

# Střídavý proud a jeho využití v praxi



# 1. Střídavý proud

## 1.1 Základní vlastnosti střídavého proudu a napětí

- proměnné napětí i proud s harmonickým (sinusovým) průběhem
- Jde o harmonické elektrické kmitání

$$u = U_m \sin \omega t$$

- $u$  – okamžitá hodnota napětí,  $[u] = \text{V}$  (volt)

$U_m$  – amplituda napětí

$\omega$  – úhlová frekvence,  $[\omega] = \text{rad s}^{-1}$

$$\omega = 2\pi f$$

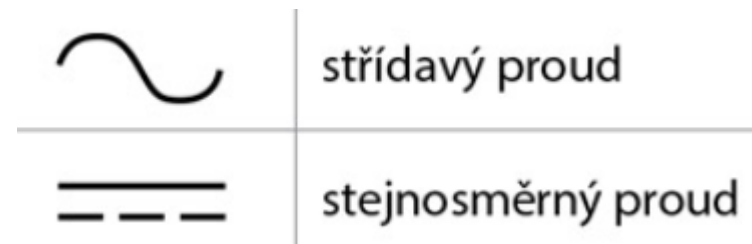
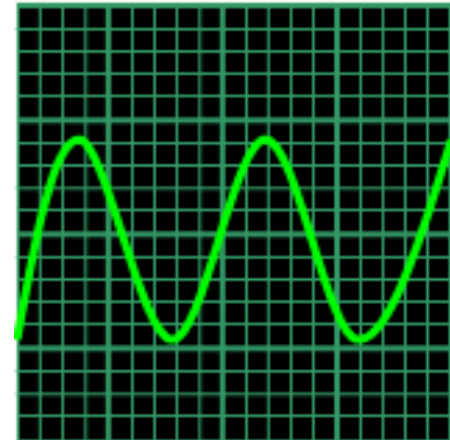
$t$  – čas,  $f$  – **frekvence střídavého proudu**

- **Alternátor** – generátor střídavého proudu

- **Značka střídavého a ss proudu:**

- Pozn.1: **dynamo** – generátor stejnosměrného proudu

- Pozn.2: „**dynamo**“ na kole – kdysi se používalo jako zdroj elektrické energie pro žárovky v předním a zadním světle; ve skutečnosti jde o **malý alternátor**



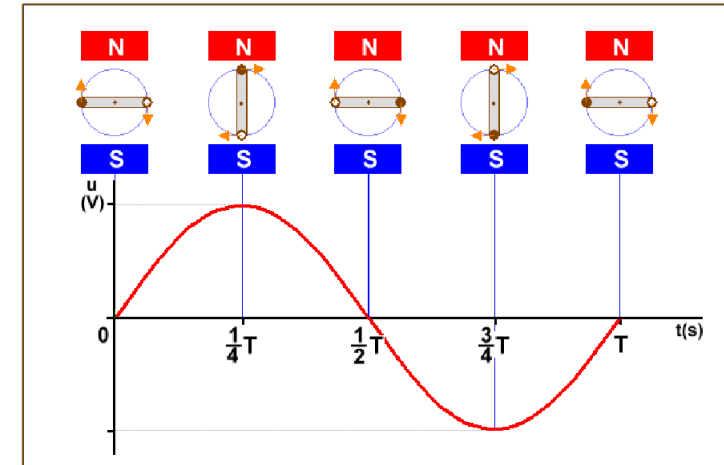
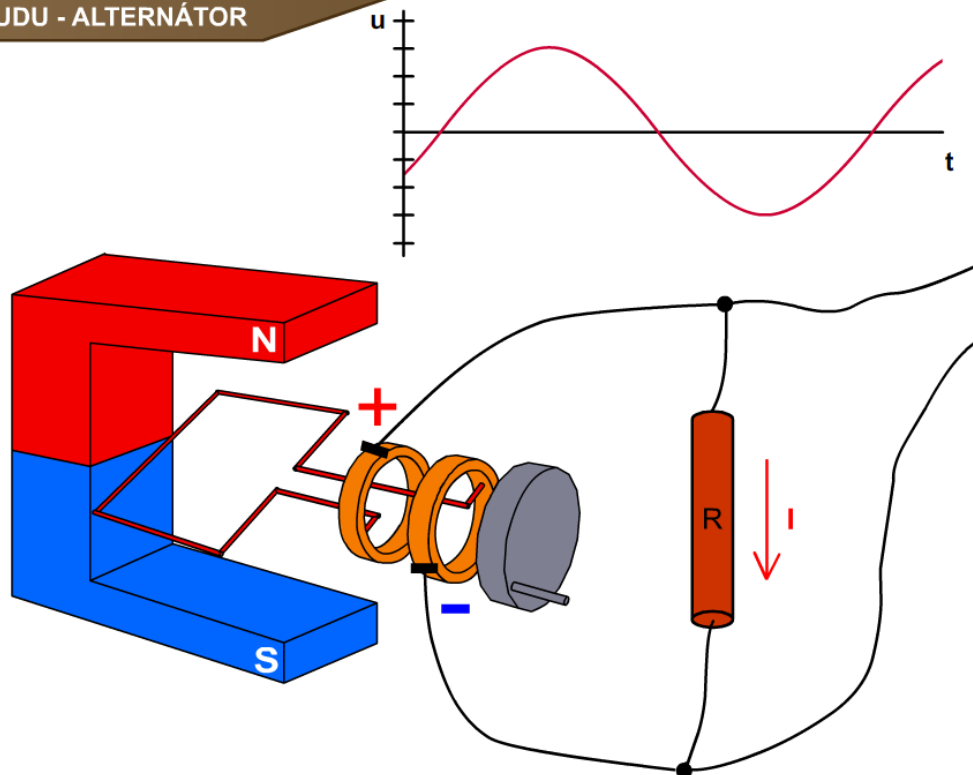
# 1. Střídavý proud

## 1.1 Základní vlastnosti střídavého proudu a napětí

### Alternátor – generátor střídavého proudu

- princip elektromagnetické indukce
- při otáčení cívky (rotor) v magnetickém poli magnetu (stator) se na jejích vývodech indukuje střídavé napětí

GENERÁTOR STŘÍDAVÉHO PROUDU - ALTERNÁTOR



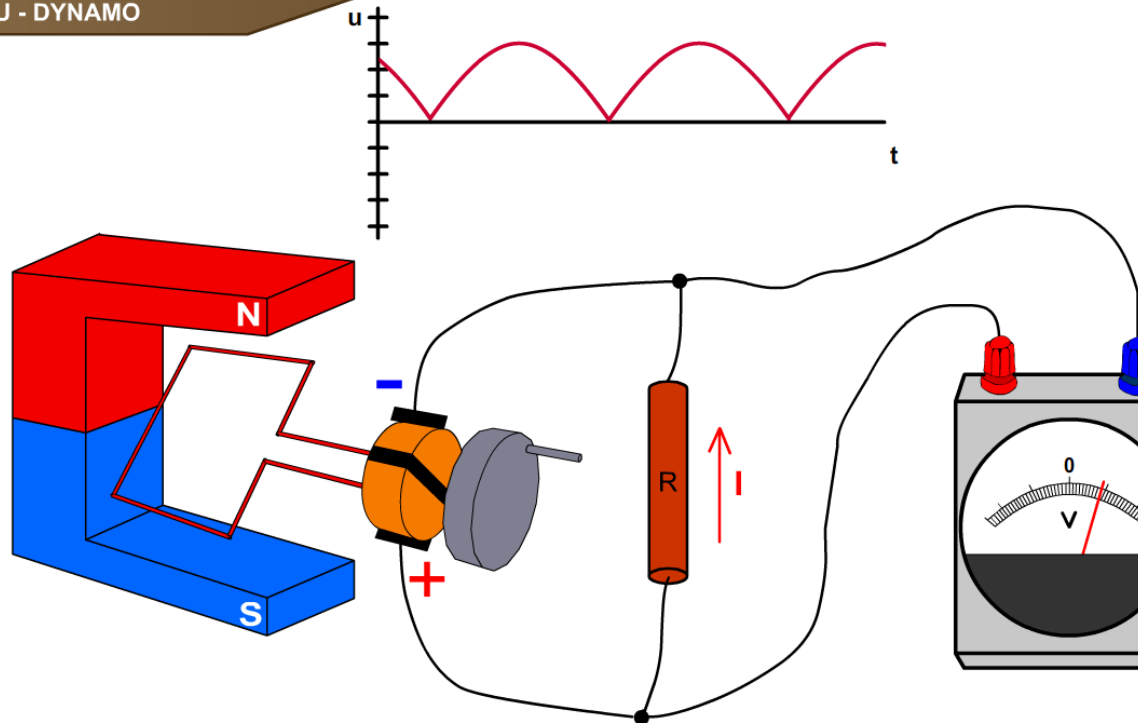
- největší napětí se indukuje v čase v čase  $\frac{1}{4}T$  a  $\frac{3}{4}T$  ( $T$  – perioda)
- **stator** je v praxi tvořen soustavou cívek, které vytváří soustavu elektromagnetů
- **rotor** – cívka, jejíž dva vývody jsou spojeny se 2 prstenci
- **sběrače** – měděné nebo ocelové kartáčky dotýkající s prstenců a odvádějící střídavý proud z alternátoru

# 1. Střídavý proud

## 1.1 Základní vlastnosti střídavého proudu a napětí

### Dynamo – generátor stejnosměrného proudu

GENERÁTOR STEJNOSMĚRNÉHO  
PROUDU - DYNAMO



- na výstupu je pulzní tepavý proud
- k vyhlazení výstupního napětí do téměř konstantní přímky je třeba použít **kondenzátor**, paralelně připojený ke spotřebiči R

- **komutátor** – dva vzájemně izolované půlprstence, díky kterým je polarita napětí na výstupu stále stejná

# 1. Střídavý proud

## 1.1 Základní vlastnosti střídavého proudu a napětí

- **energetika:**  $f = 50 - 60$  Hz  
(turbogenerátor: 3000-3600 ot/min)
- **oscilační obvody:** řádově 10 kHz – 10 GHz  
→ radiové signály, televize, WiFi, GSM

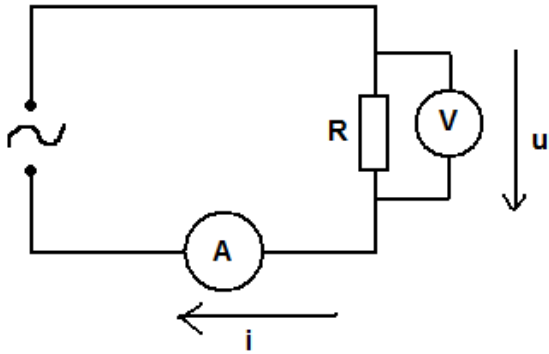




# 1. Střídavý proud

## 1.2 Obvod střídavého proudu s rezistorem

### Schéma zapojení



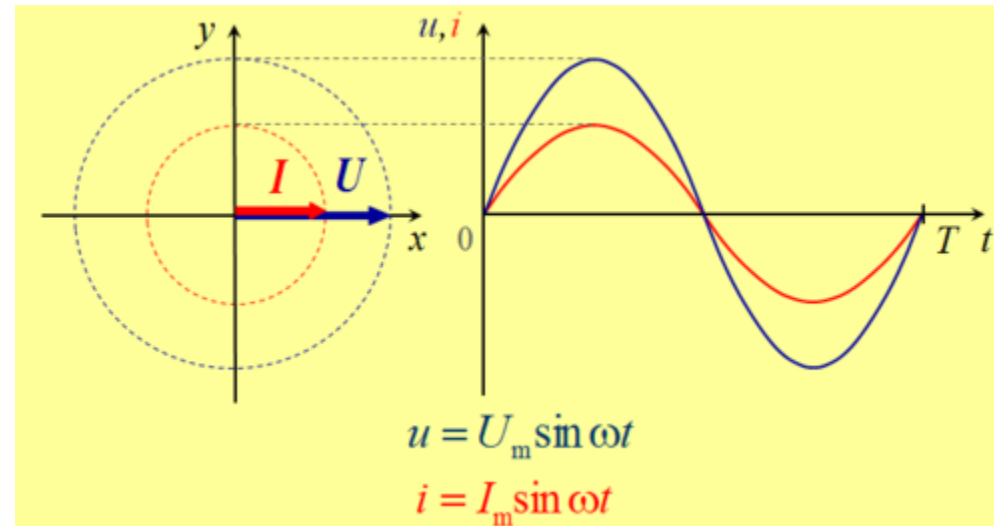
### Ohmův zákon

- **Ohmův zákon** platí stejně jako u stejnosměrného proudu
- **R – resistance** → odpor rezistoru v obvodu střídavého proudu

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

### Fázorový diagram

- grafické znázornění veličin  $U$  a  $I$
- **proud  $i$  napětí jsou tzv. ve fázi:**  
**fázový rozdíl  $\Delta\varphi = 0$**

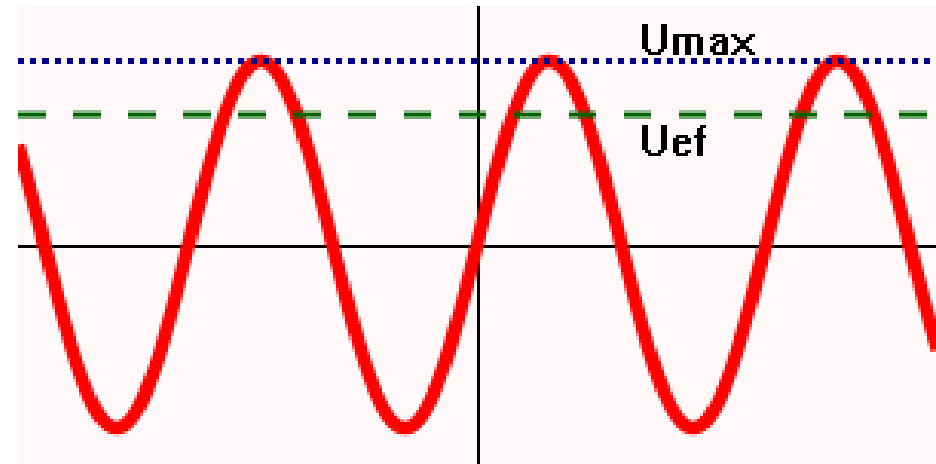


# 1. Střídavý proud

## 1.2 Obvod střídavého proudu s rezistorem

### Efektivní hodnoty $U$ a $I$

- jsou takové hodnoty napětí a proudu, které v součinu dávají **stejný střední výkon, jako by obvodem protékal stejnosměrný proud**
- tyto hodnoty měří střídavé voltmetry a ampérmetry, resp. multimetry



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

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

### Maximální hodnoty $U_m$ a $I_m$

- jsou maximální hodnoty napětí a proudu, odpovídající **amplitudě napětí**, resp. **amplitudě proudu**

# 1. Střídavý proud

## 1.2 Obvod střídavého proudu s rezistorem

### Výkon střídavého proudu v obvodu s rezistorem

- = proud:  $P = UI = RI^2$
- ~ proud: okamžitý výkon ...
- amplituda výkonu ...  $P_m$

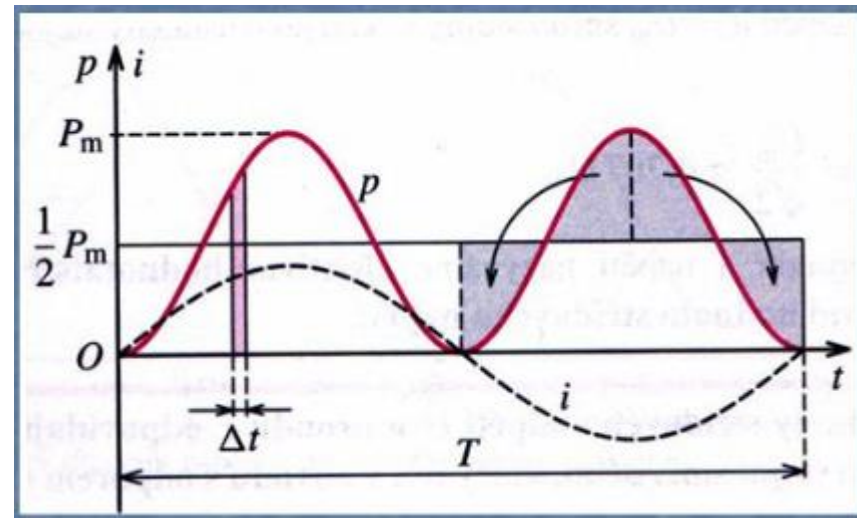
$$p = u \cdot i = Ri^2 = RI_m^2 \sin^2(\omega t)$$

$$P_m = RI_m^2$$

- celková práce za jednu periodu ...  $W$   
→ číselně rovna obsahu plochy pod křivkou okamžitého výkonu = číselně obsahu obdélníku o stranách  $\frac{1}{2} P_m$  a  $T$

$$W = \frac{1}{2} P_m T$$

- střední výkon ...  $P$
- efektivní hodnoty ...  $U, I$



$$P = \frac{1}{2} P_m = \frac{1}{2} U_m I_m = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \cdot \frac{I_m}{\sqrt{2}} = U \cdot I$$

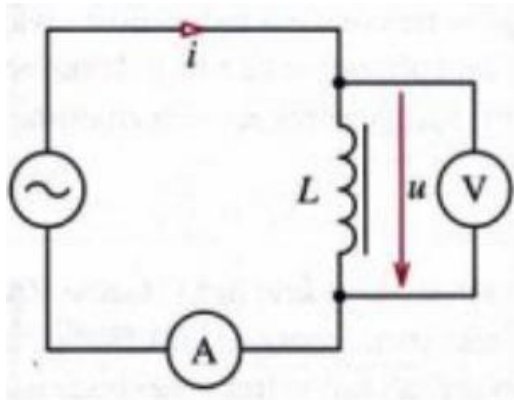
$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \quad I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$



# 1. Střídavý proud

## 1.3 Obvod střídavého proudu s indukčností $L$

### Schéma zapojení



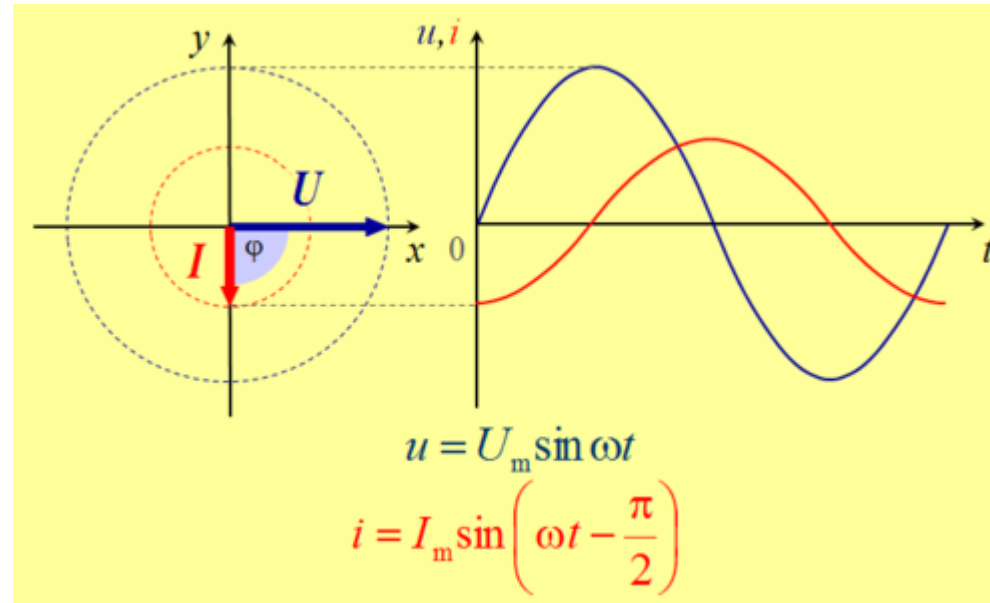
### Induktance

- střídavý proud indukuje v cívce napětí, které dle Lenzova zákona působí proti  $U_e$  zdroje  $\rightarrow$  to způsobí opoždění proudu za napětím
- $X_L$  – induktance  $[X_L] = \Omega$   
 $\rightarrow$  odpor, který klade **cívka** průchodu střídavého proudu

$$X_L = \frac{U_m}{I_m} = \omega L$$

### Fázorový diagram

- proud opožděn za napětím o  
fázový rozdíl  $\varphi = -\frac{\pi}{2}$



$$i = -I_m \cos \omega t$$

- reálná cívka má i vlastní odpor  $R \rightarrow$  chová se jako sériový RL obvod

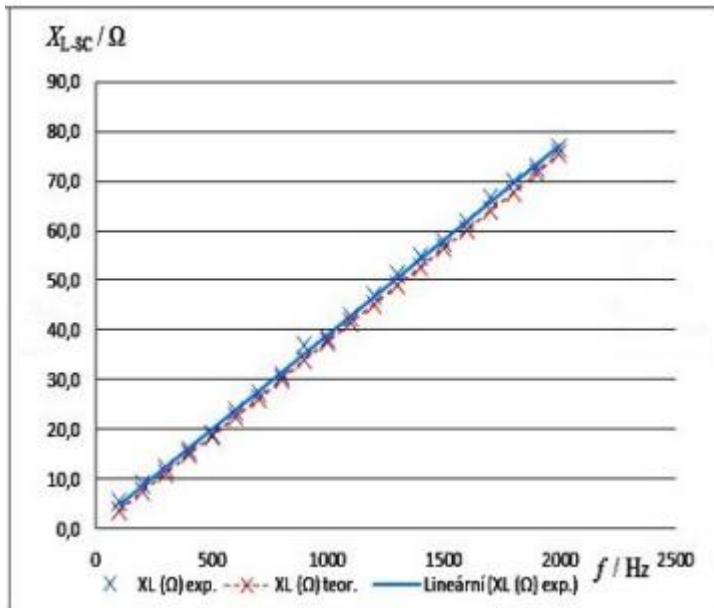


# 1. Střídavý proud

## 1.3 Obvod střídavého proudu s indukčností L

### Frekvenční závislost indukčnosti

$$X_L = \omega L = 2\pi fL$$

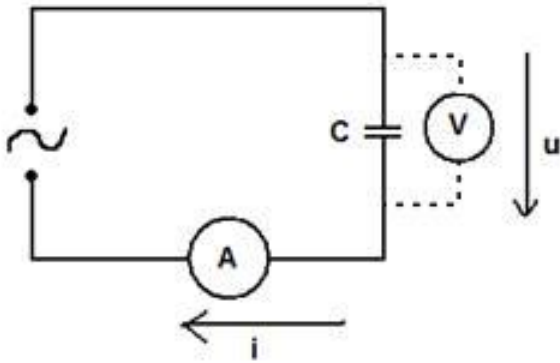


- **odpor cívky lineárně roste s frekvencí** střídavého proudu
- **indukčnost cívky se zvyšuje s rostoucí frekvencí proudu** → v cívce se vytváří více a více vířivých proudů
- hustě vinuté cívky s železným jádrem velmi silně zeslabují střídavé proudy → takové cívky se nazývají **tlumivky**

# 1. Střídavý proud

## 1.4 Obvod střídavého proudu s kapacitou C

### Schéma zapojení



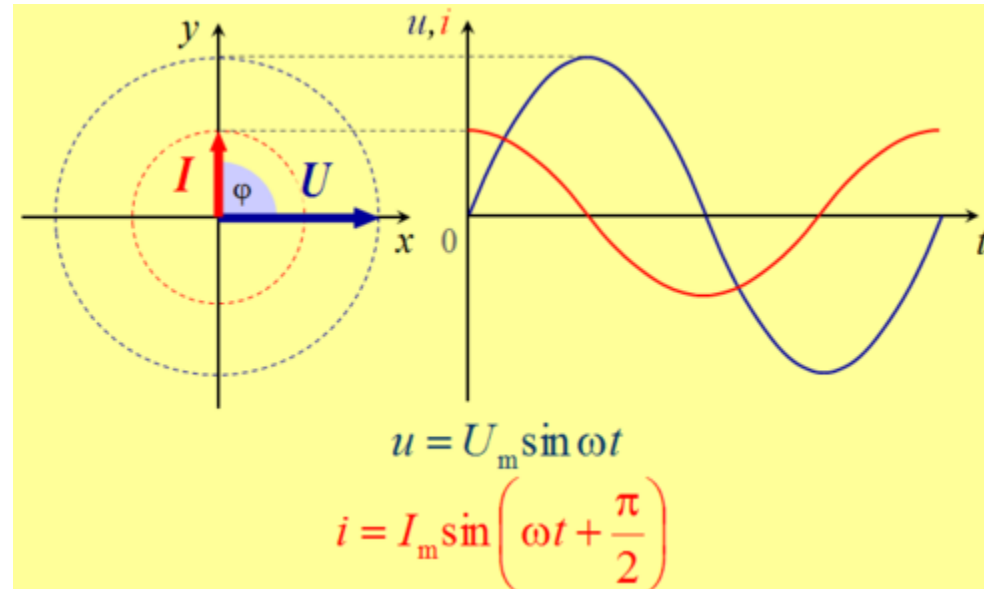
### Kapacitance

- nabíjecí proud je největší, když je kondenzátor nenabitý → napětí mezi deskami je nulové
- $X_C$  – kapacitance  $[X_C] = \Omega$   
→ odpor, který klade **kondenzátor** průchodu střídavého proudu

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

### Fázorový diagram

- proud předbíhá napětí o fázový rozdíl  $\varphi = +\frac{\pi}{2}$



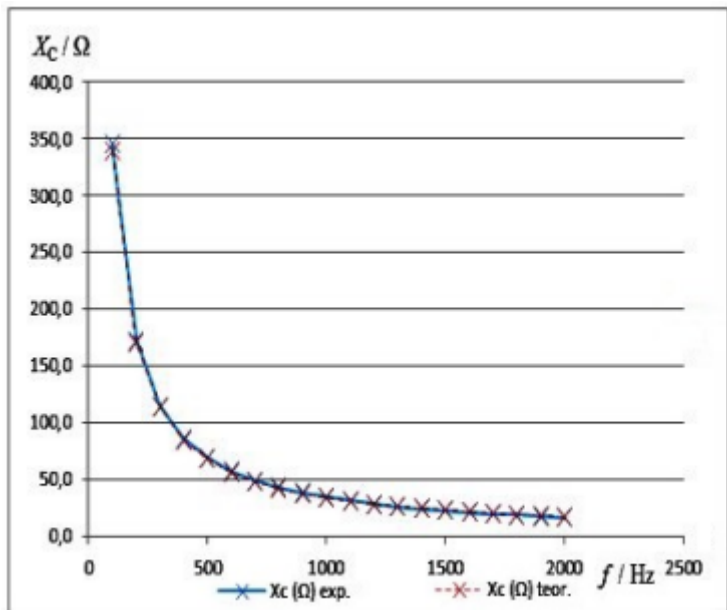
$$i = I_m \cos \omega t$$

# 1. Střídavý proud

## 1.4 Obvod střídavého proudu s kapacitou C

### Frekvenční závislost kapacity

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



- odpor kondenzátoru hyperbolicky klesá s frekvencí střídavého proudu
- kondenzátor se opakovaně nabíjí a vybíjí → dielektrikum se střídavě polarizuje
- takže i když žádné elektrony mezerou mezi deskami kondenzátoru neprojdou, tak se ve vodičích „před kondenzátorem“ i „za kondenzátorem“ střídavě pohybují tam a zpátky
- stejnosměrný proud kondenzátorem neprojde
- má-li napětí z nějakého zdroje jak stejnosměrnou, tak střídavou složku, kondenzátor propustí jen střídavou složku

# 1. Střídavý proud

## 1.5 RLC obvody

### Výpočet impedance RLC obvodu

$$U_m^2 = U_R^2 + (U_L - U_C)^2 =$$
$$= I_m^2 R^2 + \left( I_m \omega L - I_m \frac{1}{\omega C} \right)^2 = I_m^2 \left[ R^2 + \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2 \right]$$

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

### Impedance $Z$ $[Z] = \Omega$

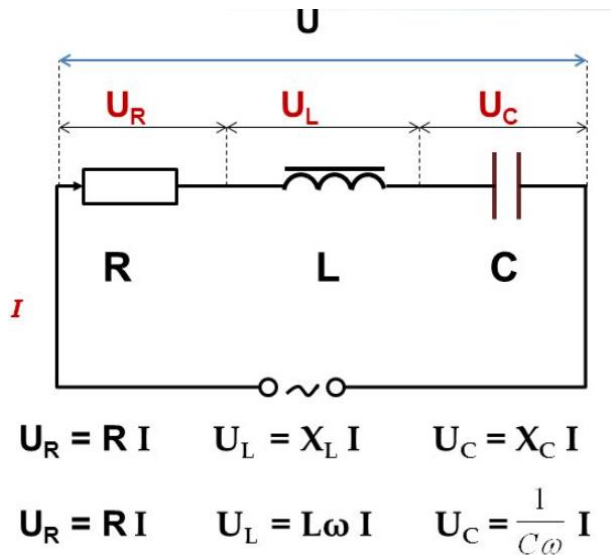
- impedance obvodu je odpor, který klade průchodu střídavého proudu RLC obvod

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

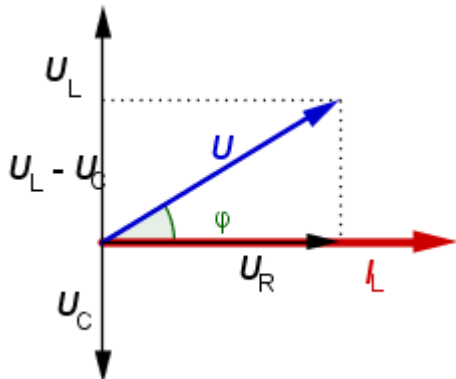
$X$  – reaktance

Induktance = indukční reaktance  
Kapacitance = kapacitní reaktance

### Sériový RLC obvod



### Fázorový diagram



# 1. Střídavý proud

## 1.5 RLC obvody

### Rezonanční frekvence – Thomsonův vztah



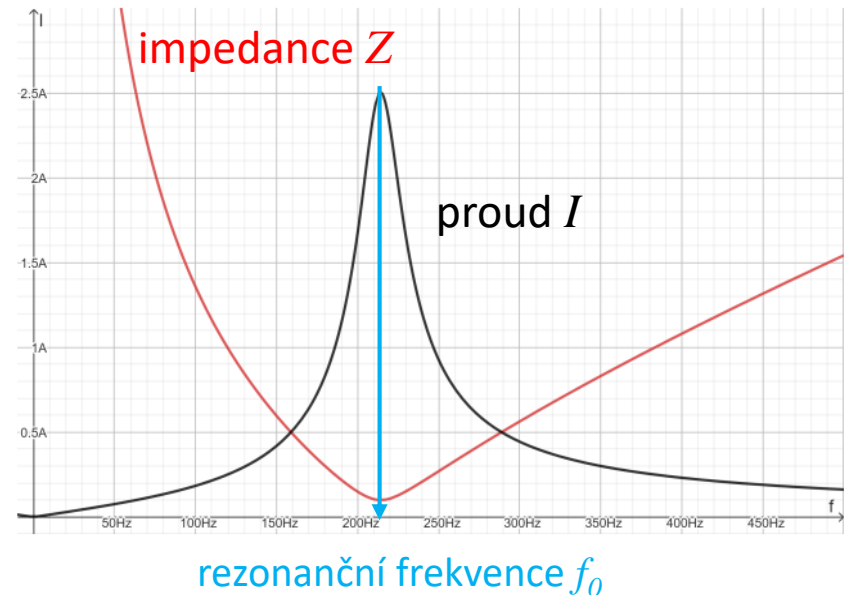
Kdy prochází sériovým RLC obvodem největší proud?

- největší proud prochází obvodem tehdy, je-li impedance obvodu nejmenší → pro  $X = 0$  je  $Z = R$
- $X = 0 \rightarrow \omega L - \frac{1}{\omega C} = 0 \rightarrow \omega L = \frac{1}{\omega C} \rightarrow \omega^2 = \frac{1}{LC} \rightarrow 2\pi f = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

### Thomsonův vztah a rezonanční křivka

- vztah pro **rezonanční frekvenci sériového** RLC obvodu
- při **rezonanci** je **proud** procházející obvodem **maximální**, impedance minimální

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





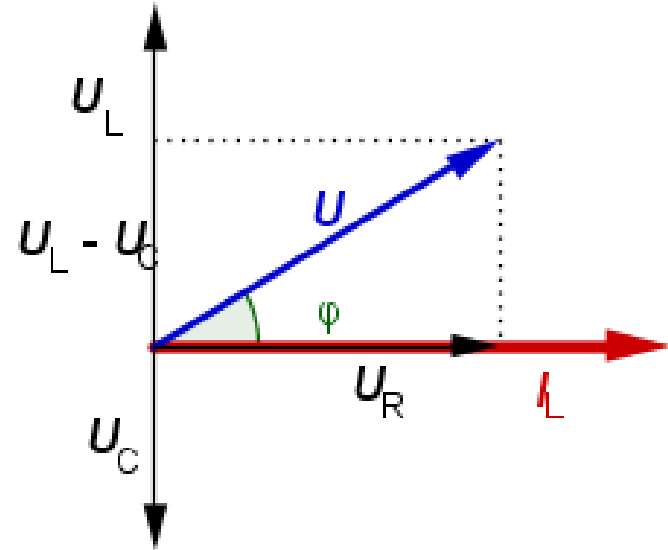
# 1. Střídavý proud

## 1.5 RLC obvody

Fázový rozdíl napětí a proudu

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{U_L - U_C}{U_R} = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R} = \frac{X}{R}$$

$$-\frac{\pi}{2} \leq \varphi \leq \frac{\pi}{2}$$



# 1. Střídavý proud

## 1.5 RLC obvody

### Výpočet impedance RLC obvodu

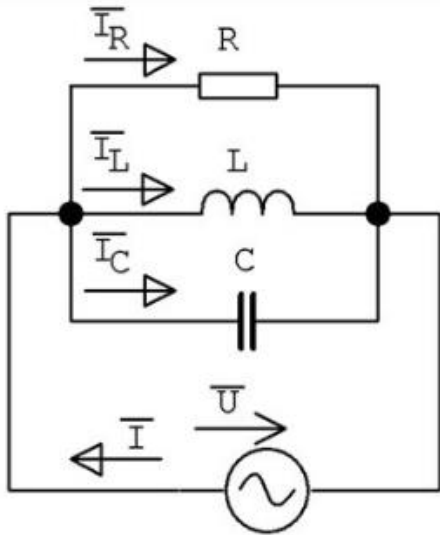
$$I_m^2 = I_R^2 + (I_C - I_L)^2 = \\ = \frac{U_m^2}{R^2} + \left( U_m / \frac{1}{\omega C} - U_m / \omega L \right)^2 = U_m^2 \left[ \frac{1}{R^2} + \left( \omega C - \frac{1}{\omega L} \right)^2 \right]$$

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

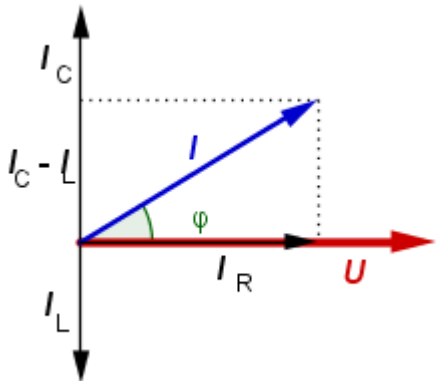
### Impedance $Z$

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

### Paralelní RLC obvod



### Fázorový diagram



# 1. Střídavý proud

## 1.5 RLC obvody

### Rezonanční frekvence – Thomsonův vztah



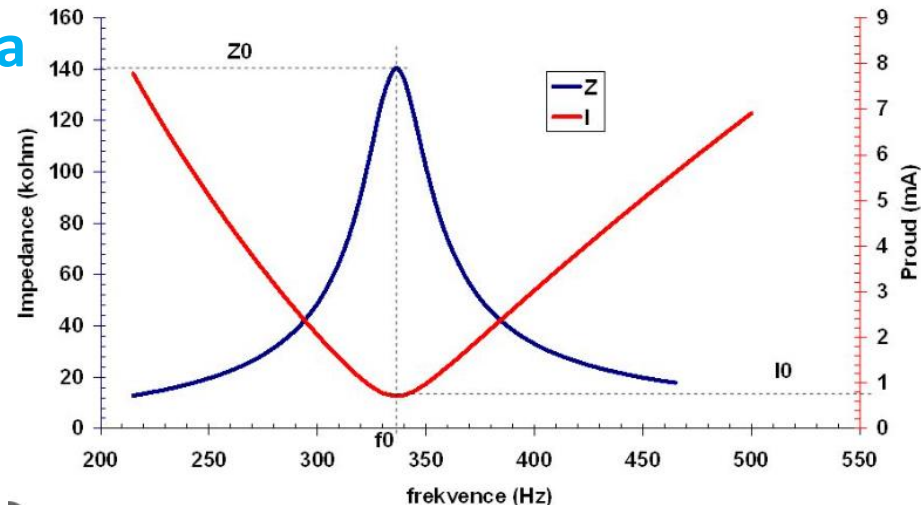
Kdy prochází paralelním RLC obvodem nejmenší proud?

- nejmenší proud prochází obvodem tehdy, je-li impedance obvodu největší → pro  $X = 0$  je  $Z = R$
- $X = 0 \rightarrow \omega L - \frac{1}{\omega C} = 0 \rightarrow \omega L = \frac{1}{\omega C} \rightarrow \omega^2 = \frac{1}{LC} \rightarrow 2\pi f = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

### Thomsonův vztah a rezonanční křivka

- vztah pro **rezonanční frekvenci paralelního** RLC obvodu
- při **rezonanci** je **proud** procházející obvodem **minimální**, impedance maximální

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

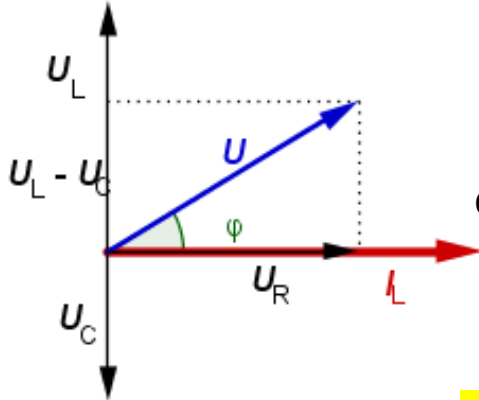


# 1. Střídavý proud

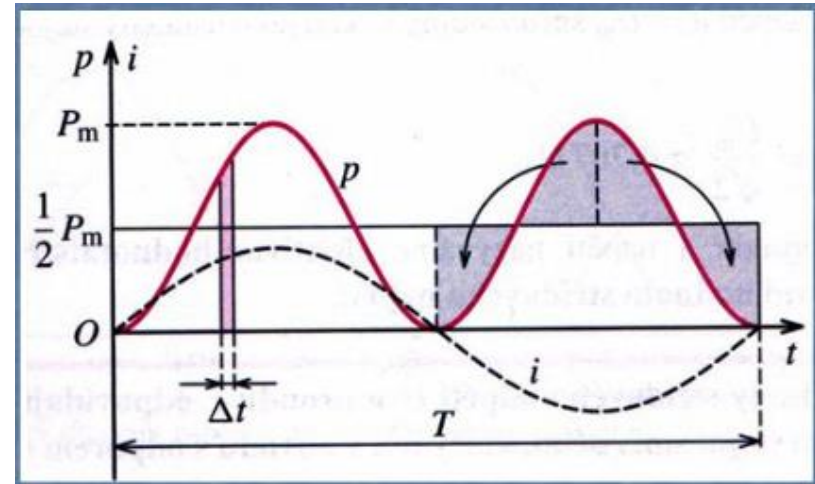
## 1.6 Činný výkon střídavého proudu

### Střední výkon $P_s$

$$P_s = \frac{1}{2} P_m = \frac{1}{2} R I_m I_m = \frac{1}{2} R \frac{U_m}{Z} I_m = \frac{U_m I_m R}{\sqrt{2} \sqrt{2} Z}$$



$$\cos \varphi = \frac{U_R}{U_m} = \frac{I_m R}{I_m Z} = \frac{R}{Z}$$



### Činný výkon $P$

$$P = UI \cos \varphi$$

- určuje tu část výkonu střídavého proudu, která se v obvodu **mění na užitečnou práci**

### Ztrátový jalový výkon $P_Z$

$$P_Z = UI \sin \varphi$$

- určuje tu část výkonu střídavého proudu, která se v obvodu **mění na ztrátové teplo**

### $\cos \varphi$ - účinník

$\varphi = 0 \rightarrow \cos \varphi = 1 \rightarrow P = UI$   
 $\varphi = \pi/2 \rightarrow \cos \varphi = 0 \rightarrow P = 0$   
 $\rightarrow$  obvodem prochází tzv.

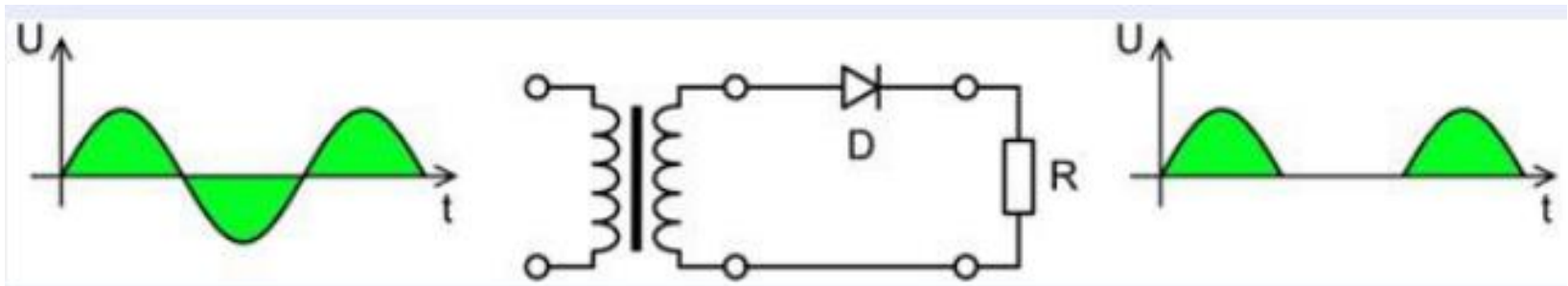
**jalový proud**

# 1. Střídavý proud

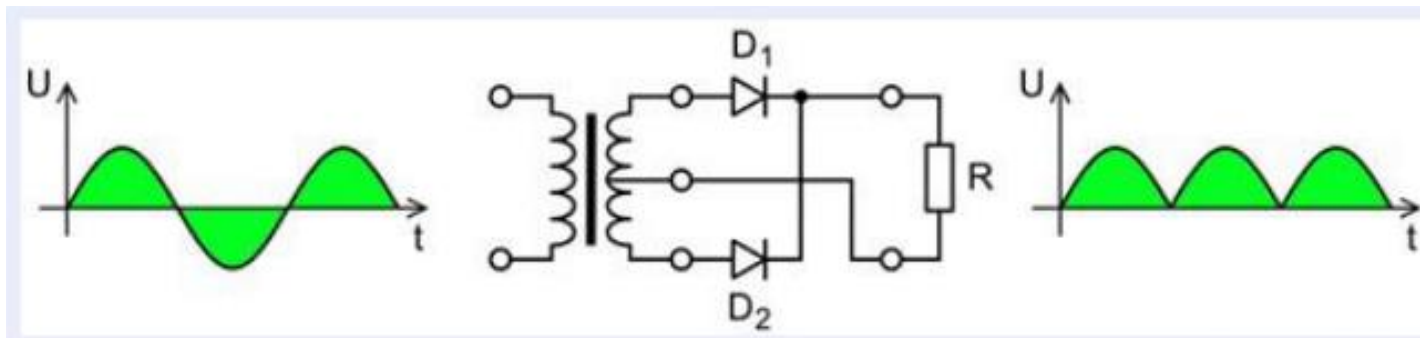
## 1.7 Usměrňovač a zesilovač

### Usměrňovač

- Mění střídavý proud (sinusový průběh) na stejnosměrný (konstantní průběh)
- a) jednocestný usměrňovač – **pulzní napětí a tepavý proud** na výstupu



- b) dvoucestný usměrňovač – usměrnění obou půlperiod

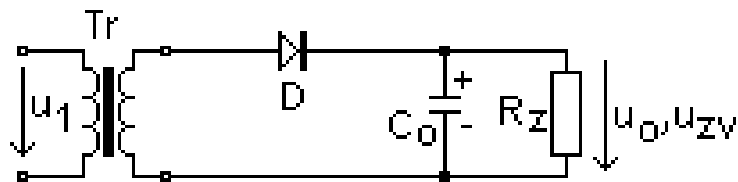


# 1. Střídavý proud

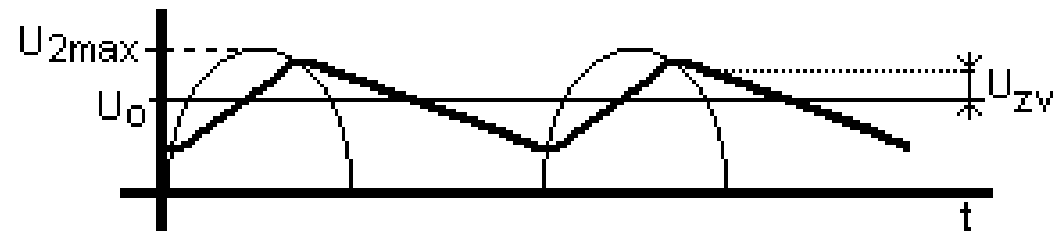
## 1.7 Usměrňovač a zesilovač

### Usměrňovač

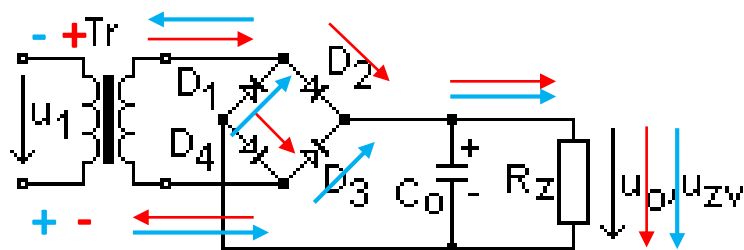
- kondenzátor zabraňuje poklesu napětí → místo pulzního napětí je na výstupu pilovité napětí
- při **větší kapacitě kondenzátoru** je pokles menší a tím je **menší zvlnění** křivky
- lze dosáhnout téměř konstantní závislosti (jako u stejnosměrného proudu)



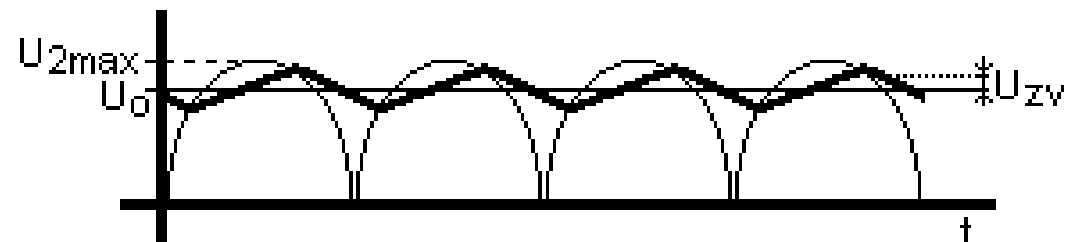
Jednocestný usměrňovač



Průběhy napětí j.u. se sběracím kondenzátorem



Dvoucestný usměrňovač



Průběhy napětí dv.usm. se sběracím kondenzátorem

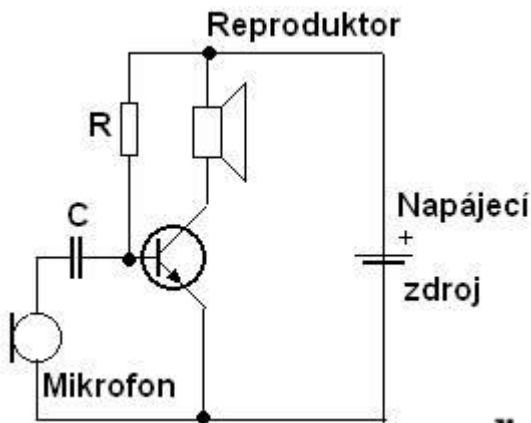


# 1. Střídavý proud

## 1.7 Usměrňovač a zesilovač

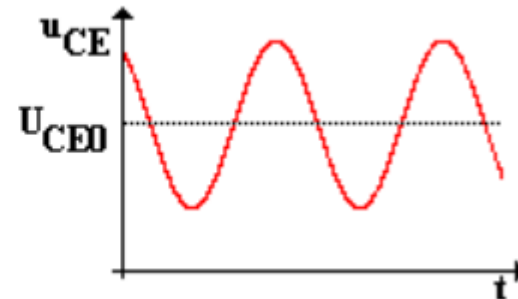
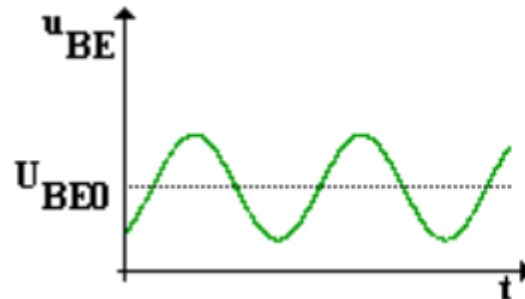
### Zesilovač

- základní činnost tranzistoru spočívá v zesílení signálu (napětí)
- plní tedy funkci jednoduchého **zesilovače**
- jsou základem všech integrovaných obvodů (IO) → procesory, paměti
- **zesílené napětí na výstupu zesilovače má opačnou fázi** než vstupní napětí



Proudový zesilovací činitel –  $\beta$

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \sim 10^2$$



# 1. Střídavý proud

## 1.7 Usměrňovač a zesilovač

### Zesilovač – zajímavosti

#### běžné tranzistory:

- slouží pro zpracování signálu ať už jako jednotlivé „diskrétní“ součástky, či součástky v **čipech** a mikročipech **integrovaných obvodů**
- jsou dnes základním prvkem spotřební i nespotební elektroniky (televize, rádia, počítače, mobilní telefony...)
- běžné tranzistory obvykle zpracovávají signál v jednotkách voltů, proud přitom bývá nejvýše v řádu miliampérů



#### výkonové tranzistory:

- jsou klíčovým prvkem používaným ve **výkonové elektronice**, například v oblasti **spínaných zdrojů** nebo **frekvenčních měničů**
- výkonová elektronika je rovněž klíčová při **realizaci moderních zdrojů světla** (úsporná žárovka, LED), moderních trakčních vozidel s asynchronními motory, **hybridních automobilů a elektromobilů, fotovoltaických a větrných elektráren**
- současné výkonové tranzistory jsou schopny ve spínacím režimu pracovat s **napětím až v řádu kilovoltů** a s **proudy v řádu  $10^2$  až  $10^3$  A**



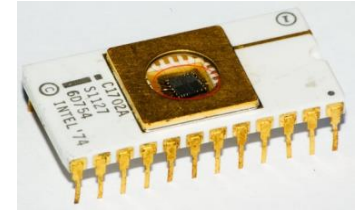
- v procesoru Intel Pentium 4 je cca 42 000 000 tranzistorů se spoji o šířce 0,18  $\mu\text{m}$

# 1. Střídavý proud

## 1.7 Usměrňovač a zesilovač

### Integrovaný obvod

- složen z desítek miniaturních tranzistorů, rezistorů, kondenzátorů, OZ
- jako celek jde o elektrický obvod, který vykonává určitou funkci
- první IO vytvořen v roce 1958 v Texas Instruments
- meze integrace součástek závisí krom jiného i na **Heisenbergových relacích neurčitosti**  
→ součástky i jejich počet na  $\text{mm}^2$  nelze zmenšovat do nekonečna



### Využití

- veškeré spotřební elektronice, ale i různá vědecká zařízení, např. na **umělých družicích**.
- televize, videa, satelitní přijímače, dálková ovládní
- rádia, CD či MP3 i MP4 přehrávače
- digitální hodinky, kalkulačky
- mobilní telefony, vysílačky, GPS přijímače
- fotoaparáty, digitální fotoaparáty
- počítače, tiskárny, monitory, PDA
- automobily, letadla a další dopravní prostředky
- lékařské, vědecké a měřicí přístroje



### Zajímavosti

**Nejmenší IO na světě:** Vědci z IBM dokázali vytvořit **nejmenší logický obvod na světě sestávající z jediné molekuly kysličníku uhelnatého**. Tento obvod má rozměr menší než jedna triliontina čtverečního palce (a je tedy 260 000 x menší než obdobný obvod na křemíkové bázi).

### Nejmenší tranzistor na světě

- výzkumníci z MIT vytvořili 3D tranzistory o průměru pouhých 2,5 nanometrů
- Na jediný mikročip o velikosti nehtu lze umístit až desítky miliard těchto drobných tranzistorů

# 2. Střídavý proud v praxi

## 2.1 Třífázový generátor střídavého proudu

### Válka proudů – výhody střídavého proudu nad stejnosměrným

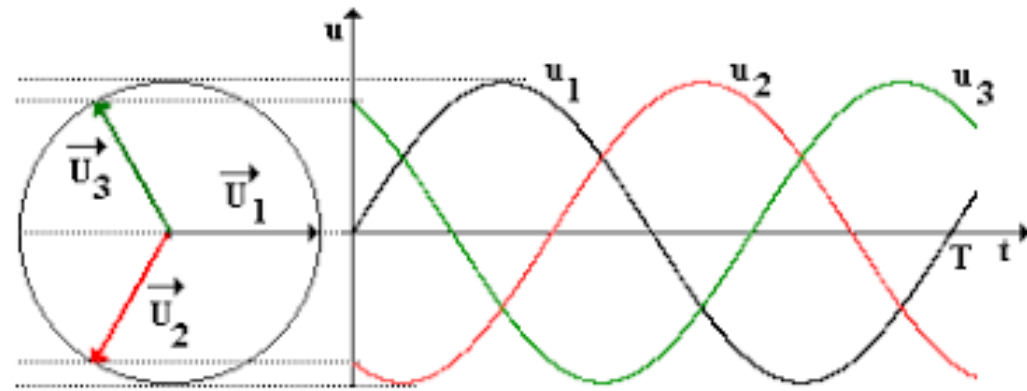
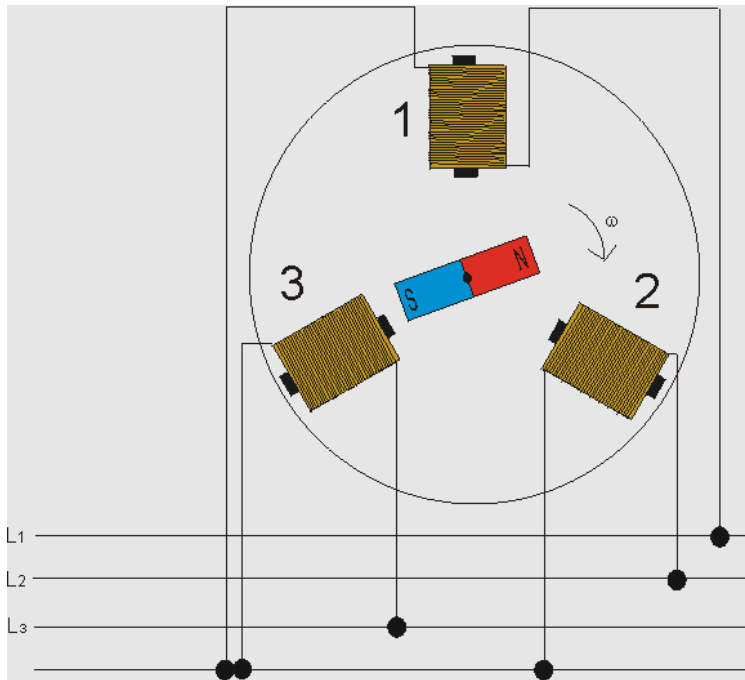
- **1882 – 1892**  
**válka proudů** mezi **T. A. Edisonem (1847 – 1931)** (zastánce stejnosměrného proudu, který používal k napájení osvětlení domácností žárovkami) a **G. Westinghousem ( )** (zastánce střídavého proudu, který používal k napájení veřejného osvětlení obloukovými lampami nebo k pohonu elektrických strojů; N. Tesla jeho zaměstnanec vynalezl většinu zařízení na střídavý proud; )
- tři aspekty války: ostrý konkurenční boj, řada smrtelných úrazů způsobených rozvody střídavého proudu a zákulisní manévry spojené se zaváděním elektrického křesla
- **1882** – Edison: ss rozvody do domácností měly nahradit svícení plynem a petrolejem; nevýhoda: rozvody do vzdálenosti max. několika km, pak velké ztráty, každé město by muselo mít svoji elektrárnu
- **1886** – Westinghouse: střídavé rozvody, malý proud, vysoké napětí, levnější přenos
- **1892** – konec sporů: Edison odešel z podnikání s elektřinou, jeho společnost splynula s Thomson-Houston Electric a přešla na střídavý proud
- **1893** – Westinghouse získal kontrakt na osvětlení Světové výstavy v Chicagu a stavbu elektrárny u Niagarských vodopádů
- V některých městských částech přetrvaly ss elektrárny po celé 20. století
- **Nový Bydžov 1895-1920:** byl mezi prvními městy při zavádění elektrické energie. Městská ss elektrárna zahájila činnost již v roce **1895**. Elektrické osvětlení města bylo slavnostně zahájeno 23. července.

# 2. Střídavý proud v praxi

## 2.1 Třífázový generátor střídavého proudu

### Třífázový generátor – princip

- Rotor – pohyblivá cívka s jádrem (elektromagnet)
- Stator – 3 pevné cívky, ve kterých se indukuje proud



$$u_1 = U_m \sin \omega t$$

$$u_2 = U_m \sin \left( \omega t - \frac{2}{3} \pi \right)$$

$$u_3 = U_m \sin \left( \omega t + \frac{2}{3} \pi \right)$$

$$\vec{u}_1 + \vec{u}_2 + \vec{u}_3 = 0$$

# 2. Střídavý proud v praxi

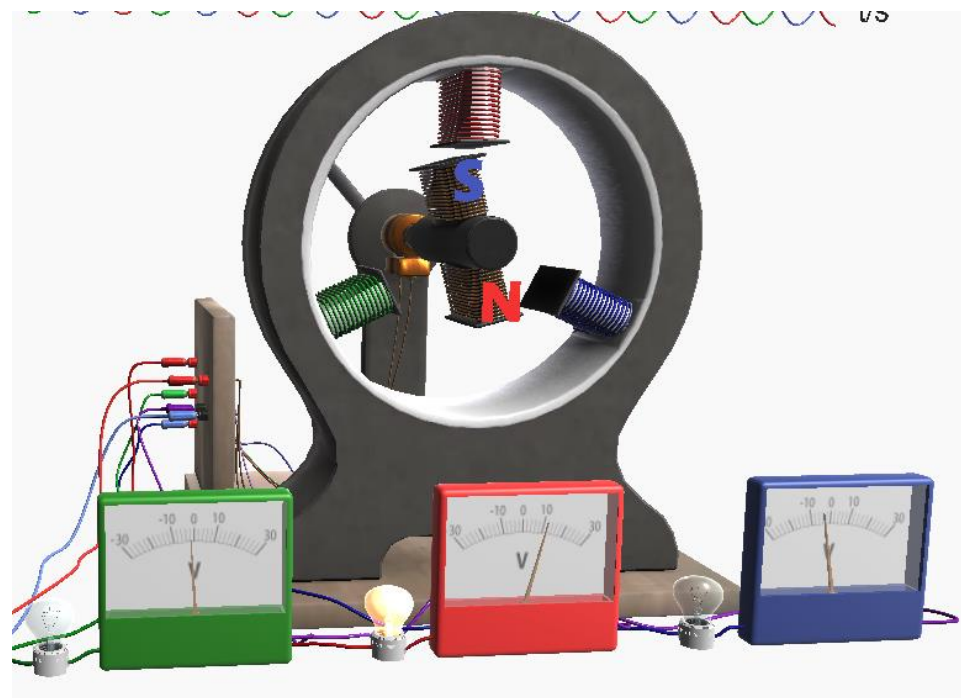
## 2.1 Třífázový generátor střídavého proudu

### Třífázový generátor – provedení

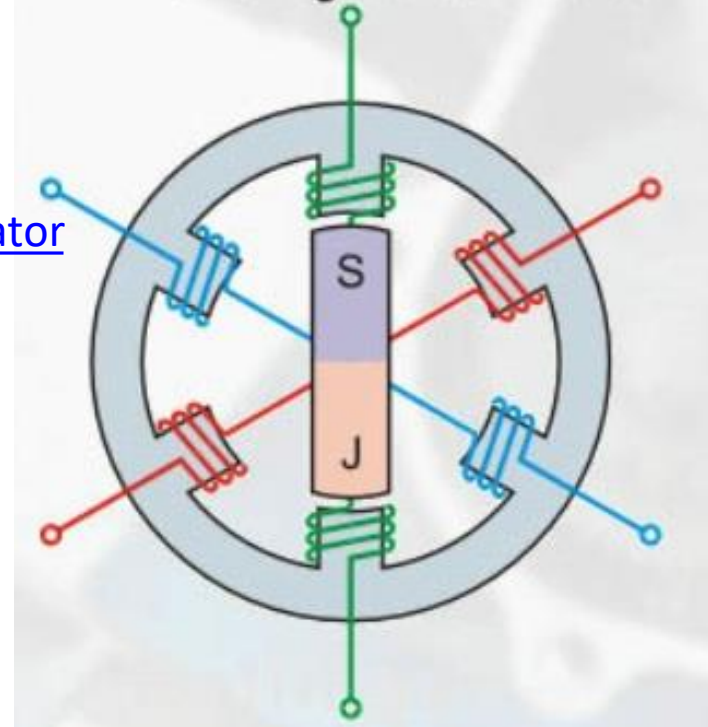
- Rotor – pohyblivá cívka s jádrem (elektromagnet)
- Stator – dvojice pólových nástavců naproti sobě

### Corinth 3D – model generátoru

[https://online.corinth3d.com/app/scene/f\\_vyna\\_3f\\_generator](https://online.corinth3d.com/app/scene/f_vyna_3f_generator)



### Třífázový alternátor



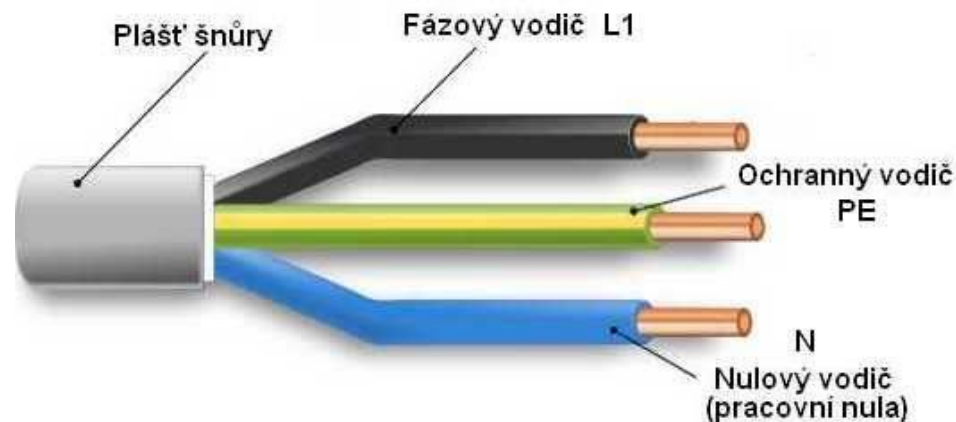


# 2. Střídavý proud v praxi

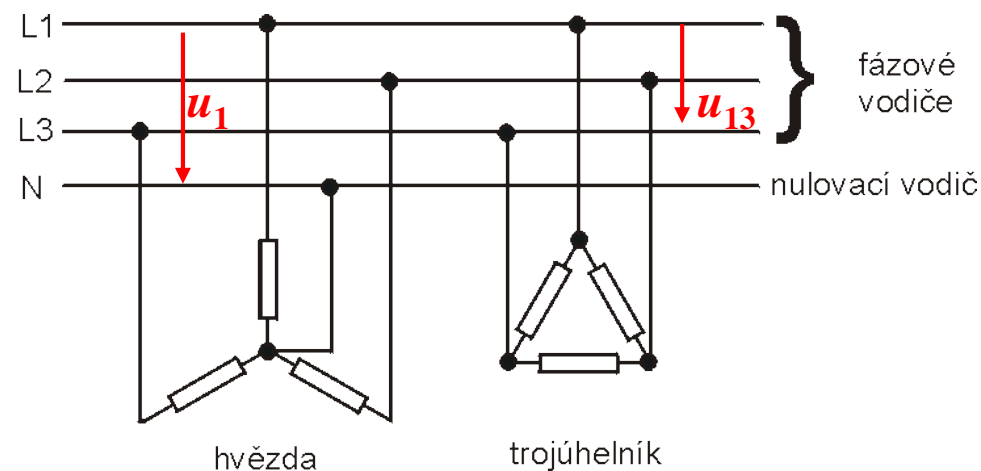
## 2.2 Třífázová soustava střídavého proudu

### Fázové vodiče

- Černý nebo hnědý – fáze L, pod napětím vůči zemi
- Modrý – nulovací vodič N
- Zelenožlutý – ochranný vodič (zemnění) PE



### Zapojení spotřebiče do hvězdy nebo trojúhelníku



- **Zapojení do hvězdy** – využívá **fázového napětí 230 V** mezi nějakou fází a nulovacím vodičem  
Př.: Rádio, počítač, domácí spotřebiče
- **Zapojení do trojúhelníku** – využívá **sdrúženého napětí 400 V mezi fázemi**  
Př.: výkonové spotřebiče: pila, čerpadlo

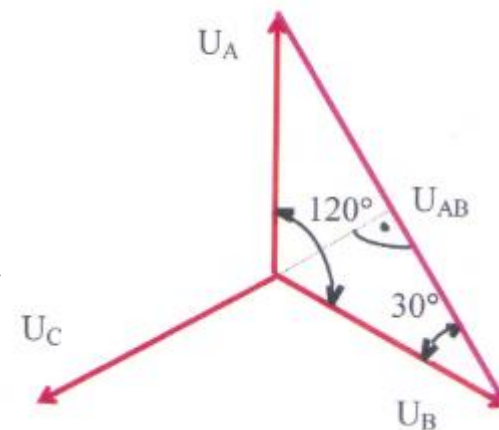
# 2. Střídavý proud v praxi

## 2.2 Třífázová soustava střídavého proudu

### Sdružené napětí

- **mezi dvěma fázemi**, např.  $U_{AB}$  viz obr.
- **fázová napětí**  $U_A = U_B = U_C = 230\text{ V}$

$$\sin 60^\circ = \frac{U_{AB}/2}{U_B} = \frac{\sqrt{3}}{2} \rightarrow U_{AB} = \sqrt{3} U_B = 1,732 \cdot 230\text{ V} \cong 400\text{ V}$$



### Zapojení zásuvky 230 V



- **nulovací vodič nesmí být přerušen!**  
(např. pojistkou – ta musí být zásadně na fázovém vodiči)
- **Spotřebiče 1. třídy** – kovový obal spotřebiče (např. PC) – ochrana zemněním → zelenožlutý vodič spojený s kovovým obalem → spojí-li se fázový vodič s kostrou spotřebiče, spojí se přes PE vodič se zemí, dojde ke zkratu, přepálí se pojistka nebo vypne jistič
- **Spotřebiče 2. třídy** – izolovaný nevodivý povrch (např. fén)
- **Spotřebiče 3. třídy** – do 50 V (bezpečné napětí)
- **Délka prodlužovacího kabelu 220 V** – max. 12 m  
→ při větší délce má nulovací vodič velký odpor a pojistka nejistí



# 2. Střídavý proud v praxi

## 2.2 Třífázová soustava střídavého proudu

### Třídy ochrany spotřebičů a bezpečná napětí

Třída ochrany zařízení	Prostředky ochrany
0	Elektrické zařízení nemá žádné prostředky pro připojení neživých částí, ochrana je založena pouze na základní izolaci (v ČR zakázána!!)
I	Elektrické zařízení, mimo základní izolaci je opatřeno prostředky pro připojení ochranného vodiče (ochrana samočinným odpojením od zdroje)
II 	Elektrické zařízení obsahuje základní izolaci a přídavnou izolaci, nemá prostředky pro připojení ochranného vodiče
III 	Elektrické zařízení má ochranu před úrazem elektrickým proudem zajištěnou připojením ke zdroji napětí SELV (ochrana malým napětím)

ČSN EN 61140

- **Normální** – suchá, izolovaná místa, která svou podstatou zabraňují úrazu el. proudem → dětský pokoj
- **Nebezpečné** – vlhké, horké, hrozí nebezpečí úrazu el. proudem → koupelna, kuchyň
- **Zvlášť nebezpečné** – mokré s extrémní korozní aktivitou → vlhké sklepy, studny, jeskyně, kovové nádrže

Prostory	při dotyku částí (při obsluze)	Bezpečná napětí (V)
Normální	Živých	25
	Neživých	50
Nebezpečné	Živých	25
	Neživých	50
Zvlášť nebezpečné	Živých	-
	Neživých	12

# 2. Střídavý proud v praxi

## 2.2 Třífázová soustava střídavého proudu

### Účinky elektrického proudu na lidský organismus

Lidské tělo obsahuje průměrně 60–70 % vody.



- Oba druhy způsobují rozklad krve, svalové křeče (neschopnost okysličovat organismus, zástava dýchání) a popáleniny.
- Střídavý proud navíc způsobuje tzv. „fibrilaci srdce“.  
frekvence sítě = 50 Hz = 50 s<sup>-1</sup>  
frekvence srdce = 70 min<sup>-1</sup> = 1,2 s<sup>-1</sup>  
Snaha bít rychlostí 50 tepů za sekundu = **nefunguje jako pumpa!**
- Střídavý proud je nebezpečnější. Tkáně namáhá změna polarity.

0,5 až 1 mA	práh vnímání elektrického proudu, krátkodobě příjemný pocit
1 až 8 mA	podráždění v nervech – bolest, stoupaní krevního tlaku
6 až 15 mA	způsobuje nervosvalovou křeč, mez uvolnění – člověk se již nemůže vlastní vůlí z obvodu vymanit
25 mA	nervosvalová křeč dýchacího svalstva
60 mA	chvění srdeční komory (fibrilace), přechodná zástava srdce
nad 80 mA	zpravidla trvalá zástava srdce

### Max. bezpečný proud

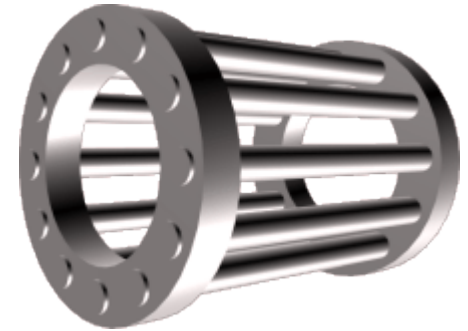
- stejnosměrný – **10 mA**
- střídavý – **3,5 mA**

# 2. Střídavý proud v praxi

## 2.3 Elektromotor na střídavý proud

### Točivé magnetické pole

- rotor – permanentní magnet (malé synchr.m.), elektromagnet (větší synchr.m.) nebo kotva nakrátko (asynchr.m.)
- stator – 3 cívky, ve kterých vzniká v dutině statoru tzv. **točivé magnetické pole** → vektor  $B$  se otáčí s frekvencí  $f$



### Synchronní a asynchronní elektromotor

- **elektromotor** – mění elektrickou energii na mechanickou
- princip – **pohyb vodiče s proudem v magnetickém poli statoru**
- **Synchronní elektromotor** – rotor se otáčí s frekvencí točivého magnetického pole  
→ elektromobily, motory s velkým výkonem a konstantními otáčkami, krokové motory, CD-ROM, hračky
- **Asynchronní elektromotor** – otáčky motoru nižší než je frekvence točivého pole, velikost proudu se mění podle zatížení  
→ cirkulárka, pračka, gramofony, ventilátory, ledničky, vrtačky



# 2. Střídavý proud v praxi

## 2.3 Elektromotor na střídavý proud

### Moderní diskový synchronní elektromotor

- využití: elektromobily





## 2. Střídavý proud v praxi

### 2.3 Elektromotor na střídavý proud

#### Asynchronní elektromotor



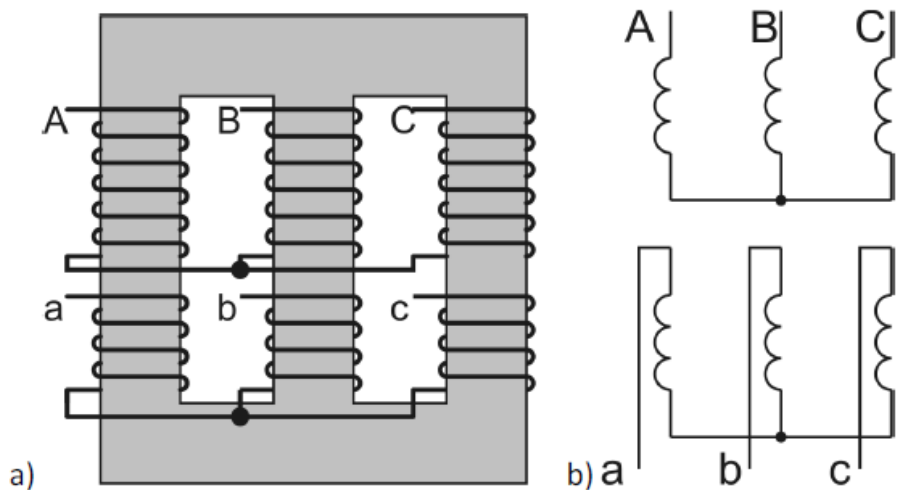


# 2. Střídavý proud v praxi

## 2.4 Transformátor

### Třífázový transformátor

- trojice cívek v primárním i sekundárním obvodu
- využití – energetika, výrobní sektor



### Ztráty při přenosu – Jouleovo teplo

$$Q_J = RI^2t$$

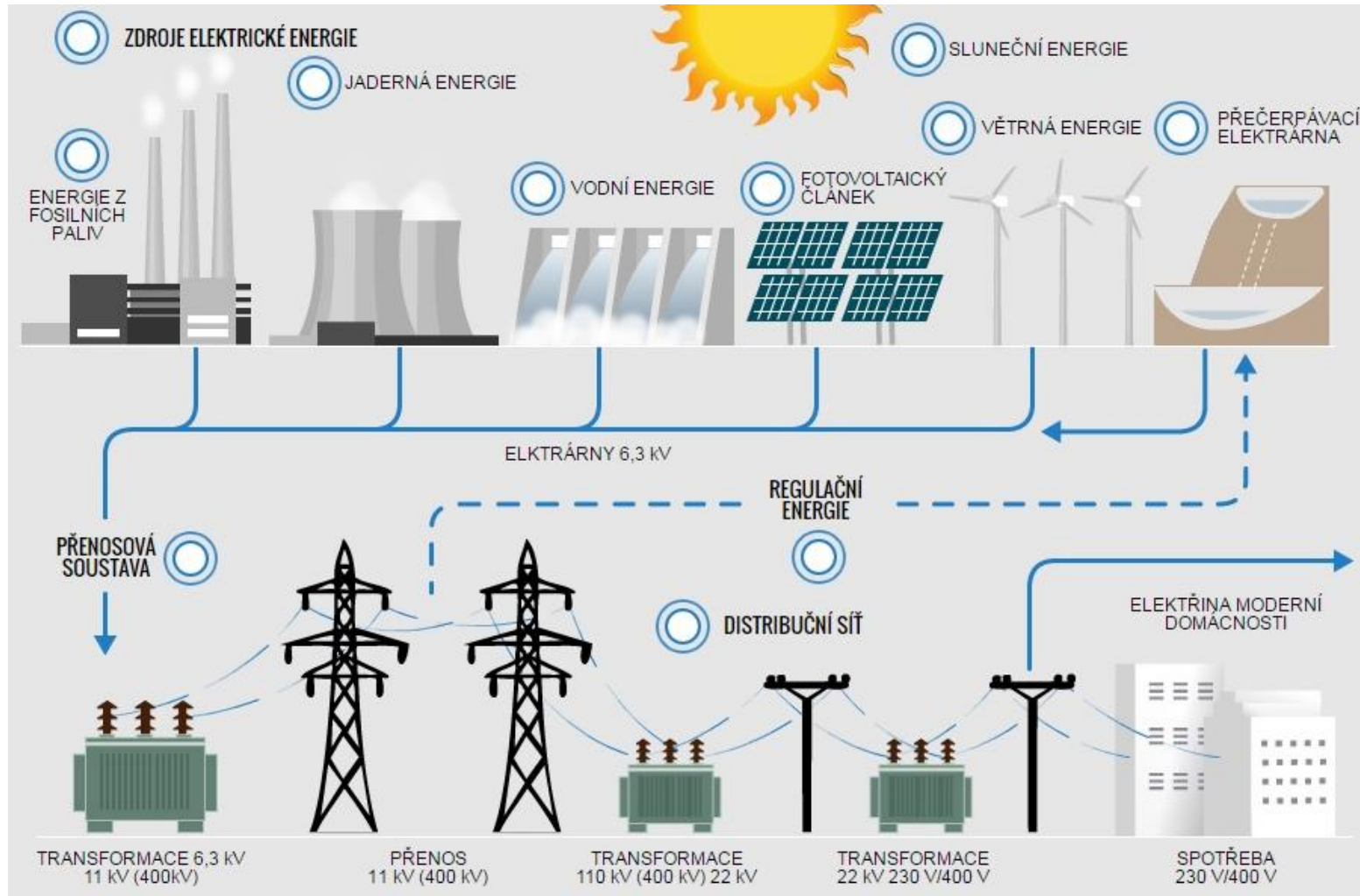
- při transformaci dochází ke ztrátám energie vlivem tepla, vířivých proudů, periodického přemagnetování jádra
- ztráty omezíme malým proudem a vysokým napětím



# 2. Střídavý proud v praxi

## 2.5 Přenos elektrické energie

### Přenosové schéma

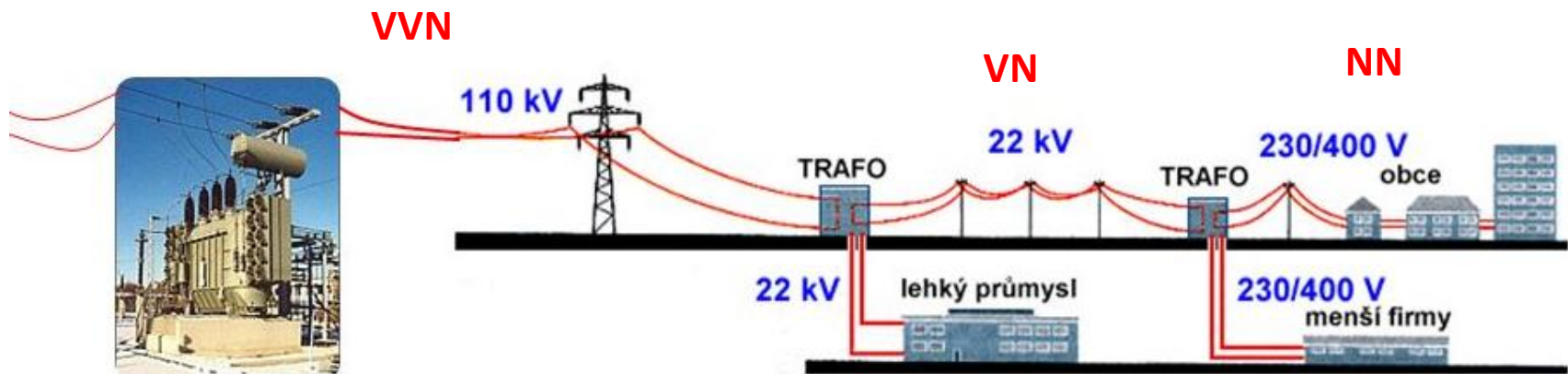
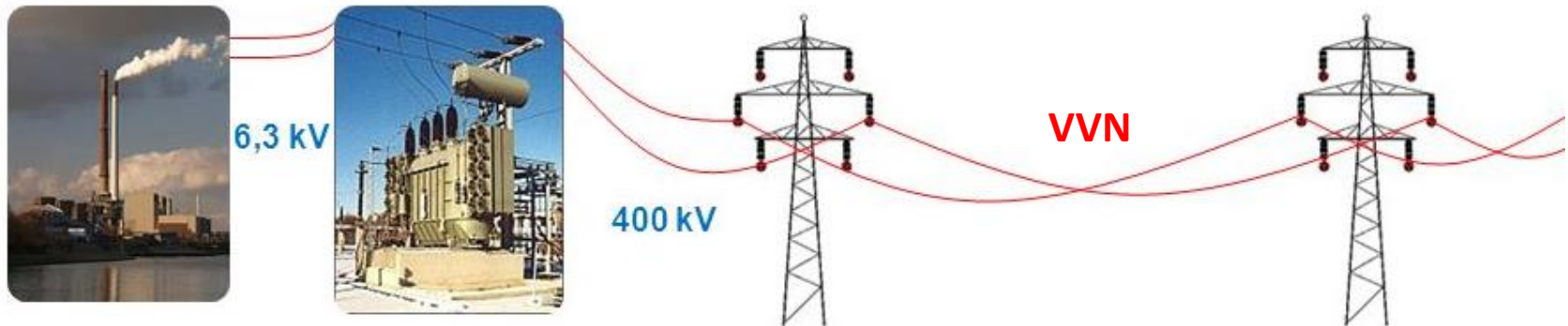




# 2. Střídavý proud v praxi

## 2.5 Přenos elektrické energie

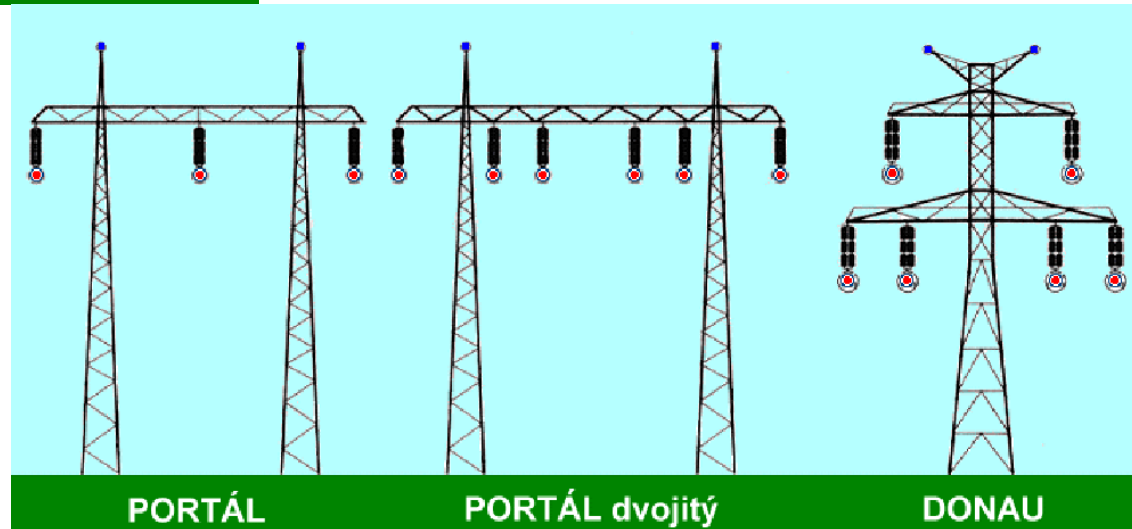
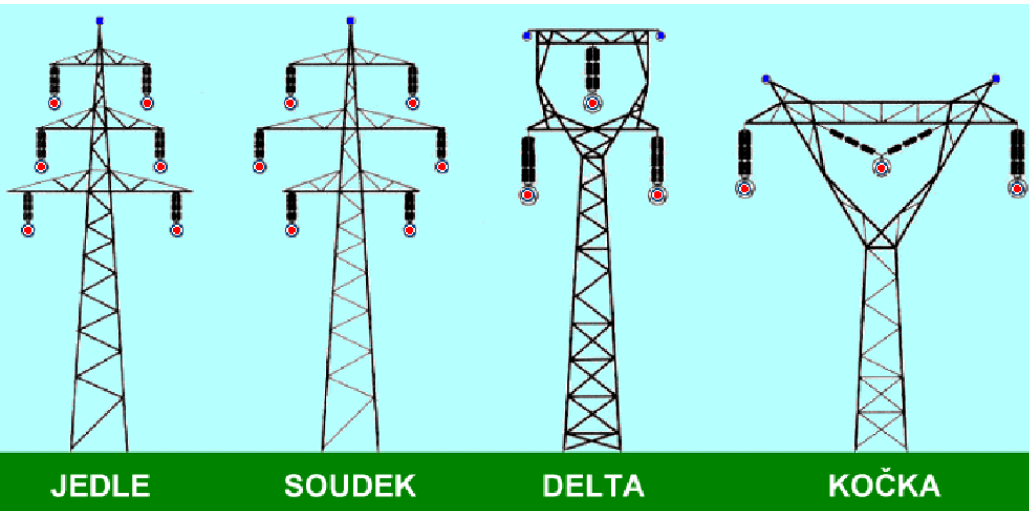
Dálkový přenos energie zajišťuje přenosová síť vedení **velmi vysokého napětí**.



# 2. Střídavý proud v praxi

## 2.5 Přenos elektrické energie

### Poezie stožárů VVN



# 2. Střídavý proud v praxi

## 2.5 Přenos elektrické energie

### Městské rozvodny



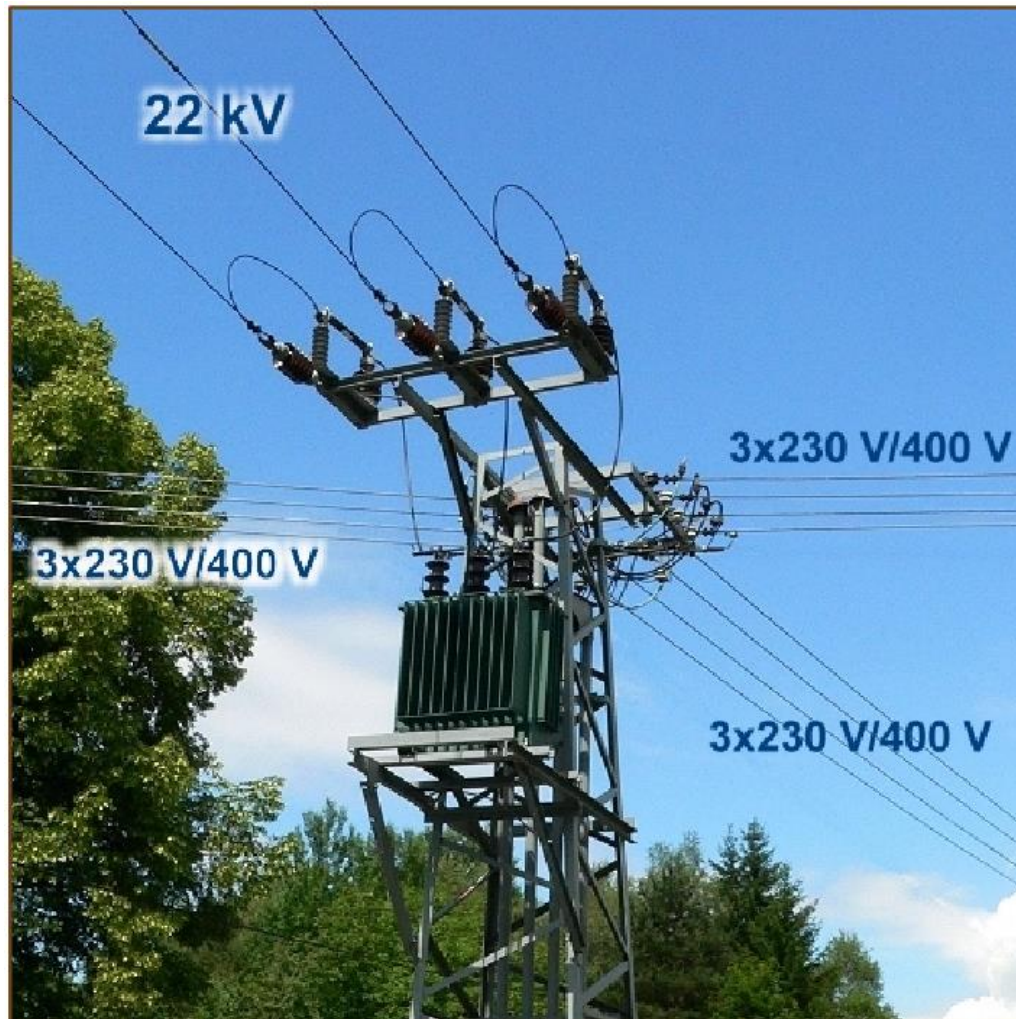
Městská transformátorová stanice s trojfázovými transformátory, ze které se do městských čtvrtí rozvádí vysoké napětí 22 kV



# 2. Střídavý proud v praxi

## 2.5 Přenos elektrické energie

### Obecní transformátory





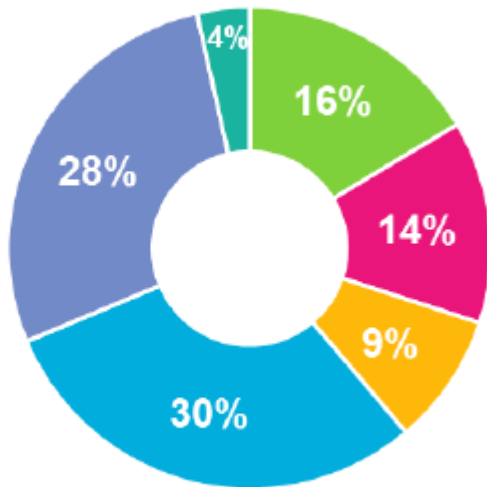
# 2. Střídavý proud v praxi

## 2.5 Přenos elektrické energie

### Procentuální rozložení výroby energie v EU a ve světě

Podíl jednotlivých paliv na produkci primární energie v EU (v %, 2017)

- Pevná paliva
- Zemní plyn
- Ropa
- OZE
- Jádro
- ostatní

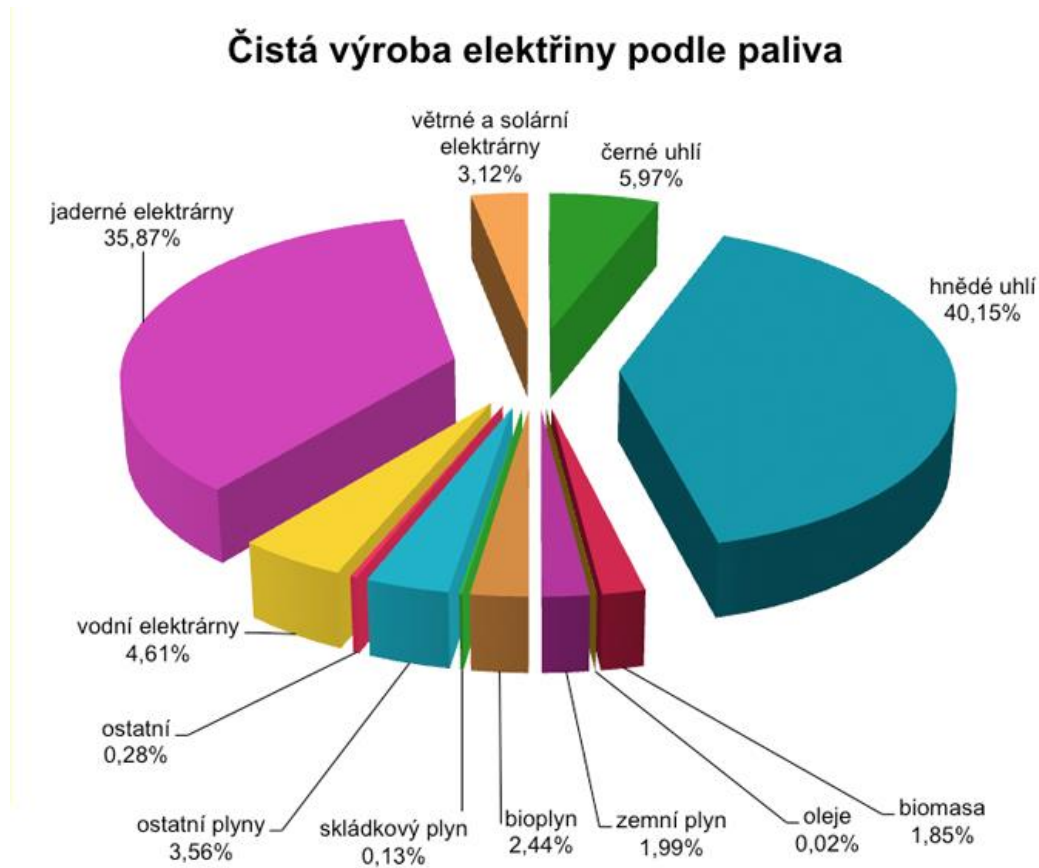


Zdroj: Eurostat

# 2. Střídavý proud v praxi

## 2.5 Přenos elektrické energie

### Procentuální rozložení výroby energie v ČR v roce 2013

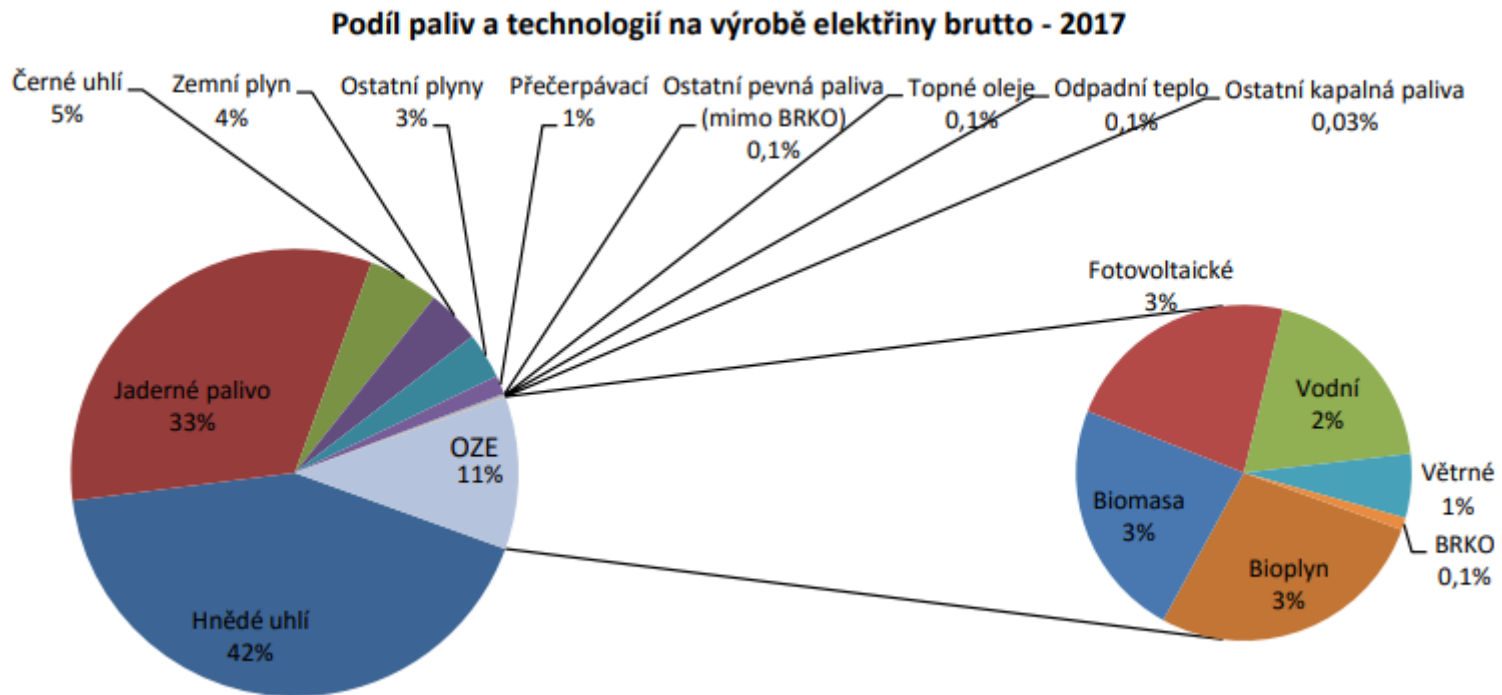


Zdroj: ERÚ, data z roku 2013, graf: Elektřina.cz

# 2. Střídavý proud v praxi

## 2.5 Přenos elektrické energie

### Procentuální rozložení výroby energie v ČR v roce 2017



#### Pokles

- černé uhlí z 6 % na 5%
- jádro z 36 % na 33 %
- vodní z 5 % na 2 %

#### Růst

- hnědé uhlí ze 40 % na 42 %
- zemní plyn ze 2 % na 4%
- větrné a solární ze 3 % na 4 %
- biomasa, bioplyn ze 4 % na 6 %