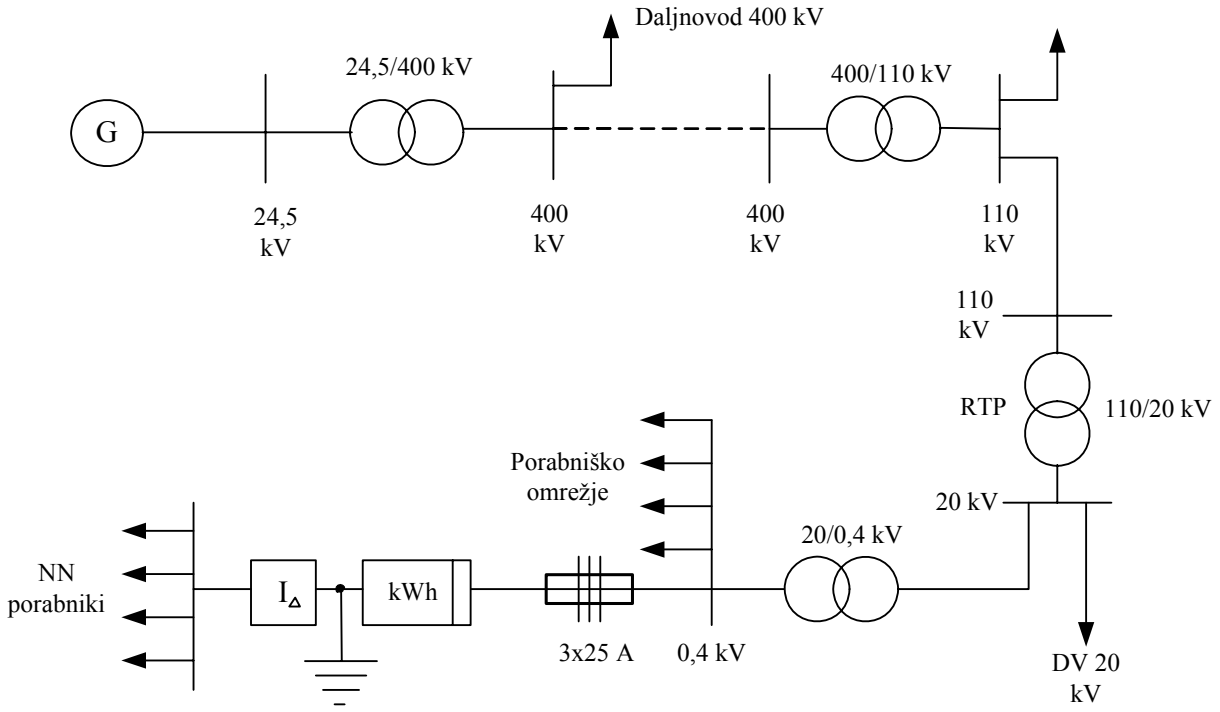
1. ELEKTRARNE

1. 1. Osnove proizvodnje, prenosa in razdelitve električne energije

Srce vsakega elektroenergetskega sistema je elektrarna. Naloga elektrarne je, da surovo (primarno) obliko energije v naravi pretvori v sekundarno – električno obliko energije. Tudi električna energija ima samo prehodno obliko energije in jo v končnih porabnikih (svetilke, štedilniki, elektromotorji…) pretvorimo v toplotno, svetlo, mehansko… obliko energije.
Potovanje energije od izvora do končnih porabnikov je prikazana na naslednji sliki:



Slika 1: Shema proizvodnje, prenosa, delitve in uporabe električne energije

V elektrarni imamo tri glavne elemente:
- pogonski stroj – turbino,
- generator in
- transformator.

Turbina in generator skupaj tvorita agregat. Turbine so po izvedbi zelo različne, odvisno od tega, kakšen vir jih poganja (voda, para ali plin). Generatorji večjih elektrarn so v večini sinhronski, pri manjših elektrarna, npr. malih hidroelektrarnah pa srečamo tudi cenejše, a po izkoristku slabše asinhronske generatorje.

Slika 2: Primer vodne – Kaplanove turbine

Slika 3: Primer povezave turbine z generatorjem - agregat

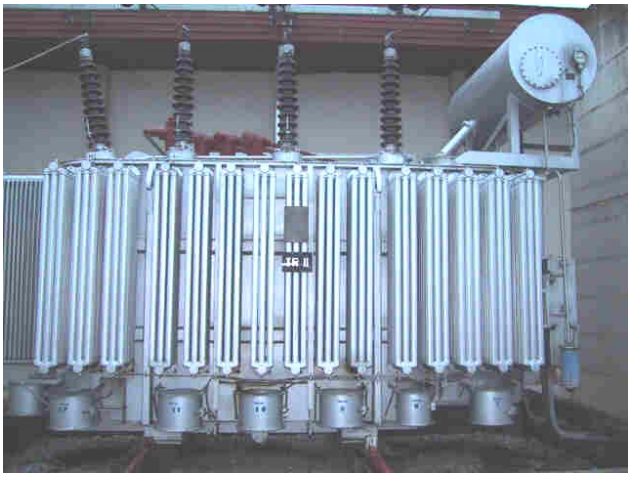
Na pragu elektrarne imamo transformatorsko postajo - stikališče, kjer transformator kot osnovni stroj zviša napetost, ki jo proizvaja generator. Generatorji so običajno grajeni za napetosti od 5 do 31,5 kV, kar pa je premalo za kasnejši prenos energije na velike razdalje. Z večjo napetostjo namreč zmanjšamo prenosne izgube, ki pa še vedno znašajo okoli 4 %.

Slika 4: Primer stikališča v NE Krško

Od praga elektrarne naprej vodijo visokonapetostni daljnovodi (v Sloveniji so to 110, 220 ali 400 kV daljnovodi), ki povezujejo elektroenergetsko celotno državo, prav tako pa je možno preko stikalnih povezav prodajati ali kupovati električno energijo od vseh sosednjih držav.

Slika 5: Primer 750 kV daljnovoda

Ob večjih naseljih, mestih in industrijskih conah želimo iz elektroenergetskega sistema črpati potrebno količino električne energije. To nam omogočajo razdelilne transformatorske postaje (RTP), ki izvedejo transformacijo iz visokonapetostnega nivoja (110, 220 ali 400 kV) na srednjenapetostni nivo (10, 20 in včasih tudi 35 kV).



Slika 6: Transformator v RTP Velenje, 110/20 kV, 20 MVA

Od tu naprej se pot elektroenergetskega sistema nadaljuje proti končni transformatorski postaji, kjer se izvede transformacija napetosti iz 10, 20 ali 35 kV na 400 V medfazne omrežne napetosti. Končne transformatorske postaje so tiste, ki jih poznamo iz neposredne bližine našega doma. Lahko so locirane na drogu (jamborska izvedba), na podeželju pa zelo pogosto srečamo stolpno izvedbo, mestne transformatorske postaje pa poznamo kot:

- klasično zidane,
- montažne,
- v obstoječih objektih (kleti blokov),
- podzemne.

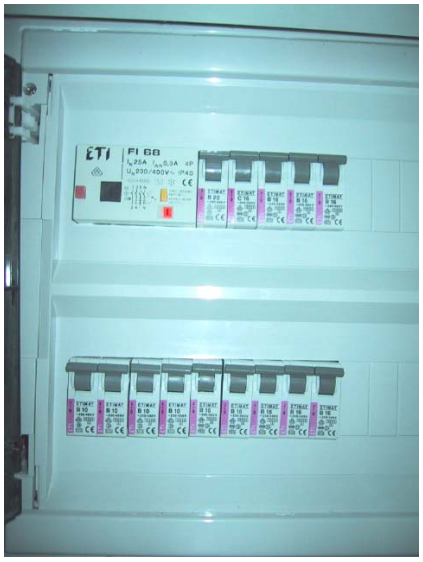
Slika 7: Stolpna izvedba podeželske transformatorske postaje

Na nivoju medfazne napetosti 400 V, ki jo dobimo iz končne transformatorske postaje, se pot elektroenergetskega sistema nadaljuje proti končnim porabnikom – hišnim priključkom. Hišni priključek je razdeljen na dva dela:

- zunanji hišni priključek, ki pomeni povezavo elektroenergetskega sistema s kabelsko priključno omarico (locirana v fasadnem zidu stanovanjskega objekta) in
- notranji hišni priključek, ki je povezan s kabelsko priključno omarico in notranjim razdelilcem v stanovanjskem objektu.

Zaključek celotne poti predstavljajo električni porabniki: svetilke, elektromotorji, grelno - hladilna telesa…

Predmet električni stroji in naprave obravnava v bistvu celotno pot električne energije. Poudarek je na spoznavanju izvedb in osnovne slike delovanja trasformatorjev, elektromotorjev, generatorjev in najpomembnejših elementov znotraj elektroenergetskega sistema.



Sliki 8: Kabelska priključna omarica (levo) in notranji razdelilnik (desno)

1. 2. Delitev elektrarn

Elektrarne delimo po več kriterijih:

1. Po vrsti toka:
   - enosmerne (zelo redke izvedbe, ki so se pojavljale predvsem na začetku uporabe električnega toka)
   - izmenične (pojavile so se kasneje, danes pa so v glavnem vsi generatorji izmenični)

2. Po velikosti:
   - mini elektrarne (poznamo jih predvsem kot alternativne oblike energije in jih v glavnem postavljajo zasebniki)
   - industrijske (mnoga podjetja so se odločila za izgradnjo svojih elektrarn, v večini so to male hidrolelektrarne)
   - državne (to so elektrarne, ki so največje in tudi najbolj prepoznavne: NE Krško, TE Šoštanj, Dravske elektrarne…)

3. Po vrsti pogona:
   - hidroelektrarne:
     - pretočne in
     - akumulacijske
   - termoelektrarne na:
     - fosilna (trda goriva)
     - jedrsko gorivo
     - tekoča goriva (nafta)
     - plinska goriva
   - vetrne elektrarne
   - sončne elektrarne

1. 3. Hidroelektrarne

Njihova glavna prednost je, da izkoriščajo obnovljive vire energije in ne onesnažujejo okolja, čeprav čisto brez okoliških vplivov tudi niso. Močno so odvisne od vremena oziroma padavin. Poznamo več vrst rek, ki močno vplivajo na končno moč HE in sam način gradnje:

- ledeniške reke (veliko vode poleti in malo pozimi - Drava),
- deževne mediteranske reke (veliko vode pozimi),
- snežne reke (veliko vode spomladi) in
- hudourniške reke (veliko vode ob nalivih).

Na moč HE vplivata dva bistvena dejavnika; to sta neto padec vode H (m) in pretok Q (m^3/s):

$$\boxed{P = 9{,}81 \cdot Q \cdot H \cdot \eta_a} \qquad \text{(kW)}$$

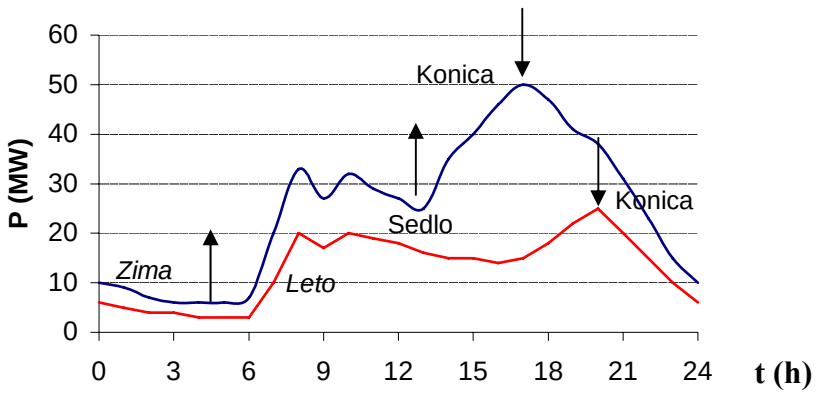
η_a – izkoristek agregata

Vse vrste HE v grobem razdelimo v dve veliki skupini:

- ***pretočne hidroelektrarne*** (sproti izkoriščajo dotok vode, pri čemer dnevnih in tedenskih akumulacij ne štejemo k akumulacijam) in
- ***akumulacijske hidroelektrarne*** (imajo akumulacijski bazen, akumulirano vodo pa trošimo za kritje ***konic*** obremenitve).

Kaj pomeni konica obremenitve?

Vsakomur je znano, da se količina porabljene električne energije ne troši enakomerno v nekem časovnem obdobju – npr. v teku dneva. Pa tudi dnevi, tedni, meseci, leta se med seboj razlikujejo. Oblika slovenskega dnevnega diagrama je zelo primerljiva z državami v naši okolici in odraža naš način življenja v smislu porabe električne energije. Iz diagrama je tudi možno razbrati, zakaj se je v preteklosti začela porajati ideja, da bi del proizvodnje prestavili na kasnejši čas. Ideja ni toliko zaživela v sami proizvodnji, kot v administrativnih službah, trgovine, javni uradi… V zvezi s tem poznamo tudi pojem cenejšega in dražjega dnevnega toka oz. strokovno povedano visoke in nizke tarife.



Slika 9: Dnevni diagram obremenitve za letni oz. zimski čas

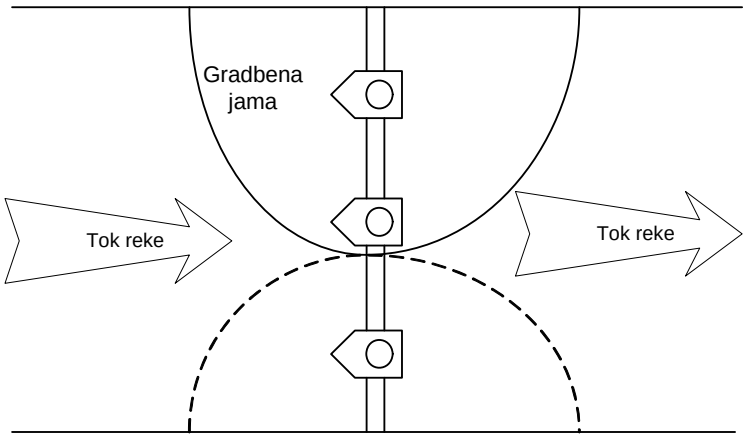
Za slovenski diagram je značilno, da imamo najvišjo konico v večernih urah, drugo konico pa dopoldne. Sedlo obtežbe se nahaja v nočnih urah in kratek čas – zelo odvisno od sezone v popoldanskem času.

Diagram, ki ima izrazita sedla in konice za elektroenergetski sistem ni dober. Elektrarne morajo obratovati tudi z zelo različnimi obremenitvami in s tem dovolj prilagodljivo, da takšne potrebe pokrijejo. S tarifnimi postavkami (cenami) si prizadevamo, da bi ta diagram čim bolj izravnali.

1. 3 .1. Pretočne hidroelektrarne

Z ozirom na način gradnje delimo pretočne hidroelektrarne na:

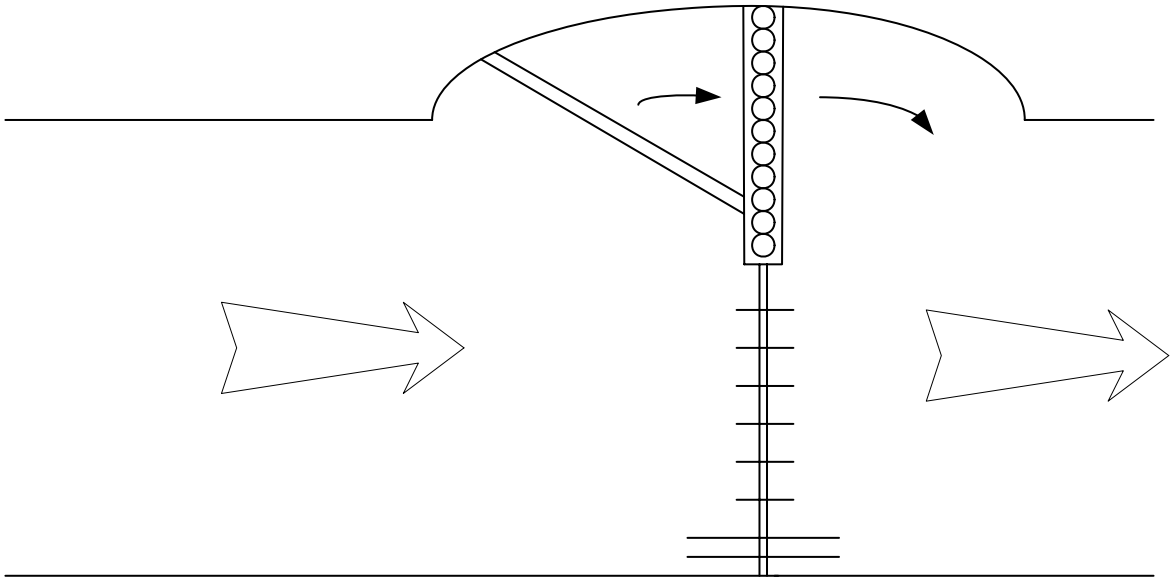
- ***pretočne elektrarne stebrskega tipa***



Slika 10: Izgled in postopek izgradnje pretočne elektrarne steberskega tipa

Za ta tip elektrarn je značilno, da so grajene v strugi reke in predstavljajo stebri že zgradbo, kjer ima prostor že ena majhna elektrarna. Presledki med večimi turbinskimi stebri so pretočna polja s sistemom zapornic, ki zapirajo pretok vodi, odvečno pa prepuščajo.

- ***obrežne elektrarne***

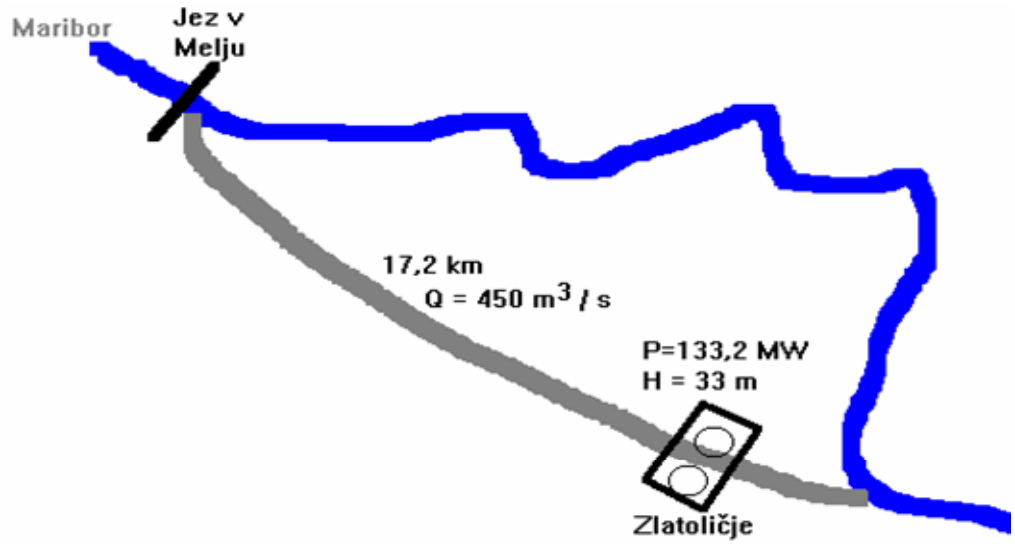


Slika 11: Izgled obrežne elektrarne s strojnico na enem bregu rek

To so elektrarne, ki jih gradijo na obrežju reke. Posebnost takšnih elektrarn je splavarnica, po kateri lahko plovejo ladje v obe smeri. Centralni strojnici sta ob bregovih reke (lahko samo na enem), v sredini pa so pretočna polja. Nekoč največja elektrarna v srednji Evropi in na Balkanu je bila HE Fala na Dravi (51,5 MW), potem pa je to mesto prevzela HE Đerdap (Srbija, Romunija) z

instalirano močjo 2136 MW. Danes so to elektrarno po inštalirani moči prehitele že mnoge druge (trenutno največja je Itaipu z 12.800 MW).

- ***kanalski (rokavski) tip hidroelektrarne***



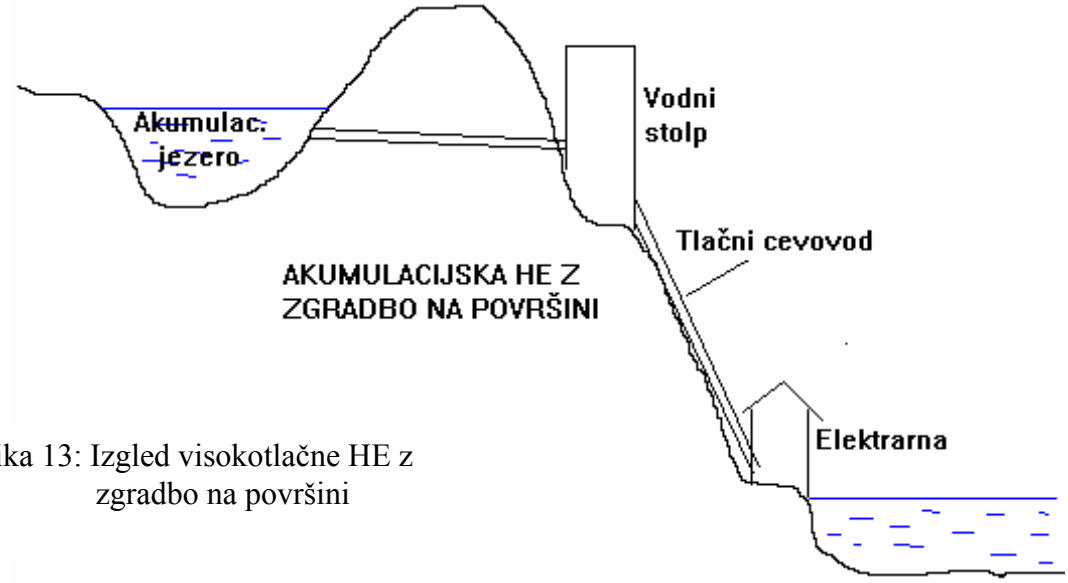
Slika 12: Izgled kanalske elektrarne

Naravna struga je rezultat korozijske sile reke in odpornosti tal, po katerih teče. Da zmanjšamo upornost, katero mora voda na poti premagovati, speljemo umetni kanal. Tla kanala naj bodo iz materiala, ki predstavlja najmanjše trenje za vodo. V strugi mora zaradi življenja v reki (biološki minimum) še vedno ostati nekaj vode.

1. 3 .2. Akumulacijske hidroelektrarne

Z ozirom na način gradnje delimo akumulacijske hidroelektrarne na:

- ***visokotlačna akumulacijska hidroelektrarna z zgradbo na površini***



Slika 13: Izgled visokotlačne HE z zgradbo na površini

Slika prikazuje izvedbo takšne hidroelektrarne, ki jih pri nas v Sloveniji poznamo zgolj kot male hidroelektrarne. So pa zelo pogosta izvedba kot večji hidroenergetski objekti v Švici in Avstriji.

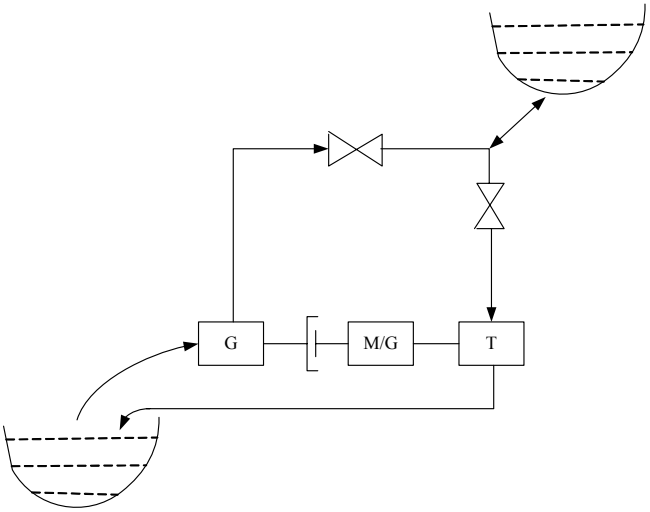
Ker poteka tlačni cevovod po površini pobočja, je izpostavljen tudi segrevanju oziroma dilatacijam zaradi segrevanja in ohlajanja. Zato morajo biti v vod vgrajeni posebni dilatacijski cevni kosi, ki te spremembe prestrežejo.

- ***kaverniški tip hidroelektrarne***

Ta tip AHE je zelo podoben predhodnemu, le da cevi ne potekajo po površini pobočja, ampak potekajo v skalnatih masivih oziroma votlinah - kavernah pod površino.
Akumulacijsko jezero ustvarimo tako, da z dolinsko pregrado zajezimo vodo do izbrane višine. Tlačni cevovod vodimo iz gradbenih razlogov skoraj vodoravno do vodnega stolpa, ki služi za prevzemanje pritiska v cevovodu. Od tu naprej teče tlačni cevovod navpično skozi votlino do strojnice, ki je prav tako v skalnatem masivu.
V Sloveniji imamo dve elektrarni tega tipa na reki Soči: to sta HE Plave in HE Doblar.

- ***prečrpovalne hidroelektrarne***

Prečrpovalne HE postajajo vse zanimivejši tip elektrarn. Nastajajo tam, kjer dovolj cenijo prednosti akumulacijskih hidroelektrarn, nimajo pa naravnih pogojev zanje in imajo na razpolago dovolj termo energije. Ker morajo termoelektrarne in nuklearne elektrarne obratovati vsaj z minimalno obremenitvijo, se dogaja, da imajo v času nizkih obremenitev (ponoči) energetske viške, ki so izgubljeni, pa še kvarno vplivajo. Ker pa se pojavlja tokom dneva tudi obdobje visokih obremenitev (konic), torej čas, ko električne energije primanjkuje, je seveda zanimivo, kako omenjene viške električne energije prestaviti v obdobje, kjer bi jih lahko koristno izrabili. To nam omogoča prečrpovalna HE.



V črpalnem obratovanju obratuje stroj kot sinhronski motor, ki preko sklopke poganja črpalko. V obdobju visokih obremenitev pa se sklopka odmakne in akumulirano vodo spustijo skozi turbino, ki poganja sedaj stroj kot generator. Prehod iz enega stanja v drugo je mogoč v času 2 minut.
Slabost prečpovalnih elektrarn je slab izkoristek, saj dobimo nazaj samo približno 2/3 vložene energije. Izkoristek prečrpovalne HE je razmeroma slab in znaša okrog 65 %.

Slika 14: Poenostavljena shema delovanja prečrpovalne HE

1. 4. Termoelektrarne

Cilj vsake države je, da bi imela dovolj električne energije in da bi le to pridobivali iz obnovljivih virov energije, ki bi čim manj vplivali škodljivo na okolje. Žal pa so naravne možnosti v večini omejene. Zato smo prisiljeni iskati neobnovljive energetske vire.
V TE pridobivamo energijo iz primarnih energetskih virov (premoga, nafte, zemeljskega plina in jedrskega goriva) preko toplotne in mehanske energije. TE se gradijo za potrebe kritja:

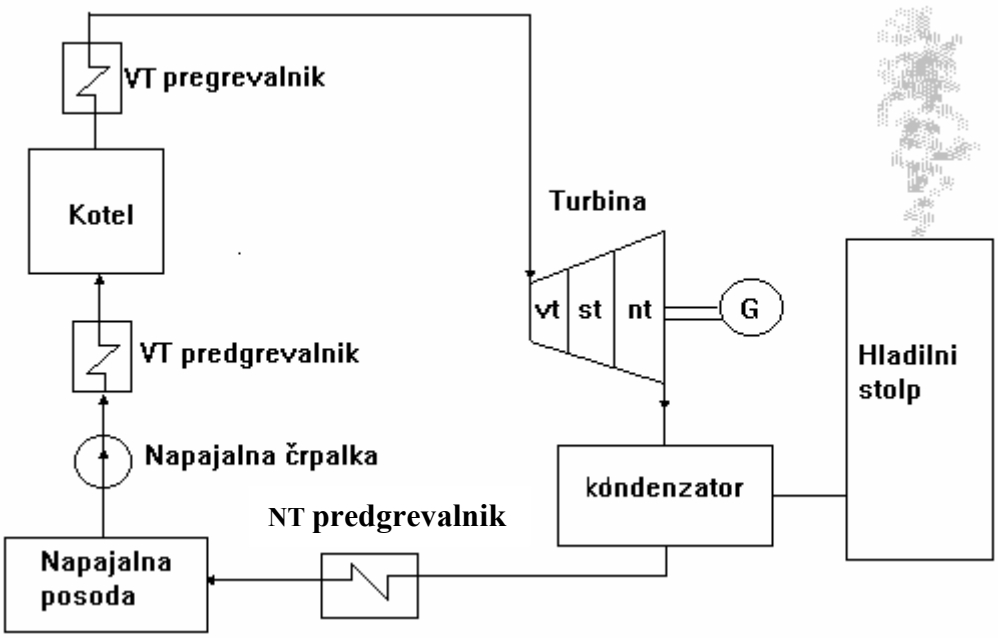
1. Osnovne obremenitve (veliko obratovalnih ur, izkoristek mora biti velik),
2. Sezonskega primankljaja (približno 3500 obratovalnih ur, izkoristek ne pride toliko do izraza, gradnja je cenejša) in
3. Konic (malo obratovalnih ur, izgube niso pomembne, uporabljajo predvsem odslužene TE).

Pri gradnji TE ima pomembno vlogo tudi lokacija. Imamo sledeče možnosti:

1. TE v središču konzuma (stroški za prenos el. energije so minimalni, so pa zato večji stroški s transportom premoga - odločilna je joulska vrednost premoga),
2. TE ob premogovniku (ta možnost je opravičena pri nizki joulski vrednosti premoga kot je npr. lignit),
3. TE ob reki (voda je potrebna za napajalni in hladilni krog).

1. 4. 1. Termoelektrarne na trda goriva

Toplotna shema TE:



Slika 15: Poenostavljena toplotna shema TE

Toplotni proces V TE se prične v napajalni posodi, kjer je približno 400 m^3 destilirane vode. To vodo preko predgrevalnika potiskata v kotel napajalna črpalka, ki mora imeti 100 % rezervo. V kotlu se pri 350 °C ta voda upari v mokro paro, ki jo posušimo v pregrevalniku. Suha para nadaljuje pot proti turbini, ki ima več stopenj zaradi zahtev po čim boljšem izkoristku. V turbini nastopi ekspanzija, para odda svojo energijo in zapusti turbino ter gre v kondenzator, kjer jo ohladimo preko hladilnega stolpa in od tam nadaljuje pot proti napajalni posodi, kjer se postopek ponovi.

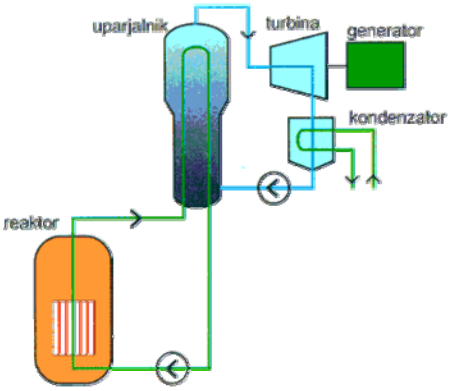
1. 4. 2. Nuklearne - jedrske elektrarne (NE)

Zaloge klasičnih goriv (premoga) so že nekaj časa zelo pičle, zato je bil človek prisiljen najti energetski vir bodočnosti. Jedro atoma, ki se ob kemični reakciji cepi, sprošča toliko energije, da se s tem sama po sebi nudi možnost, da tovrstne energije ne uporabljamo samo v vojaške namene, ampak tudi v civilne.

Tehniško razvitejše in ekonomsko močnejše države že od leta 1954 dalje gradijo jedrske elektrarne. Sedanja stopnja tehnološkega razvoja je jedrski reaktor kot pretvornik jedrske energije v toplotno z uparjanjem vode. Dejanska razlika med klasično termoelektrarno na trda goriva in jedrsko elektrarno je v tem, da imamo pri prvi kotel, v katerem zgoreva premog, pri jedrski elektrarni pa je namesto kotla jedrski reaktor, v katerem razpada jedrsko gorivo uran. Od tu naprej je elektrarna enaka klasični TE na trdo gorivo.

Slika 16: Izgled nuklearne elektrarne Krško

Princip pridobivanja toplotne energije temelji na cepitvi jeder radioaktivnih elementov. Takšen proces cepitve jedra je možen pri elementih s težjimi jedri, ki so nestabilna. Za take elemente pravimo, da so radioaktivni. Kot gorivo v jedrskih elektrarnah se je najbolj uveljavil Uran (U_{92}^{235} ali U_{92}^{238}). Gorivo uran ima neprimerljivo višjo energijsko vrednost, kot drugi energenti. Npr. 1 kg Urana nadomesti približno 3070 ton črnega premoga ali ena tabletka jedrskega goriva je enakovredna trem sodom nafte. Kot primer navajam podatek, da je moč na pragu elektrarne 632 MW, za kar je potrebno 48,6 ton goriva. Vsako leto ga zamenjajo eno tretjino, torej traja ciklus zamenjave tri leta.
Principi delovanja jedrskih reaktorjev so različni. Najbolj uveljavljen je lahkovodni tlačni reaktor (PWR) in takšen je tudi v NE Krško.



Slika 17: Poenostavljena shema delovanja nuklearne elektrarne

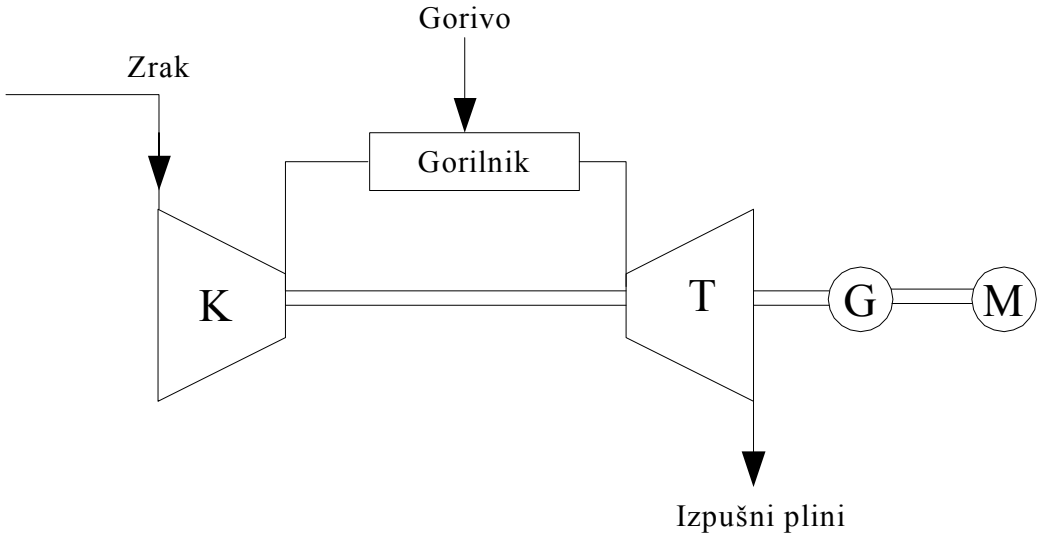
V reaktorju razpada uran, ki s tem oddaja veliko količino toplote. Ta toplota uparja primarno vodo, ki je radioaktivna in jo črpalka poganja skozi uparjalnik, kjer svojo energijo odda sekundarni vodi, ki ni radioaktivna. Sekundarna voda se upari in nastala para odda svojo energijsko vrednost turbini, ta pa generatorju.
Za doseganje boljšega toplotnega izkoristka je potrebno izstopajočo paro iz turbine čim prej ohladiti, kar opravi kondenzator. Ohlajena voda se vrača nazaj v uparjalnik in od tu naprej se proces ponavlja.

1. 4. 3. Plinske elektrarne (NE)

Te elektrarne so se pojavile nekoliko kasneje, kot ostale vrste elektrarn, ko so dodobra razvili plinske turbine in ko so se razvili plinovodi. Ta vrsta energije je nekoliko dražja, razen za tiste države, ki imajo same zadostne količine plina. V večini primerov je namen plinskih elektrarn v elektroenergetskem sistemu ta, da služijo kot rezerva oz. za pokrivanje konic.
Osnovni sestavni deli plinske elektrarne so:

– 10 – 15 stopenjski kompresor,

- gorilniki,
- 2 – 4 stopenjske turbine,
- generator in
- motor.



Slika 18: Poenostavljena shema delovanja plinske elektrarne

Na isti osi se nahajajo kompresor, turbina, generator in motor. Proces požene motor. Kompresor začne potiskati zrak v gorilnik, kamor dovajamo tudi plin. V plinu so nameščene tudi svečke, ki poskrbijo, da se plin vžge. Pare plina z ogromno energijo ekspandirajo v turbini. Ko je celoten proces dosegel tretjino nazivnega števila vrtljajev, se motor samodejno izključi in proces se naprej zaganja sam. Izpušni plini s temperaturo približno 400 °C se lahko izkoristijo za predgrevanje dovedenega zraka.

Vse tri skupine obravnavanih termoelektrarn imajo skupne težave: izkoriščanje neobnovljivih virov energije, onesnaževanje okolja in zelo slab izkoristek, ki dosega največ 35 %. Žal so naše potrebe po električni energiji tolikšne, da ob današnji stopnji razvoja pri proizvajanju električne energije brez njih ne gre. Tisto, kar je v tem trenutku neizkoriščen potencial so alternativni energetski viri in varčna poraba električne energije.

1. 5. Alternativni viri energije

Klasične elektrarne, ki proizvedejo večino električne energije smo spoznali (hidroelektrarne in termoelektrarne). Predvsem termoelektrarne predstavljajo problem, saj bo surove oblike energije za njihov pogon enkrat zmanjkalo. Zato smo že danes prisiljeni razmišljati o energetskih virih prihodnosti, ki jih imenujemo alternativni viri energije.
Med alternativne oblike pridobivanja električne energije štejemo:
- male hidroelektrarne,
- sončna energija,
- energija biomase,
- plima in oseka,
- energija vetra,
- geotermalna energija,
- valovanje morja,
- energija vodika (gorivne celice).

1. 5. 1. Male hidroelektrarne (mHE)

Male hidroelektrarne (mHE) so vsi manjši viri el. energije, ki jo proizvaja sila vode. Da govorimo o mHE, je lahko moč HE največ 10 MW.
MHE so eden redkih alternativnih virov, ki ima svojo uveljavitev in tudi daljšo zgodovino. V Sloveniji so se začele intenzivneje graditi v osemdesetih in devetdesetih letih prejšnjega stoletja, sedanji trend pa je nekoliko v upadanju. To pa zato, ker je investicija razmeroma draga, odkupna cena električne energije pa za investitorje nima več tako ugodne cene, kot nekoč. Zato ljudje redkeje investirajo v to dejavnost, kjer je ekonomičnost vprašljiva.
V Evropi sta najbolj izraziti predstavnici držav z veliko energije iz mHE Finska in Avstrija. Njun delež v celotni proizvodnji električne energije se giblje okoli 10 %. V Sloveniji znaša ta delež okoli 2 %. Upoštevajoč naše naravne možnosti bi lahko ujeli tudi mi že omenjeni 10 % delež skupne proizvedene električne energije, s tem da to še ne bi predstavljalo motečega posega tovrstnih objektov v naravo.

Slika 19: Izgled mHE na manjši reki - Mislinji

1. 5. 2. Sončna energija

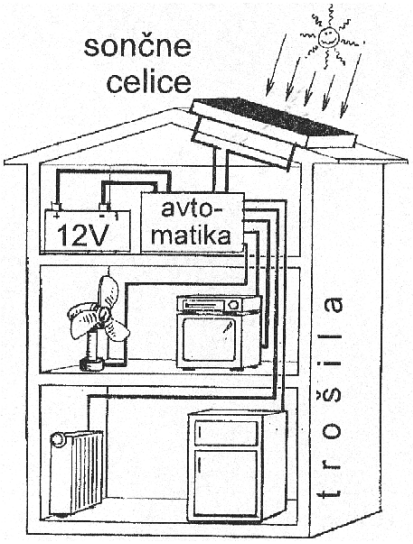
Sončna energija ima verjetno med vsemi energetskimi viri največjo prihodnost, saj so tukaj energijski potenciali največji. Poleg tega gre za najčistejšo obliko energije in tudi postopek pridobivanja ne povzroča nobenega hrupa. Sončno energijo lahko koristimo na tri načine:
- pasivno,
- aktivno,
- fotovoltaika.

V pasivnem sistemu se uporablja naravna cirkulacija segretih medijev (voda, zrak).
V aktivnem sistemu se uporabljajo naprave za prisilno gibanje medija, ki prenaša toploto.

Za področje elektrotehnike je najbolj zanimiva **fotovoltaika**, ki pomeni vedo, ki se ukvarja s pretvorbo sončne energije v električno energijo.
Glavni element fotovoltaičnega sistema so sončne celice, s pomočjo katerih svetlobno sevanje direktno pretvorimo v električno energijo.
Sončne celice so lahko:
- amorfne ali
- kristalne.

Amorfne celice so starejše in skromne po izkoristku (5 – 7 %). Kristalne se delijo v dve skupini:
- polikristalne (izkoristek 13,5 – 15 %),
- monokristalne (izkoristek 15 – 17,5 %), so pa tudi najdražja izvedba.

Enostaven fotovoltaični sistem z najosnovnejšimi sestavnimi deli najbolj nazorno prikazuje slika 20.



SESTAVA:
1. Sončne celice,
2. Akumulator,
3. Regulator za preprečitev prevelikega polnjenja,
4. Porabniki manjših moči.

Slika 20: Uporaba fotovoltaičnega sistema za manjše porabnike

a)

b)

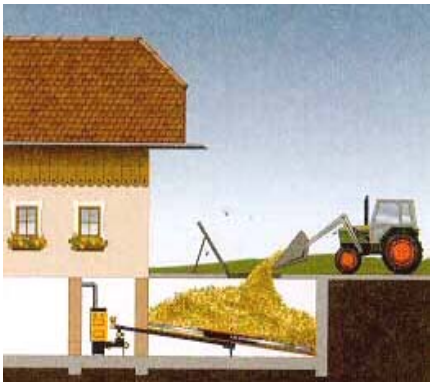
c)

Slike 21: Primeri uporabe sončnih celic:
a) stanovanjska hiša Pečjak
b) oskrba trgovine
c) javna razsvetljava

Sonce, kot vir energije imamo še nešteto možnosti uporabe. Tudi sončni kolektorji, ki imajo že kar dolgo zgodovino in se uporabljajo za ogrevanje vode, so na nek način alternativni viri energije, saj preko njih varčujemo s porabo električne energije.
Brez dvoma je sonce tisti vir energije, ki bo v naslednjem stoletju predstavljal najvišji nivo uporabe alternativnih virov energije. V to smer jasno kažejo trendi v razvitejših državah.

1. 5. 3. Energija biomase

Slovenija je ena izmed najbolj pogozdenih držav v Evropi in kot taka nudi tudi ogromno možnosti pri koriščenju lesne biomase. Lesno biomaso predstavljajo vsi tisti koščki lesa, ki predstavljajo neuporabno vrednost. V večini je ta potencial pri nas neizkoriščen. Poleg lesne biomase obstaja še biomasa kmetijskih ostankov in živalskih odpadkov in biomasa kot energetski pridelki (komercialne rastline, vodne rastline,).
Podatek, ki je veljal v letu 2001 za Slovenijo pravi, da koristimo le 4 % biomase v strukturi primarne energije. V Avstriji ta delež že presega 12 %. Program učinkovite rabe energije in izkoriščanje obnovljivih virov energije za Slovenijo predvideva do leta 2006 rabo biomase v deležu 6 %.
Izkoriščanje biomase je pretvorba le – te v toplotno energijo. Toplotne energije je v celotni rabi energije približno 30 %, velik del toplotne energije pa pridobivamo prav iz električne energije. Zato pomeni ogrevanje z biomaso znaten prihranek pri uporabi električne energije.
Sedanji trend razvoja uporabe biomase v Sloveniji so posodobljeni kotli in naprave za izdelavo lesnih sekancev iz odpadnega lesa.



Slika 22: Alternativa pri ogrevanju zgradb

1. 5. 4. Plimovanje in valovanje morja

Plimovanje je periodično odzivanje trdne zemeljske skorje, ozračja in vodovja na motnje v težnostnem polju, ki jih povzročata privlačni sili Lune in Sonca. Plimovanje je najbolj vidno na morju in se kaže v obliki plime in oseke. Plimovanje ima dva dela: plimo (dvig gladine morja) in oseko (upad).
Amplitude plimovanja so po svetu zelo različne: največjo amplitudo doseže v Kanadi (zaliv Fundy do 21 m), vzhodna obala Kanade preko 14 m, Aljaska 6 m, Rokavski preliv 10 m, Jadranska obala pa le 30 do 60 cm.

Slika 23: Prva večja plimska elektrarna v Franciji

Elektrarne, ki izkoriščajo plimovanje morja, se imenujejo bibavične elektrarne. Takšne elektrarne običajno gradijo na izhodu zaliva, ko voda poganja turbino ob vstopanju v zaliv (plima) in izstopanju (oseka). Prava večja bibavična elektrarna je nastala v Franciji ob Rokavskem prelivu na polotoku Bretanija. Tu znaša najvišja plima 13 m. Jez je dolg 750 m, v njem je 24 turbin in

generatorjev, ki letno proizvedejo 540 milijonov kWh, njena povprečna moč pa znaša 240 MW. Izgled te elektrarne kaže slika 23.

Valovanje morja predstavlja prav gotovo tudi zelo velik energijski potencial, ki bi ga v prihodnosti lahko izkoristili. Princip izkoriščanja te energije temelji na sistemu gonila, ki je podoben pedalom kolesa. Kako izgradit množično takšne elektrarne, zagotoviti regulacijo frekvence in napetosti in še marsikaj drugega so aktualna odprta vprašanja. Ko bo jasnih več odgovorov, bodo tudi te elektrarne doživele svojo uveljavitev.

1. 5. 5. Veterna energija

Tudi veter predstavlja ogromen neizkoriščen potencial pri pretvorbi v električno energijo. Iz zgodovine že poznamo holandske mline, ki so pretvarjali kinetično energijo vetra v mehansko. V osemdesetih letih prejšnjega stoletja so začeli graditi tudi elektrarne na veter, intenzivnejšo gradnjo pa opažamo v zadnjih desetih letih. Največ veternih elektrarn imajo trenutno naslednje države:

- Nemčija (skupaj 2081 MW inštalirane moči),
- ZDA (1611 MW),
- Danska (1116 MW),
- Španija (512 MW),
- opazen delež v Evropi pa imajo še Nizozemska, Velika Britanija in Švedska.

V Sloveniji razen manjših veternih turbin izkoriščanja veterne energije skoraj ne poznamo. Načrti za prihodnost so, saj so strokovnjaki že izdelali atlas vetra za Slovenijo. V prihodnosti bi naj tako gradili veterne elektrarne na Primorskem, če bodo za to pridobljena potrebna dovoljenja.
Veterno elektrarno se izplača postaviti le, če veter piha konstantno s povprečno hitrostjo vsaj 4 m/s. Zato je najbolje veterno turbino postaviti na vrhu kakšnega hriba z nadmorsko višino do 1500 m (več ne zaradi problemov zamrzovanja pozimi). Pogostejša rešitev pa je umetno dvignjena turbina na stolp, ki ima višino vse do 100 m.
Veterne turbine so lahko zelo različne, odvisno od pokrajine, količine vetra in izvedbe same elektrarne. Nekaj primerov turbin prikazuje slika 24:

a)

b)

c)

Slike 24: Tri izvedbe veternih turbin:
a) turbina uporovnega tipa
b) vertikalna Darreiusova turbina
c) Horizontalna turbina vzgonskega tipa – trokraka elisa – lahko tudi dvokraka

Veterna kolesa lahko imajo zelo velike premere, tudi do 50 m. Marsikdaj pa elektrarne zgradijo iz več manjših enot. Takšna elektrarna predstavlja veterno polje.

Slika 25: Veterno polje

Manjše veterne elektrarne imajo moči po nekaj 10 kW pa tudi do več MW. Najpogostejše enote so okoli 100 kW. Izkoristki veternih elektrarn so 40 do 45 %.