

13. VÝROBA A ROZVOD ELEKTRICKÉ ENERGIE

13.1. Úvod

13.2. Rozvod elektrické energie

13.3. Energetická soustava

13.4. Výroba elektrické energie

Ing. Václav Kolář

Květen 2000,

poslední úprava - červenec 2005

13.1 Úvod

Elektrická energie patří v současné době mezi nejpoužívanější zdroje energie (možná vůbec nejpoužívanější). Oproti jiným druhům energie má určité výhody i nevýhody, viz. níže, ale výhody většinou převažují.

V ČR se vyrábí a v energetických sítích přenáší elektrický výkon přibližně 10 GW.

13.2 Rozvod elektrické energie

13.2.1 Výhody a nevýhody elektrické energie

výhody - snadný transport
- snadno se mění na jiné druhy energie (světlo, teplo, motory)

nevýhody - nelze skladovat (nebo jen obtížně, akumulátory, přečerpávací elektrárny)
- vliv na lidský organismus
- malá účinnost výroby v převažujících tepelných elektrárnách (okolo 30 %)

13.2.2 Ztráty na vedení

Na vedení vznikají ztráty a úbytky napětí, asi 10 % energie se ztratí při přenosu. Je žádoucí, aby ztráty byly co nejmenší.

výkon přenášený vedením $P \sim U \cdot I$ U - napětí soustavy I - protékající proud
ztráty na vedení $\Delta P \sim R \cdot I^2$ R - odpor vedení

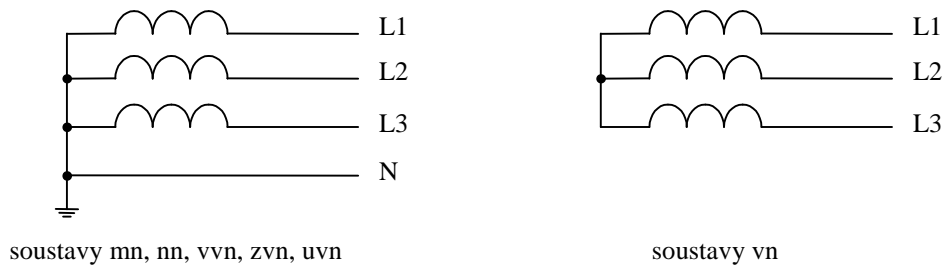
Je nutné používat velké průřezy vodičů (menší odpor), nebo s výhodou používat pro přenos vyšší napětí (nižší proudy a tím ztráty). Proto se na přenos energie na větší vzdálenost používá vysoké a velmi vysoké napětí.

13.2.3 Napětí rozvodných soustav

Pro přenos energie se používají různé hladiny napětí, podle norem jsou rozděleny takto:

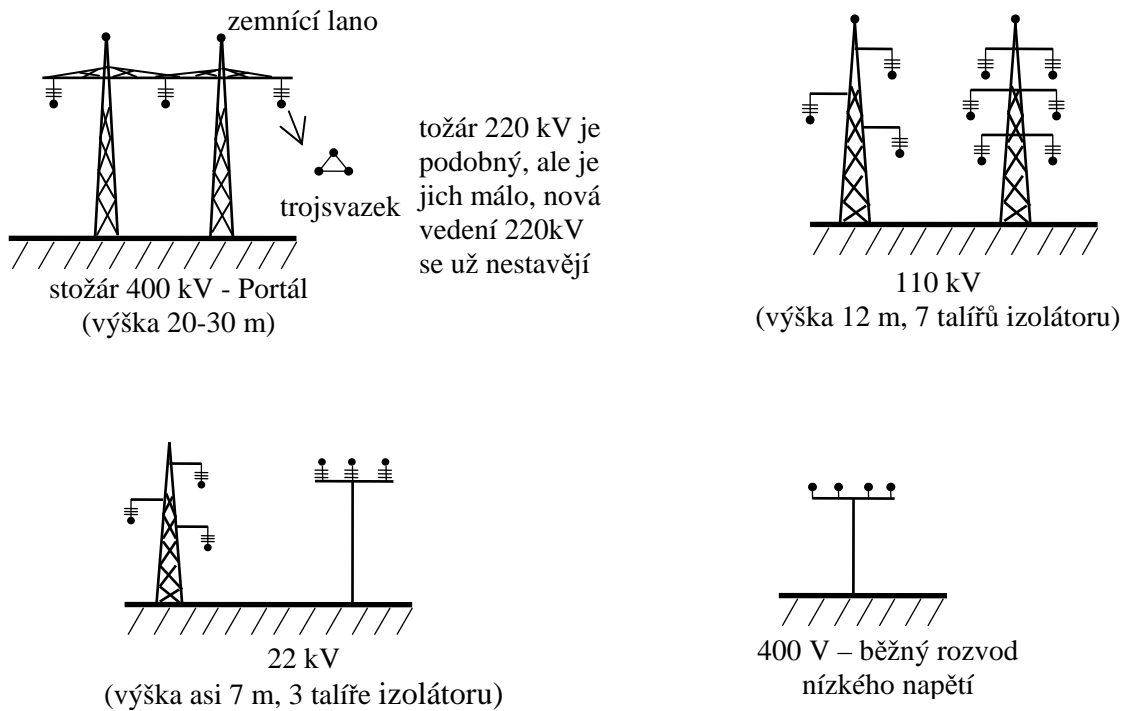
označení	název	Jmenovité napětí			
		v uzemněné soustavě		v izolované soust.	používaná napětí (sdružená)
		vodič proti zemi	mezi vodiči	mezi vodiči	
mn	malé napětí	50V~, 120V=	50V~, 120V=	50V~, 120V=	12, 24, 48 V
nn	nízké napětí	600V~, 1500V=	1000V~, 1500V=	1000V~, 1500V=	400, 500, 1000 V
vn	vysoké napětí	30kV~, >1.5kV =	52kV~, >1.5kV =	52kV~, >1.5kV =	6, 10, 22 kV
vvv	velmi vys. n.	171kV	300kV	300kV	110, 220 kV
zv	zvlášť vys. n.		800kV		400 kV
uv	ultra vys. n.		> 800kV		v ČR není

Zdrojem pro soustavu bývá transformátor, s uzemněným nebo izolovaným uzlem obr. 1.



Obr. 1. Uzeměný a neuzeměný uzel napájecího transformátoru

Některé stožáry používané pro jednotlivá napětí jsou na obr. 2.

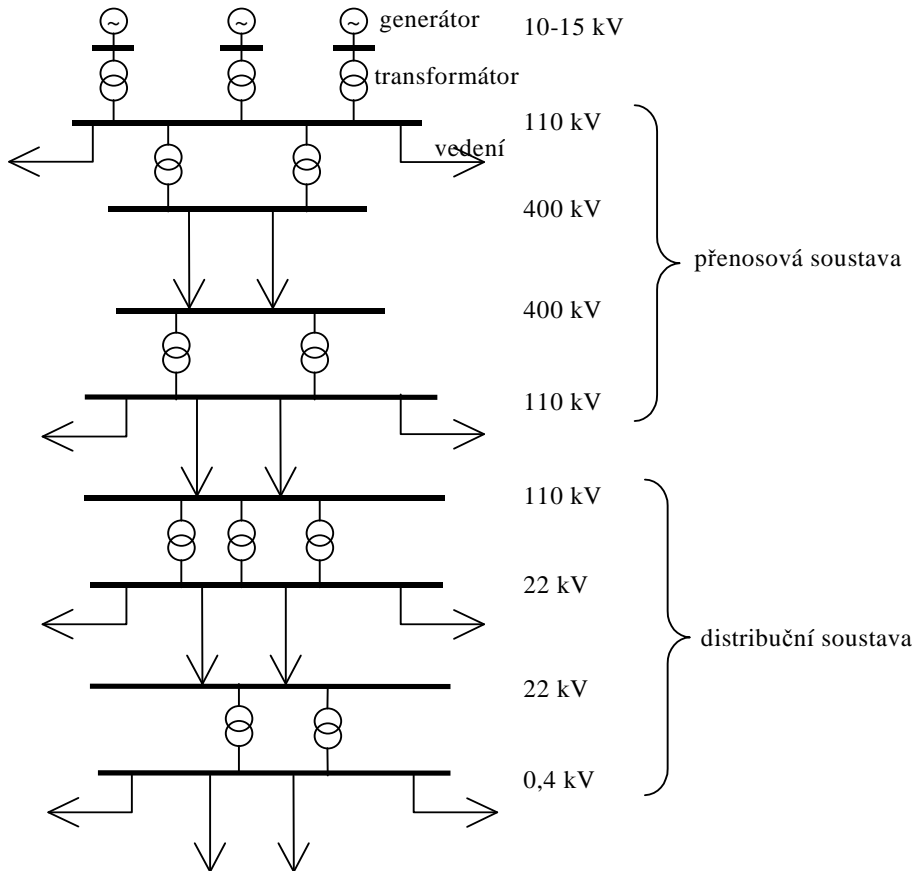


Obr. 2. Některé stožáry používané pro jednotlivé hladiny napětí
(pouze pro informaci, neučit z paměti)

Jako vodiče se používají AlFe lana. Jádru je z ocelových drátů (Fe), obal z hliníkových drátů (Al) - dobrá vodivost + mechanická pevnost.

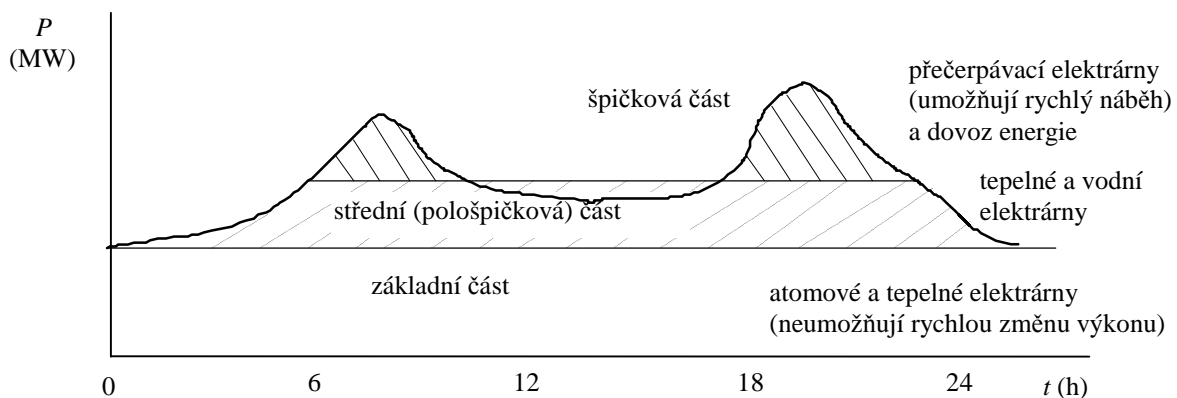
12.3 Energetická soustava

12.3.1 Náčrtek energetické soustavy z hlediska používaných napětí



Obr. 3. Náčrtek energetické soustavy z hlediska používaných napětí

12.3.2 Denní diagram spotřeby el. energie



Obr. 4. Denní diagram spotřeby elektrické energie

V noci je spotřeba energie menší, v ranních a odpoledních hodinách většinou vznikají špičky. Základní část diagramu pokrývají velké tepelné a jaderné elektrárny (jejich výkon nelze rychle měnit a není to ani vhodné) střední (pološpičkovou) část pokrývají menší tepelné a vodní elektrárny. Špičky pokrývají vodní a přečerpávací elektrárny (umožňují rychlý rozběh a regulaci), případně dovoz energie. (Díky časovému posunu mezi časovými pásmy nevznikají ve všech zemích

špičky současně, proto lze jejich vykrytí řešit částečně dovozem a vývozem energie. Nevýhodou je pak nutnost přenosu energie na velké vzdálenosti.)

12.4. Výroba elektrické energie

Elektrická energie se vyrábí v elektrárnách.

Podle primární energie dělíme elektrárny na:

- tepelné - energie paliva, uhlí, plynu, nafty
- jaderné - energie uvolněná při štěpení jader uranu
- vodní - potenciální energie vody
- nekonvenční - větrné, geotermální (teplo země, na Islandu), příliv a odliv, vlnění mořské hladiny, sluneční.

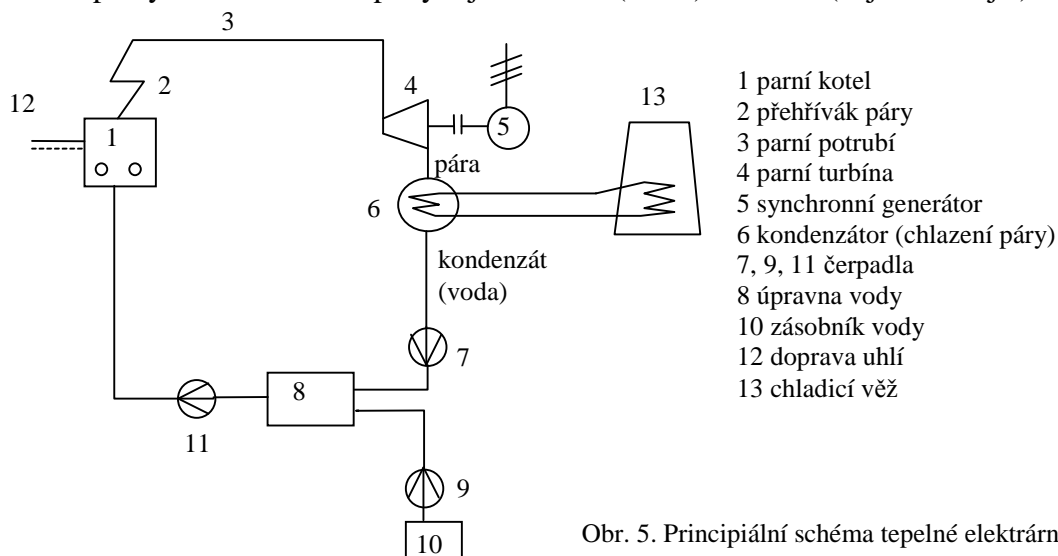
12.4.1 Tepelné elektrárny (uhelné)

V kotli se spaluje uhlí, tím se zahřívá voda, poté co se přemění v páru, se tato dále zahřívá. Pro dobrou účinnost je žádoucí, aby teplota a tlak páry byly co nejvyšší. Pára pak otáčí parní turbínou a ta pohání synchronní generátor (s otáčkami 1500 nebo 3000 za minutu). Z turbíny vystupuje pára z nižším tlakem a teplotou, ale nesmí se v ní vyskytovat kapičky vody (poškodily by turbínu).

V kondenzátoru (výměník tepla) pára odevzdá zbytek tepelné energie chladicí vodě a zkapalní, chladicí voda se následně zchladí v chladicí věži. U tepelných (i jaderných) elektráren se často využívá část odpadního tepla k vytápění (např. měst).

V úpravně vody se voda čistí, případně doplňuje a pak jde znovu do kotle.

Účinnost tepelných elektráren se pohybuje od 25 % (starší) do 45 % (nejmodernější).



Obr. 5. Principiální schéma tepelné elektrárny

Rozdělení do okruhů (technologických celků)

- Elektrický okruh (nejméně problémový)

generátor a transformátor, výkon generátoru desítky až stovky MW (Mělník 500 MW), napětí 10-15 kV.

- Okruh uhlí

sklad uhlí, pásové dopravníky, drcení uhlí na uhelný prach a foukání prachu do topeniště

Na vyrobení jedné kwh se spotřebuje přibližně 1 kg uhlí, elektrárna 100 MW za den spotřebuje 2400t. Z toho plynou problémy s dopravou a skládkami.

- Okruh škváry a popela

1 kg uhlí = 0,7 kg plynů + 0,3 kg škváry a popela

(elektrostatické filtry)

nutnost odplavovat odpad do kaliště, jsou to obrovská množství.

- Okruh kouřových plynů

Elektrárna 100 MW vyprodukuje za hodinu 70 t plynů
nejhorší je oxid siřičitý SO_2 (1,7 %), to je 28,56 t/hodinu.
Nutnost budovat nákladná odsiřovací zařízení.

- Okruh vody a páry

Parametry páry na výstupu z přehříváku 500°C , 10MPa.
1 kwh = 4 kg vody, voda se musí upravovat kvůli kotelnímu kameni

Největší tepelné elektrárny u nás (v roce 2003): (pouze pro informaci)

- Dětmarovice 4 x 200 MW (4 bloky po 200 MW, v provozu ale nemusí být vždy všechny).
- Chvaletice 4 x 200 MW
- Ledvice 1 x 100 MW + 2 x 110 MW + 1 x 200 MW
- Mělník 4 x 100 MW + 1 x 500 MW
- Počerady 5 x 200 MW
- Pruněřov 4 x 100 MW + 5 x 210 MW
- Tisová 172 MW + 100 MW
- Tušimice 4 x 200 MW

12.4.2 Jaderné elektrárny

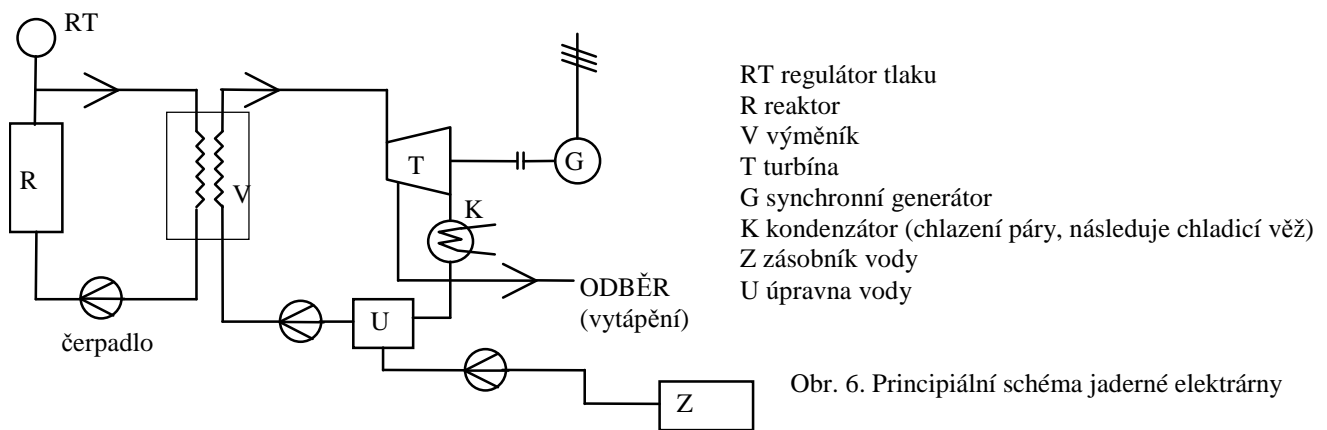
Princip je podobný jako u tepelných, jen pro získávání tepla se používá energie vzniklá při štěpení uranu.

U nás (a většinou i ve světě) se používají takzvané reaktory VVER, vodo - vodní energetický reaktor.

Palivem je uran $^{235}_{92}\text{U}$ v přírodním uranu je ho 0,71%, 99,28% přírodního uranu tvoří $^{238}_{92}\text{U}$. Proto je nutno v uranu zvýšit koncentraci $^{235}_{92}\text{U}$ takzvaným obohacováním.

V reaktoru dochází ke štěpení atomů uranu $^{235}_{92}\text{U}$, při němž vzniká velké množství tepla. Teplo zahřívá vodu v takzvaném primárním okruhu, tam nesmí dojít k přeměně v páru, proto je teplota na výstupu reaktoru menší než teplota páry na výstupu kotle uhelné elektrárny. Ve výměníku předá voda tepelnou energii vodě v sekundárním okruhu, ta má nižší tlak a proto se přemění v páru. Dále je princip podobný jako u tepelné elektrárny.

Elektrárna v Dukovanech má výkon 4 x 440 MW elektrických,
Temelín 2 x 1000 MW. Tepelný výkon reaktoru je zhruba 3x vyšší.



Bezpečnost a ekologická rizika:

- Problém ohrožení reaktoru v případě zastavení odvodu tepla, proto musí být čerpadla zálohována.
- Nemůže vybuchnout jako atomová bomba, pouze jako parní kotel s únikem radioaktivity, při havárii by došlo k roztavení aktivní zóny reaktoru a tím k zastavení štěpné reakce.
- U jaderných elektráren je problém s vyhořelým palivem a radioaktivní vodou, v Dukovanech je mezisklad, poločas rozpadu jaderného odpadu jsou stovky až tisíce let.
- Problém s likvidací reaktoru po skončení životnosti (plánovaná životnost je asi 25 let).

12.4.3 Vodní elektrárny

Vodní elektrárny mohou být buď na přehradě, nebo s derivačním kanálem. V ČR jsou velké vodní elektrárny pouze na přehradách.

- Vodní elektrárny na přehradách

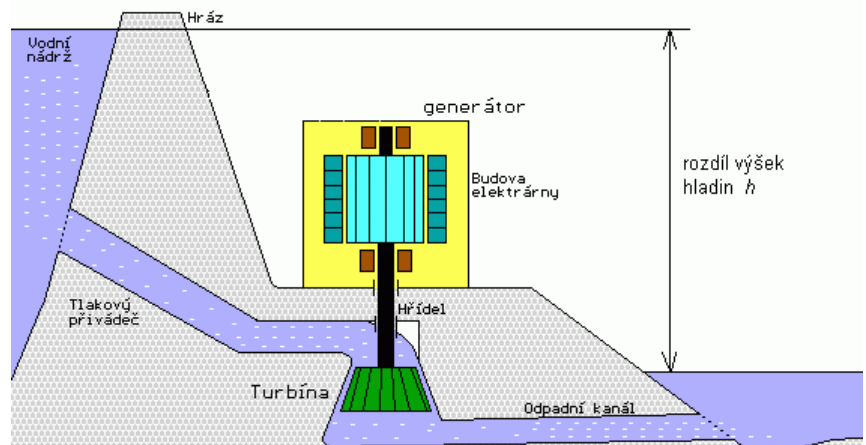
Přehradní nádrž zadržuje vodu, mezi hladinou vody v nádrži a hladinou odtékající vody pod přehradou je spád (h), voda vytéká pod tlakem a pohání turbínu. Viz. obr. 7.

výkon $P \sim Q \cdot h$

Q - průtok vody (m^3/s)

h - spád (m)

Vodní turbína pohání hydrogenerátor (synchronní generátor s vyniklými póly, pomaloběžný, třeba 100 ot/min). Používají se turbíny Peltonova, Francisova, často Kaplanova (má natáčivé lopatky a dobrou účinnost).



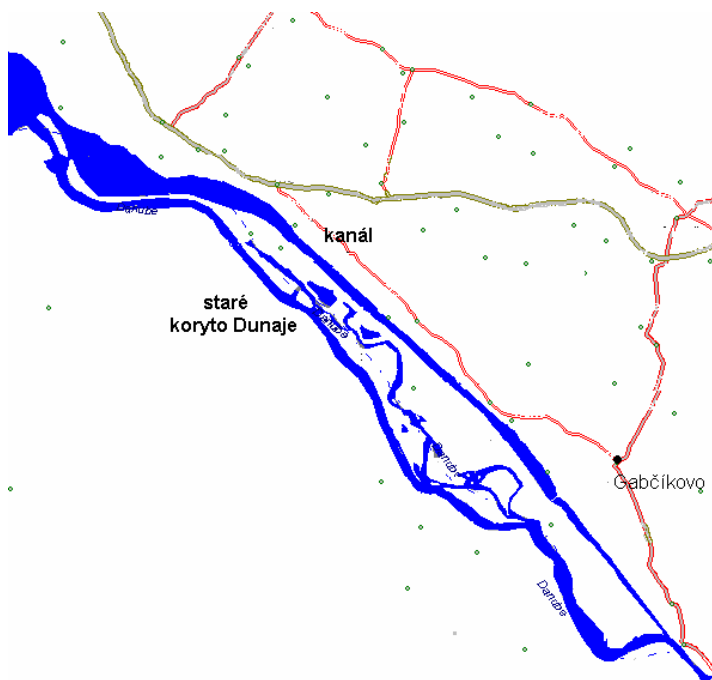
Obr. 7. Návrh vodní elektrárny na přehradě

Některé české vodní elektrárny:

Slapy výkon 3 x 48 MW průtok $300 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Orlík výkon 4 x 91 MW průtok $600 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Vodní elektrárny se používají jako špičkové (v době špiček spotřeby), najedou na plný výkon během několika desítek sekund.



- Vodní elektrárny s derivačním kanálem
 Např. v Gabčíkovu. Postavil se kanál jako boční rameno s velmi malým spádem a v místě jeho vyústění do řeky vznikl rozdíl výšek. V tomto místě je umístěna turbína.

Obr. 8. Mapka vodní elektrárny Gabčíkovo

- Přečerpávací elektrárny

Mají dvě nádrže, dolní a horní, v době přebytku el. energie v síti (většinou v noci) čerpají vodu z dolní nádrže do horní, v době špiček fungují jako elektrárny. Voda se pouští z horní nádrže do dolní přes turbínu a vyrábí se energie. V podstatě slouží k akumulaci energie. Účinnost akumulace je kolem 70%.

V ČR jsou dvě velké přečerpávací elektrárny, Dalešice (4 x 112,5 MW) a Dlouhé stráně (2 x 325 MW).

Použitá literatura:

- [1] Balák R., Pauza J., Elektroenergetika pro 4. ročník SPŠ elektrotechnických, SNTL 1983
- [2] webové stránky společnosti ČEZ (www.cez.cz)