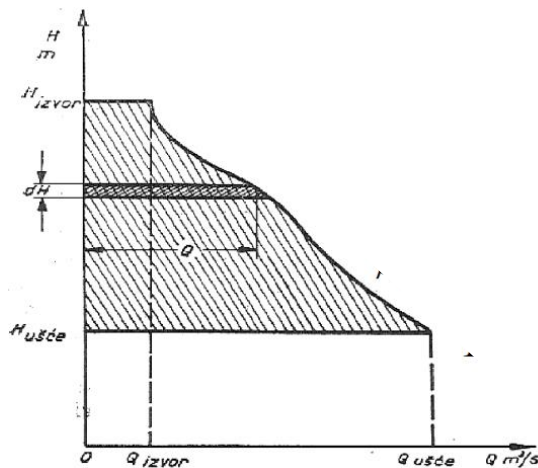


ELEKTROENERGETIKA – TEORIJA (2. CIKLUS)

HIDROELEKTRANE

1. Što je Q-H dijagram?



Opisuje protok vode u osnovnom vodotoku od izvora do ušća.

$$Q = f(H)$$

Na izvoru je nadmorska visina najveća, a protok najmanji i obrnuto.

2. Kako pomoću QH dijagrama

određujemo snagu vodotoka?

Općenito je snaga $P = Q\rho gh$. Računa se pomoću integrala površine ispod krivulje nanесene na os H.

$$P = 9,81 \int_{H_u}^{H_i} Q(H) dH [kW]$$

3. Zbog čega se sve smanjuje tehnički iskoristiva energija vodotoka u odnosu na idealni QH dijagram vodotoka?

Postoje gubici u protoku (npr. na izvoru premali protok, a na ušću premala visina) te trenja u dovodima (tunel, tlačni cjevovod).

4. Kako definiramo faktor otjecanja jednog područja?

$$\text{faktor otjecanja} = \frac{\text{voda u promatranom vodotoku}}{\text{oborinsko područje} \cdot \text{količina padavina}}$$

To je mjera za količinu vode koja pritječe u vodotoke, ima jako širok raspon iznosa (0.25-0.95) (npr. jako nizak u nizinama jer se dosta vode upije u tlo i sve je ravno, visok u planinama gdje su stijene pa nema upijanja i hladnije je pa nema isparavanja).

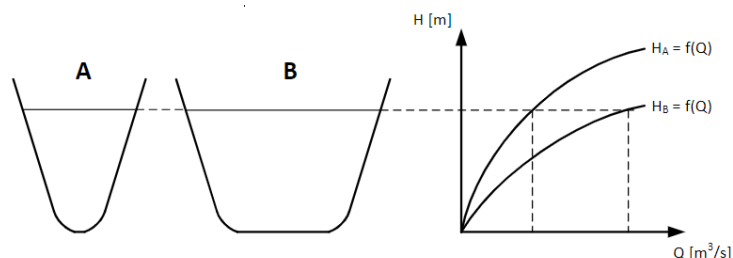
5. Čime je sve određena količina vode u vodotoku?

Količina i vremenski raspored oborina, sastav i topografija tla.

6. Što je konsumpcijska

krivulja?

Ovisnost visine vode u koritu o trenutnom protoku, npr. za isti protok će visina vode u užem koritu biti veća i obrnuto.



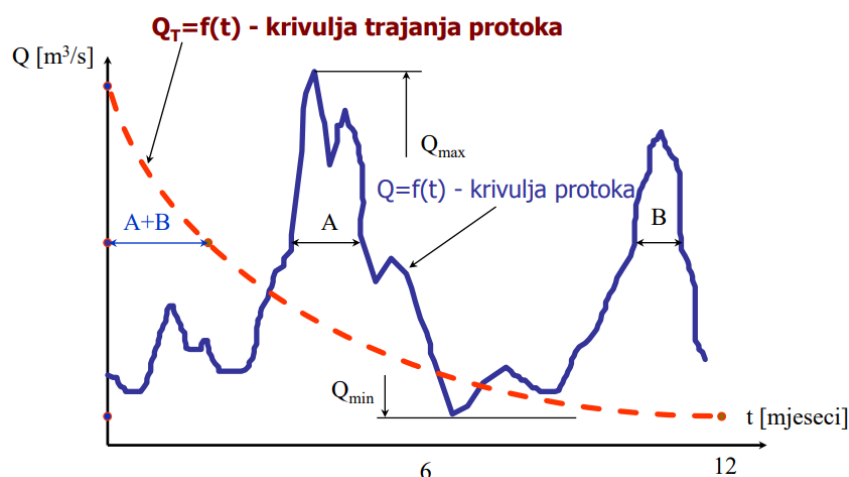
7. Što je krivulja protoka?

To je ovisnost protoka o vremenu tijekom godine (najčešće u mjesecima).

Površina ispod krivulje predstavlja ukupnu količinu vode koja u godini proteče kroz promatrani vodotok.

8. Što je krivulja trajanja protoka?

Vjerojatnosna krivulja koja se dobije iz krivulje protoka, a pokazuje nam koliko je dugo određeni protok bio zastupljen tijekom godine. Površina ispod nje mora biti jednaka površini ispod krivulje protoka.



9. Kako računamo srednji godišnji protok vodotoka?

$$Q_{sr} = \frac{V_0}{31,54 \cdot 10^6} \left[\frac{m^3}{s} \right] \quad V_0 = \int_0^{12} Q(t) dt = \int_0^{12} Q_T(t) dt \quad [m^3]$$

10. Što je veličina izgradnje HE?

To je maksimalni protok koji može proći kroz turbinu, odnosno maksimalni protok za koji je HE projektirana = instalirani protok, te je manji od stvarnog maksimalnog protoka (ne isplati se projektirati HE za stvarni max protok jer je to skuplje, a taj protok se pojavljuje rijetko tijekom godine pa bi HE rijetko kad radila na punoj snazi).

Instalirani protok ovisi o krivulji trajanja protoka.

11. Što je iskoristivi volumen vode, a što srednji iskoristivi protok?

• **iskoristivi volumen**

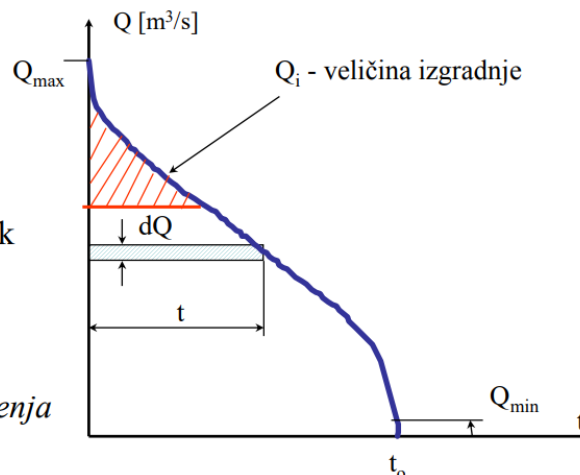
vode V_i

$$V_i = \int_0^{Q_i} t dQ$$

• **srednji iskoristivi protok**

$$Q_{si} = \frac{V_i}{t_o} = \frac{V_i}{31,54 \cdot 10^6}$$

$$\frac{Q_{si}}{Q_{sr}} = \frac{V_i}{V_0} - \text{stupanj iskorištenja vode}$$



Iskoristivi volumen vode je određen instaliranim protokom – u krivulji trajanja protoka integral površine od $Q=0$ do $Q=Q_i$ (naneseno na Q os). Srednji iskoristivi protok je srednji iskoristivi volumen/vrijeme u godini (u sekundama).

12. Koji su dijelovi HE?

Brana, zahvat, dovod, vodna komora, tlačni cjevovod/kanal, strojarnica, odvod vode

13. Što je zahvat, a što dovod vode?

Zahvat je mjesto na kojem se uzima voda koja se kasnije vodi na turbinu.

Dovod spaja zahvat s vodnom komorom.

14. Čemu služi vodna komora?

Vodna komora služi za regulaciju tlaka, npr. kod naglog smanjenja opterećenja HE ili kvara turbine i zatvaranja ventila – da se u tlačnom cjevovodu ne bi nakupila prevelika količina vode koja bi uzrokovala porast tlaka iznad dopuštene razine – višak vode ide u vodnu komoru.

15. Kakva je to pribranska elektrana?

Pribranska elektrana je ona koja ima strojarnicu tik uz branu. To su obično niskotlačne ili srednjetlačne elektrane s manjim padom vode. Brana i strojarnica se nalaze u prirodnom koritu rijeke.

16. Što je karakteristično za derivacijsku elektranu?

Najčešće je vezana za akumulaciju (može i bez) te namijenjena uglavnom za veći pad vode. Strojarnica se **ne** nalazi u prirodnom koritu rijeke ni uz branu, već se ili voda dovodi cjevovodima do strojarnice (visokotlačna) ili se izgradi derivacijski kanal koji dio toka rijeke preusmjeri prema strojarnici (niskotlačna).

17. Što je biološki minimum?

Biološki minimum je količina vode koju je obavezno propuštati iza brane u prirodno korito da ne presuši (zbog očuvanja prirodnog staništa).

18. Kako HE dijelimo prema padu vode?

Niskotlačne (do 25m), srednjetlačne (25-200m) i visokotlačne (>200m).

19. Kako HE dijelimo prema načinu korištenja vode?

Protočne (bez akum. ili mala akum.), akumulacijske, reverzibilne (2 bazena, generatorski/motorni režim).

20. Kako HE dijelimo prema položaju strojarnice?

Pribranske i derivacijske

21. Kako HE dijelimo prema veličini?

Piko (100-5000W), mikro (5-100kW), mini (100kW-1MW), male (1-15 MW), srednje (15-100 MW), velike (>100 MW)

(mini i mikro otočni rad ili spoj na EES, piko izolirana područja, ostale na EES)

22. U čemu je razlika derivacijskog kanala i tlačnog tunela?

Derivacijski kanal je poput umjetnog korita koje preusmjerava dio vode iz originalnog prema strojarnici, a tlačni tunel je cijev potpuno ispunjena vodom, može biti samostojeći ili integralni dio stijene.

23. Što su nužni preduvjeti za izgradnju crpno-akumulacijske HE?

Mora imati 2 akumulacije + visinska razlika (???????????????)

Važno nam je da može raditi u generatorskom i motornom režimu, odnosno kao elektrana i kao pumpa, za izravnavanje potrošnje električne energije.

24. Čemu služi zapornica HE?

Zapornice na brani služe za regulaciju preljeva vode (iz akumulacije), a postoje zapornice koje reguliraju protok vode prema turbini (u cjevovodu/kanalu). (?)

Regulacija protoka vode u svakom slučaju.

25. Što je ispust HE, čemu služi i koje su mu moguće lokacije?

Ispust HE je dio brane koji propušta biološki minimum dalje u korito, a lociran je na dnu brane – tu su zapornice koje reguliraju ispust. U slučaju da su zapornice na vrhu brane, radi se o preljevu, a ne o ispustu.

26. Koji je matematički izraz za tehnički rad vodne turbine?

$$q_{12} = 0, u_1 = u_2 \quad v_1 = v_2 = v \quad w_{t12} = - \int_{p_1}^{p_2} v dp - \frac{1}{2} (c_2^2 - c_1^2) - g(z_2 - z_1) =$$

$$= - v (p_2 - p_1) - \frac{1}{2} (c_2^2 - c_1^2) - g(z_2 - z_1) \text{ [J/kg]}$$

27. Koja je osnovna relacija za snagu

HE?

$$P = 9,81 \cdot 10^3 \cdot Q \cdot h \quad [\text{W}]$$

$$\text{Snaga HE} \quad P = 9,81 Q_{si} h \quad [\text{kW}]$$

28. Koja je okvirna vrijednost efikasnosti pretvorbe energije položaja vode u električnu energiju u HE?

Jako visoka, do 90% (jer je energija položaja basically mehanička energija, odnosno eksergija, a i generatori imaju veliku efikasnost) (75-90% ??)

29. Što je viskoznost fluida i za što je ona odgovorna?

Viskoznost je trenje koje se javlja između 2 sloja tekućine koji se miču relativno u odnosu jedan na drugog te se zbog toga dio mehaničke energije (meh. rad) pretvara u UKE (toplinu). (dinamička i kinematička viskoznost)

30. Što je kavitacija?

Ako pri strujanju tekućine dođe do pada tlaka do tlaka isparivanja, tekućina će na tom mjestu ispariti (da spriječi daljnji pad tlaka) i za sobom ostaviti mjehuriće. Kad ti mjehurići dođu na veći tlak, naglo kondenziraju te dolazi do naglog lokalnog porasta tlaka (i do 1000 bara!), tj. kavitacije.

Kavitacija može dovesti do oštećenja turbine te ograničava duljinu difuzora (smanjuje mogućnost iskorištavanja PE).

31. Kakva je stlačivost vode i zašto je to bitno?

Svojstvo tekućine da joj se s porastom tlaka malo smanjuje volumen. To je važno jer u postrojenju imamo različite tlakove, a povoljno je da se voda na svima ponaša slično te da ne dolazi do drastičnih promjena volumena u dijelovima postrojenja koji nisu za to prilagođeni (želimo konst. volumni protok).

32. Kako glasi tlačni oblik Bernoullijeve jednadžbe?

$$p + \rho gh + \frac{1}{2} \rho c^2 + p_r = konst. \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

33. Kako glasi visinski oblik Bernoullijeve jednadžbe?

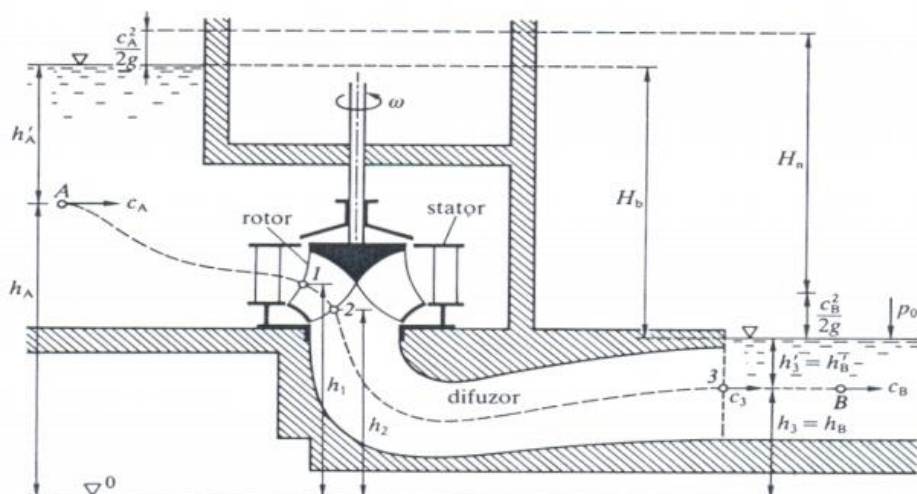
$$\frac{p}{\rho g} + h + \frac{1}{2} \frac{c^2}{g} + h_r = konst. [m]$$

34. Kako glasi energetski oblik Bernoullijeve jednadžbe?

$$\frac{p}{\rho} + gh + \frac{1}{2} c^2 + w_r = konst. \left[\frac{J}{kg} \right]$$

35. Što je bruto a što neto pad vode u HE?

Bruto pad je razlika razina gornje (strana dovoda) i donje vode (strana odvoda). Neto pad je iskoristivi pad koji se dobije kao zbroj bruto pada i doprinosa visina brzina na strani dovoda, odnosno odvoda.



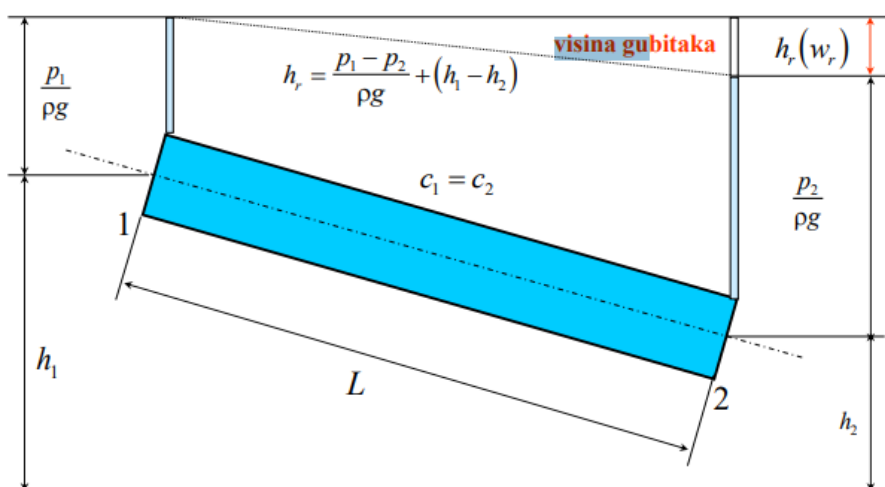
Kod HE s velikim padom još razlikujemo prirodni i iskoristivi bruto pad zbog gubitaka u dovodu i odvodu.

36. Koji stupnjevi djelovanja uzimaju u obzir nesavršenost pretvorbe u vodnoj turbini?

Hidraulički (gubici u statoru, rotoru, difuzoru, zbog brz. otjecanja – gubitak KE), volumetrijski (sav volumen koji dođe ne stator ne prođe i kroz rotor zbog raspore) i mehanički (trenje ležajeva, ventilacija, otpor vode u rasporima).

37. Što je visina gubitaka?

Kad se koristi visinski oblik Bernoullijeve jednadžbe, svi članovi imaju dimenziju duljine pa su tako i gubici u cjevovodu predstavljeni visinom gubitaka.



(ako se visina gubitaka h_r uračuna na desnoj strani Bern. jedn. kad se postavi na ulazu u cijev = na izlazu iz cijevi = konst., brzina se poništi jer je ista)

38. Koja je osnovna podjela vodnih turbina? (vidi sl 60.)

Pretlačne (reakcijske) – Kaplan, Francis – za veliki protok

Turbine slobodnog mlaza (akcijske) – Pelton – za veliki pad (sapnice)

39. Koji je osnovni princip rada Peltonove turbine?

Peltonova turbina je turbina slobodnog mlaza (akcijska) i vrti se u zraku (na atmosferskom tlaku, $p = \text{konst.}$). Izvodi se s mlaznicama koje vodu usmjeravaju prema lopaticama (na rotoru) pod određenim kutem. Lopatice skreću mlaz vode, čime se proizvodi moment vrtnje. Lopatice su oštrim bridom podijeljene u 2 jednaka ovalna udubljenja.

40. Koji je osnovni princip rada Francisove turbine?

Francisova turbina je pretlačna turbina (reakcijska) (cijela je potopljena u vodi i postoji razlika tlaka na ulazu i izlazu iz turbine). Energija tlaka se pretvara u kinetičku energiju statora i rotora. Na osovinu je rotor unutar statora. Voda dolazi radijalno (okomito na osovinu) na stator, on vodu usmjerava prema rotoru, a voda iz rotora izlazi aksijalno (paralelno s osovinom) (also nije čista reakcijska jer se koriste i energija tlaka i KE)

41. Koji je osnovni princip rada Kaplanove turbine?

Kaplanova turbina je pretlačna turbina (reakcijska) (iskorištava se razlika tlaka). Radi na istom principu kao Francisova, ali ima drugačiju regulaciju snage – može pomicati i rotorske i statorske lopatice. (+ posebna izvedba: propelerna – nepom. rot. lop.)

42. Kako se regulira snaga pojedinog tipa turbine?

Francis – pokretne lopatice privodnog kola kojima se mijenja otvor statora

Kaplan – pomične lopatice i privodnog kola i rotora

Pelton – otvor mlaznice/sapnice

43. Za koje je uvjete vodotoka pogodan pojedini tip turbine?

Francis – srednji protok, srednji pad (15-700m)

Kaplan – za najveće protoke ali relativno male padove (5-70m)

Pelton – za najveće padove (100-1800m) i male protoke

44. Za koje je područje snaga pogodan pojedini tip turbine?

Francis (oko 800MW) > Pelton (oko 300MW) > Kaplan (oko 200MW)

45. Što je aspirator?

Cijev nepromjenjivog presjeka koja se postavlja na izlaz iz turbine kako bi iskoristila potencijalnu energiju između izlaza turbine i razine donje vode.

Gubici se svode na gubitke KE. Duljina aspiratora je limitirana kavitacijom (oko 8m) (ne smijemo dozvoliti da tlak na izlazu turbine padne prenisko (kroz aspirator prema gore pada hidrostatski tlak) jer izvana djeluje atmosferski pa bi došlo do isparavanja na izlazu iz turbine). Efektivno kao da smo izlaz turbine spustili na razinu donje vode.

46. Što je difuzor i čemu služi?

Slično aspiratoru, ali promjer cijevi se širi od izlaza prema donjoj vodi – iskorištava potencijalnu en. i smanjuje gubitke KE jer smanjuje brzinu (veći presjek cijevi = manja brzina vode). Može biti položen donekle horizontalno (kavitacija).

POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE

47. potrošnja i specifična potrošnja električne energije

Potrošnja = količina električne energije koja se isporučuje potrošačima spojenima na mrežu. U svakom trenutku proizvodnja mora biti jednaka potrošnji i obrnuto kako bi se održavala ravnoteža u sustavu (frekvencija!!! i napon)

Specifična potrošnja = ????

48. porast potrošnje, predviđanje porasta potrošnje

Općenito se potrošnja kontinuirano povećava svake godine.

Potrošnja je neravnomjerna na vremenskoj skali (dani, sati, minute), u slučaju porasta potrošnje bez odgovarajućeg porasta proizvodnje dolazi do pada frekvencije u mreži što može dovesti do ispadanja dijelova sustava iz mreže ako se ne djeluje na vrijeme. Predviđanje porasta potrošnje radi se na dnevnoj bazi, a ovisi o raznim prediktorima (godišnje doba, vrijeme, dan u tjednu, lokacija, „veliki“ događaji, vrsta potrošača...). Predviđanje se radi kako

bi se osigurala kvalitetna opskrba električnom energijom te kako bi se mogla isplanirati proizvodnja koja će osigurati ravnotežu u sustavu.

49. trošilo, potrošač, vrste potrošača i trošila

Trošilo je uređaj koji el. en. pretvara u neki korisni oblik energije. Mogu se podijeliti (prema priključku) na jednofazna (u kućanstvu) i trofazna (u industriji) ili (prema vrsti) na otporna (žarulja, toster..), induktivna (motori, hladnjaci..) i kapacitivna (elektronički uređaji).

Potrošač je krajnji korisnik (pravna ili fizička osoba) spojena na električnu mrežu. Potrošači su: kućanstva, trgovina i usluge, javna potrošnja, industrija.

50. trofazni izmjenični sustav, vremenski promjenjive veličine, fazori

Trofazni izmjenični sustav omogućuje dostupnost konstantne snage u mreži. Opterećenja pojedine faze moraju biti podjednaka kako bi sustav bio u ravnoteži. I struja i napon su vremenski promjenjive veličine koje se mogu prikazati fazorima u kompleksnoj ravnini (struja kasni za naponom kod induktivnih trošila, a prethodi naponu kod kapacitivnih). Snaga je produkt struje i napona, ali želimo da bude konstantna, zbog čega se i koristi trofazni sustav.

51. napon, struja, snaga, djelatna, jalova i prividna snaga

Djelatna snaga je stvarna, korisna snaga i poklapa se s prividnom kod čisto otpornih trošila. Prividna snaga (umnožak efektivnih vrijednosti struje i napona) je vektorski zbroj jalove i djelatne (trokut snaga!). Jalova snaga se javlja na reaktivnim trošilima zbog faznog pomaka između struje i napona, ne vrši koristan radi, ali opterećuje mrežu.

52. povezanost snage i energije, ponašanje potrošnje i opterećenja

$$W=P \cdot t$$

Kako je potrošnja varijabilna, tako varira i snaga potrebna za pokrivanje opterećenja, koje je promjenjivo u vremenu. Opterećenje i potrošnja ovise o istim prediktorima.

(potrošnja ovisi o opterećenju??) + faktor istovremenosti (vjer. da će se max opterećenja jednog potrošača dogoditi kad i max opterećenje grupe potrošača)

53. vremenska promjenjivost opterećenja

Opterećenje se mijenja na godišnjoj/mjesečnoj/dnevnoj/satnoj itd. razini.

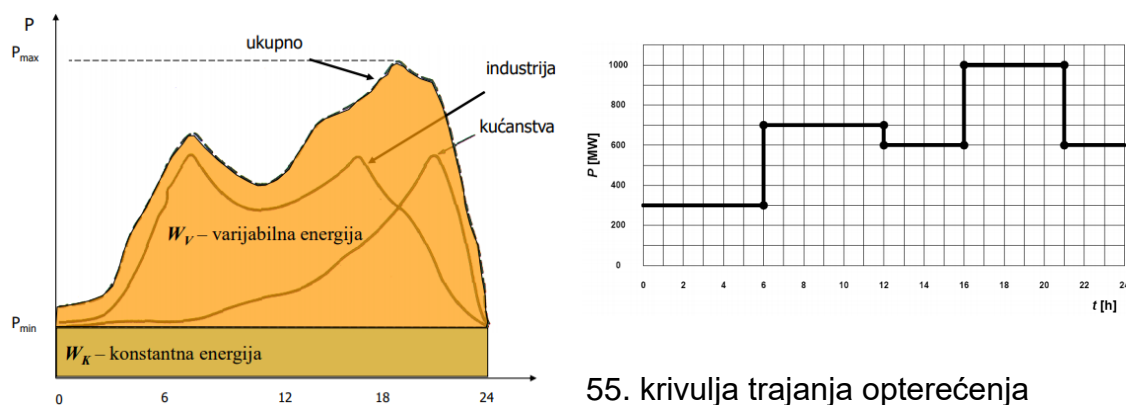
Prikazuje se dnevnom krivuljom opterećenja, dnevnom krivuljom trajanja opterećenja na osnovu čega se planira pokrivanje dnevne potrošnje.

Faktor opterećenja: omjer proizvedene en. i one koja bi se mogla proizvesti max snagom

Faktor ravnomjernosti: omjer min i max snage

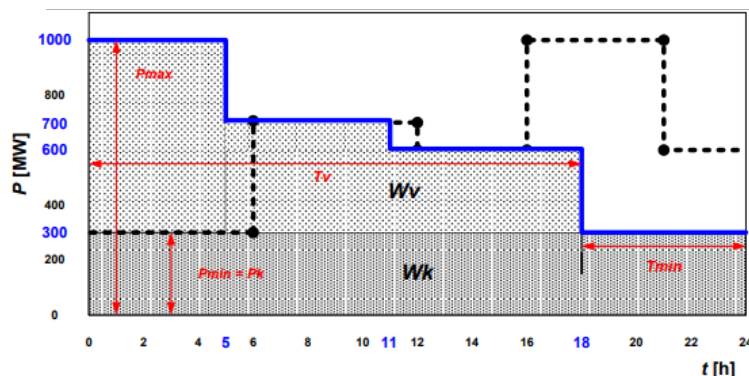
54. dnevni dijagram opterećenja

Prikazana je ovisnost snage potrebne za pokrivanje potrošnje u vremenu tijekom dana. Krivulja je nepravilna, kolokvijalno „dvogrba deva“, ali može se aproksimirati blokovima po satu. Najveće opterećenje u danu je u večernjim satima, a nešto manje je ujutro.



55. krivulja trajanja opterećenja

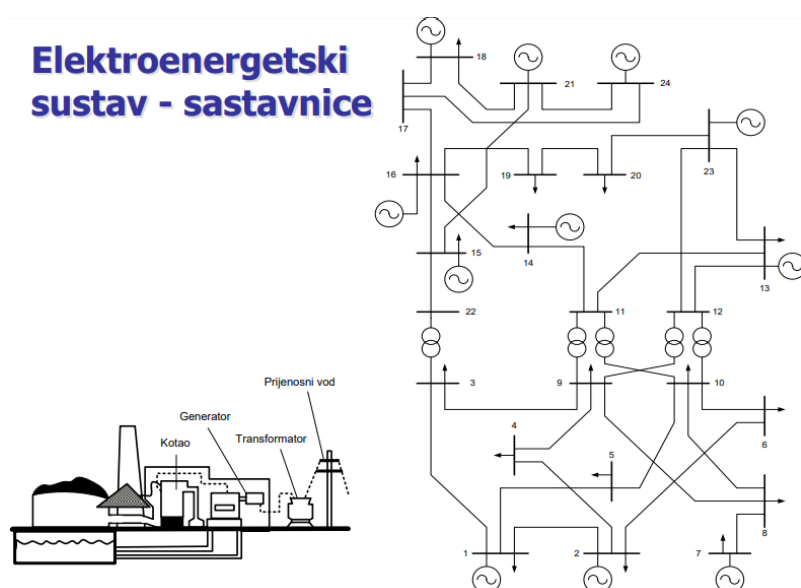
Prilagodba krivulje opterećenja, pokazuje nam koliko je vremena u danu bila potrebna određena snaga. Kao vjerojatnosna krivulja, sort of.



Za veću preciznost može se aproksimirati pomoću 3 pravca. Iz grafa se mogu očitati min i max potrebna snaga te konstantna i varijabilna energija.

Konstantna nam je potrebna tijekom cijelog dana i pokriva se min snagom, a varijabilna je određena promjenjivim opterećenjem tijekom dana.

60. grafički prikaz mreže: elektrane, vodovi, transformatori



61. prijenos i distribucija električne energije

Za prijenos se koristi izmjenična trofazna električna prijenosna mreža (VN vodovi i kabele, transformatori i dr.). Prijenos se obavlja na visokim naponskim razinama zbog smanjenja gubitaka. Za prijenos se uobičajeno koriste razine od 400, 220 i 110 kV (prema potrebnoj snazi i udaljenosti). Prijenosna mreža napaja distribucijsku mrežu koja prenosi energiju potrošačima (i TS na zadnjem stupnju transformacije). Između prijenosne i distrib. mreže postoje transformatori i rasklopna postrojenja koja prilagođavaju naponsku razinu. Distribucija ima naponske razine od 0.4 do 35 kV.

Prijenos

- **transport velikih količina električne energije od centara proizvodnje (elektrane) do centara potrošnje (gradovi, regije)**
- **pri visokom naponu**
- **na velike udaljenosti**

Distribucija

- **razdioba električne energije unutar centara potrošnje (gradovi, regije) do krajnjih potrošača**
- **srednji i niski napon**
- **manje udaljenosti**

62. oblik i struktura mreža, nazivni naponi

Prijenosne mreže se međusobno povezuju u zatvorene cjeline čime se povećava pouzdanost. Distribucijske mreže mogu biti petljaste ili uzamčene (zbog višestranog napajanja potrošača, odnosno toka energije u više smjerova) ali u pogonu su sad uglavnom zrakaste ili radijalne (potrošač se napaja samo iz jednog smjera). Nazivni naponi u prethodnom pitanju.

63. električni vodovi, nadzemni vodovi i stupovi, kabeli

Električni vod je skup jednog ili više el. vodiča, izolacije i druge opreme koji zajedno služe za prijenos energije. (prijenosni/distribucijski/instalacijski)

Nadzemni vodovi su klasični dalekovodi koje vidimo i više su zastupljeni u prijenosnoj mreži. Kabeli su u zemlji i češći za distribucijske mreže (ili u prijenosima za npr. podvodni prijenos).

Nadzemni vodovi uglavnom alu-čel (jeftiniji od bakra, dobra vodljivost i meh. svojstva). Veličina nadzemnih stupova ovisi o nazivnom naponu.

Dijelovi prijenosnog nadzemnog voda .

1-tower

2-cross arms

3-dampers

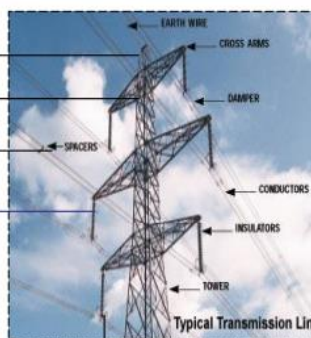
4-spacers

5-conductors

6-insulators

7-ground wire

8-arching horn gap arrestors



Kabel je izoliran električni vod s jednim ili više vodiča unutar zajedničkog plašta. Vodiči su najčešće od usukanih žica. Izolacija ovisi o namjeni i naponu.

64. rasklopna postrojenja, prekidači, rastavljači

Rasklopna postrojenja su električna postrojenja koja se nalaze na krajevima vodova u kojima se vrši prilagodba na niži napon (npr. 400->110kV) i odatle dalje ide distribucija. Sastoje se od zaštitnih elemenata (prekidači i rastavljači, uzemljenje, odvodnik prenapona), transformatora, sabirnica, mjernih uređaja. Prekidači služe za uključenje i isključenje vodova u normalnom pogonu i u slučaju kvara (funkcija kao osigurači u kući).

Rastavljači služe za fizičko odvajanje dijelova rasklopnog postrojenja, a uklj/isklj se samo kad njima ne teče struja (dakle ne koriste se za prekidanje struje).

65. balans proizvodnje i potrošnje, frekvencija

Potrošnja i proizvodnja moraju uvijek biti u ravnoteži kako bi se u sustavu održavala stalna frekvencija. U slučaju većeg pada frekvencije, dolazi do ispadanja dijelova sustava iz mreže (a može doći i do blackouta). Reverzibilne elektrane koriste se za reguliranje opterećenja, odnosno uravnoteženje proizvodnje i potrošnje.

66. tokovi snaga i gubici u mreži

Vodovi se mogu prikazati nadomjesnom shemom, uzdužno su komponente R i L, a poprečno (prema zemlji) G (obično zanemariva) i C. R ovisi o materijalu i presjeku, a L i C o prostornom rasopredu voda. Struja zagrijavanjem vodiča stvara gubitke u prijenosu.

L dominira u prijenosnim mrežama, a u distribucijskim R (ili $R \approx L$).

Gubici u vodovima – nastoji se smanjiti R (manji presjek vodiča) i I (zato su visoke naponske razine)

Gubici u transformatorima – u bakru (protok struje) i u željezu (magnetiziranje jezgre)

67. istosmjerni prijenos

Prijenos VN vodovima/kabelima kojima teče istosmjerna struja. Za dugačke podvodne kabele, povezivanje sustava različitih frekvencija i prijenos na jako velike udaljenosti. Nedostatci: teže prekidanje strujnog kruga i potreba za pretvaračima

Prednosti: manji gubici na dugim vodovima (jer ne smeta L komponenta), manje naprezanje izolacije

Zgodno za mikromreže (nema frekv., lakše održavati napon) i nema problema s induktivitetima.

68. deregulacija i liberalizacija elektroenergetskog sektora

Uključivanje potrošača u proizvodnju, mikromreže (???)

ENERGIJA VJETRA

69. Snaga vjetra i maksimalna iskoristiva snaga.

Snaga vjetra je rezultat kinetičke energije vjetra, odnosno njena derivacija po vremenu. Važno je istaknuti da snaga vjetra ovisi o brzini na treću potenciju (jer masa vjetra ovisi o brzini). Iskoristiva snaga je razlika specifičnih kinetičkih snaga u uzvodnoj i nizvodnoj lokaciji, a masa ovisi o srednjoj vrijednosti brzina v i w . Ne možemo iskoristiti cijelu brzinu vjetra jer on dolazi nekom brzinom v , ali isto tako mora i otići brzinom w , u protivnom bismo imali nakupljanje zraka iza VA, porast tlaka i to bi prekinulo strujanje. Maksimalna iskoristiva snaga je kad je omjer $w/v=1/3$ (iskorištavamo 2/3 od početne brzine), tada se dobiva Betzov. koef. 59.3% ili koeficijent snage. Stvarna uvijek manja od max.

70. Vrste i podjela VA.

HAWT (s horizontalnom osovinom) i VAWT (s vertikalnom osovinom)

HAWT: puno češće i na većim visinama, mogu biti upwind ili downwind (ovisno nailazi li vjetar prvo na lopatice ili na gondolu). Pitch rotacija ako je moguće zakretanje lopatica. Što je veći radijus lopatica, to se osovina sporije vrti – postoje sporohodna (do 20ak okr/min) i brzohodna osovina (gearbox prilagođava broj okretaja za brzohodnu na kojoj je generator zbog frekv. el. en.). Za bolju efikasnost potrebno omogućiti zakretanje gondole u odnosu na stup. Relativno mali nazivni naponi, što znači veću struju pa prijenosne linije moraju biti kraće ili mora bit TS u blizini.

VAWT: sličan princip kao kod anemometra za mjerenje brzine vjetra, npr. Dariusov i Savoniusov rotor, za manje visine

71. Snaga vjetroatregata i karakteristika snage.

Vjetroatregati se projektiraju za brzinu manju od max. moguće jer je malo vjerojatno da će se ta brzina pojavljivati često. Karakteristika snage ima 3 važne brzine: cut-in, rated (nazivna) i cut-out.

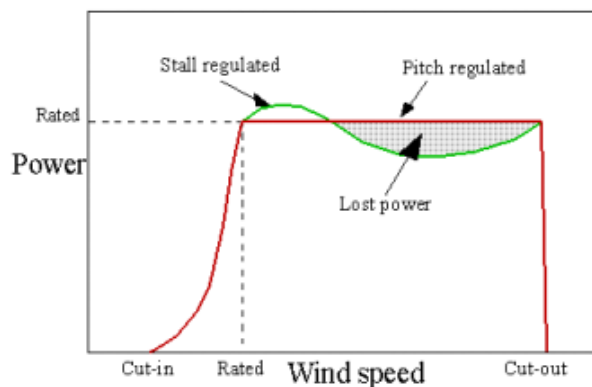
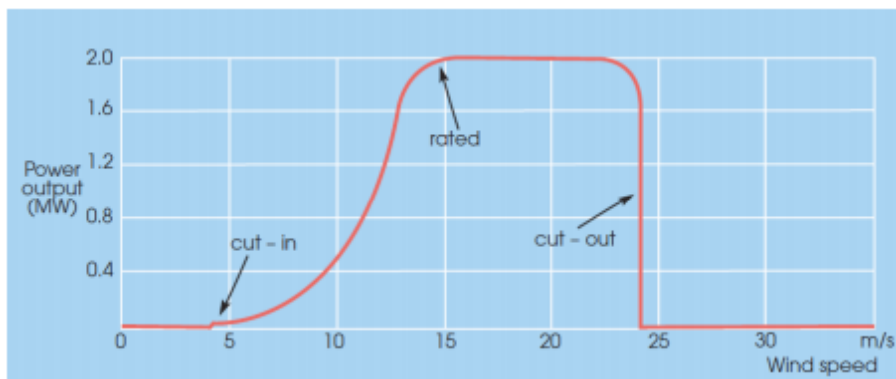
Cut-in brzina: VA počinje proizvoditi snagu kad je brzina vjetra dovoljna da svlada gubitke

Rated (nazivna): 12-15m/s, brzina na kojoj VA počinje davati max snagu

Cut-out: max. brzina koju VA može podnijeti, tada prestaje proizvodnja energije

Max efikasnost između cut-in i rated jer se snaga VA najviše poklapa sa stvarnom snagom vjetra

Takva se karakteristika postiže regulacijom snage (kada imamo odstupanje od stvarne snage vjetra): pasivna (stall – aerodinamički oblik lopatica, ne traži dodatnu energiju) ili aktivna (pitch – mogućnost zakretanja lopatica el. motorom u odnosu na hub, regulacijski sklopovi).



72. Konverzija energije, profil tlaka i brzine.

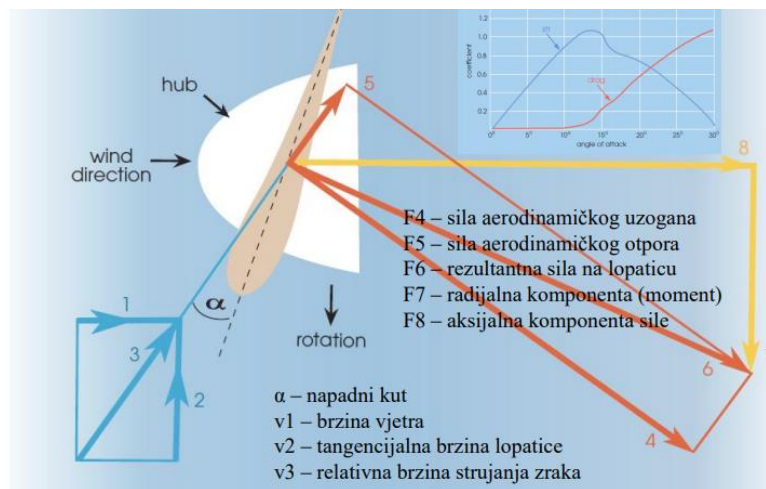
Vjetar okreće lopatice, okreće se sporohodna osovina, njene okretaje prilagođava mjenjačka kutija (gearbox) za brzohodnu osovinu. Na generatoru se energija rotacije (?) pretvara u električnu energiju, koja se zatim mora kondicirati (zbog zahtjeva na frekvenciju, pomoću energetske elektronike) te se sa statora prenosi u mrežu.

Profil tlaka: uzima se da je zrak nekompresibilan, brzina se smanjuje pa pada dinamički tlak, odnosno raste statički, postoji diskontinuitet u ravnini rotacije.

73. Koeficijent snage i regulacija snage.

Koeficijent snage c_p ovisi o izvedbi VA, u idealnom slučaju poprima vrijednost Betzovog koef. Ovisi o TSR i kutu zakreta lopatice. Regulacija snage: pitch/stall, već opisana, izvedbu određuje broj i dizajn lopatica, vrsta prijenosa i električno upravljanje.

74. Trokut brzine



Tangencijalna brzina lopatice je zapravo brzina rotacije koju lopatica „osjeća“ i zato je u tom smjeru (???)

Uzgon uzrokuje relativna brzina; otpor je u smjeru relativne brzine („gura“ lopatice prema natrag). Aksijalna komponenta sile uzrokuje rotaciju.

75. Aerodinamičke sile

Uzgon, otpor, sila gradijenta tlaka, ???

76. Koeficijent vršne brzine (TSR)

Omjer linearne brzine vrha lopatice/rotora i brzine vjetra

Za premalu brzinu rotacije, vitar ne vidi lopatice kao prepreku pa je mala pretvorba, isto za preveliku brzinu rotacije, lopatice su puna prepreka, blokiraju zrak, jako mala pretvorba. Optimum pretvorbe se može postić samo za varijabilnu brzinu vrtnje (jer je varijab. i brzina vitra), ali to stvara problem za generator. Da bi se kretali oko optimalnog TSR, s povećanjem brzine vitra treba rast i brzina rotacije i obrnuto.

77. Prijenos snage u VA i spajanje VA na mrežu.

Indirektni pogon: asinkroni generator, gearbox

Direktni pogon: sinkroni generator

Indirektni spoj na mrežu: energetska elektronika / direktni: bez

2 konfiguracije: (????????????????)

a) stall lopatice (fiksna brz. vrtnje), gearbox – mehanički prijenos (indirektni pogon), fiksna brzina vrtnje, asinkroni generator (fiksna brzina vrtnje pa će uvijek davati istu frekvenciju)

b) pitch lopatice (varijab. brz. vrtnje), direktan spoj na sinkroni generator (varijab. brz vrtnje daje oblik napona i struje koji nije prihvatljiv za spajanje na mrežu pa imamo indirektan spoj preko energetske elektronike)

78. Komponente VA

Lopatice rotora, kućište, toranj, temelji, gearbox (optional), generator, prijenos

79. Fiksna i varijabilna brzina

Fiksna – stall lopatice, varijabilna – pitch lopatice (vidi 77.)

80. Vremenske i prostorne karakteristike brzine vjetra.

Brzina vjetra veća na većim visinama, pogodna područja na spoju mora i planine zbog stalnog strujanja; varijabilnost; ovisi o dobu dana, godišnjem dobu

Koeficijent terena α (manji za glatke, ravne površine); rade se atlasi vjetra i procjene potencijala energije, procjena brzine na različitim visinama

Kombiniraju se kratkoročna lokalna i dugoročna (šire područje) mjerenja, jer dugoročna nisu reprezentativna za lokaciju, a lokalna nisu nužno pouzdana.

81. Vjetroagregat i vjetroelektrana. Energija vjetroelektrane.

Vjetroelektrana je skup VA, prema snazi dijele se na mikro, vrlo male, male, srednje i velike. Veći broj VA povećava gubitke.

82. Vjerojatnost pojavljivanja brzine vjetra

Rayleighova i Weibullova vjerojatnosna krivulja

Krivulja trajanja brzine vjetra (isto kao sve krivulje trajanja, ova u satima u godini) – koliko je dugo neka brzina bila zastupljena

83. Lociranje VA unutar vjetroelektrane

Pozicioniraju se ovisno o dominantnom smjeru vjetra. Razmaci bočno i po dubini, između 5 i 7 promjera (ili 4-9). Ne sme bit jedan VA iza drugog jer ova iza dobiva manje vjetra (manja brzina vjetra), što znači manje snage.

84. Utjecaj vjetroelektrane na elektroenergetski sustav.

Velika varijabilnost (treba pokriti šire područje), mala predvidljivost, upravljivost (kontrola nagiba lopatica, varijabilna brzina)

Priključak na mrežu i višak vjetra

ili treba nekako
skladištiti energiju

- Odbacivanje energije iz vjetroelektrana za snagu koja prelazi opterećenje minus bazna proizvodnja
- Provodi se na nivou regionalne interkonekcije
- Promjenjivo za sve periode

BIOMASA

85. Što je to biomasa kao izvor energije?

Biomasa je organski materijal s energetsom vrijednosti podložan pretvorbi u gorivo ili toplinu.

86. Koje izvore biomase razlikujemo?

Razlikujemo uzgoj te ostatke i otpad.

Uzgoj: brzorastuće drveće (vrba, topola), šećerne (repica, trska, proso), škrobne (kukuruz, žitarice) i uljane (repica, suncokret) vrste.

Otpad: drvni (održavanje šuma, obrada drvnih proizvoda), poljoprivredni (slama, gnoj), organski dio javnog otpada, industrijski ostatci (prerada hrane i papira)

87. Koje su prednosti biomase?

Značajan izvor energije za nerazvijene zemlje (poveć. energ. neovisnosti), mogućnost kontrole globalnog zagrijavanja (smanjenje ispuštanja stakleničkih plinova) i energetska sigurnost za razvijene, decentraliziran izvor, mala cijena goriva, stalniji OIE

88. Koji su nedostaci biomase?

Mala energetska vrijednost i gustoća (problem prikupljanja i skladištenja), ekonomičnost, održivost (tehnologija i organizacija), mogućnost poremećaja proizvodnje hrane, velike površine

89. Kakve veze ima hrana s biomasom kao izvorom energije?

Prva generacija biomase/biogoriva je upravo sirovina koja se koristi i za proizvodnju hrane na obradivim površinama; može doći do porasta cijene hrane

90. Koje su generacije biomase

Prva – sirovine za proizvodnju hrane

Druga – drvo, poljoprivredni otpad (ne za proizv. hrane)

Treća – alge (biodizel, bioulje) / Četvrta: GMO organizmi

91. Kako vlažnost utječe na energetska vrijednost biomase?

Smanjuje je, npr. kod biomase je lošije izgaranje nego kod ugljena, uzrokuje povećane emisije i manju efikasnost (vlažnost je kao nečistoća na neki način)

92. Kolika je energetska vrijednost različitih oblika biomase?

GORIVO	Sadržaj vode %	MJ/kg	Gorivo	MJ/ Nm ³
Hrast	20	14,1	Deponijski plin	16,0
Bor	20	13,8	Plin iz drva	7,0
Slama	15	14,0	Bioplin iz živ. ostataka	22,0
Sjemenje	15	14,2	Prirodni plin	31,7
Repičino ulje	-	37,1	Vodik	10,8
Kameni ugljen	4	30-35		
<i>Smeđi ugljen</i>	20	10-20		
Lož ulje	-	42,7		
<i>Bioetanol</i>	-	25,5		

Gorivo	En. vrijednost
Biljni ostaci	6 ÷ 17 MJ/kg
Drvo	8 ÷ 19 MJ/kg
Etanol	26,8 MJ/L
Biodizel	37,2 MJ/L
Nafta	42 MJ/L

93. Što je prednost i nedostatak kogeneracije? (el. en. + toplina)

Prednost: veća efikasnost (pogotovo ako je trigeneracija – i hlađenje), manji investicijski troškovi

Nedostatak: ako se toplina ne iskorištava uvijek ????

94. Koje pretvorbe biomase razlikujemo?

Primarna je pretvorba biomase u gorivo, a sekundarna izravno dobivanje korisne energije (izgaranje - toplina).

95. Primjeri krutih, tekućih i plinovitih biogoriva

Kruto: drvo, peleti // tekuće: biodizel, bioetanol, bioulja // plinovito: bioplin, vodik

96. Navedite primarne pretvorbe

Termičke: rasplinjavanje (sintetski plin), piroliza (bioulje/bioplín/drveni ugljen)

Biološke: esterifikacija (biodizel), fermentacija (bioetanol), anaerobna digestija (bioplín)

GORIVNI ČLANCI

97. Neposredna pretvorba

To je izravna pretvorba u električnu energiju bez kružnih procesa ili prethodne pretvorbe u mehanički rad.

98. Gorivni članak: princip rada, svrha

Gorivni članak je elektrokemijski uređaj koji omogućava neposrednu pretvorbu kemijske energije u istosmjernu električnu energiju i toplinu. Princip suprotan elektrolizi, sličan radu baterije ali zahtijeva se stalan dotok goriva.

Sastoji se od 2 nemetalne elektrode (A i K) te elektrolita između njih. Na elektrode je spojeno trošilo, a uglavnom su prekrivene katalizatorom za povećanje efikasnosti. Na anodu se dovodi gorivo, a na katodu oksidans. U reakciji nastaju el. en., voda i toplina.

Basic princip: vodik na anodu, ionizira, elektroni idu na trošilo (el. en.), a H^+ ioni kroz elektrolit, na katodi se spajaju H^+ ioni, kisik i elektroni te nastaju voda i toplina.

Važno je da nema zagađenja (nikakvo izgaranje i sl.)!!!

99. Vrste, namjene, karakteristika, snage

Dijele se na primarne (proizv. el. en., odbacuju produkte) i sekundarne (za skladištenje energije – regeneracija vode pa elektroliza -> vodik).

Katalizator nije potreban za visoke temperature.

Prema vrsti elektrolita:

a) s polimernom membranom:

radna temperatura 50-100°C, el. efikasnost 40-60%, kogener. do 85%,

snage 50 W-150 kW, brzo pokretanje; za manja transportna vozila, pričuvna napajanja za telekomunikacije, računalne sustave

gorivo može bit i metanol (za male prijenosne uređaje)

- b) s alkalnim elektrolitom (kalijev hidroksid):
radna temp. 90-100°C, ioni putuju s katode na anodu (obrnuto),
mogu rabiti neplemenite katalizatore, efikasnost 60-70%, 10-
100 kW; vozila, letjelice, podmornice, stac. objekti
- c) s fosfornom kiselinom:
temp. 150-200°C, efikasnost 35-45% (kogen. oko 85%), 100-
400 kW, najčešći u komercijalne svrhe (kogener., velike
stacionarne jedinice)
- d) s rastaljenim karbonatima (litijev, kalijev):
radna temp. 600-750°C, el. efik. 50-60%, kogen. oko 85%,
velike snage (do 1 MW?); vodik na anodi reagira s karbonatnim
ionima, nastaju voda, CO₂ i elektroni, elektroni na trošilo, CO₂
na katodu, na katodi CO₂ reagira s kisikom i elektronima i
nastaje ion, za stacionarne objekte, ne treba katalizator
- e) s čvrstim oksidima:
700-1000°C, efikasnost 40-55%, kogener. do 85%, 1 kW-20
MW, zagrijavanje prije puštanja u pogon; ioni kisika na anodi
reagiraju s vodikom i nastaje voda; stacionarne jedinice

100. Vodikova ekonomija

To je ideja promjene svjetske ekonomije energije koja trenutno ovisi o nafti, a usmjerena je na promjene – korištenje vodika - prvenstveno u prijevozu i energetici zbog željenog smanjenja zagađenja okoliša. Vodik je potrebno proizvoditi na ekološki prihvatljiv način.

101. Vodik: proizvodnja, pohrana

Vodik se trenutno još uvijek najviše dobiva iz fosilnih goriva (organski materijali – piroliza, ugljen – rasplinjavanje, plinovita/tekuća fosilna goriva – parno reformiranje), a vrlo malo elektrolizom vode. Postoje još i termoliza (teško izvediva zbog visokih temp.) te termokemijsko razlaganje u sumpor-jod ciklusu (agresivni reaktanti).

Pohrana vodika je skupa jer vodik nema veliku gustoću energije po jedinici volumena, ali ima po jedinici mase. Zato ga treba stlačiti (da ne zauzima velik volumen, ali što je veći tlak, to više energije treba za to uložiti pa imamo gubitke) ili ukapljiti (niske temp. + gubici) ili napredno pohraniti (pomoću metalnih hidrida koji vežu vodik u kristalnoj rešetki, efikasnost 60ak%).

102. Ukupni utjecaj na okoliš.

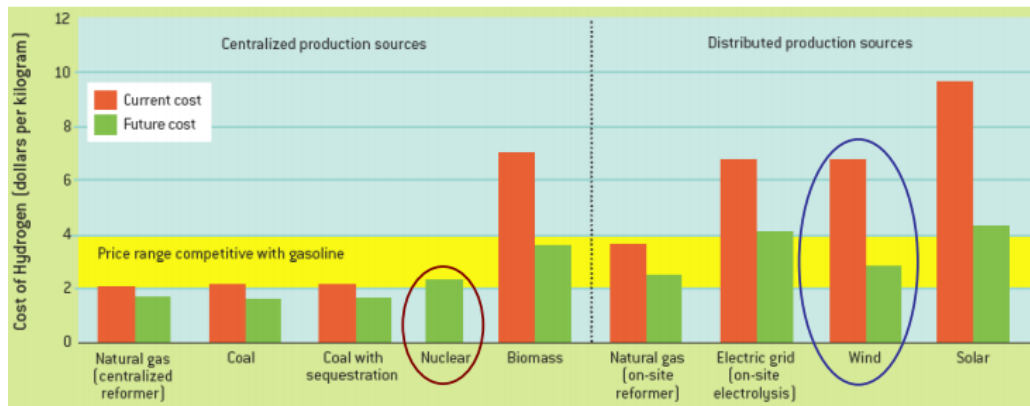
Samo korištenje vodika nema negativan utjecaj na okoliš (nema ispušnih plinova i sl., sasvim čisto gorivo), ali problem je njegova proizvodnja i pohrana.

103. Ukupna efikasnost.

Ukupna efikasnost je 10-20% (ovisno o tehnologiji za dobivanje vodika) usprkos visokoj efikasnosti gorivnih članaka zbog gubitaka tijekom proizvodnje i pohrane vodika.

104. Stanje i perspektiva korištenja gorivnih članaka i vodika.

Perspektiva je da će se poboljšati performanse vozila koje koriste gorivne članke i vodik te da će se smanjiti troškovi proizvodnje vodika, pogotovo pomoću obnovljivih izvora. Najviše obećavaju nuklearne i vjetroelektrane.



SKLADIŠTENJE I SPREMNICI ENERGIJE

Tehnologija	Snaga [MW]	Energija [MWh]	Gustoća energije [Wh/kg]	Efikasnost [%]
RHE	100 – 3000	500 – 8000	0.5 – 1.5	70 – 85
Komprimirani zrak	do 300	do 1000	30 – 60	40 – 50
Zamašnjak	0.1 – 10	0.005 – 5	5 – 50	90 – 95
Olovni akumulator	0 – 20	0.001 – 40	25 – 50	60 – 80
Napredne baterije	do 50	0.001 – 100	10 – 250	60 – 95
Superkondenzator	0 – 0.3	0.0005	1 – 15	85 – 97
Magnetski spremnik	0.1 – 10	0.001	0.5 – 5	95 – 98
Toplinski spremnik	0.1 – 300	do 2000	80 – 250	30 – 60