. Hodnota proudu je omezena kapacitancí a proud přebíhá napětí o čtvrt periody (o $\frac{\pi}{2}$).