Výroba a užití elektrické energie

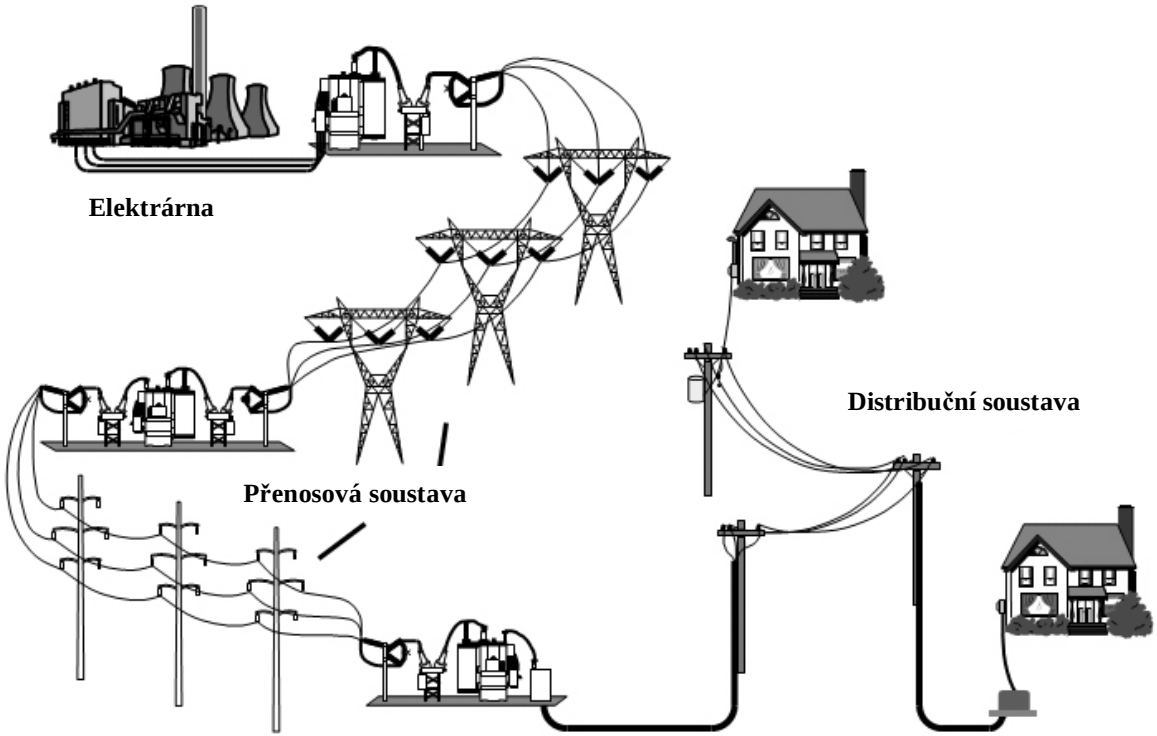
Úvod do energetiky

Úvod

- **Literatura**
  - **Brauner J., Šindler Z.: Elektrická část elektráren, VŠB Ostrava 1987**
  - **Dočekal A., Bouček S.: Elektrárny II, ČVUT Praha 1995**
  - **Barabas K.: Jaderné elektrárny, ČVUT v Praze, 1985**
  - **Krejčí P.: Cvičení z elektroenergetiky, VŠB-TU Ostrava 2003**

Úvod

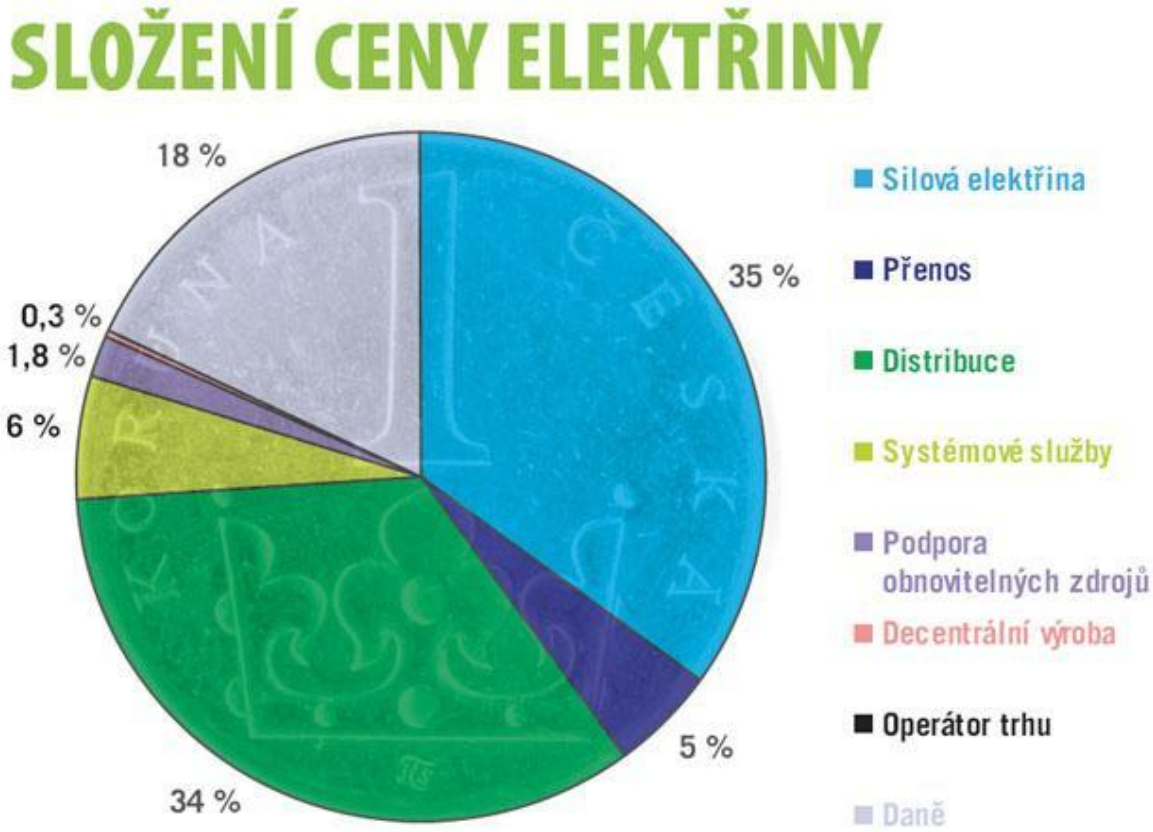
- **Elektrizační soustava**



Úvod

- **Legislativní rámec**
  - **Evropská energetická charta - spolupráce v energetice**
  - **Směrnice Evropského parlamentu 2003/54/ES pravidla trhu s elektřinou**
  - **Energetický zákon 458/2000 - podnikání v energetice, unbundling , ERÚ, OTE a SEI**
  - **Zákon o hospodaření energií 406/2000 - státní energetické koncepce, snížení energetické náročnosti, trvale udržitelný rozvoj**
  - **Klimaticko-energetický balíček EU - do 2020 EU zvýší podíl OZ na spotřebě energie na 20 % a emise škodlivých skleníkových plynů klesnou o pětinu**

Úvod


SLOŽENÍ CENY ELEKTŘINY
18 %
35 %
0,3 %
1,8 %
6 %
5 %
34 %
Silová elektřina
Přenos
Distribuce
Systémové služby
Podpora obnovitelných zdrojů
Decentrální výroba
Operátor trhu
Daně

Úvod

- **Elektrická energie je přechodnou formou energie**
- **Výroba elektrické energie je proces přeměny jiných forem energií na elektrickou**
- **Zvyšování životní úrovně - růst spotřeby**
  - **Globální problémy (životní prostředí, cena)**
  - **Hrozí vyčerpání klasických zdrojů**
  - **Nutnost efektivnějšího využívání**

Vlastnosti elektrické energie

- **Přednosti**
  - **Dá se vyrobit z jiných forem přeměnou s dobrou účinností a požadovaném množství**
  - **Nezastupitelná pro přenos zpráv, zpracování dat a osvětlení**
  - **Dá se využít pro chemické, mechanické a tepelné procesy**
  - **Nezpůsobuje ekologické problémy**
  - **Umožňuje využít přírodní i odpadní zdroje**
  - **Dobře se měří (možná kontrola jakosti) a reguluje (i dálkově)**
  - **Snadná přeprava (pokud jsou přenosové cesty)**

Vlastnosti elektrické energie

- **Nevýhody**
  - **Nedá se skladovat (výroba = spotřeba)**
  - **Je vázaná na přenosové cesty**
  - **Výroba může způsobovat ekologické problémy**
  - **Elektrárny a přenosové cesty jsou drahé**
  - **Přechodové jevy - nutná automatizace a ochrana**
  - **Snadná dostupnost vede k plýtvání**
  - **Bez signalizace se nezjistí stav pod napětím**
  - **Nebezpečí úrazu a smrti**

Zdroje energie

- **Primární energetické zdroje**
  - **Obnovitelné**
  - **Neobnovitelné**
  - **Energie hmoty**
- **Obnovitelné zdroje - prakticky nevyčerpatelná**
  - **Energie vody**
  - **Energie větru**
  - **Energie mořských vln**
  - **Energie slunečního záření**
  - **Energie biomasy**

Zdroje energie

- **Neobnovitelné zdroje**
  - **Pevná paliva**
  - **Ropa**
  - **Zemní plyn**
  - **Přírodní uran**

Zdroje energie

Staré zásoby	Sluneční zářivý tok	
	Nepřímá solární energetika	Přímá solární energetika
Fosilní paliva	Energie vody	Pasivní systémy
Jaderná paliva	Energie větru	Aktivní systémy
Vodík	Biomasa	
Geotermální energie		
Chemické látky		

Zdroje energie

Energetický potenciál různých zdrojů energie v přepočtu na tuny měrného paliva (tmp)

Energetický zdroj	tmp
1 t černého uhlí	1
1 t ropy	1,48
1 t lignitu	0,3 - 0,5
1 t rašeliny	0,2 - 0,3
1 t geotermální páry z gejzírů	0,1
1 t vody padající z výšky 1 000 m	0,003
Sluneční energie (Rakousko) 1 m^2 . rok	0,1
Potenciální energie 1 t těžké vody (D_2O) při využití v termojaderném reaktoru	20 000 000
Využití 1 t uranu v lehkovodním reaktoru	20 000 - 29 000
Využití 1 t paliva MOX v lehkovodním reaktoru	33 000
Využití 1 t paliva MOX v rychlém množivém reaktoru	890 000
Využití 1 t uranu v rychlém množivém reaktoru	1 800 000
1 t thoria	300 t uranu

tmp = 1 t černého uhlí o výhřevnosti 29,3 MJ/kg (7 000 kcal/kg)

palivo MOX = směs oxidů uranu a plutonia získaných při přepracování vyhořelého paliva

Historie

- **1866 Siemens - vynález dynama**
- **1873 Přenos ss proudem nn**
- **1882 Přenos ss proudem vn**
- **1882 Osvětleno Staroměstské náměstí v Praze obloukovými lampami (Křižík)**
- **1884 Stejnosměrná elektrárna Praha Žižkov**
- **1886 Tesla - objev točivého magnetického pole**

Historie

- **1887 Jabločkov - vynález transformátoru**
- **1888 Dolivo-Dobrovolskij - vynález asynchronního motoru**
- **1891 Přenos 3f st proudem**
- **1899 Střídavá elektrárna Praha Holešovice**
- **1981 První 500 MW blok v ČSSR, Mělník III**

Trendy

- **Hlavními prvotními zdroji pro výrobu v ČR byly, jsou a budou uhlí a jaderné palivo**
- **ČR nemá významné zásoby ropy a zemního plynu**
- **Do úvahy přicházení sluneční energie, spalování biomasy a větrné elektrárny, ale jen několik % celkové spotřeby**
- **Zákon o ochraně ovzduší = od 1999 splněny emisní podmínky**
- **Většina odsíření - mokrá vápencová vypírka (snížení účinnosti bloků 0,3 - 1 %)**

Trendy

- **Celková čistá spotřeba elektřiny v ČR v roce 2007 byla 60 TWh**
- **Výroba elektřiny v ČR v letech 2006-07**

	Výroba (TWh) (brutto)		Změna (%)
	2007	2006	
Spalováním uhlí	54,047	49,955	8,2
Jaderné elektrárny	26,172	26,047	0,5
Spalováním zemního plynu, bioplynu a ostatních plynů	3,873	3,825	1,3
Vodní elektrárny	2,524	3,257	-22,5
Spalováním biomasy	0,985	0,729	35,1
Větrné elektrárny	0,125	0,049	155,1
Ostatní	0,472	0,499	-0,05
Celková hrubá výroba elektřiny	88,198	84,361	4,5

Trendy

- **Instalovaný výkon v ČR byl v roce 2007 17,5 GW**
- **Instalovaný výkon v ČR v letech 2006-07**

	2006	2007
PE	61,1	60,6
PPE + PSE	4,6	4,6
VE	12,4	12,4
JE	21,5	21,4
AE	0,4	1
Suma ČR	100	100
z toho ČEZ	69,4	69,2
Instalovaný výkon [MWe]	17 507,60	17 561,00

Trendy

- **Volba nových zdrojů musí vycházet z**
  - **účinnosti nových technologií (bloky asi 350 MW s účinností 46 %**
  - **pořizovacích nákladů**
  - **variabilních nákladů (palivo)**
- **V ČR bude palivem**
  - **hnědé (optimalizovaná těžba) a černé uhlí**
  - **omezený import černého uhlí**
  - **jaderné palivo**
  - **importovaný zemní plyn**

Trendy

- **Fluidní kotle nesplnily očekávání - budou se stavět klasické práškové kotle s odsířením metodou mokré vápencové vypírky**
- **Př: P_N = 350 MW, nadkritické parametry páry (280 bar, 585 °C), zlepšené vakuum kondenzátoru na 96 %, zvýšení termodynamické účinnosti turbíny regenerativním ohřevem napájecí vody až na 300 °C, jedna elektronapaječka, teplota plynných spalin za kotlem 115 °C,**

Základní pojmy

- **Energetická soustava - souhrn zařízení pro výrobu energie, rozvod a obsluhu**
- **Elektrizační soustava - část energetické soustavy se zařízením pro výrobu, přenos a rozvod elektrické energie**
- **Výkon - časově nezávislá veličina**
- **Zatížení - mění se od 0 - P_{max}**

Základní pojmy

- **Jmenovitý výkon - největší výkon, který může být trvale dodáván při dodržení jmenovitých hodnot svých parametrů. Na něj jsou stroje navrhovány, ale nemusí při něm být dosaženo nejlepších parametrů**
- **Maximální výkon, kterým lze zařízení po určitou dobu zatížit (přetížit)**
- **Optimální - výkon, při němž zařízení dosahuje nejvyšší účinnosti**
- **Technické minimum - nejmenší výkon, při kterém ještě nedojde k poškození zařízení**
- **Instalovaný - je roven součtu jmenovitých výkonů všech zařízení**
- **Dosažitelný - výkon při chodu všech strojů**
- **Pohotový - nejvyšší dostupný činný výkon, který vychází z provozních podmínek a je dán aktuálními podmínkami – technickými důvody**
- **Čtvrthodinový výkon - aritmetický průměr za 15 minut**

Základní pojmy

- **Záloha**
  - **Točící se (okamžitá) - součet rozdílů mezi okamžitým a jmenovitým výkonem všech zařízení. Reakce 5 až 30 s. Je aktivována PR.**
  - **Teplá (minutová) - kotel v chodu. Reakce do 15 min.**
  - **Studená (hodinová) - stroje v klidu. Reakce 1 až 5 h**
- **Vlastní spotřeba elektrárny**
  - **Množství spotřebované el. energie elektrárnou při technologickém procesu bez uvažování ztrát.**
  - **Součinitel VS**
    - **jaderné 15%**
    - **tepelné 10%**
    - **vodní (nejméně)**

$$k_{VS} = \frac{A_{VS}}{A_{SV}} \cdot 100$$

Základní pojmy

- **Doba využití instalovaného výkonu - vliv na výrobní náklady elektřiny**

$$T_i = \frac{A_{SV}}{P_i}$$

- **Účinnost – základní bilance energetických zařízení**

$$\sum P_{vstup} = \sum P_{využ} + \sum P_{ztrát} \qquad 1 = \frac{\sum P_{využ}}{\sum P_{vstup}} + \frac{\sum P_{ztrát}}{\sum P_{vstup}} \qquad 1 = h - \sum x \quad \Rightarrow \quad h = 1 - \sum x$$

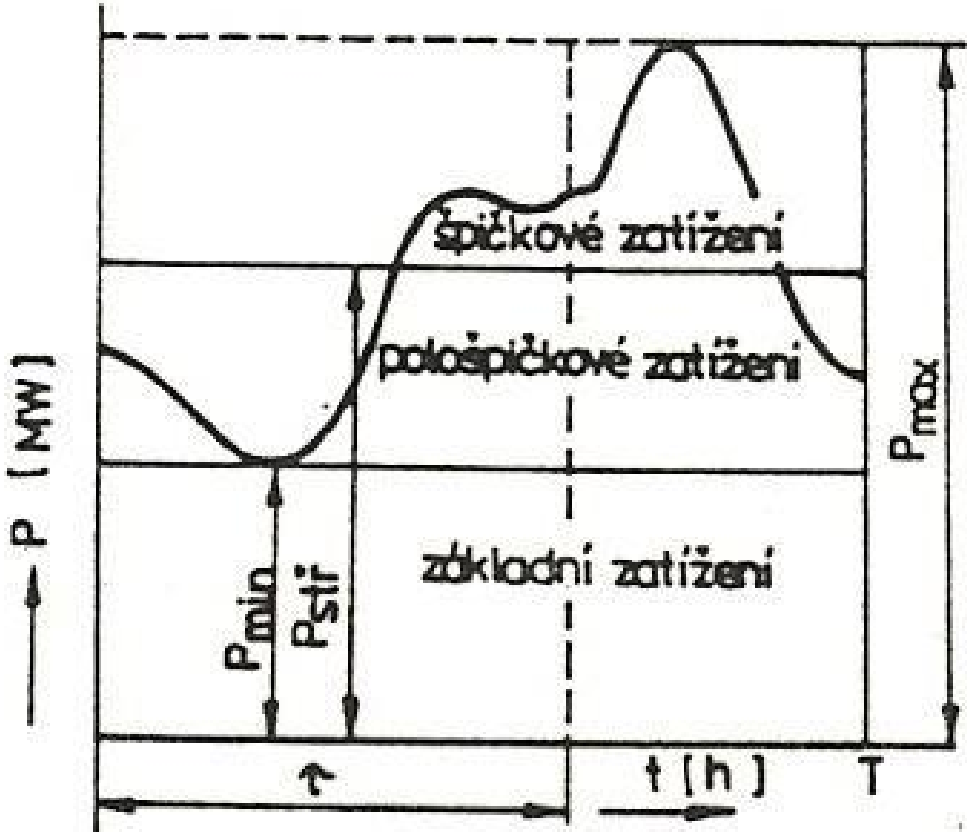
  - η **- účinnost energetického systému**
  - $\Sigma\xi$ **- suma poměrných energetických ztrát systému**

Základní pojmy

- **Diagram zatížení (výkon v čase)**
  - **Sledované období - denní (24 h), týdenní (168 h), měsíční (720 h) a roční (8760 h)**
  - **Způsob vytvoření - okamžité hodnoty, okamžité hodnoty v časových intervalech a průměrné hodnoty za časový úsek**

Základní pojmy

- **Denní diagram zatížení**



Základní pojmy

- **Množství energie - úměrné ploše diagramu**

$$W = \int_0^T P(t)\,dt$$

- **Maximální zatížení - maximální příkon odebíraný nepřetržitě po dobu 15 minut za sledované období**
- **Střední zatížení - průměrný příkon ve sledovaném období, kterým bychom odebrali stejné množství energie**

$$P_{str} = \frac{\int_0^T P(t)\,dt}{T}$$

Základní pojmy

- **Minimální zatížení - minimální příkon odebíraný nepřetržitě po dobu 15 minut za sledované období**
- **Základní zatížení - oblast diagramu pod minimálním zatížením**
- **Pološpičkové zatížení - oblast diagramu mezi minimálním a středním zatížením**
- **Špičkové zatížení - oblast diagramu nad středním zatížením**
- **Doba využití maxima - čas, za který bychom při odebíraném Pmax odebrali energii jako při časově proměnném odběru v daném období**

$$P_{max}.\tau = \int_0^T P(t)\,dt \Rightarrow \tau = \frac{\int_0^T P(t)\,dt}{P_{max}} \leq T$$

Základní pojmy

- **Doba plných ztrát - čas, za který maximální odebíraný proud způsobí stejné ztráty jako časově proměnný proud ve sledovaném období**

$$R.I_{max}^2.\tau_Z = \int_0^T R.I(t)^2\,dt \Rightarrow \tau_Z = \frac{\int_0^T I(t)^2(dt)}{I_{max}^2} = \frac{\int_0^T P(t)^2 dt}{P_{max}^2}$$

- **Náročnost ß - poměr maximálního příkonu k instalovanému příkonu**

$$\beta = \frac{P_{max}}{P_i} \leq 1$$

- **Soudobost δ - nesoudobost maxima různých připojených zařízení. Výsledné maximum je menší než součet maxim jednotlivých zařízení:**

$$P_{Cmax} = \delta.\sum_{k=1}^{n} P_{nmax} \qquad \delta < 1$$