

Ainars Knipšis, Pēteris Brics

# Elektrostaciju elektroietaišu ekspluatācija

Mācību palīglīdzeklis



IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ





Ainars Knipšis, Pēteris Brics

# Elektrostaciju elektroietaišu ekspluatācija

Mācību palīglīdzeklis

Projekts: “Rīgas Valsts tehnikuma sākotnējās profesionālās  
izglītības programmu īstenošanas kvalitātes uzlabošana”

Vienošanās numurs: 2010/0106/1DP/1.2.1.1.3/09/APIA/VIAA/047

ISBN 978-9934-8332-0-5

© SIA Contendo 2012



IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ



# SATURS

<b>1. Vispārīgā daļa</b> .....	<b>3</b>
1.1. Elektroenerģijas ražošanas attīstības vēsture Latvijā.....	3
1.2. Elektrostaciju iedalījums.....	6
<b>2. Alternatīvie enerģijas ieguves veidi</b> .....	<b>10</b>
2.1. Hidroenerģija .....	11
2.2. Hidroelektrostacija .....	12
2.3. Aizsprosta hidroelektrostācijas .....	13
2.4. Derivācijas HES.....	16
2.5. Hidroakumulējošā elektrostacija .....	17
2.6. Daugavas hidroelektrostaciju kaskāde .....	18
2.7. Elektroenerģijas ģenerators .....	21
2.8. Vēja enerģija .....	27
2.9. Vēja dzinēju klasifikācija.....	28
2.10. Vēja turbīnas uzbūve un darbības princips .....	29
2.11. Vēja enerģētika Latvijā .....	38
2.12. Terminu skaidrojums .....	43
2.13. Ģeotermālā elektrostacija .....	46
2.14. Saules enerģija .....	50
2.15. Saules kolektori .....	50
2.16. Saules baterijas .....	51
2.17. Saules elektrostācijas.....	53
<b>3. Termoelektrostaciju elektriskā daļa, vadības sistēmas, ekspluatācijas personāla pienākumi un atbildība</b> .....	<b>57</b>
3.1. Vispārīgs TEC apraksts .....	57
3.2. Mehāniskā daļa.....	59
3.2.1. Gāzes turbīna.....	59
3.2.2. Tvaika katli .....	63
3.2.3. Tvaika turbīna.....	63
3.2.4. Kondensators .....	65
<b>4. Elektriskā daļa</b> .....	<b>66</b>
4.1. Gāzes un tvaika turbīnas ģeneratori.....	99
4.2. Sinhronizācijas iekārtas.....	68
4.3. Pašpatēriņš.....	69
4.4. Ģenerators ekspluatācijā.....	70
4.5. Ģeneratoru tipveida pārbaužu saraksts.....	71
4.6. Transformators .....	72
4.7. Elektrodzinēji .....	72
4.8. Elektrodzinēju ekspluatācija.....	73
4.9. TEC vadības sistēmas .....	76
4.10. Kontroljautājumi.....	79
<b>5. Atomelektrostācijas</b> .....	<b>80</b>
<b>6. Ekspluatācija</b> .....	<b>82</b>
8.1. Elektrostācijas darba režīmi .....	82
8.2. Personāla pienākumi un atbildība .....	82
8.3. Operatīvais darbs.....	84
8.4. Kontroljautājumi.....	86
<b>7. Izmantotās literatūras saraksts</b> .....	<b>87</b>

# 1. VISPĀRĪGĀ DAĻA

Mūsdienās ir grūti atrast tādu sadzīves jomu, kas darbotos bez elektrības. Bet ne tik sen, apmēram pirms 100 gadiem, lielākā cilvēku daļa elektrisko strāvu nepazīna. Pateicoties zinātnieku atklājumiem, radās iespēja elektroenerģiju iegūt un ražot, kā arī to pārvadīt noteiktos attālumos un izmantot cilvēkiem ērtā veidā. Kā zinām, dabā enerģija ir visapkārt visdažādākajos veidos, un arī elektroenerģijas iegūšanas veidi ir dažādi. Cilvēces attīstības gaita joprojām virzās uz priekšu un ir ļoti ticami, ka nākotnē tiks atklāti vēl jauni elektroenerģijas iegūšanas veidi.

## 1.1. ELEKTROENERĢIJAS RAŽOŠANAS ATTĪSTĪBAS VĒSTURE LATVIJĀ.

Pirmās ziņas par elektroenerģijas izmantošanu Latvijā saistās ar 1876. gadu, kad Rīgā Rozenkranca metālapstrādes fabrikā tika lietota elektriskā apgaisme. Pirmās elektrostacijas sastāvēja no lokomobiles, dinamomašīnas un akumulatoru baterijas. Šai laikā Rīgas politehnikuma mācību programmā tika iekļautas mācības par elektromagnētiskajām mašīnām, magnētismu un elektrības jautājumiem, tādā veidā gatavojot speciālistus nākotnes attīstībai. Apgaismojums 1879. gadā Rīgā tika ierīkots Švarca koncertdārzā, bet 1882. gadā arī Poles un Veitmaņa mašīnbūves, metālapstrādes un katlu kaltnes fabrikā. 1883. gadā Rīgas dzelzceļa stacijas tuvumā uzstādīja līdzstrāvas ģeneratoru ar tvaika dzinēju. Tolaik elektrostacijas sauca par spēkstacijām.

Jāpiemin, ka 1887. gadā līdzās Pirmajam teātrim (tagadējā Latvijas Nacionālā opera) sāka darboties pirmā lielākā elektrostacija Latvijā un Baltijā.

Elektrostacijas, protams, bija lokāla tipa un to galvenais uzdevums bija nodrošināt elektrisko apgaismojumu.

Elektrostacijas tika izbūvētas arī citās Latvijas pilsētās un 1901. gadā jau darbojās vairāk nekā 30 elektrostacijas ar kopjaudu 2500 kW, to skaitā 16 privāto elektrostaciju. Šajā gadā uz Abula upes darbu uzsāk Smiltenes HES, kas Baltijas valstīs ir pirmā derivācijas tipa hidroelektrostacija ar ūdens turbīnu un ar jaudu 110 kW trešā lielākā Krievijas impērijā.

Arvien vairāk attīstoties rūpniecībai, pieprasījums pēc elektroenerģijas strauji pieauga. 1905. gada maijā Rīgā sāk darbu Andrejsalas termoelektrostacija, kuru projektēja *O. fon Miller* inženieru birojs Minhenē. Tur darbojās viena tvaika mašīna ar jaudu 368 kW un divas tvaiku mašīnas ar jaudu 736 kW, kas piedzina trīsfāžu 3000 V sprieguma ģeneratorus. Lielākajās Latvijas pilsētās tika pastiprināti būvētas elektrostacijas.

Pirmā pasaules kara laikā, uz Krieviju evakuēja daudzas elektrostaciju iekārtas un elektroenerģijas ražošanas jaudas, salīdzinot ar 1914. gadu, samazinājās trīskārtīgi.

Pēc pirmā pasaules kara notika izpostītās elektrosaimniecības atjaunināšana un jaunu elektrostaciju būvniecība.

Vēsturisks ir 1924. gads, kad Londonā notiek pirmā Vispasaules enerģijas konference, kuru no Latvijas pārstāvēja prof. M. Bīmanis. Pēc šīs konferences Latvijā nodibina Latvijas Nacionālo spēka komiteju un sākas darbs pie plānveidīgas elektrības saimniecības attīstības. 1927. gadā Latvijas valdība pieņem inženiera O. Leimaņa vadībā izstrādāto Latvijas elektrifikācijas programmu 1935. – 1950. gadam. Tajā bija paredzēts, ka līdz 1950. gadam Latvijai vajadzēs 16 000 kW jaudas un 550 miljonus kwh elektroenerģijas un pamatā tas jānodrošina no vietējiem resursiem. Kā vietējie resursi tika minēti ūdens enerģija, kūdra, malka, atkritumi, vēja spēks. Daudzi šajā programmā izstrādātie jautājumi ir aktuāli arī mūsdienās.

Notika elektrostaciju, elektropārvades līniju un apakšstaciju plānveidīga būvniecība un rekonstrukcija. 1936. gadā Latvijā strādāja 73 elektrostacijas ar 62 560 kW kopējo jaudu un 411 mazās elektrostacijas lokālām vajadzībām ar kopējo jaudu 17 250 kW.

Hidroelektrostacijās iegūtais elektroenerģijas daudzums īpatsvars no kopējās jaudas bija zems, tikai 2,7%. Kā lielākā jāmin 1932. gadā iedarbinātā Aiviekstes HES.

1936. gadā Latvijas MK apstiprina zviedru projektēšanas biroja *Vattenbyggnadsbyran* izstrādāto Ķeguma spēkstacijas projektu un noslēdz līgumu ar zviedru firmu *Svenska Entreprenad A.B.* par Ķeguma spēkstacijas būvi. Sākas Ķeguma spēkstacijas celtniecības darbi. 1938. gadā pabeidz būvēt aizsprostu, un sāk uzstādīt turbīnas ar 17 500 kW jaudu katru. 1939. gada oktobrī sāk darboties pirmais agregāts, novembrī sāk darboties otrais agregāts un 1940. gada maijā – trešais. Īsā laikā un kvalitatīvi tika uzcelta moderna hidroelektrostacija. Mūsdienās Ķeguma

HES-ā ir izveidots arī muzejs, kas noteikti ir apskatīšanas vērts.

1939. gadā ekspluatācijā nodod K elektrostaciju pie Bābelītes ezera – Eiropas modernāko stratēģiskās rezerves dīzeļelektrostaciju.

Šajā gadā Latvijas elektrostaciju kopējā saražotā jauda bija 121 000 kW un elektroenerģija 242 miljoni kWh.

Pateicoties elektropārvades līniju izbūvei un attīstībai, elektrostacijas sāka strādāt paralēli kopīgā tīklā.

Sākoties Padomju varas okupācijas laikam 1940. gadā, privātās elektrostacijas tika nacionalizētas un iekļautas LPSR Vietējās rūpniecības Tautas komisariāta trestā *Energotrests*. Notika darbi pie apakšstaciju, sadales punktu un elektropārvades līniju izbūves.

Otrā pasaules kara laikā Latvijas energosistēmai ir kritiski pēdējie kara gadi, no 1944. līdz 1945. gadam. Vācu spēki atkāpjoties nopostīja Ķeguma spēkstaciju, Andrejsalas un K elektrostacijas Rīgā, vairākas citas spēkstacijas, apakšstacijas un elektrolīnijas. Karadarbības rezultātā cieta Jelgavas spēkstacija, vairākas mazās spēkstacijas, elektropārvades līnijas, kopumā sagrautas vai bojātas bija aptuveni 90% no visām elektroiekārtām un būvēm. Karadarbības rezultātā izpostīja 88 kV līniju Viskaļi–Brocēni–Liepāja; uz Vāciju izveda daļu no Liepājas un Brocēnu spēkstaciju iekārtām. No Padomju Savienības Rīgā ieradās divi energovilcieni – pārvietojamas elektrostacijas. Atjaunoja 166 km 88 kV elektrolīniju: Ķegums–Jāņciems, Jāņciems–Bišuciems–Sloka, Bišuciems–Viskaļi. 1945. gada novembrī iedarbināja pirmo atjaunotās Ķeguma HES hidroagregātu, otro iedarbināja 1946. gada maijā, trešo – 1947. gada jūlijā. Šajā laikā atjaunoja arī Andrejsalas spēkstaciju.

Turpinājās atjaunošanas darbi un 1946. gada aprīlī tika izveidota Latvijas enerģētikas pārvalde *Latvenergo*. Uzstādītās jaudas ziņā pirmskara līmenis tika sasniegts tikai 1950. gadā.

1953. gadā iedarbināja Ķeguma HES ceturto hidroagregātu un stacija sasniedza 70 MW jaudu. Gadu agrāk tika uzsākta termoelektrocentrāles Rīgas TEC-1 būve un 1955. gada janvārī tā uzsāka darbu. 1958. gadā Rīgas TEC-1 sasniedza plānoto 125 MW jaudu un sāka arī siltuma piegādi pilsētai.

Līdz 1961. gadam lauku rajonu elektrostacijas nebija atļauts pieslēgt kopējam elektrotīklam, tāpēc tur elektroapgāde notika decentralizēti. Sākot ar šo gadu, bija izveidojusies vienota energosistēma ar atbilstošām elektropārvades līnijām. Lielajās elektrostacijās saražotā elektroenerģija bija lētāka un to varēja nogādāt uz lauku rajoniem. Sākās masveidīga mazo elektrostaciju, tai skaitā mazo HES, likvidācija.

Bija izbūvētas arī atbilstošas elektropārvades līnijas ar kaimiņrepublikām un 1961. gadā Latvijas energosistēma tika iekļauta Ziemeļrietumu apvienotajā energosistēmā. Elektroenerģiju varēja saņemt no Lietuvas un Igaunijas lielajām elektrostacijām. Pakārtoti sākās nepamatota un nevajadzīga rūpniecības attīstība, kā rezultātā puse no patērētās elektroenerģijas tika saņemta no ārpusē. Latvijā radās ģenerējošo jaudu deficīts, tai pašā laikā lielās elektrostacijas kaimiņu republikās nespēja laikus reaģēt uz straujajām režīmu izmaiņām. Tāpēc, lai varētu nosegt slodzes maksimumus un kādas iespējamās avārijas, radās nepieciešamība izbūvēt hidroelektrostacijas uz Daugavas.

1961. gadā sāka Pļaviņu HES celtniecību ar 40 m augstu ūdens kritumu. Sākot darbus atklājās, ka Daugavas gultne ir māsmilts un tā nav piemērota tādai slodzei. Veicot rūpīgu izpēti, pirmo kaut cik stabilāko grunti atrada pie Aizkraukles, bet elektrostacijas nosaukums palika Pļaviņu HES.

Sākumā Daugavas vidējā posmā bija paredzētas celt trīs elektrostacijas:

- Jēkabpils – ar 9 m kritumu;
- Pļaviņu – ar 26 m kritumu;
- Miemēnu – ar 20 m kritumu.

Projektēšanas gaitā, vadoties no ekonomiskiem apsvērumiem, nolēma celt divas elektrostacijas:

- Jēkabpils – ar 15 m kritumu;
- Pļaviņu – ar 40 m kritumu.

1966. gada 21. decembrī Pļaviņu HES sasniedza projektēto 825 MW jaudu. Atbrīvojušos darbaspēka un tehnikas resursus novirzīja Daugavas kaskādes nākamās elektrostacijas – Rīgas HES – celtniecībai, kuru iedarbināja 1975. gadā. Darbs pie ģenerējošo jaudu palielināšanas turpinājās un 1980. gadā pabeidza Ķeguma HES rekonstrukciju, palielinot jaudu līdz 260 MW. Gadu agrāk ekspluatācijā nodeva Rīgas TEC 2 pirmo kārtu ar 390 MW jaudu.

1991. gadā sāka Pļaviņu HES rekonstrukciju un Aiviekstes HES atjaunošanu.

1992. gadā pēc PSRS sabrukuma trīs Baltijas valstīs nodibināja Baltijas valstu enerģētisko sistēmu apvienību ar dispečeru centru Rīgā. Turpinājās elektrostaciju celtniecības, rekonstrukcijas un atjaunošanas darbi. Tālāk kopsavilkums elektrostaciju attīstības gaitai un mazajām elektrostacijām, kas pieslēgtas kopīgam tīklam:

- 1992. g. darbu atsāk Brutuļu HES uz Abula;
- 1993. g. darbu atsāk Felicianovas HES uz Ludzas upes;
- 1994. g. darbu atsāk Aiviekstes HES;
- 1994. g. darbu sāk Viļānu HES uz Maltas upes;
- 1995. g. uzbūvē un iedarbina divus vēja ģeneratorus Ainažos;
- 1995. g. darbu sāk Jersikas HES uz Rauzas upes;
- 1996. g. darbu sāk Vecogres HES uz Ogres, Spruktu HES uz Rēzeknes upes;
- 1997. g. darbu sāk Ērgļu HES;
- 1998. g. sāk Ķeguma HES-1 rekonstrukciju. Darbu sāk atjaunotā Dobelnieku HES;
- 1999. g. darbu sāk Gāršenes HES uz Dienvidsusējas un Grūbes HES;
- 2001. g. pēc rekonstrukcijas darbību atsāk Ķeguma HES-1; elektroenerģijas izstrāde augusi par 25 MW; uzsākts Rīgas TEC-1 rekonstrukcijas projekts;
- 2001. g. pēc rekonstrukcijas atklāj Ķeguma HES-1. Speciālisti apgalvo, ka tā darbības spēja atjaunota uz 40 gadiem. Rekonstruēto agregātu lietderības koeficients pieaudzis no 82% līdz 91,4%, kas ļaus papildus gadā izstrādāt 25 milj. kWh elektroenerģijas;
- 2002. g. sāk darboties vēja ģeneratoru parks pie Grobiņas (20 MW);
- 2005. g. notiek rekonstruētās Rīgas TEC-1 ražotnes atklāšana. Divu gadu laikā ir realizēts Latvenego vēsturē lielākais investīciju projekts, kas izmaksā 106 miljonus eiro. Tā mērķis – nomainīt esošās, savu laiku nokalpojušās TEC-1 iekārtas, stacijas neapbūvētajā teritorijā izbūvējot jaunu videi draudzīgu kombinētā cikla energobloku. Rekonstrukcijas rezultātā TEC-1 elektriskā jauda pieaug no 129,5 līdz 142 MW. Efektīvāk izmantojot kurināmo, TEC-1 varēs saražot gandrīz četras reizes vairāk elektroenerģijas nekā līdz šim;
- 2006. g. tiek uzsākta Rīgas TEC-2 rekonstrukcija – grandiozākais investīciju projekts kopš Latvijas neatkarības atjaunošanas;
- 2009. g. sāk darboties Rīgas TEC-2 atjaunotais energobloks;
- 2009. g. Noslēdzas Pļaviņu HES hidroagregātu rekonstrukcija; stacijas jauda sasniedz 883,5 MW;
- 2010. g. uzsākta TEC-2 jaunā energobloka otrās kārtas celtniecība;
- 2010.11.06. Rīgas TEC-1 izbūvēts papildu ūdenssildāmais katls, kas nodrošina nepārtrauktu un garantētu siltumenerģijas piegādi Daugavas labā krasta iedzīvotājiem. Projekts realizēts divu gadu laikā;
- 2010. oktobris – novembris. Latvija ir ES lidere no atjaunojamiem energoresursiem saražotās elektroenerģijas jomā. Lokālo elektrostaciju, kuras nav pieslēgtas kopīgam elektrotīklam, protams, ir daudz vairāk.

## 1.2. ELEKTROSTACIJU IEDALĪJUMS.

**Elektrostacija** sastāv no ēkas vai ēku kopuma, kurā atrodas visas nepieciešamās iekārtas un aprīkojums elektroenerģijas ražošanai. Elektrostacijas galvenais komponents ir ģenerators, kuru griež siltuma, ūdens vai vēja dzinējs. Elektrostacijas iedala pēc dzinēja veida. Lielākās elektrostacijas ir hidroelektrostacijas un termoelektrostacijas.

### Elektrostaciju veidi:

- Termoelektrostacija (TES), termoelektrocentrāle (TEC).
  - Gāzes elektrostacija (dabasgāze);
  - Šķidrā kurināmā elektrostacija (biodīzēlis, dīzeļdegviela, mazuts);
  - Cietā kurināmā elektrostacija (ogles, kūdra, šķelda, degslānekļis).
- Atomelektrostacija (AES).
- Hidroelektrostacija (HES).
  - Aizsprosta hidroelektrostacija;
  - Derivācijas hidroelektrostacija;
  - Hidroakumulējošā elektrostacija;
  - Plūdmaiņu elektrostacija;
  - Jūras straumju elektrostacija;
  - Viļņu elektrostacija.
- Vēja elektrostacija.
- Ģeotermālā elektrostacija.
- Saules elektrostacija.

**Termoelektrostacija (TES)** ir elektrostacija, kurā elektroenerģiju ražo, sadedzinot kurināmo (gan atjaunojamos, gan neatjaunojamos resursus), iegūto siltumenerģiju pārvēršot mehāniskajā un tālāk elektroenerģijā. Galvenais dzinējs ir tvaika turbīna. Tvaiks griež tvaika turbīnu, un turbīna savukārt ģeneratoru.

Termoelektrostacijas darbības princips:

- Ūdens tiek uzkaršēts tvaika katlā, līdz tiek iegūts tvaiks.
- Ar tvaiku griež turbīnu ar ģeneratoru un tiek ražota elektroenerģija.
- Atstrādāto tvaiku pēc turbīnas kondensē.
- Kondensētais ūdens tiek atkārtoti karšēts tvaika katlā, lai iegūtu tvaiku un cikls atkārtojas.

Termoelektrostacijas var darboties arī ar gāzes turbīnām, kur turbīnu griež nevis ar tvaiku, bet sadedzinot kurināmo, piemēram, gāzes turbīnas termoelektrostacijās. Visizplatītākās ir koģenerācijas stacijas, kur tiek izmantotas gan gāzes, gan tvaika turbīnas. Sadedzinot kurināmo, rodas liels gaisa piesārņojums. Viens no izmešu samazināšanas veidiem ir gāzes izmantošana par kurināmo.

**Termoelektrocentrāle (TEC)** ir elektrostacija, kur, sadedzinot kurināmo, paralēli elektroenerģijai tiek ražota arī siltumenerģija, ko tālāk piegādā patērētājiem (siltais ūdens, apkure). TEC darbības apzīmēšanai tiek lietots termins koģenerācija.

**Koģenerācija** ir vienlaicīga elektroenerģijas un siltumenerģijas ražošana vienotā termodinamiskā ciklā. Tiek izmantots viens kurināmā veids, piemēram gāze. Šo procesu sauc arī par kombinēto siltuma un elektroenerģijas ražošanas ciklu.

**Atomelektrostacija (AES)** ir elektrostacija, kur siltumenerģiju iegūst atomu kodolu dalīšanās ķēdes reakcijas rezultātā. Siltumenerģiju izmanto tvaika ražošanai, ko ar turbīnas un ģenerators palīdzību tālāk pārvērš elektroenerģijā. Atomelektrostaciju darbības princips ir līdzīgs termoelektrostacijām.



**Hidroelektrostacija (HES)** ir elektrostacija, kur elektroenerģiju ražo, izmantojot krītoša vai tekoša ūdens gravitācijas spēku, lai grieztu turbīnu ar ģeneratoru.

**Aizsprosta hidroelektrostacija** ir hidroelektrostacija kurā ir realizēta ar aizsprosta palīdzību, piemēram, uz upes.

**Derivācijas hidroelektrostacija** ir hidroelektrostacija, kur ūdens plūsma tiek pievadīta pa speciālu kanālu.

**Hidroakumulējošā elektrostacija** ir hidroelektrostacija, kurā ūdens tiek uzkrāts speciālā rezervuārā, lai izmantotu elektroenerģijas ražošanai maksimumstundās.

**Plūdmaiņu elektrostacija** ir hidroelektrostacija, kurā izmanto plūdmaiņu enerģiju (paisums un bēgums) jūrās un okeānos.

**Jūras straumju elektrostacija** ir hidroelektrostacija, kurā izmanto jūras un okeānu straumju enerģiju.

**Viļņu elektrostacija** ir elektrostacija, kur izmanto jūru un okeānu viļņu enerģiju.

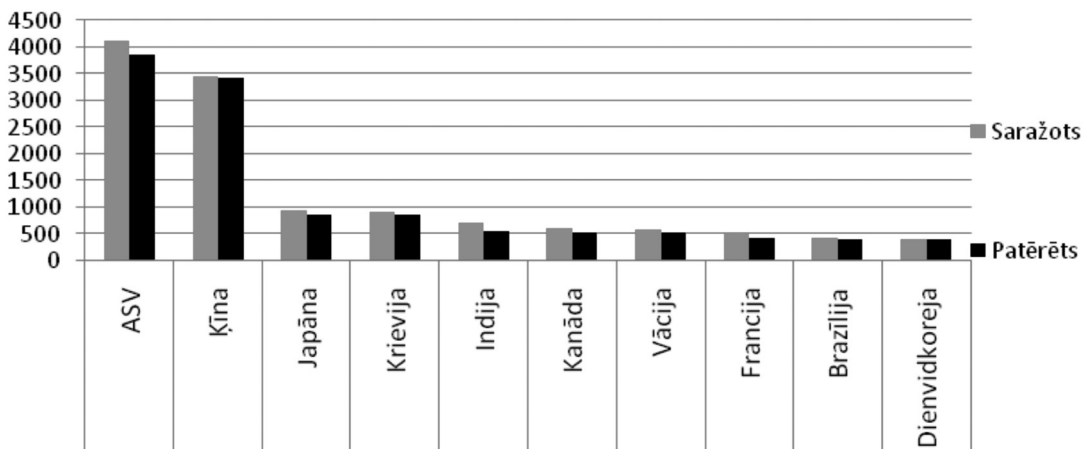
**Vēja elektrostacija** ir elektrostacija, kas sastāv no viena vai vairākiem vēja ģeneratoriem, kas atrodas vienkopus, lai ražotu elektroenerģiju. Elektroenerģija tiek ražota, ģeneratora griešanai izmantojot vēja enerģiju. Vēja elektrostacijas var sastāvēt no vairākiem simtiem vēja ģeneratoru, kas izvietoti lielā platībā.

**Ģeotermālā elektrostacija** ir elektrostacija, kas darbojas pēc līdzīga principa kā termoelektrostacija, kurināmā vietā izmantojot ģeotermālo enerģiju no zemes dziļēm.

**Saules elektrostacija** ir elektrostacija, kas ražo elektroenerģiju, izmantojot saules enerģiju.

Kopējais pasaules elektroenerģijas patēriņš pēc pieejamajiem datiem IEA/OECD (*International Energy Association/Organisation for Economic Co-operation and Development*) ir aptuveni 20 triljoni kWh. Sadalījums starp lielākajiem elektroenerģijas ražotājiem un patērētājiem (miljardos kWh) (tabula. 1.1):

Tabula 1.1. Pasaules lielāko elektroenerģijas ražotāju un patērētāju (miljardos kWh) grafiskais atainojums:



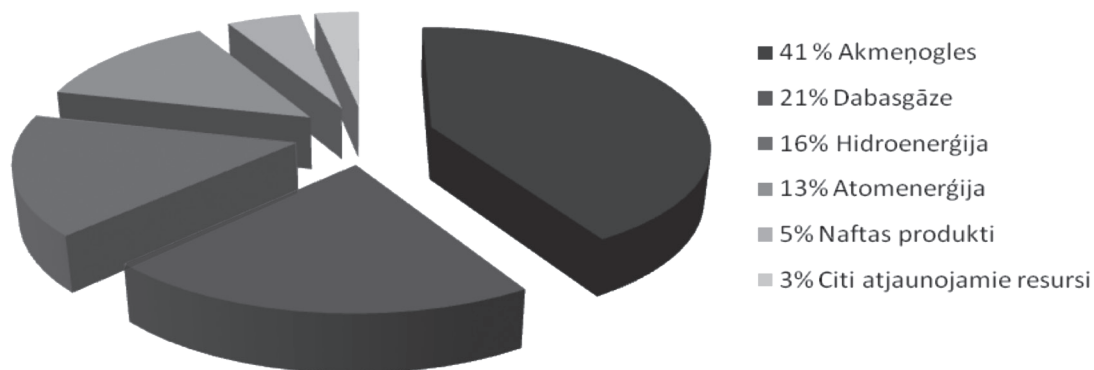
Tabula 1.2. Pasaules lielākie elektroenerģijas ražotāji un patērētāji (miljardos kWh) skaitļos:

		Saražots	Patērēts
1	ASV	4110	3873
2	Ķīna	3451	3438
3	Japāna	956,5	858,5
4	Krievija	925,9	857,6
5	Indija	723,8	568
6	Kanāda	620,7	536,1
7	Vācija	593,4	547,3
8	Francija	535,7	447,2
9	Brazīlija	438,8	404,3
10	Dienvīdkoreja	417	402

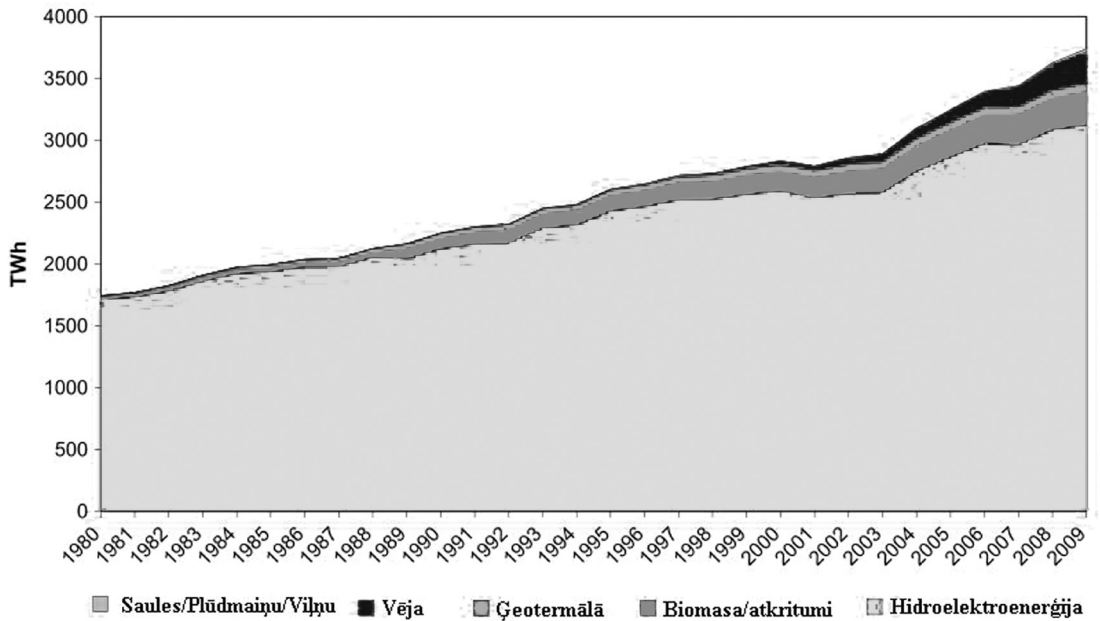
Skaitļi ir ņemti pēc IEA (International Energy Association) un CIA informācijas avotiem, kas pēdējo reizi atjaunoti 2008. gadā. 2010. gadā ir vērojams pieaugums ekonomiski aktīvajās zonās un samazinājums krīzes smagāk skartajos reģionos. Šī tendence arī turpināsies, iespaidojoties no globālās ekonomiskās krīzes. Lai gan svārstības notiek, globālais Top10 daudz nemainās arī 2012. gadā.

Nākamajā grafikā (1.1. att.) ir attēlots procentuālais sadalījums pasaulē saražotajai elektroenerģijai attiecīgi pēc tā, kādi resursi ir izmantoti. Grafikā izmantoti dati no 2008. gada (avots: IEA/OECD).

1.1. att. Pasaulē saražotās elektroenerģijas procentuālais sadalījums.



Atjaunojamās elektroenerģijas resursu izmantošana strauji aug. 2010. gadā 19% no kopējā globālās elektroenerģijas patēriņa nāca no atjaunojamajiem resursiem. To skaitā 16% no hidroelektroenerģijas un 3% no citiem atjaunojamajiem energoresursiem (vēja, saules, ģeotermālie, biodegvielas, biomasas), kas strauji pieaug (1.2. att.).



1.2. att. No atjaunojamajiem resursiem saražotās elektroenerģijas pieaugums pasaulē.

## 2. ALTERNATĪVIE ENERĢIJAS IEGUVES VEIDI

Ar katru gadu pieprasījums pēc elektroenerģijas pieaug. Lai saražotu nepieciešamo elektroenerģiju, jāizlieto arvien vairāk fosilā kurināmā. Taču, palielinoties pieprasījumam pēc neatjaunojamajiem energoresursiem, strauji aug arī to cena. Tas noved pie elektroenerģijas tarifu celšanas. Tā kā fosilo energoresursu apjoms ir ierobežots, tie draud izsīkt. Resursi, kas Zemes dziļēs veidojušies miljoniem gadu, pēdējos 100 gados tiek ļoti strauji izlietoti. Valstis un ražotāji, kuriem pieder fosilā kurināmā ieguves atradnes, cenšas visiem patērētājiem diktēt savus noteikumus un nosaka monopolcenu kurināmajam. Fosilā kurināmā enerģijas nozare ir viena no lielākajām un bagātākajām rūpniecības nozarēm. Ir izveidota starpvalstu organizācija *OPEC – Organization of the Petroleum Exporting Countries* (Naftu eksportējošo valstu apvienība). Organizācijas dalībnieki ir 12 naftu eksportējošas valstis. *OPEC* galvenais uzdevums ir noteikt naftas cenu, kas ir pieņemama ražotājiem un patērētājiem. Pēdējos 100 gados energoresursu patēriņš ir palielinājies vairāk nekā 20 reizes. Pašlaik energoresursu patēriņš palielinās par 2% gadā. Tā kā cilvēki neatteiksies no sasniegtā ērtību līmeņa, pieprasījums pēc energoresursiem nesamazināsies. Tas novedīs pie fosilo energoresursu izsīkuma. Vispirms izsīks nafta un gāze, bet pēc tam arī akmeņogles. Tiek prognozēts, ka nafta un gāze varētu izsīkt nākamajos 100 gados, bet ogles 300 gados. Tādējādi arvien vairāk pieaugs šo energoresursu cena un arvien dārgāka kļūs arī elektroenerģija. Tāpēc pāreja uz alternatīvajiem un atjaunojamajiem energoresursiem ir neizbēgama. Pašlaik Latvijas atjaunojamo energoresursu īpatsvars tuvojas 35% no elektroenerģijas patēriņa, kas ir viens no lielākajiem ES valstīs. Lielākā daļa no atjaunojamo energoresursu elektroenerģijas Latvijā tiek saražota hidroelektrostacijās, nedaudz (1%) vēja parkos un sadedzinot biomasu. Pavisam neliela daļa enerģijas tiek iegūta biogāzes ieguves iekārtās un eksperimentālā līmenī – pāris saules kolektoros.

Saules vēja un ūdens enerģijas izmantošana nav saistīta ar CO<sub>2</sub> un citu izmešu rašanos. Tā ir “tīra” enerģija, jo nepiesārņo apkārtējo vidi. Vēja enerģijas ražošanai nepieciešams, lai vēja ātrums būtu lielāks par 5 m/s. Šādam nosacījumam atbilst jūras piekraste un Zemgales līdzenumi. Ūdens enerģijas izmantošana saistīta ar HES ūdenskrātuvju ierīkošanu, kura izjauc līdzsvaru dabiskajās ekosistēmās.

Eiropas Savienība ir bijusi ļoti ambicioza atjaunojamās elektroenerģijas sektorā. Jau ar atjaunojamo resursu direktīvu *Renewable Energy Directive, Directive 2001/77/EC* mērķprogramma noteica, ka līdz 2010. gadam atjaunojamo resursu izmantošanai jāsasniedz 21% no kopējā apjoma. Vairākums valstu tomēr nespēja šo direktīvu izpildīt. Pašreizējā Eiropas Parlamenta un Padomes direktīvas 2009/28/EK (*Renewable Energy Directive, Directive 2009/28/EC*) mērķprogramma nosaka sasniegt kopējo ES atjaunojamo resursu īpatsvaru 20% līdz 2020. gadam, katrai valstij nospaužot arī individuālos mērķus. Latvijai atjaunojamo energoresursu izmantošanas veicināšanas ietvaros izstrādāta mērķprogramma līdz 2020. gadam bruto enerģijas galapatēriņā palielināt no atjaunojamiem energoresursiem saražoto enerģijas daudzumu līdz 40%. Tā kā Latvija elektroenerģiju importē (ap 70%), tad atjaunojamo resursu plašākai izmantošanai ir būtiska nozīme.

Arī pasaulē tiek stimulēta atjaunojamo energoresursu izmantošana. Kioto protokola ietvaros pasaules valstīm ir izvirzīta prasība nākotnē pakāpeniski pāriet uz atjaunojamiem enerģijas avotiem (arī elektroenerģijas). Kioto protokols ir protokols ko apstiprinājusi Apvienoto Nāciju Organizācija (*United Nations Framework Convention on Climate Change*), lai mazinātu cilvēka radīto globālo sasilšanu izraisīto gāzu koncentrāciju atmosfērā, tādējādi mazinot ietekmi uz klimata sistēmu.



2.1. att. Kioto protokola dalībvalstis – melna krāsā.

Protokols sākotnēji tika pieņemts 1997. gada 11. decembrī Kioto, Japānā. Tas stājās spēkā 2005. gada 16. februārī. 2011. gada septembra mēnesī 191 valstis ir parakstījušas un ratificējušas protokolu. Vienīgās valstis, kas šo protokolu līdz 2012. gadam vēl nav ratificējušas, ir ASV, Afganistāna, Andora un Dienvidsudāna. Kanāda ir atteikusies no protokola 2011. gada decembrī (2.1. att.).

## 2.1. HIDROENERĢIJA

Ūdens ir ne tikai Zemes “dzīvības šūpulis”, bet arī liela enerģijas krātuve. Izmanto viļņu, paisuma un bēguma un upju straumju radīto enerģiju. Ūdens enerģija ir viens no senākajiem enerģijas izmantošanas veidiem. Pirmie ūdensrati lauku apūdeņošanas vajadzībām un labības malšanai radās Tuvo Austrumu zemēs un no turienes tika ieviesti arī Eiropā. Tas padarīja cilvēku dzīvi vieglāku, jo mehānisms veica smago darbu cilvēka vietā.



2.2. att. Ūdensrats.

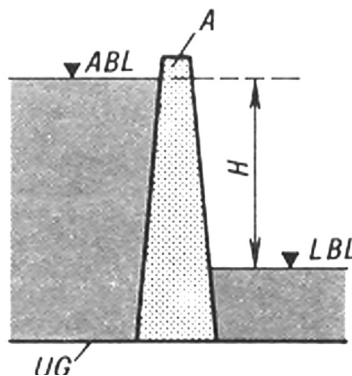
Attīstoties tehnikai, ūdensrata enerģiju ar zobratu, sprūdu vai kloķa-klaņa mehānismu no rotācijas kustības varēja pārvērst virzes kustībā. Ūdensratus (2.2. att.) sāka izmantot arī rūdas smalcināšanai, pulvera ražošanai, kaņepju

un vilnas apstrādei, ūdens atsūkņēšanai no šahtām. Hidrotehniskās enerģijas avoti atradās tur, kur tos daba bija radījusi un nebija pārvietojami uz vajadzīgajām vietām. Pieaugot ražošanas apjomam, radās nepieciešamība enerģijas avotus tuvināt ražotājam – zemkopības apvidum, izejvielu atradnēm, apdzīvotām vietām. 19. gadsimta otrajā pusē ūdensratu aizvietoja ūdensturbīna (mazāka, ērtāka, ātrāka), kurai pievienojot ģeneratoru, sākās elektroenerģijas ražošana.

Ūdens plūsma upē atkarīga no globāliem aspektiem – Saules starojuma, nokrišņu cikliskuma. Lai izvēlētos labāko HES atrašanās vietu un izvērtētu ekonomiskos aspektus, ir jāveic hidroenerģētiskā prognozēšana visam gadam. Teorētiski jau viss izskatās vienkārši – ūdens upē plūst bez dzišanas un jau vairāk nekā simts gadu cilvēki ir iemācījušies šo ūdens enerģiju pārvērst elektroenerģijā. Taču, lai uzkrātu ūdens resursus, ir jāizbūvē ūdenskrātuve (aizsprosts). Tas izmaina apkārtējo vidi – notiek ekosistēmas degradācija. Aizsprosts lielas platības pārvērš dīķos, kur ūdenim absorbējot saules enerģiju, virskārtā ūdens sasilst par 2 – 3 °C. Šis ūdens aizplūst pāri slūžām un izmaina apstākļus arī upes lejtecē. Aizsprosts kavē zivju nokļūšanu uz nārsta vietām upes augštecē un veicina diķa aizsērēšanu.

## 2.2. HIDROELEKTROSTACIJA

Hidroelektrostacija (HES) ir hidrotehnisko būvju un iekārtu komplekss, kurā ūdens plūsmas enerģija tiek izmantota elektroenerģijas ražošanai. Hidrotehniskās būves koncentrē ūdens plūsmu un rada nepieciešamo ūdens spiedienu (augšbjefa ABL un lejasbjefa LBL līmeņu starpība  $H$ ) (2.3. att.).



2.3. att. Upes aizsprosts.

Ūdens spiedienaugstuma  $H$  iegūšanai izmanto aizsprostu A, UG – upes gultne.

Ūdens potenciālās enerģijas pārvēršanai elektroenerģijā izmanto hidroturbīnas un hidroģeneratorus, kurus izvieto HES ēkā (mašīntelpa). Šajā ēkā izvietota arī HES vadības pulsts ar automātiskās vadības un kontroles iekārtām un mērinstrumentiem. HES tuvumā izvieto arī spriegumu paaugstinošu transformatoru apakšstaciju un montāžas laukumu agregātu remontam un citiem darbiem. HES jauda  $P$  (kW) atkarīga no izmantotā ūdens daudzuma, jeb caurplūduma caur hidroturbīnām  $D$  ( $m^3/s$ ), ūdens līmeņa starpības  $H$  (m) un hidroagregātu lietderības koeficienta  $\eta$ :

$$P = \eta \cdot 9,81 \cdot D \cdot H$$

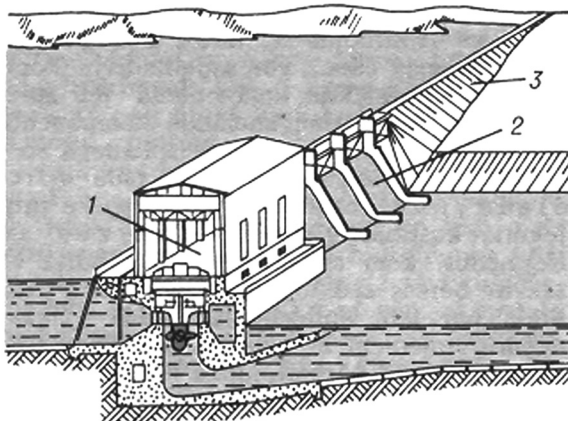
Izšķir:

- 1) **aizsprosta HES**, kad spiedienu rada uzbūvētais aizsprosts;
- 2) **derivācijas HES**, kad aizsprosts ir neliels un spiediena radīšanai izmanto derivācijas iekārtu (tunelis, kanāls, cauruļvads);
- 3) **hidroakumulējošās HES**, kad elektroenerģijas patēriņa maksimumstundās ražo elektroenerģiju, bet elektroenerģijas patēriņa minimumstundās izmanto citu elektrostaciju saražoto elektroenerģiju, lai sūknētu ūdeni uz augšējo ūdenskrātuvi.

### 2.3. AIZSPROSTA HIDROELEKTROSTACIJAS

Uz līdzenuma upēm lielākoties būvē aizsprosta HES. Pirms aizsprosta izveido ūdenskrātuvi, kuru izmanto diennakts caurteces regulēšanai. Aizsprosts parasti rada 30 – 40 m ūdens spiedienu, kaut gan kalnu apvidos ir uzcelti pat 200 – 300 m augsti aizsprosti. Šādas HES galvenais un dārgākais objekts ir aizsprosts. Pēc ūdens līmeņa regulēšanas izšķir: ūdeni nepārlaidošus jeb ciešos aizsprostus; ūdens pārgāznes aizsprostus – liekais ūdens pārlīst pāri aizsprostam; aizvaru aizsprostus – liekais ūdens aizplūst pa atvērto aizvaru.

Ja aizsprosta augstums nepārsniedz 40 m, aizsprosta ēku var izveidot kā aizsprosta sastāvdaļu viena krasta tuvumā. Tā ir gultnes tipa HES (2.4. att.):

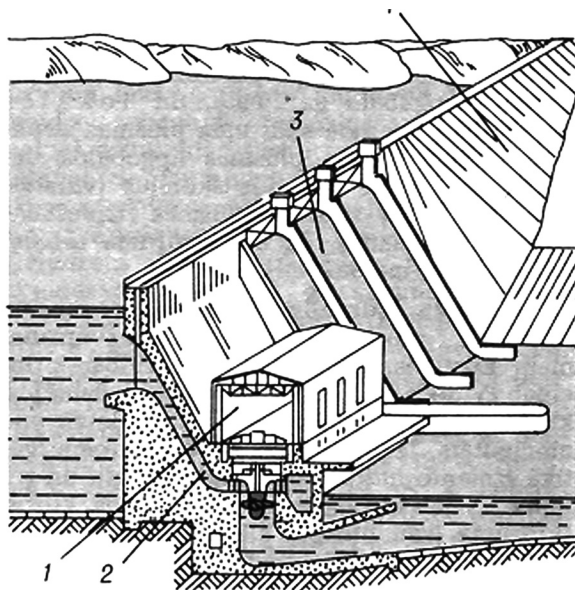


2.4. att. Gultnes tipa HES.

1 – mašintelpa, 2 – ūdens pārgāznes aizsprosts, 3 – zemes aizsprosts.

Šādām HES mašintelpa ir masīva, jo pakļauta vienaspusējam ūdens spiedienam. Latvijā pirmā HES tika uzbūvēta 1901. gadā uz Abula (Smiltenes HES). 1925. gadā sāk darboties Aiviekstes HES uz dzirnavu dīķa. 1932. gadā uzcelj patstāvīgo aizsprostu un paplašina Aiviekstes HES, kura līdz 1939. gadam bija lielākā HES Latvijā.

Ja aizsprosta augstums nepārsniedz 250 m, HES ēku būvē pie aizsprosta lejasbjeļa pusē (2.5. att.). Tā ir pieaizsprosta HES:

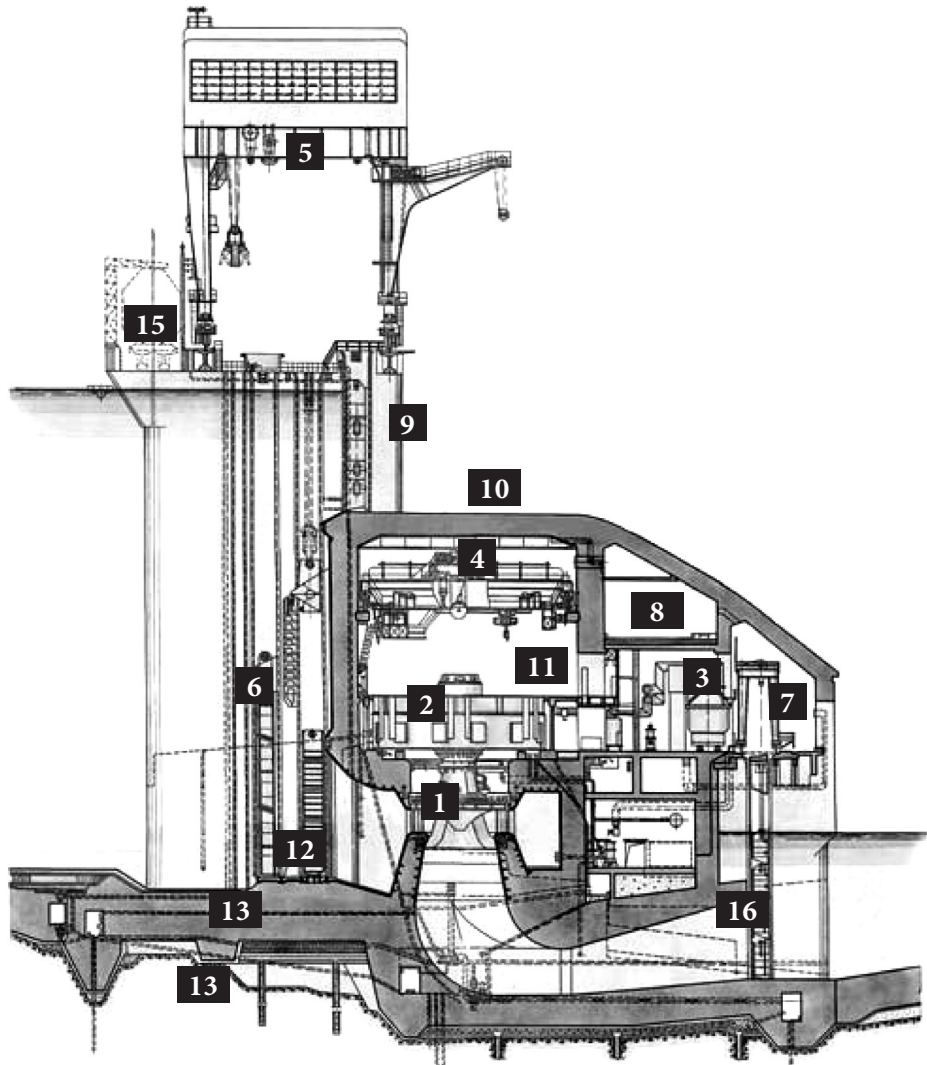


2.5. att. Pieaizsprosta HES.

1 – mašintelpa, 2 – hidroturbīnas spiediena pievads, 3 – ūdens pārgāznes aizsprosts, 4 – bezpārgāznes aizsprosts.

Ūdeni hidroagregātiem pievada pa aizsprosta ķermeņi izveidotiem tuneļiem vai cauruļvadiem. Ja  $H$  nepārsniedz 50 m, bieži izmanto dzelzsbetona caurules, bet lielākiem ūdens staba augstumiem izmanto tērauda caurules.

Aizsprosta HES parasti izmanto hidroagregātus ar vertikālu rotācijas asi. Tikai neliela ūdens līmeņa gadījumos gultnes tipa HES izvieto hidroagregātus ar horizontālu rotācijas asi, kas samazina HES izmaksas. Lai hidroturbīna pilnīgāk varētu izmantot ūdens enerģiju, aiz hidroturbīnas izveido koniskas formas sūcējcauruli ūdens novadīšanai lejasbjefā. Šādas HES piemērs ir Pļaviņu HES (2.6. att.):

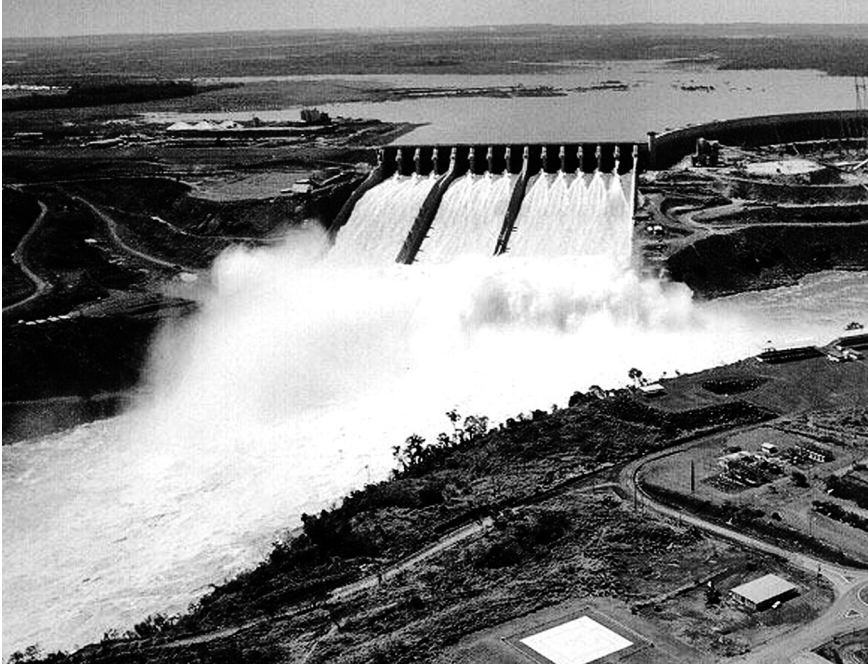


2.6. att. Ūdens pārgāznes tipa Pļaviņu HES shēma.

1 – hidroturbīna; 2 – hidroģenerators; 3 – 13,8/380 kV transformators; 4 – tilta celtnis; 5 – augšbjefa sastatņu celtnis;  
6 – aizsargrēžģis turbīnas ieplūdē; 7 – 13,8/380 kV transformators; 8 – autotransporta tunelis; 9 – ūdens pārgāznes aizvars; 10 – ūdens pārgāzne; 11 – mašintelpa; 12 – HES ēkas pamatplāksne; 13 – drenāžas filtri; 14 – pamata grunts;  
15 – projektā paredzētā dzelzceļa vieta; 16 – avārijas remonta aizvars.

Viena no pasaules lielākajām ir Itaipu HES (2.7. att.). 1991. gadā tā ir uzcelta uz Paranas upes. Itaipu parāda divu valstu, Brazīlijas un Paragvajes, kopīgo veikumu. Hidroelektrostacijas 18 ģeneratoru kopīgā jauda ir 14 GW un 2010. gadā HES saražoja 90,7 TWh elektroenerģijas.





2.7. att. Itaipu HES.

1995. gadā Itaipu HES saražoja 25% no Brazīlijai, un 78% no Paragvajai nepieciešamā enerģijas daudzuma. Pārgāzne (līst cauri ūdens) ir no 14 vārtiem sastāvošas slūžas, kurām sekundē cauri izlīst 62 200 kubikmetri ūdens. Viss ēku komplekss stiepjas 4 km garumā gar Paranas upi un sasniedz 186 m augstumu. Aizsprosta garums ir 7,235 km. Ūdenskrātuve stiepjas 80 km garumā. Dzelzs un tērauda daudzums, kas izmantots dambja celtniecībā, ir pietiekams, lai uzceltu 380 Eifeļa torņus. Itaipu ir viens no modernās pasaules Septiņiem brīnumiem. Lai uzceltu Itaipu dambi, strādnieki mainīja plūdumu vienai no lielākajām pasaules upēm (Paranas upe, uz Brazīlijas un Paragvajas robežas).

Pati lielākā ir Trīs aizu HES, kas uzbūvēta Ķīnā uz Jandzi upes. Tās 32 ģeneratoru kopējā jauda ir 20,3 GW (pēc rekonstrukcijas plānoti vēl papildus aptuveni 1500 GW), un gadā tā spēj saražot 100 miljardus kWh, vai 100 TWh elektroenerģijas (2.8. att.). Aizsprosta augstums ir 185 metri, un garums 2309 metri. Plānotais ūdens staba augstums ir 80,6 m, bet maksimāli tas var sasniegt 113 m.



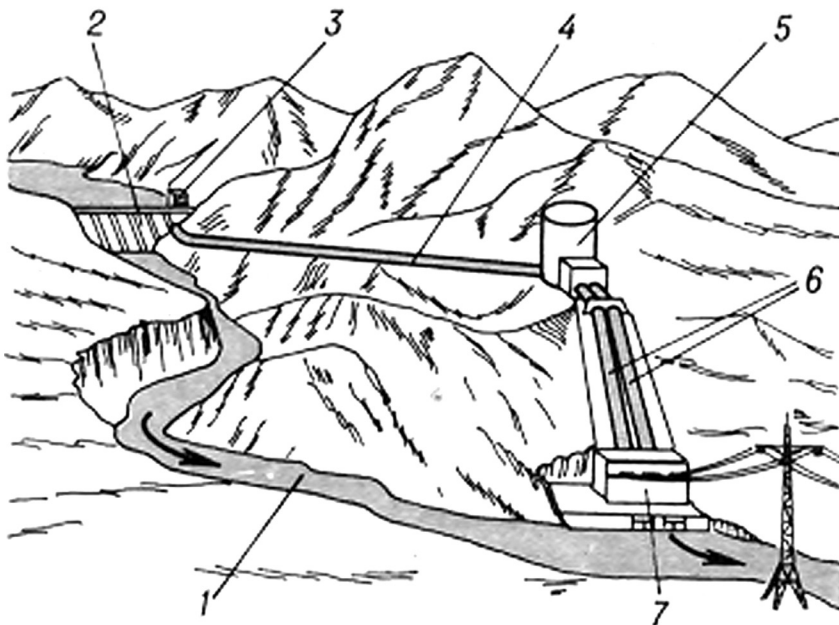
2.8. att. Trīs aizu HES Ķīnā.

Vērts pieminēt, ka hidroenerģija ir visizplatītākais no atjaunojamajiem resursiem, kas tiek izmantots elektroenerģijas ražošanā. Globālajā pasaules elektrobilancē tā aizņem aptuveni 16% no saražotās elektroenerģijas, 2010. gadā saražojot 3427 TWh. Izmaksas ir relatīvi zemas un tas padara HES konkurētspējīgus. Pasaules trīs jaudīgākās elektrostacijas ir tieši HES:

- Trīs aizu HES *Three Gorges Dam*, Ķīna, 21000 MW, 84.37 TWh;
- Itaipu HES *Itaipu Dam*, Brazīlija, Paragvaja, 14000 MW, 94.96 TWh;
- Guri HES *Guri Dam*, Venecuēla, 10235 MW, 53.41 TWh.

## 2.4. DERIVĀCIJAS HES

Derivācijas HES aizsprosta augstums ir neliels, ja tam jānodrošina tikai ūdens novadišana no upes **derivācijas kanālā, tuneli vai caurulē** (2.9. att.):



2.9. att. Derivācijas HES shēma.

1 – upes gultne; 2 – aizsprosts; 3 – ūdens uzņēmējs; 4 – derivācijas cauruļvads (tunelis); 5 – spiediena izlīdzināšanas rezervuārs; 6 – hidroturbīnu spiedvads; 7 – mašīnzāle.

Bezspiediena (atklātajās) derivācijas iekārtās notiek brīvlīmeņa ūdens caurplūde. Derivācijas kanālu un hidroturbīnu savieno spiedvadi. Spiediena (slēgtajās) derivācijas iekārtās hidroturbīnu spiedvadu priekšā ierīko spiediena izlīdzināšanas rezervuāru, kas ierobežo hidrauliskā trieciena izplatīšanos, ja strauji mainās derivācijas HES ūdens patēriņš. Derivācijas HES mašīnzāle var atrasties pat vairāku desmitu kilometru attālumā no aizsprosta. Šāda tipa HES pamatā būvē kalnainos apvidos, kur relatīvi nelielā attālumā var iegūt lielu ūdens staba spiedienu starpību (100 m un lielāku) līdz ar to arī lielu derivācijas HES jaudu. Viena no pirmajām šāda tipa HES tika uzbūvēta pie Niagāras ūdenskrituma. 1875. gadā sāka darboties sparrati un 1881. gadā sāka ražot elektroenerģiju tuvējo ciemu un elektrostacijas apgaismošanai. 19. gadsimta beigās interese par Niagāras ūdenskrituma enerģijas apguvi bija ļoti liela, šeit tika veikti plaši pētījumi par enerģijas ražošanas un pārvaldes iespējām. Niagāras ūdenskrituma enerģijas kompānija finansēja pētījumus, kuru rezultātā Nikola Tesla izgudroja trīsfāzu maiņstrāvas ģeneratoru un trīsfāzu transformatoru, ar kuru palīdzību kļuva iespējams elektrību aizvadīt uz attālākām vietām. 1896. gadā tika ierīkota

pirmā elektropiegādes līnija no Niagāras uz Bufalo (32 km). Šajā laikā jau tika izbūvēti cauruļvadi no ūdenskrituma līdz HES turbīnām, kas spēja saražot 75 MW jaudu. Mūsdienās Niagāras HES apgādā ar elektroenerģiju lielu daļu no Ņujorkas štata (ASV) un Ontario provinces (Kanāda).

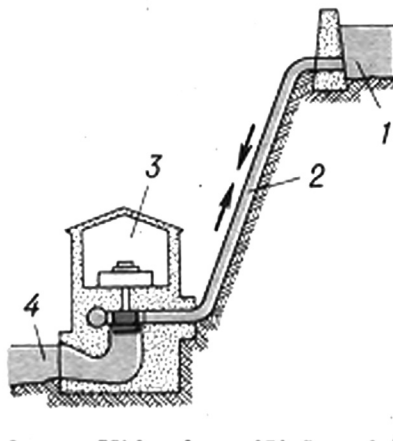
1936. gadā ASV Melnajā kanjonā uz Kolorado upes uzbūvēja Hoover dambi (2.10. att.), kura augstums ir 221 metri un garums 379 metri. Dambis ir 201 metru plats. Dambja pakājē uzbūvēja hidroelektrostaciju, kuru rekonstruēja 1961. gadā. Hidroelektrostacijai ir 17 ģeneratori, kuru kopējā jauda 2074 MW.



2.10. att. Hoover dambis un elektrostacija ASV uz Kolorado upes Melnajā kanjonā.

## 2.5. HIDROAKUMULĒJOŠĀ ELEKTROSTACIJA

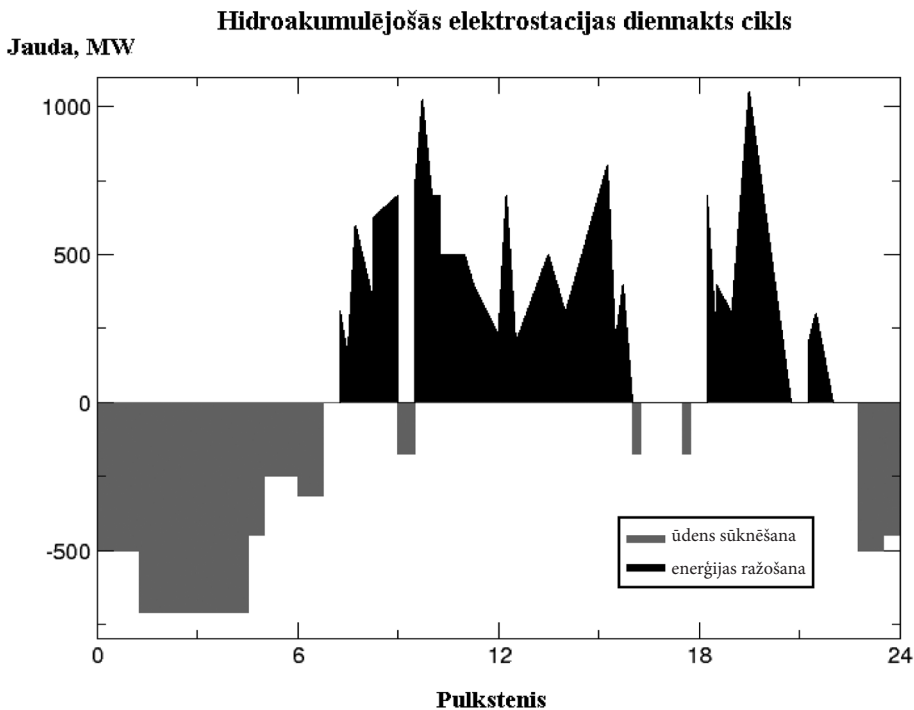
Hidroakumulējošā elektrostacija – hidroelektrostācijas un sūkņu stacijas komplekss, kas enerģosistēmas maksimuma stundās ražo elektroenerģiju, izmantojot slodzes minimuma stundās uzkrāto ūdens potenciālo enerģiju (2.11. att.):



2.11. att. Hidroakumulējošās elektrostācijas shēma.

1 – augšējā ūdenskrātuve; 2 – savienojošais cauruļvads; 3 – mašīnu zāle; 4 – apakšējā ūdenskrātuve.

Šāda elektrostacija darbojas vai nu sūkņa režīmā, pārsūknējot ūdeni no apakšējās ūdenskrātuves uz augšējo ūdenskrātuvi (sūkņus darbina citu elektrostaciju saražotā elektroenerģija), vai turbīnas režīmā, izmantojot uzsūknētā ūdens potenciālo enerģiju. Hidroakumulējošo elektrostaciju ūdenskrātuvju līmeņu starpība parasti ir lielāka par 100 m. Ekonomiskākas ir hidroakumulējošās elektrostacijas, kas atkarībā no griešanās virziena darbojas turbīnas vai sūkņa režīmā. Parasti saražotā elektroenerģija sastāda līdz 75% no ūdens uzsūknēšanai patērētās elektroenerģijas (2.12. att.).

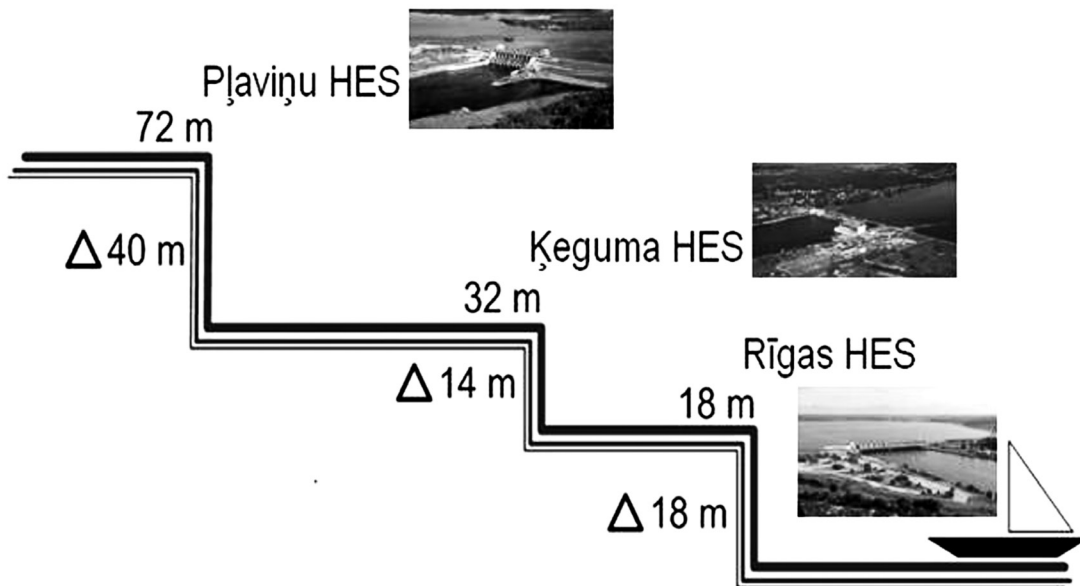


2.12. att. Hidroakumulējošās elektrostacijas diennakts cikls.

Tomēr šādu elektrostaciju izmantošana ir perspektīva, jo tās būtiski uzlabo termoelektrostaciju un atomelektrostaciju darbības tehniskos apstākļus. Šīs stacijas var darboties vienmērīgākā režīmā. Maksimumstundās elektroenerģiju palīdz nodrošināt HES un hidroakumulējošās elektrostacijas. Elektroenerģijas patēriņa minimumstundās akumulējošās elektrostacijas patērē „lieko elektroenerģiju”, pārvēršot to ūdens potenciālajā enerģijā, kuru izmanto elektroenerģijas patēriņa maksimumstundās, ražojot elektroenerģiju. Pirmā hidroakumulējošā elektrostacija uzbūvēta Šveicē 1882. gadā. Visvairāk šādas elektrostacijas būvē Japānā, ASV, Itālijā, Lielbritānijā, Austrijā, Šveicē un Vācijā.

## 2.6. DAUGAVAS HIDROELEKTROSTACIJU KASKĀDE

Hidroelektrostaciju kaskādi veido hidroelektrostacijas, kuras izvietotas viena aiz otras pa upes tecējumu tā, lai vienas HES lejasbjefs būtu nākamās HES augšbjefs. Šīs HES saista viens ūdenssaimniecības režīms. HES kaskāde sniedz iespēju labāk izmantot upes enerģētiskos resursus un regulēt uzkrātā ūdens un atsevišķu HES jaudu. Tas paver iespēju novērst iespējamos pavasara palus. Latvijā uz Daugavas arī ir izveidota šāda HES kaskāde (2.13. att.). Kaskādi veido Rīgas HES, Ķeguma HES un Pļaviņu HES. Šajās HES Daugavas ūdens varens spēks tiek izmantots elektroenerģijas ražošanai.



2.13. att. Daugavas HES kaskādes shēma.

Rīgas HES ir jaunākā Daugavas HES kaskādes hidroelektrostacija, kas izvietota pie Doles salas. Eksploatācijā nodota 1974. gadā. Rīgas HES ir 10 hidroagregāti, kuru kopējā jauda ir 402 MW (2.14. att.):



2.14. att. Rīgas HES.

Rīgas HES aizsprosta garums ir 1 kilometrs. Ūdens staba augstums starp augšbjefu un apakšbjefu ir 17,2 metri. Rīgas HES 2010. gadā saražoja 833 GWh elektroenerģijas.

Ķeguma HES (2.15. att.) ir vecākā no Daugavas kaskādes hidroelektrostacijām. Ķeguma HES tika nodota ekspluatācijā 1939. gadā. Tajā laikā tā bija viena no modernākajām hidroelektrostacijām Eiropā. Ķeguma HES rekonstruēta 2001. gadā. HES-1 tagad ir 4 hidroagregāti, kuru jauda ir 72 MW. 1979. gadā ekspluatācijā nodota otrā hidroelektrostacijas kārtā HES-2, kurā izvietoti 3 hidroagregāti ar kopējo jaudu 192 MW.



2.15. att. Ķeguma HES.

Kopā Ķeguma HES uzstādīti 7 hidroagregāti, kuru kopējā jauda 264 MW. HES ūdens līmeņu starpība 13,8 m. 2010. gadā Ķeguma HES saražoja 621 GWh elektroenerģijas.

Trešā kaskādes hidroelektrostacija ir Pļaviņu HES (2.16. att.), kas nodota ekspluatācijā 1968. gadā. Tā ir lielākā HES Baltijas valstīs un otra lielākā ES. Ūdens līmeņu starpība ir 38 metri. Pļaviņu HES gultnes aizsprosta augstums ir 42 metri un tas ir 445 metrus garš. Labā krasta dambja garums 1342 metri. Kreisā krasta dambja garums ir 1892 metri. HES ēkā uzstādīti 10 hidroagregāti. Pļaviņu HES ir vienīgais autotransporta tunelis Latvijā, kura garums ir 188,2 metri, platums 7 metri un augstums 4,4 metri.



2.16. att. Pļaviņu HES.

Pļaviņu HES tika modernizēta no 2001. līdz 2010. gadam. Visu hidroagregātu kopējā jauda ir 884 MW. 2010. gadā Pļaviņu HES saražoja 1991 GWh elektroenerģijas. Strādājot visiem 10 hidroagregātiem, ūdens līmenis lejasbjefā paaugstinās par 4 metriem. Vienas kWh saražošanai izmanto vidēji 11 m<sup>3</sup> ūdens. Caur hidroagregātu katru sekundi izplūst 280 m<sup>3</sup> ūdens.

Pļaviņu HES būtiski atšķiras no līdzīgas jaudas hidroelektrostacijām ar to, ka tās ēka, ņemot vērā hidroelektrostacijas lielo jaudu, ir ļoti kompakta un tās ūdenspārgāznes un ražošanas telpas apvienotas vienā blokā, kurā ierīkots arī autotransportam paredzēts tunelis.

Pļaviņu HES ir lielākais elektroenerģijas ražotājs Latvijā. Šī HES strādā vienotā valsts enerģosistēmā, ko 330 kV augstsprieguma līnijas savieno ar Igaunijas, Lietuvas un Krievijas enerģosistēmām. Baltijas reģionā tai ir nozīmīga loma enerģosistēmas stabilitātes nodrošināšanā. Pļaviņu HES izpilda visas Baltijas enerģosistēmas avārijas rezerves lomu citu elektrostaciju neplānotas atslēgšanās vai avārijas gadījumos. Pļaviņu HES un citu Daugavas kaskādes HES pamatuzdevums ir nodrošināt elektroenerģijas apgādi patēriņa maksimumstundās, kad elektroenerģijas patēriņš ir vislielākais. HES darbību regulē Centrālais dispečerdienests, bet HES operatīvo darbību uzrauga Pļaviņu HES dispečers un divi maiņas HES operatori. Visas hidroagregātu palaišanas, regulēšanas un apstādināšanas operācijas veic automātiskas ierīces. Pārslēgšanās notiek ļoti operatīvi – aptuveni 10 sekundēs.

Daugavas ūdens bagātība ļauj saražot vairāk nekā pusi no visas Latvijā saražotās elektroenerģijas. Šī ir tīra bezizmešu enerģija. Saražotās elektroenerģijas daudzums ir atkarīgs no ūdens caurplūduma apjoma Daugavā. Atjaunojamo energoresursu izmantošanas ziņā Latvija ir vienā no pirmajām vietām Eiropā. 70% no AS *Latvenergo* saražotās elektroenerģijas top no atjaunojamiem un videi draudzīgiem energoresursiem. Latvijā elektroenerģija tiek ražota arī 144 mazajās HES (2010. gada dati), kurās saražo 1,4 % elektroenerģijas. Mazo upju teorētiskie hidroenerģijas resursi ir līdz 300 GWh elektroenerģijas gadā. Praktiski izmantojamais potenciāls gan ir ievērojami mazāks, jo noteiktus ierobežojumus hidroenerģijas izmantošanai nosaka vides, dabas un ainavu aizsardzības prasības.

Elektroenerģiju nevar uzkrāt, tāpēc jebkurā laika momentā jābūt bilancei starp saražoto un patērēto elektroenerģiju. Jāizstrādā tāda plānošanas sistēma, lai nerastos elektroenerģijas deficīts vai pārpalikums. Pieaugot patērētāju pieprasījumam pēc elektroenerģijas, elektrostacijām jābūt gatavām to apmierināt, vajadzīgajā brīdī palielinot jaudu. Turklāt elektroenerģija jāražo nepārtraukti. Patērētāju slodzes ir mainīgas, tāpēc enerģosistēmā vienmēr jābūt jaudas rezervēm. Problēmas ir ne tikai tad, kad frekvence elektriskajā tīklā krītas, bet arī pretējā gadījumā, kad frekvence iet pāri normētajiem lielumiem. Ja kādā elektroenerģijas posmā rodas avārija, tad šis posms automātiski jāatslēdz un jāaizvieto ar rezerves posmu.

## 2.7. ELEKTROENERĢIJAS ĢENERATORS

Ģenerators – ierīce, kura hidroturbīnas mehānisko enerģiju pārvērš elektriskajā enerģijā. Tā darbības pamatā ir Maikla Faradeja 1821. gadā atklātais elektromagnētiskās indukcijas likums

$$\mathcal{E} = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

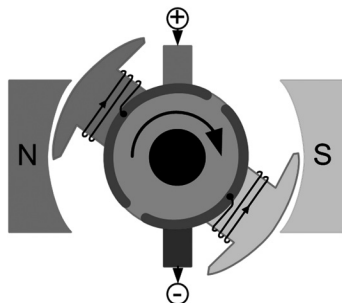
kur –  $\Delta\Phi$  magnētiskās plūsmas izmaiņa caur kontūra plakni laika intervālā  $\Delta t$ ,  $\mathcal{E}$  – elektrodzinējspēks, ko laikā mainīgais magnētiskais lauks inducē kontūrā.

Pirmo elektromotora prototipu 1827. gadā izveidoja ungāru fiziķis A. Jedliks (2.17. att.).



2.17. att. Jedlika elektromotors.

1934. gadā Boriss Jakobi izveidoja pirmo praktiski pielietojamo elektromotoru, kura jauda bija 15 W. Pilnveidojot elektromotoru, B. Jakobi tā jaudu palielināja līdz 550 W. 1938. gadā elektromotors pirmo reizi tika izmantots laivas rata griešanai. Motoru darbināja 320 galvaniskie elementi. Laiva ar 12 pasažieriem peldēja Ņevas upē pret straumi ar ātrumu 1 km/h. Tā elektriskais dzinējs ienāca upju transportā. Boriss Jakobi uzsvēra, ka viņa radītais elektromotors nav sarežģīts, un tā radītā rotācijas kustība ir vienkārši pārvēršama citos kustības veidos.



2.18. att. Līdzstrāvas elektromotors.

Nekustīgu motora daļu (šajā gadījumā magnētu) sauc par statoru, bet kustīgo (rotējošo) daļu par rotoru. Rotors parasti ir tinums, kurā plūst strāva, kurai mijiedarbojoties ar magnētisko lauku, rodas spēka moments, kas liek tinumam rotēt ap simetrijas asi (2.18. att.). 1866. gadā Verners fon Sīmens (*Siemens*) patentēja dinamomašīnu.

Elektromotoru attīstībā lielu ieguldījumu devuši B. Jakobi, T. Edisons, N. Tesla, G. Ferraris, M. Doļivo-Dobrovoļskis un daudzi citi inženieri.

1883. gadā N. Tesla radīja divfāzu maiņstrāvas asinhrono dzinēju, kuru 1884. gadā demonstrēja Strasbūras izstādē. 1889. gadā M. Doļivo-Dobrovoļskis radīja trīsfāzu asinhrono elektromotoru. 1888. – 1890. gadā N. Tesla radīja trīsfāzu ģeneratoru un izveidoja strāvas pārvades sistēmu. Tā 19. gadsimta beigās visi šie izgudrojumi aizsāka elektrisko mašīnu industriālās pielietošanas ēru. Asinhronie dzinēji vēl joprojām ir vieni no plašāk pielietotajiem motoriem pasaulē.

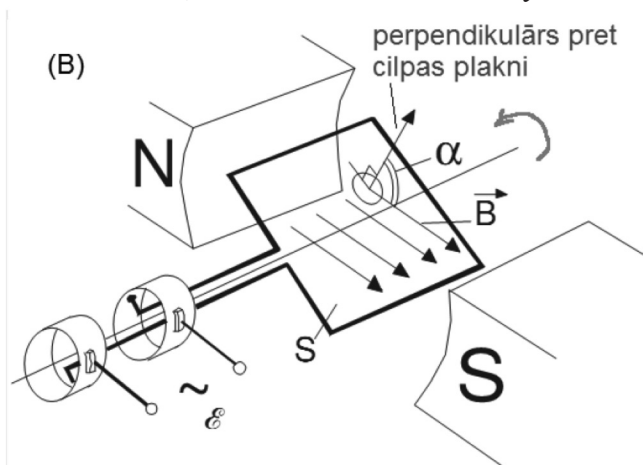
Elektroenerģijas ģeneratora darbības pamatā ir elektromagnētiskā indukcija. Rāmītis atrodas magnētiskajā laukā starp magnētu poliem (2.19. att.). Magnētiskā lauka plūsma caur rāmīša plakni

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha, \text{ kur}$$

$B$  – magnētiskā lauka indukcija,  $S$  – rāmīša cilpas laukums,  $\alpha$  – leņķis starp magnētiskā lauka indukcijas  $B$  un rāmīša normāles (perpendikulārs pret rāmīša cilpas plakni) virzieniem. Ja rāmīti griež ap simetrijas asi, tad magnētiskā lauka plūsma mainās laikā, jo mainās leņķis  $\alpha$ . Griežot rāmīti ap asi vienmērīgi, leņķis

$$\alpha = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot t = \omega \cdot t, \text{ kur}$$

$f$  – rotācijas frekvence,  $\omega$  – rāmīša rotācijas leņķiskais ātrums  $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$ .



2.19. att. Maiņstrāvas elektroenerģijas ģenerators.



Magnētiskā lauka plūsma caur rāmīša plakni

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos(\omega \cdot t)$$

periodiski mainās laikā. Tas nozīmē, ka, ievērojot elektromagnētiskā indukcijas likumu, rāmītī inducējas elektrodzinējspēks

$$\mathcal{E} = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = B \cdot S \cdot \omega \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

Ja rāmīša plakni veido  $N$  vijumi, tad katrā vijumā inducējas šāds elektrodzinējspēks. Tā kā visi vijumi ir slēgti virknē, tad kopējais elektrodzinējspēks ir vienāds ar rāmīša vijumos inducēto elektrodzinējspēku summu

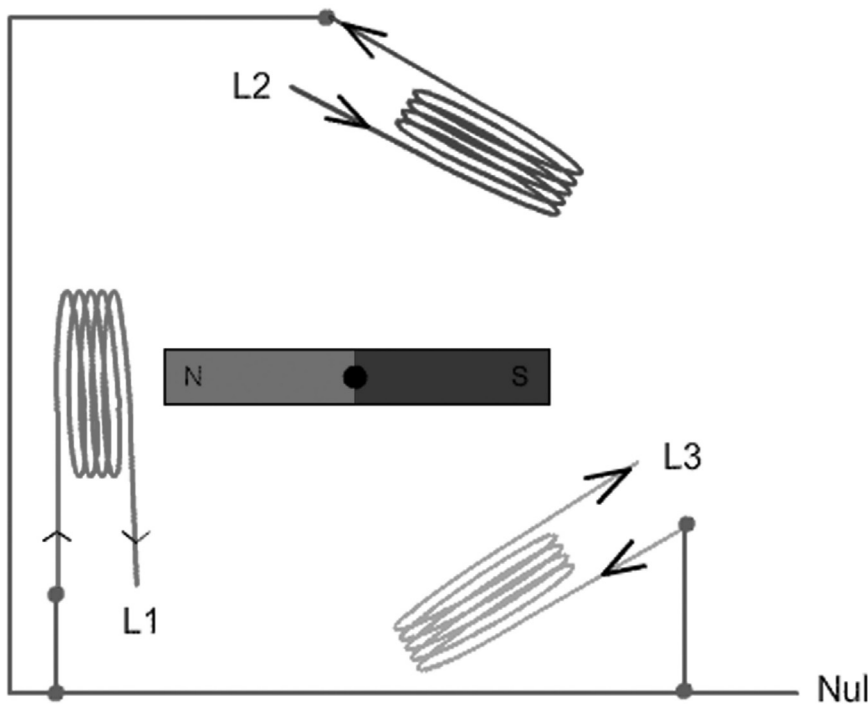
$$\mathcal{E} = N \cdot B \cdot S \cdot \omega \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

$\mathcal{E}_m = N \cdot B \cdot S \cdot \omega$  ir elektrodzinējspēka maksimālā vērtība. Elektrodzinējspēks laikā mainās periodiski:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_m \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

Esam ieguvuši vienkāršotu maiņstrāvas ģeneratoru. Spriegums tiek noņemts ar slidošo suku palīdzību. Rotēt var ne tikai rāmītis. Ja rāmītis ir nekustīgs un tā iekšpusē rotē magnēts, tad arī magnētiskā lauka plūsma caur rāmīša plakni laikā mainās periodiski un rāmītī inducējas elektrodzinējspēks.

Trīsfāzu maiņstrāvas iegūšanai tinumus (rāmīšus) izvieto simetriski. Leņķi starp to plaknēm ir  $120^\circ$ . (2.20. att.). Katrā tinumā inducējas elektrodzinējspēks.



2.20. att. Trīsfāzu maiņstrāvas ģenerators.

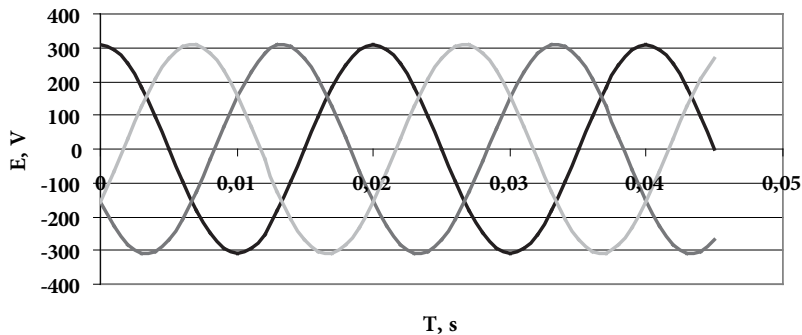
$$\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_m \cdot \sin(\omega \cdot t);$$

$$\mathcal{E}_2 = \mathcal{E}_m \cdot \sin(\omega \cdot t + 2 \cdot \pi / 3);$$

$$\mathcal{E}_3 = \mathcal{E}_m \cdot \sin(\omega \cdot t + 4 \cdot \pi / 3).$$

Trīsfāzu ģeneratora tinumos inducēto elektrodzinēj spēku maiņa laikā parādīta attēlā (2.21. att.).

### Trīsfāzu maiņstrāva



2.21. att. Elektrodzinēj spēku maiņa laikā (trīsfāzu elektrodzinējs).

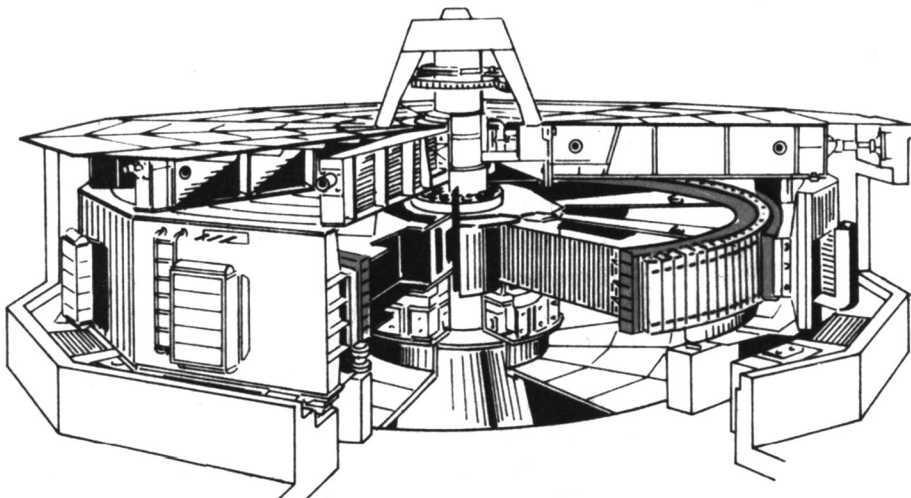
Maiņstrāvas frekvenci nosaka magnēta rotācijas frekvence  $f$ . Eiropā maiņstrāvas frekvence  $f = 50$  Hz. ASV, Kanādā, Japānā maiņstrāvas frekvence  $f = 60$  Hz. Lai samazinātu rotora frekvenci, izmanto nevis vienu, bet vairākus magnētu polu pārus  $n$ . Pielietojot magnētu polu pāru skaitu  $n$ , rotora rotācijas frekvenci var samazināt  $n$  reizes. Tas samazina rotējošo detaļu slodzi un nodilumu. Rotora rotācijas frekvence

$$f_{rot} = \frac{f}{n}$$

Parasti šo frekvenci izsaka apgriezieni/minūtē. Tāpēc

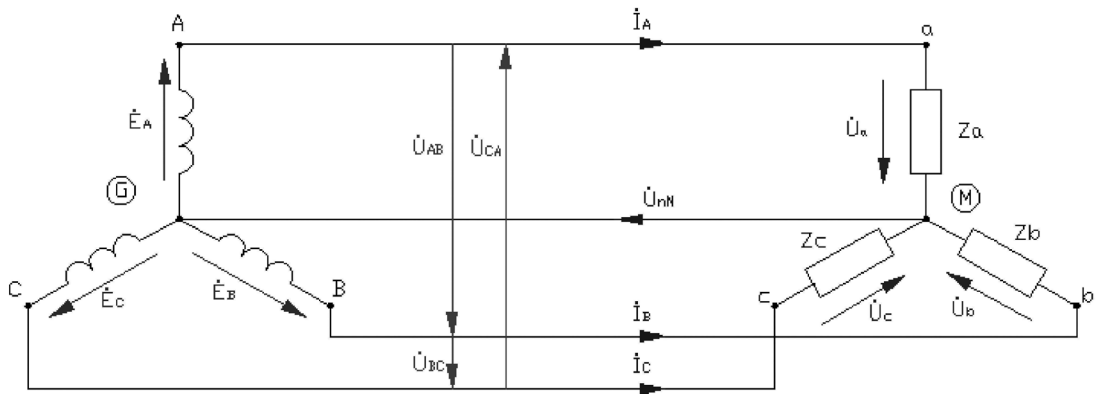
$$f_{rot} = \frac{60 \cdot f}{n} \text{ (apgr./min)}$$

Ķeguma HES uzstādīts ģenerators CB 1510/120-108 Y4 (2.22. att.). Šī ģeneratora jauda ir 64 MW, spriegums 13,8 kV, masa 850 tonnas. Minūtē ģenerators izdara 55,6 apgriezienus. Ģeneratoram ir 54 magnētu pāri, kā rezultātā samazinās ģeneratora rotācijas frekvence.



2.22. att. Ķeguma HES ģenerators.

Ģenerators tinumu zvaigznes slēgumu izveidoja N. Tesla (2.23. att.) 1890. gadā.

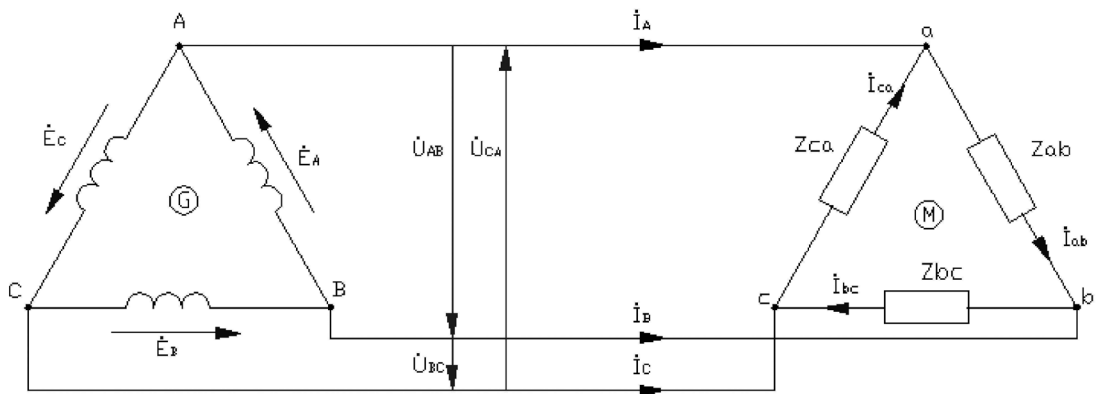


2.23. att. Zvaigznes slēgums.

Ģenerators tinumu vienus galus saslēdz vienā punktā – nullvadā. Tinumu galiem  $L_1$ ,  $L_2$  un  $L_3$  pievieno līnijas vadus A, B un C – fāzes. Patērētājus slēdz starp nullvadu un fāzi. Spriegums starp nullvadu un katru no fāzēm ir vienāds  $U_A = U_B = U_C = U$ . Eiropā patērētājiem piegādā

230 V spriegumu. Patērētāju var slēgt arī starp 2 fāzēm, tad spriegums  $U_{AB} = U_{AC} = U_{BC} = \sqrt{3}U = 400$  V. Patērētājam šādi var piegādāt 2 dažādus spriegumus. Pieslēdzot patērētājus, jāraugās, lai visas 3 fāzes būtu slogotas simetriski, tad nullvadā strāvas stiprums tieksies uz 0. Elektroenerģijas pārvadei šādā sistēmā nepieciešami 4 vadi.

Vēl var izmantot trijstūra slēgumu, kad vienu tinumu slēdz otram galā, izveidojot it kā trijstūri (2.24. att.).



2.24. att. Trijstūra slēgums.

Elektropārvades līnijas ierīkošanai šajā gadījumā nepieciešami tikai 3 vadi. Taču starp jebkuriem diviem līnijas vadiem spriegumi ir vienādi  $U_{AB} = U_{AC} = U_{BC} = 230$  V. Patērētājam tiek piedāvāts tikai viens spriegums.

## 1. Uzdevums.

Ķeguma HES-1 hidroģeneratoru jauda 72 MW. Aprēķiniet diennaktī saražoto elektroenerģiju, ja ģeneratori strādā nominālā režīmā. Cik tonnas nosacītā kurināmā jāizmanto TEC, lai saražotu šādu elektroenerģijas daudzumu, ja kurināmā vidējais patēriņš

$$C = 0,53 \frac{\text{kg}}{\text{kWh}} ?$$

**Atrisinājums:** Saražotā elektroenerģija  $E = P \cdot t$ ;  $P = 72 \text{ MW} = 72\,000 \text{ kW}$ ; laiks  $t = 24 \text{ h}$ .

Izskaitļojot, iegūstam  $E = 72000 \cdot 24 = 1,73 \cdot 10^6 \text{ kWh}$ .

Kurināmā patēriņš  $M = c \cdot E$ . Izskaitļojot:  $M = 0,53 \cdot 1,73 \cdot 10^6 = 6,06 \cdot 10^5 \text{ kg} = 606 \text{ tonnas nosacītā kurināmā}$ .

## 2. Uzdevums.

Plaviņu HES hidroagregāta jauda ir 88 MW. Caur hidroagregātu katru sekundi izplūst 280 m<sup>3</sup> ūdens. Aprēķiniet vienā sekundē saražoto elektroenerģiju (kWh). Cik m<sup>3</sup> ūdens izmanto 1 kWh elektroenerģijas saražošanai.

**Atrisinājums:** Saražotā elektroenerģija  $E = P \cdot t$ .  $P = 88 \text{ MW} = 88 \cdot 10^3 \text{ kW}$ .

Laiks  $t = 1 \text{ s} = \frac{1}{3600} \text{ h} = 2,78 \cdot 10^{-4} \text{ h}$ . Izskaitļojot  $E = 88 \cdot 10^3 \cdot 2,78 \cdot 10^{-4} = 24,5 \text{ kWh}$ .

Lai noteiktu ūdens daudzumu 1 kWh saražošanai, tad 1 sekundē caur turbīnu izplūdušo ūdens daudzumu D izdala ar saražoto elektroenerģiju 1 s.

$$N = D/E = 280/24,5 = 11,4 \text{ m}^3/(\text{kWh}).$$

## 3. Uzdevums.

Rīgas HES ūdens līmeņu starpība ir 17,2 m. Hidroģeneratora jauda 40,2 MW un lietderības koeficients 85%. Aprēķiniet ūdens caurplūdumu caur hidroturbīnu sekundē. Aprēķiniet saražoto elektroenerģiju mēneša laikā, ja katru dienu hidroagregāts darbojas nominālā režīmā 10 stundas.

**Atrisinājums:** Saražotā elektroenerģija  $E = P \cdot t$ . Jauda  $P = 40,2 \text{ MW} = 4,02 \cdot 10^4 \text{ kW}$ .

Darbības laiks  $t = 30 \cdot t_1 = 30 \cdot 10 = 300 \text{ h}$ .

To ievērojot,  $E = 4,02 \cdot 10^4 \cdot 300 = 1,21 \cdot 10^7 \text{ kWh} = 12,1 \text{ GWh}$ .

Jauda  $P = \eta \cdot 9,81 \cdot D \cdot H$ . No šīs izteiksmes ūdens caurplūdums  $D = \frac{P}{\eta \cdot 9,81 \cdot H}$ .

Izskaitļojot:  $D = \frac{40200}{0,85 \cdot 9,81 \cdot 17,2} = 280 \text{ m}^3/\text{s}$ .

## 4. Uzdevums.

Ķeguma HES ģenerators minūtē izdara 55,6 apgriezienus. Aprēķiniet ģeneratora magnētu polu skaitu. Aprēķiniet ģeneratora rotācijas frekvenci (SI vienībās).

**Atrisinājums:** Ģeneratora rotācijas frekvence no izteiksmes  $f_{rot} = \frac{60 \cdot f}{n}$ .

No šīs izteiksmes izsakām magnētu polu skaitu  $n = \frac{60 \cdot f}{f_{rot}}$ .

Izskaitļojot, iegūstam  $n = \frac{60 \cdot 50}{55,6} = 54$  magnētu polu pāri.

1 minūtē ir 60 sekundes, tāpēc  $f_{rot}^1 = f_{rot}/60$ .

Izskaitļojot, iegūstam  $f_{rot}^1 = 55,6/60 = 0,93 \text{ Hz}$ . Vienā sekundē ģenerators veic 0,93 apgriezienus.

## 2.8. VĒJA ENERĢIJA

Saule sasilda Zemi nevienmērīgi. Ekvatoriālie apgabali saņem lielāku, bet polārie apgabali daudz mazāku siltuma daudzumu. Dienās Zemes virsma sasilst, bet naktīs atdziest. Nevienmērīgi sasilušajos gaisa slāņos rodas spiedienu starpība, kas rada lielu gaisa masu pārvietošanos no apgabaliem, kur spiediens ir augstāks, uz apgabaliem, kur gaisa spiediens ir zemāks. Tas rada vēju – lielu gaisa masu pārvietošanos. Atsevišķos zemeslodes apgabalos vējš pūš gandrīz nepārtraukti, bet virs citiem apgabaliem vēja plūsmas ir mainīgas. Nelielos augstumos vēji ir nepastāvīgi, jo tos bremsē meži, kalni, celtnes un citi šķēršļi. Lidzenumos un virs jūrām vējš ir daudz spēcīgāks, jo nav dabīgo šķēršļu, kas to bremsētu. Lielākos augstumos virs Zemes vēji ir pastāvīgi, kas saistīts ar gaisa plūsmām no ekvatora uz poliem. Šo vēju ātrums ir no 30 līdz 70 m/s. Jo augstāk no Zemes virsmas, jo spēcīgāks ir vējš. Tāpēc vēja enerģētikā vērojama tendence vēja ģeneratorus uzstādīt arvien augstāk. Vēja bremsēšana nozīmē, ka daļa no vēja enerģijas pārvēršas siltumā, ja vien cilvēki nemēģina izmantot daļu vēja enerģijas, lai to pārvērstu mehāniskajā vai elektriskajā enerģijā.

Vēja izmantošanai ir aptuveni septiņus tūkstošus gadu sena vēsture. Jau piecus tūkstošus gadu pirms mūsu ēras izmantoja buras, lai kuģotu pa Nilu. Izmantojot buru kuģus, eiropieši 15. un 16. gadsimtā devās iekarot tālas zemes.

Cilvēkiem kļūstot par lauksaimniekiem un izveidojot jaunas ražīgākas graudaugu šķirnes, graudu bija tik daudz, ka tos samalt rokas dzirnavās kļuva sarežģīti. Persijā 5. – 9. gadsimtā vēja enerģiju sāka izmantot graudu malšanai, ierīkojot vējdzirnavas. 13. gadsimtā arī Ķīnā vēja enerģiju sāk izmantot graudu malšanai. No Ķīnas šīs tehnoloģijas idejas nonāk Eiropā. Nākamajos 500 gados vējdzirnavas (2.25. att.) tika pilnveidotas un plaši izmantotas graudu, garšvielu, eļļas augu malšanai un ūdens sūkņēšanai, iegu drupināšanai, koku zāģēšanai. Vēja enerģijas izmantošana radīja jaunu valsti – jūrai tika atņemta kanālu un vējdzirnavu valsts Holande.



2.25. att. Vēja dzirnavas.

1891. gadā dzirnavu spārnus radīto mehānisko enerģiju pirmo reizi pārvērtē elektriskajā enerģijā, liekot vēja spēkam griezt ģeneratoru. Sākās plaša vēja enerģijas izmantošana. Lidz 1970. gadam uzbūvēja 6 miljonus vēja ģeneratoru, kas ražoja elektroenerģiju. Nomaļas saimniecības savām vajadzībām varēja ražot elektroierīču darbināšanai nepieciešamo elektroenerģiju.

Pēc Otrā pasaules kara sākās ļoti plaša fosilā kurināmā izmantošana enerģijas ražošanai un alternatīvie enerģijas veidi tika uz zināmu laiku „aizmirsti”. Naftas un ogļu cenas strauji kritās un elektropārvades līnijas tika ierīkotas pat līdz visattālākajām saimniecībām. Vējdzirnavas kļuva liekas. Tā tas turpinājās līdz 20. gadsimta 70. gadiem, kad 1973. gadā pasaule piedzīvoja pirmo naftas krīzi. Šī krīze atjaunoja interesi par vēja enerģiju. Krīzes pirmajos gados vēja ģeneratorus uzskatīja par „rotāllietām”, jo tie bija mazi, ne sevišķi efektīvi un izgatavoti no detaļām, kuras varēja atrast metāllūžņu tirgotavās. Tomēr 80. gados situācija sāka mainīties. Rūpnīcas sāka ražot sērijveida vēja ģeneratorus. Tie vēl bija mazi un pietiekami skaļi. To jauda bija 20 – 30 kW. Šāds ģenerators ar elektroenerģiju spēja apgādāt līdz 40 mājsaimniecību. Moderns mūsdienu vēja ģenerators apgādā ar elektroenerģiju 1000 mājsaimniecību.

Sākās straujās zaļās enerģijas izmantošanas bums. Jau 80. gados Kalifornijā (ASV), Dānijā, Vācijā un citās zemēs plaši attīstījās vēja enerģētika. Eiropā vēja enerģijas izmantošanas līdere ir Dānija. Vēja enerģijas īpatsvars Dānijā sasniedz 20 % elektroenerģijas kopējā patēriņa un tiek plānots, ka 2025. gadā vēja enerģija nodrošinās 50% no kopējā elektroenerģijas patēriņa. Neatpaliek arī daudzas citas valstis – ASV, Vācija, Lielbritānija, Īrija, Portugāle, Spānija. Arī Ķīna, Indija, Meksika un daudzas citas jaunattīstības valstis ir sākušas attīstīt vēja enerģētiku. Lielu līdzekļu tiek ieguldīti, lai ražotu, transportētu un uzstādītu vēja ģeneratorus. Mūsdienās šos ieguldījumus iespējams atgūt jau pusgada vai gada laikā. Modernie vēja ģeneratori labvēlīgos apstākļos pat pusgada laikā spēj saražot elektroenerģiju, kas sedz to uzstādīšanas izmaksas. Ģeneratora darba mūžs ir līdz 20 gadiem. Šādiem ģeneratoriem jāatrodas vietās, kur ir pietiekami stiprs un pastāvīgs vējš. Mūsdienās ceļ arvien augstākus un jaudīgākus vēja ģeneratorus.

## 2.9. VĒJA DZINĒJU KLASIFIKĀCIJA

Vēja dzinējus var klasificēt pēc dzinēja rotācijas ass novietojuma uz masta (torņa). Pastāv divu veidu novietojuma dzinēji:

- horizontālie
- vertikālie.

Horizontālajiem vēja dzinējiem rotācijas ass novietota horizontāli. Tie ir spārnu (lāpstiņu) dzinēji. Spārni rotē plaknē, kas perpendikulāra vēja virzienam (2.26. att.).



2.26. att. Horizontālais vēja dzinējs.

Šādi dzinēji jāuzstāda augstos mastos un tie elektriskajā enerģijā var pārvērst līdz 40% vēja enerģijas. Lēngaitas iekārtām ir liela spārnu virsma, kas liek darba ratam griezties jau pavisam lēnā vējā un rada lielu griezes momentu pie maza apgriezumu skaita. Stiprā vējā to jauda nemainās, jo vējš darba ratam vairs nepūš cauri, bet to apiet. Lielās spārnu virsmas dēļ šos dzinējus viegli var sabojāt vētra. Ātrgaitas dzinējiem ir divi vai trīs spārni. Tie sāk darboties tikai pie vēja ātruma 3 – 4 m/s un vēja plūsmas enerģiju izmanto daudz labāk, nekā lēngaitas dzinēji. Horizontālās ass dzinējiem spārni ir noslogoti vienmērīgi, jo tie pastāvīgi atrodas optimālā stāvoklī – “pusvējā”. To trūkums ir enerģijas patērešana mehāniska darba veikšanai, kas rada zaudējumus.

Vertikālie vēja dzinēji rotē ap vertikālu asi. Spiedienu starpība abās lāpstiņu pusēs rada spēka momentu, kas griež vēja riteni. Lietderības koeficients šiem vēja dzinējiem nepārsniedz 20%. Šīs turbīnas kļūst arvien populārākas, jo tām nav lielo spārnu un tās sāk darboties pie mazākiem vēja ātrumiem (2.27. att.).



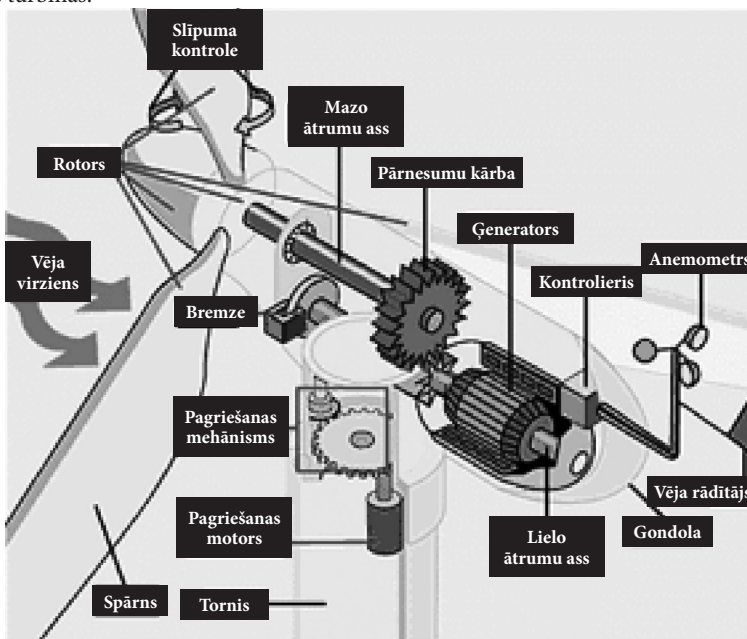
a) karuseļu tipa dzinējs    b) firmas Quiet Revolution dzinējs qr5    c) Darjē dzinējs (vēja roze)    d) spārnu dzinējs  
2.27. att. Vertikālās ass vēja dzinēji.

Dzinēji ar vertikālu asi nav jāpieskaņo vēja virziena maiņām, tādēļ ietaupās daudz izdevumu, kas saistīti ar regulēšanu. Jauda tiek atdota tieši uz leju, tādēļ tie ir ļoti piemēroti mehāniska darba veikšanai. Tomēr šie dzinēji vēja enerģiju izmanto daudz mazāk, jo darbrata lāpstiņas griežas iepriekš radītajā gaisa virpulī, atpakaļceļā virzās pret vēju, un tiek bremsētas.

Darjē dzinējs (nosaukts izgudrotāja vārdā) ir pazīstamākais vertikālais ātrgaitas vēja dzinējs ar aerodinamiskiem profiliem, kas veidots kā ķēdes likne un pārnēs tikai vilkmes spēku. Profilam ir konstants šķērsriezums, ko var iegūt profilpresējot. Vienkāršā uzbūve un apkope sniedz tam zināmas priekšrocības, neskatoties uz mazāku jaudu salīdzinājumā ar horizontālās ass dzinējiem. Tomēr Darjē dzinējam ir nepieciešama palīdzība palaižot. To var veikt ar elektromotoru.

## 2.10. VĒJA TURBĪNAS UZBŪVE UN DARBĪBAS PRINCIPS

Vēja enerģijas pārvēršana elektriskajā enerģijā notiek vēja turbīnā (2.28. att.). Vēja turbīnas iedala mazajās, vidējās lieluma un lielajās turbīnās.



2.28. att. Vēja turbīna.

- Mazo turbīnu jauda ir līdz 3 kW. Tās izmanto atsevišķu objektu energoapgādei.
- Vidējo turbīnu jauda ir no 30 – 600 kW. Šādas turbīnas apvieno grupās – vēja fermās. Tās izmanto komerciālai elektroenerģijas ražošanai.
- Lielo turbīnu jauda pārsniedz 1 MW. Apvienotajā Karalistē 2012. gadā ekspluatācijā nodos 10 MW vēja turbīnu. Šāda turbīna ar elektroenerģiju spēj nodrošināt pilsētu.

Vēja turbīnas galvenās sastāvdaļas ir:

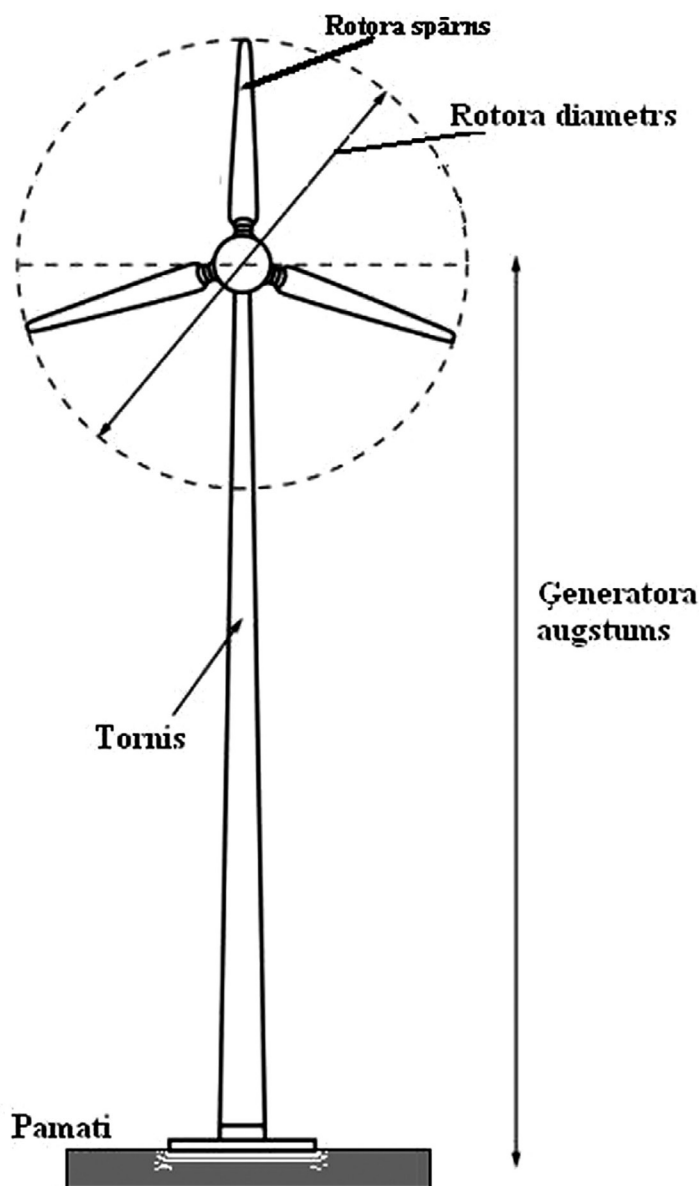
- **Anemometrs** – mēra vēja ātrumu, rezultātus elektroniski nosūta kontrolierim, kas iedarbina turbīnu.
- **Vējradis** – rāda vēja virzienu un nosūta signālus par vēja virzienu kontrolierim.
- **Gondola** – tajā atrodas visi mehānismi – spārnu vārpstas, ģenerators ar elektroiekārtu, gondolas grozīšanas mehānisms, dzesēšanas iekārtas, zobrati u.c. Gondolā var uzturēties arī apkalpojošais personāls. Tās izmēri ir līdz pat autobusa lielumam un masa var pārsniegt pat 100 tonnas.
- **Rotora spārni** – notver vēju un tā spēku pievada rotora rumbai. Modernajās vēja turbīnās spārnu garums var sasniegt 60 m un vairāk. Tos izgatavo no alumīnija, stikla vai oglekļa šķiedras kopā ar epoksidsveķiem. Rotora rumba pievienota vēja turbīnas mazo ātrumu asij (vārpstai).
- **Mazo ātrumu ass** – vējš iegriež spārnu, un sāk griezties mazo ātrumu ass, kura savienota ar zobratu pārvadu, kas, savukārt, iegriež lielo ātrumu asi.
- **Zobratu pārvads (pārnesums)** – liek lielo ātrumu asij griezties apmēram 50 reīzu ātrāk par mazo ātrumu asi.
- **Lielo ātrumu ass** – rotē ar ātrumu apmēram 1500 apgriezieni minūtē un griež elektroģenerators vārpstu.
- **Bremze** – diska bremze var mehāniski, elektriski vai hidrauliski apturēt rotoru.
- **Elektroenerģijas ģenerators** – to bieži dēvē par indukcijas ģenerators. Modernas vēja turbīnas maksimālā elektriskā jauda ir 0,5 – 2,0 MW. Viena turbīna var griezt vairākus ģenerators.
- **Kontrolieris** – nepārtraukti seko līdzi vēja turbīnas darbībai un stāvoklim. Kontrolē zobratu mehānismu. Ja atgadās kļūme, tas aptur mehānismu.
- **Zobratu mehānisms** – pagriež gondolu kopā ar rotoru pret vēju.
- **Dzesēšanas iekārta** – elektriskais ventilators, kas dzesē elektroģenerators.
- **Tornis (masts)** – būvēts no biezienu (20 – 40 mm) metāla caurulēm vai dzelzsbetona, un tā iekšpusē ir kāpnes vai lifts. Torņa augstums ir vismaz tik liels, cik rotora diametrs. Uz torņa novieto vēja turbīnu. Visu turbīnu un torni nokrāso baltu, lai pasargātu konstrukcijas no sasilšanas un deformācijām.

Parasti horizontālajām turbīnām ir 3 spārni, jo tad turbīnas darbība rada mazāk vibrāciju un ir stabilāka nekā divspārnu turbīna, kura ir jābalansē. Turbīna rotē, izdarot 20 – 30 apgriezienus minūtē. Svarīgs turbīnas raksturlielums ir spārnu garums jeb rotora diametrs. Spārni kustībā apraksta vēja šķēluma laukumu  $S$  (2.29. att.):

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

kur  $d$  – rotora diametrs. 1901. gadā vējdzirnavu spārnu garums bija 9,5 metri un jauda 3,7 kW. 2010. gadā vēja ģenerators spārnu garums ir 60 metri un jauda 6 MW. Šādas turbīnas spārni rotācijas kustībā apraksta laukumu  $S = 11\,000\text{ m}^2$ . Spārnu gali kustas ar ātrumu 270 km/h. Rotoram jābūt tādām, lai vējš, atduroties pret rotoru, atdotu tam daļu savas kinētiskās enerģijas, kuru rotors tālāk pārvadīs uz elektroenerģijas ģenerators.



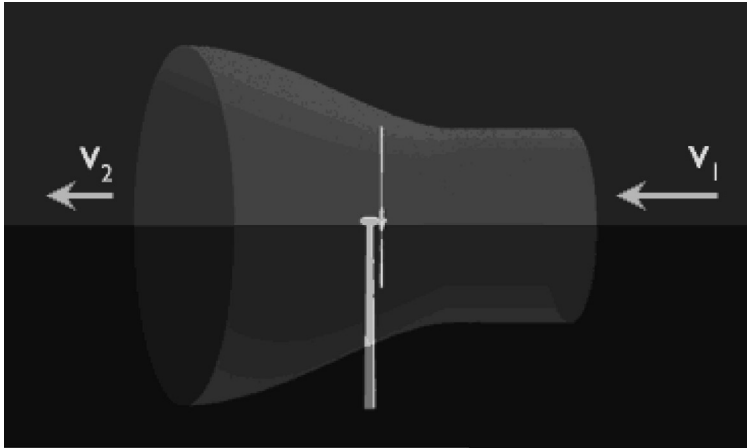


2.29. att. Vēja ģeneratora shematiskais attēlojums.

Ģenerators augstumu raksturo ar rumbas augstumu virs zemes vai arī ar tā kopējo augstumu (rumbas augstums + puse no rotora diametra).

Vēja ģenerators sāk darboties, ja vēja ātrums sasniedz 4 m/s, un strādā ar nominālo jaudu, ja vēja ātrums sasniedz 10 – 12 m/s. Ģenerators sasniedz maksimālo jaudu, ja vēja ātrumu nobremzē aptuveni par trešdaļu. Ja vēja ātrums (pirms ģenerators) ir  $V_1 = 12$  m/s un ģenerators vēju nobremzē līdz  $V_2 = 8$  m/s (vēja ātrums aiz ģenerators), tad ģenerators jauda ir optimāla (2.30. att.). Tad turbīna maksimāli 59% no vēja kinētiskās enerģijas var pārvērst mehāniskajā enerģijā. Šo likumu 1919. gadā atklāja vācu fiziķis Alberts Betcs. Ši robeža ir spēkā visiem vēja ģeneratoriem.

Vēja ātrumam pārsniedzot 25 m/s, ģeneratori drošības apsvērumu dēļ tiek apstādināti, jo vējš ir sasniedzis vētras līmeni un var bojāt ģeneratoru.



2.30. att. Vēja bremzēšana.

Torņa (masta) galvenā prasība – tam jābūt pietiekami augstam un izturīgam, lai izturētu vēja radīto spiedienu un rotora radītās vibrācijas. Jo augstāks ir masts, jo lielāku spiedienu uz to izdara vējš. Līdzienā reljefā vēja ātrums palielinās līdz ar augstumu virs Zemes. To apraksta likumsakarība:

$$V_h = V_0 \left( \frac{h}{h_0} \right)^a, \text{ kur}$$

$V_h$  – vēja ātrums augstumā  $h$ ,

$V_0$  – vēja ātrums novērošanas augstumā  $h_0$ ,

$h_0$  – vēja novērošanas augstums (parasti 10m),

$a = 0,1 - 0,4$  apvidus koeficients.

Tabula 2.1 Apvidus koeficients.

Apvidus	Apvidus koeficients $a$
Jūra, okeāns, gluda cieta virsma	0,10
Īsa zāle	0,15
Gari graudaugi, krūmāji	0,20
Mežs	0,25
Maza pilsēta ar nelielu koku skaitu, ciemats	0,30
Liela pilsēta ar augstceltnēm	0,40

Balsta konstrukcija parasti izveidota caurules vai masta veidā ar minimālu virsmas laukumu, lai samazinātu plūsmas zudumus un turbulences.

Gaisa blīvumu nosaka no Mendeļejeva – Klapeirona gāzu likuma:

$$\rho = \frac{p \cdot M}{R \cdot T}, \text{ kur}$$

$M$  – gaisa molmasa (0,029 kg/mol),

$T$  – gaisa temperatūra (absolūtajā jeb Kelvina skalā  $T \text{ } ^\circ\text{C} = (T + 273) \text{ K}$ ),

$R$  – universālā gāzu konstante ( $R = 8,31 \text{ J}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ ),

$p$  – gaisa spiediens (Pa)  $1 \text{ atm} = 1,013 \cdot 10^5 \approx 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ .

Pie normāla atmosfēras spiediena ( $p = 1 \text{ atm}$ )  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  temperatūrā gaisa blīvums ir  $1,210 \text{ kg/m}^3$ ,  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  temperatūrā tas ir  $1,295 \text{ kg/m}^3$ , bet  $-30 \text{ }^\circ\text{C}$  temperatūrā gaisa blīvums ir  $1,455 \text{ kg/m}^3$ . Redzam, ka pazeminoties temperatūrai, gaisa blīvums palielinās.

Vējam piemīt kinētiskā enerģija:

$$E_k = \frac{m \cdot V^2}{2},$$

kur  $m$  – gaisa masa, kas izplūst caur rotora vēja šķēluma laukumu  $S$ ,  $V$  – vēja ātrums.

Gaisa masa  $m = \rho \cdot S \cdot V \cdot t$  un tā kinētiskā enerģija ( $\rho$  – gaisa blīvums):

$$E_k = \frac{\rho \cdot S \cdot V^3 \cdot t}{2}.$$

Jauda raksturo darba veikšanas ātrumu (enerģijas maiņas ātrumu):

$$P_o = \frac{E_k}{t}$$

Ievērojot izteiksmi vējam piemīt jauda:

$$P_o = \frac{\rho \cdot S \cdot V^3}{2}$$

Vēja jauda proporcionāla tā ātruma kubam. Ja vēja ātrums palielinās 2 reizes, jauda palielinās 8 reizes. Ievērojot Betza likumu, urbīnas maksimālā mehāniskā jauda:

$$P_{max} = P_o \cdot 0,59 = \frac{\rho \cdot S \cdot V^3}{2} \cdot 0,59$$

Turbīnas jauda atkarīga no vēja ātruma un tā bremzēšanas. Gaisa masa, kas šķērso turbīnas šķēluma laukumu, ievērojot vēja bremzēšanu (att. 2.30.),

$$m = \rho \cdot S \cdot \frac{V_1 + V_2}{2} \cdot t$$

Turbīnas veiktais darbs vienāds ar gaisa kinētiskās enerģijas izmaiņu

$$\Delta E_k = \frac{m \cdot (V_1 + V_2)}{2}$$

Turbīnas jauda

$$P = \frac{\Delta E_k}{t}$$

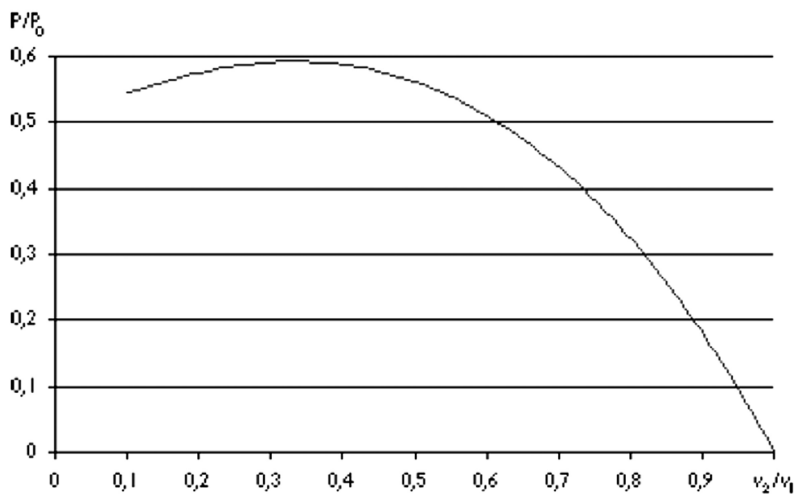
Ievietojot izteiksmē gaisa masu  $m$ , iegūstam

$$P = \frac{m \cdot (V_1^2 + V_2^2)}{2 \cdot t} = \frac{\rho \cdot S \cdot (V_1 + V_2) \cdot (V_1^2 + V_2^2)}{4}$$

Turbīnas jauda atkarīga no vēja ātruma pirms turbīnas  $V_1$  un tā nobremzēšanas līdz ātrumam  $V_2$ . Turbīnas jaudas attiecība pret vēja jaudu

$$\frac{P}{P_o} = \frac{(V_1 + V_2) \cdot (V_1^2 + V_2^2)}{2 \cdot V_1^2}$$

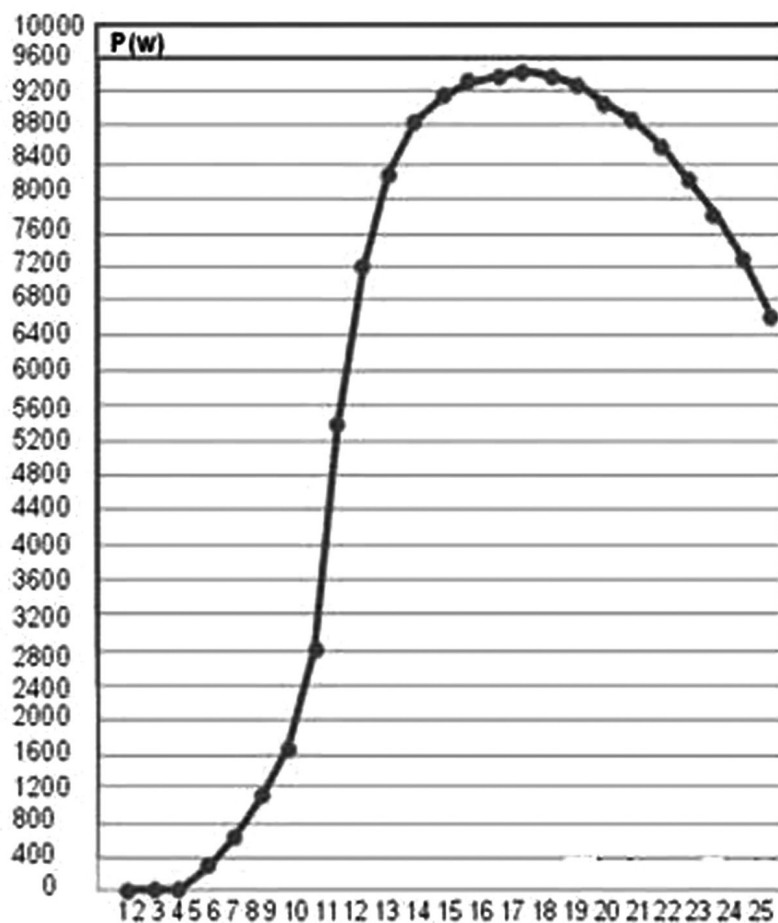
Attēlojot grafiski šo jaudu attiecību atkarībā no  $V_2/V_1$ , varam noteikt ātrumam  $V_1$  atbilstošo ātrumu  $V_2$ , kad jauda ir vislielākā (2.31. att.).



2.31. att. Betca likuma grafiks.

No grafika redzam, ka turbīnas maksimālā jauda var sasniegt 59 % no vēja jaudas. Tas notiek tad, ja vējš tiek nobremzēts tā, ka tā ātrums pēc turbīnas samazinās par 1/3.

(2.32. att.) parādīta 10 kW turbīnas jaudas atkarība no vēja ātruma. Kad vēja ātrums sasniedz 4 m/s, turbīna sāk darboties. Kad vēja ātrums sasniedz 16 – 18 m/s, ģenerators sasniedz maksimālo jaudu.

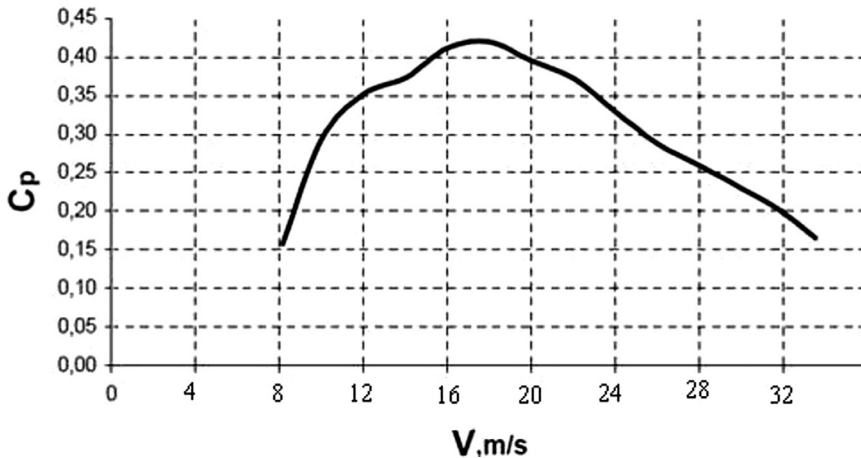


2.32. att. Vēja turbīnas jaudas atkarība no vēja ātruma.

Vēja ātrumam palielinoties, turbīnas jauda sāk samazināties, jo samazinās vēja izmantošanas koeficients  $C_p$ . Turbīnu raksturo vēja enerģijas izmantošanas koeficients  $C_p$ , kas rāda, kādu daļu no vēja kinētiskās enerģijas turbīna pārvērš elektriskajā enerģijā:

$$P_0 = C_p \cdot P_0 = C_p \cdot \frac{\rho \cdot S \cdot V^3}{2}$$

Šis koeficients katrai turbīnai ir atkarīgs no vēja ātruma (2.33. att.). Maksimāli vēja enerģija tiek izmantota nelielā ātrumu intervālā (dotajai turbīnai 10 – 12 m/s). Ja vēja ātrums ir lielāks

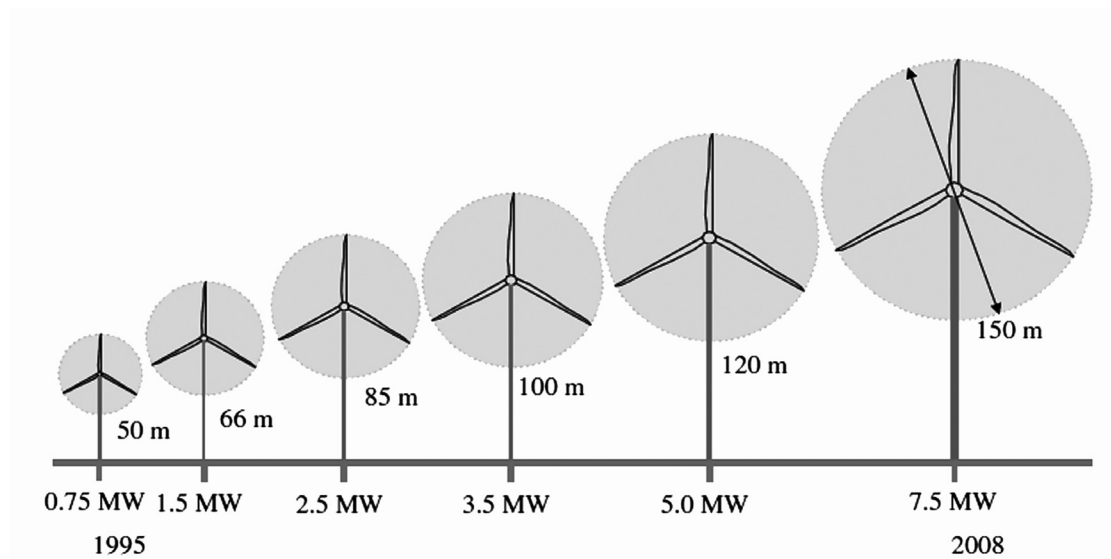


2.33. att. Turbīnas vēja izmantošanas koeficienta atkarība no vēja ātruma.

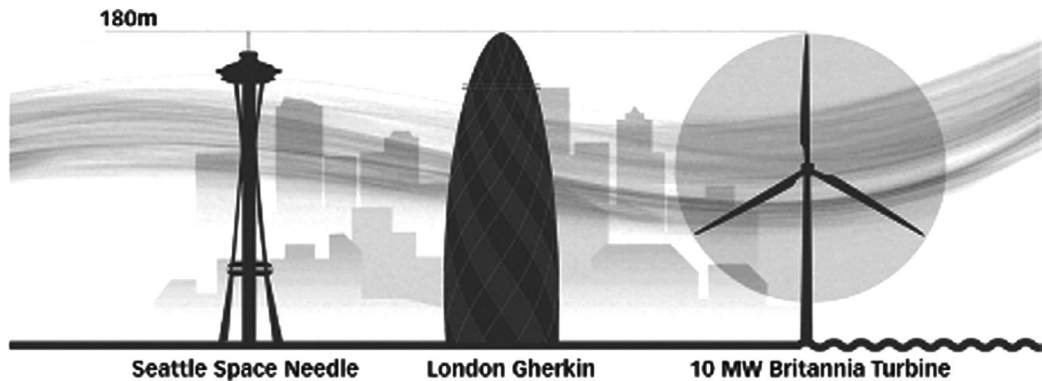
vai mazāks par šo ātrumu, tad vēja enerģijas izmantošanas koeficients samazinās. Ja ģenerators lietderības koeficients būtu 100 %, tad vēja enerģijas izmantošanas koeficients varētu sasniegt 59 %.

Vēja enerģijas izmantošanas koeficients  $C_p$  un jaudas likne atkarīga no izvēlēto spārnu profila, kuru ražotāji izstrādā jau vēja ģeneratoru projektēšanas stadijā.

Palielinoties augstumam virs Zemes, pieaug arī vēja ātrums. Tāpēc lietderīgāk ir būtēt augstākus mastus un palielināt rotora vēju šķērsojošo laukumu S, jo tad palielinās ģenerators jauda, kas proporcionāla vēja ātruma kubam un šķērsluma laukumam. Attēlos (2.34. att.) un (2.35. att.) parādīts vēja ģeneratoru augstums, palielinoties to jaudai.



2.34. att. Vēja turbīnu augstuma evolūcija.



2.35. att. Lielākā vēja turbīna Britannia 10 MW Apvienotajā Karalistē.

Lai gan pasaulē lielākās vēja turbīnas celtniecība vēl nav pabeigta, tomēr tai jau ir saimnieks – Apvienotās Karalistes Karaliene Elizabete II.

Turbīna būs 175 metru augsta un tās spārnu vēja šķēluma laukums  $S = 17\,671\text{ m}^2$  – lielāks par diviem futbola laukumiem. Turbīnai būs 3 spārni, kas izveidoti no oglekļa šķiedras un to garums būs 72 m. Rotorā diametrs – 150 metri. Vēja turbīna darbinās četrus 2,6 MW ģeneratorus. Tās jauda būs 10 MW un jau prognozēts, ka savā pastāvēšanas laikā vēja turbīna aizstās 2 miljonus barelu naftas, kas radītu 724 000 tonnu oglekļa dioksīda ( $\text{CO}_2$ ).

Karalienes vēja turbīna kļūs par *Clipper Britannia* projekta sastāvdaļu, un tā ietvaros paredzēts izveidot daudzas lielizmēra vēja turbīnas, kuras uz speciālām platformām drefēs dziļi jūrā (2.36. att.).



2.36. att. Jūrā drefējošas vēja turbīnas būvniecības darbi.

Ja viss notiks kā paredzēts, tad Karalienes vēja turbīna darbu uzsāks 2012. gadā, un, kopā ar citām vēja turbīnām, apgādās tūkstošiem māju ar elektroenerģiju.

Pirmais jūras vēja ģeneratoru parks tika izveidots 1991. gadā. Ziemeļjūrā līdz 2015. gadam uzstādīs vēja ģeneratorus, kuri spēs nodrošināt ar elektroenerģiju 35 miljonus mājsaimniecību. Tomēr jūrā uzbūvēt vēja ģeneratoru parku ir daudz sarežģītāk, nekā uz sauszemes. Konstrūcijām jāiztur ne tikai vēja brāzmas, bet arī sālsūdens iedarbība un viļņu bangas. Jūrā ģeneratori jāuzmontē uz gultnē nostiprinātiem pamatiem. Tas nozīmē, ka šajās vietās jūra nedrīkst būt dziļāka par 40 metriem (2.37. att.). Šādiem ģeneratoriem daudz grūtāk veikt arī remontu un tehnisko apkopi. Vētru laikā šādu ģeneratoru pakājē nav iespējams nokļūt. Tāpēc apkalpojošo personālu nogādā uz speciālām helikopteru platformām. Būtisks šo vēja ģeneratoru trūkums ir to kaitīgā ietekme uz plēsīgo jūras putnu populāciju. Plēsīgie putni nebaidās no ģeneratoru spārnu vēzieniem un bieži vien tāpēc iet bojā. Vēja ģeneratoru parkus sāk aprīkot ar radariem, kas brīdina par lielu putnu baru tuvošanos.



2.37. att. Jūras vēja ģeneratoru parks Roedsand 2 Dānijas piekrastē.

2010. gadā sāka darboties viens no lielākajiem jūras vēja ģeneratoru parkiem – uzstādīti 90 *Siemens* ģeneratori, kuru kopējā jauda 207 MW. Tas dod iespēju 200 000 māju nodrošināt ar elektroenerģiju. Anglijas dienvidaustrumu piekrastē Lamanša jūras šaurumā firma *Vattenfall* izveidojusi lielākais vēja ģeneratoru parku pasaulē – 100 vēja turbīnas, kuru jauda ir 300 MW. Vēja parks aizņem 35 km<sup>2</sup> platību. Plānots šo parku paplašināt līdz 341 vēja ģeneratoram.

Iespējams, ka nākotnē ģeneratorus vairs nevajadzēs montēt uz stingriem grūnti nostiprinātiem pamatiem. Norvēģijas piekrastē tiek veikti pētījumi par peldošu vēja ģeneratoru izgatavošanu, kurus jūras dibenā noenkuros ar izturīgām trosēm. Eksperiments tiek veikts ar 5300 tonnas smagu peldošu vēja ģeneratoru. Jaunie jūras ģeneratori būs ne tikai tehnoloģiski pilnveidoti, bet arī augstāki. Jau tagad ģeneratoru rotora gondola tiek novietota 100 m augstumā un spārnu garums sasniedz 70 metrus, piemēram, *Clipper Windpower*.

Teorētiski var uzstādīt vēl augstākus vēja ģeneratorus ar vēl garākiem spārnem, tomēr to sastāvdaļas jānogādā no rūpnīcas līdz uzstādīšanas vietai. Tas sagādā zināmas problēmas, jo pa lauku ceļiem un cauri apdzīvotām vietām ir sarežģīti transportēt pat 40 m garos rotora spārnus. Neskatoties uz to, ES iecerējusi konstruēt 250 metrus augstu vēja ģeneratoru *UpWind*. Ģeneratora jauda varētu sasniegt 20 MW. Lielākā augstumā palielinās vēja ātrums. Ja pie Zemes virsmas vēja ātrums ir 8 m/s, tad 120 metru augstumā tas sasniedz 10 m/s. Lai arī šī atšķirība nav liela, tai ir nozīmīga loma enerģijas ieguvē, jo ģeneratora jauda pieaug proporcionāli ātruma kubam (2.17). Pastāvīgi tiek uzlaboti strādājošie ģeneratori – tiek meklēti jauni spārnu materiāli un forma, lai palielinātu ģeneratoru jaudu. Tiek meklētas tādas spārnu formas, lai ģenerators attīstītu optimālo jaudu arī lielāku un mazāku vēja ātrumu gadījumā.

Patstāvīgi kritošās izmaksas vēja ģeneratoru būvniecībā ļauj prognozēt, ka ap 2016. gadu vēja elektrostaciju saražotā elektroenerģija varēs konkurēt ar dabas gāzes termoelektrostacijās saražoto elektroenerģiju.

Dažas lielākās (platībā) un jaudīgākās vēja elektrostacijas pasaulē, kas atrodas uz sauszemes (2012. gads):

- *Jaisalmer Wind Park*, Indijas ziemeļos, 1064 MW,
- *Alta Wind Energy Center*, Kalifornija, ASV, 1020 MW (2012.g adā vēl papildus būvē 300 MW),
- *Roscoe Wind Farm*, Teksasa, ASV, 781 MW.

Jāpiebilst, ka tiek būvētas un paplašinātas jau esošās vēja elektrostacijas, tādējādi šis saraksts var mainīties pavisam drīz.

Dažas lielākās un jaudīgākās vēja elektrostacijas, kas atrodas jūrā:

- *Walney*, Anglija, 367 MW,
- *Thanet*, Anglija, 300 MW,
- *Horns Rev II*, Dānija, 209 MW,
- *Rødsand II*, Dānija, 200 MW.

Jūras vēja elektrostacijas ir mazāk uzkrītošas un to saražotā elektroenerģija ir potenciāli lielāka nekā krasta vēja elektrostacijām, jo vēja ātrums atklātā jūrā ir lielāks. Salīdzinājumā ar sauszemes vēja ģeneratoriem, vēja ģeneratoru uzstādīšana jūrā, protams, ir dārgāka. Tiek plānoti grandiozi projekti un drīz vien augstāk minētais saraksts tiks papildināts. Eiropa šajā jomā ir lidere.

## 2.11. VĒJA ENERĢĒTIKA LATVIJĀ

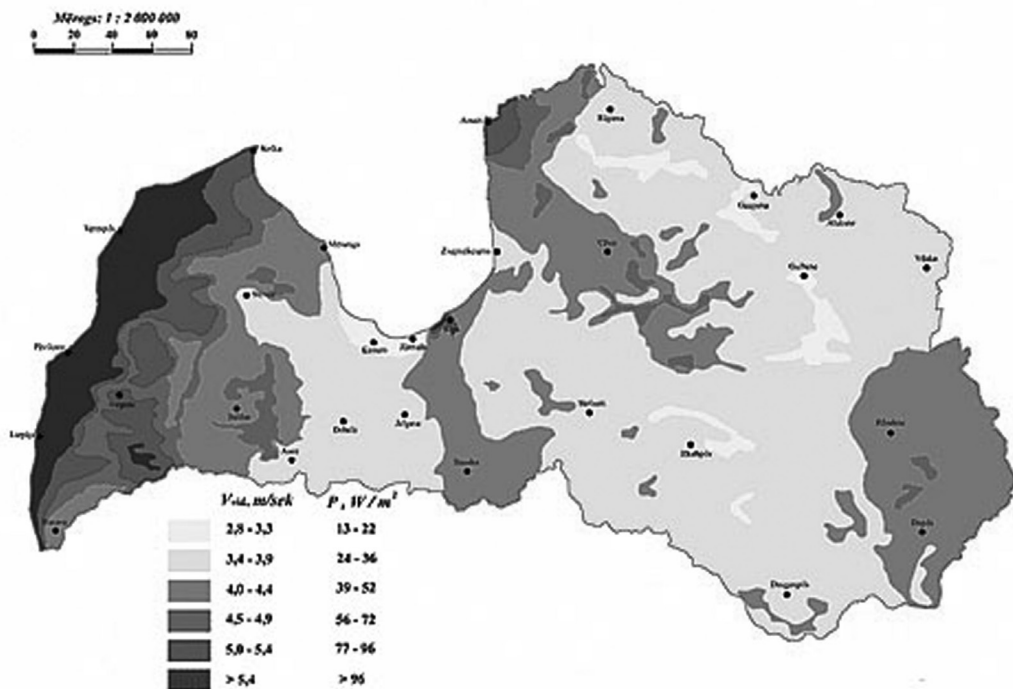
Nu jau sen Latvijā esam atmetuši K. Ulmaņa ideju, ka katrā lauku sētā griezīsies vēja rotoru, kurus ražos VEF un saimniecības nebūs atkarīgas no elektroenerģijas piegādātāju tarifiem. 20. gadsimta 60. gados sākās lauku saimniecību pievienošana vienotajam elektrotīklam. Vēja ģeneratori tika aizmirsti, jo pēc otrā pasaules kara strauji pieauga energoresursu ieguve un strauji kritās to cenas. Elektroenerģija kļuva „lēta” un pieejama praktiski ikvienam. Aizsākoties enerģētikas krīzei, atkal parādījās interese par neizsmeļamo „vēja enerģiju”. Moderno vēja turbīnu jauda 1,5 līdz 10 MW daudzkārt pārsniedz 1980. gadā ražotās turbīnas jaudu un efektivitāti. Mūsdienās vēja turbīnas tiek paceltas 100 līdz 150 metru augstumā. Vēja ģeneratoru saražotās elektroenerģijas cenas sāk tuvojies elektroenerģijas cenai, ko iegūst no naftas, dabasgāzes, oglēm. Vēja turbīnu būvniecības izmaksas (miljons dolāru uz MW) tuvojas gāzes TEC izmaksām (0,6 miljoni USD/MW).

Vislabākie apstākļi VES izveidei Latvijā ir Kurzemes piekrastē, nedaudz sliktāki – Vidzemes piekrastē pie Igaunijas robežas. 1995. gadā *Latvenergo* Ainažos uzstādīja divas pirmās vēja turbīnas Baltijā, kuru kopējā jauda 1,2 MW. SIA *Vēja parks* VES Grobiņā (19,8 MW, 2002. gads) – pirmais lielais vēja parks Baltijā. Pašlaik Latvijā ir uzstādīti vēja ģeneratori ar kopējo jaudu 30 MW, galvenokārt Kurzemē. Sākot ar 2007. gadu, vērojama pieaugoša investoru interese par šī atjaunojamā energoresursu veida apgūšanu. VES projekti ar kopējo elektrisko jaudu 517 MW jau ir saņēmuši PSO tehniskos noteikumus. Latvijas Sadales Sistēmas operators ir saņēmis pieteikumus 207 MW VES pieslēgšanai. Pēc Kurzemes 330 kV loka izbūves Latvijas rietumu daļā VES varēs ražot līdz 1000 MW elektroenerģijas. Tomēr nav atrisināti jautājumi par šādas uzstādītās jaudas rezervēšanu. Latvijas vēja potenciāls ir stipri ierobežots vēja ātruma ziņā. Jūras vēja parku būvniecības attīstībā svarīga ir vēja elektrostaciju tehnoloģiju attīstība un arī piekļuves tehnoloģiju attīstība. Paredzams, ka drīzumā vēja elektrostaciju tehnoloģiju attīstība būs pietiekami izpētīta, lai panāktu izmaksu ziņā efektīvu liela mēroga jūras vēju parku attīstību un uzstādīšanu.

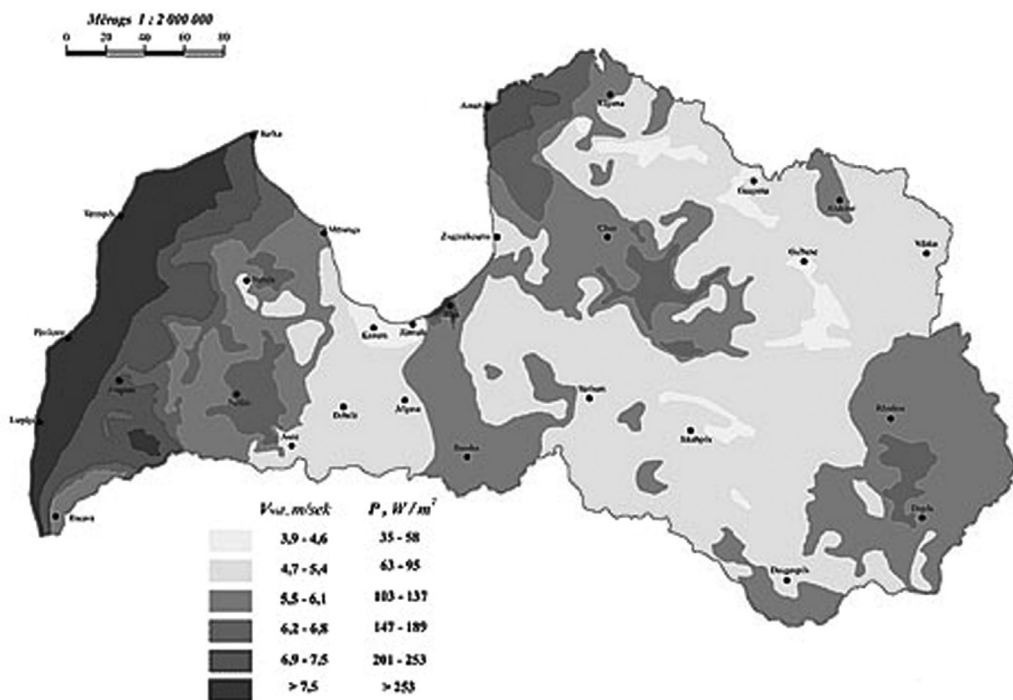
*Selgas* VES būve (vairāk nekā 20 km no krasta) var ievērojami palielināt VES jaudas. Ņemot vērā esošās tendences jūras vēja tehnoloģiju attīstībā un tehnoloģiju briedumu, kā arī Latvijas piekrastes klimatiskos apstākļus, pārskatāmā nākotnē paredzams, ka tehnoloģiju demonstrācijas nolūkos Latvijā pirmais vēja parks ir attīstāms ar uzstādīto jaudu apjomu līdz 50 MW. Kurzemes piekrastē jūrā varētu novietot ap 600 MW *Selgas* VES. Vērtējot Dānijas pieredzi vēja parku attīstībā, secināms, ka valsts koordinēta laukumu noteikšana vēja parku būvniecībai un atklāts izsoles mehānisms veicina investīciju vides stabilitāti un samazina izdevumus pieslēgumu infrastruktūras attīstībai. Savukārt, ja laukumu noteikšana tiek atstāta vēja parku attīstītāju ziņā, iespējams elektroenerģijas pieslēgumu sauszemei skaita palielinājums, kas paaugstina saražotās elektroenerģijas izmaksas. Latvijai vispārējais mērķis no atjaunojamiem energoresursiem saražotas enerģijas īpatsvaram elektroenerģijas bruto galapatēriņā 2020. gadā noteikts 59,8% apmērā (2010. gadā sasniegti 44,7%).

Lai attīstītos vēja enerģētika, ir nepieciešams pietiekams vēja ātrums. Parasti vēja turbīnas sāk ražot elektroenerģiju, ja vēja ātrums ir 2,5 m/s. Turbīna sasniedz nominālo jaudu, ja vēja ātrums ir 12 līdz 16 m/s. Vispiemērotākās vietas vēja ģeneratoru izvietošanai ir jūras piekraste, jūras šelfs un pakalni. Nebūs prātīgi vēja ģeneratorus uzstādīt mežainā apvidū, starp ēkām vai kokiem, kas samazina vēja ātrumu. Palielinoties augstumam, pieaug arī vēja ātrums, tāpēc modernas turbīnas atrodas 100 līdz 120 m augstumā. Pirms vēja ģeneratoru uzstādīšanas būtu jāveic vēja ātruma mērījumi dažādos augstumos (2.38. att.) visa gada garumā. Latvijas vēja karte rāda, ka piemērotākās vietas VES ierīkošanai ir Baltijas jūras piekraste un Kurzemes augstienes pakalni. Lai VES varētu sasniegt nominālo darba režīmu, tās jāpaceļ 100 metru augstumā, kur gada vidējais vēja ātrums tuvojas 10 m/s.

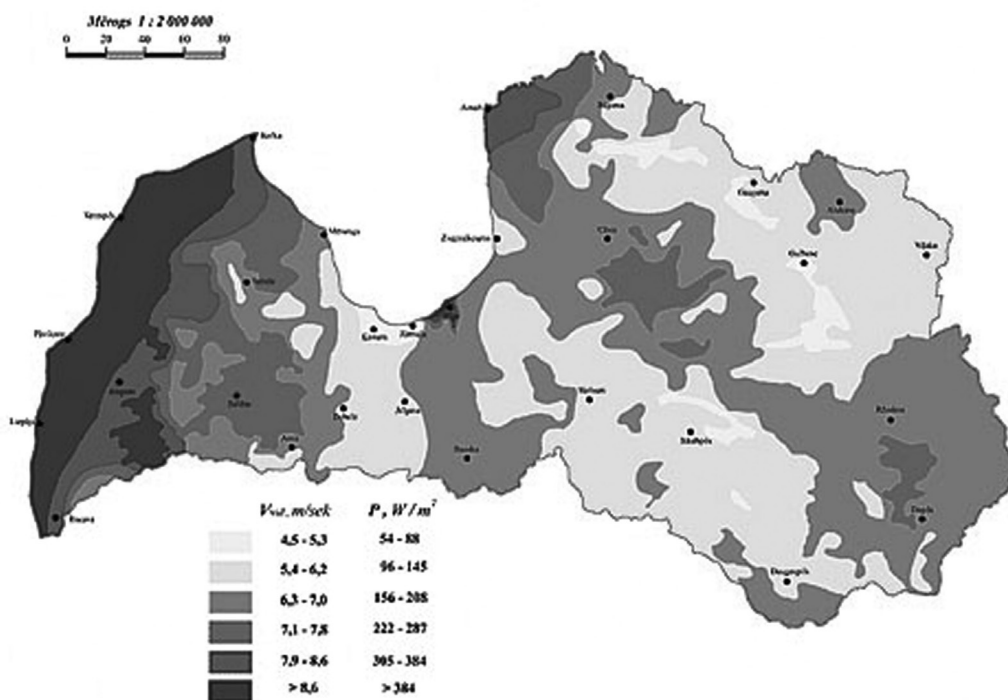




a) Vidējais vēja ātrums gadā 10 m augstumā;



b) Vidējais vēja ātrums gadā 50 m augstumā;



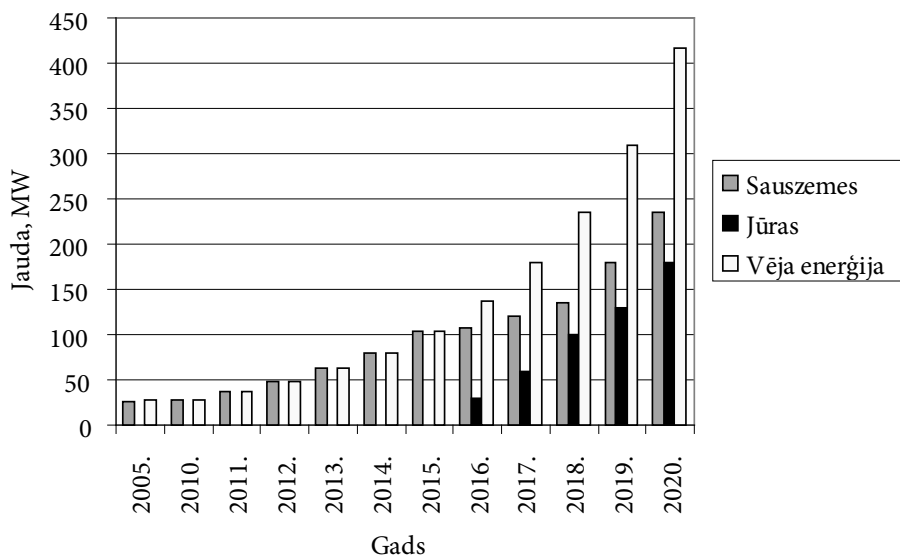
c) Vidējais vēja ātrums gadā 100 m augstumā.

2.38. att. Latvijas vidējā vēja ātrumu karte dažādos augstumos.

Vēl labāki nosacījumi VES parku uzstādīšanai ir jūras Kurzemes piekrastes šelfs, kur vējš ir pastāvīgāks un kur ir pietiekami laba *Latvenergo* elektrotīklu sistēma. Ekonomikas ministrija izstrādājusi Vēja enerģijas attīstības plānu līdz 2020. gadam (2.39. att.). Sākot ar 2016. gadu, tiek plānots nodot ekspluatācijā pirmo jūras šelfa VES parku Liepājas jūrmalā.

Pret Vēja parku būvniecību izsakās ornitologi, jo tiek traucēta putnu migrācija. Sadursmē ar vēja turbīnām putni iet bojā. Bēdīgi slavena ir 20. gadsimta 80. gados uzbūvētā Kalifornijas *Altamont Pass* vēja elektrostacija ar 7000 turbīnām, kuru kopējā jauda 800 MW. Tā uzbūvēta uz galvenā putnu migrācijas ceļa. Sadursmēs ar turbīnām katru gadu bojā iet vairāki tūkstoši putnu. Problēmas risinājums varētu būt, novecojušās mazjaudīgās turbīnas nomainot pret jaunām, efektīvākām un augstāk novietotām turbīnām. Tad turbīnu spārni atrastos augstāk par putnu lidojuma ceļu. Viena moderna turbīna saražo tikpat elektroenerģijas, cik desmit vecās turbīnas.

## Plānotā vēja enerģijas jaudas MW



2.39. att. Latvijā plānotā vēja enerģijas attīstības diagramma.

Vēja enerģijas izmantošanai ir savi plusi un mīnusi (tabula 2.2).

Tabula 2.2 Vēja enerģijas izmantošanas plusi un mīnusi.

Plusi	Mīnusi
Neizsmeļami resursi	Traucē migrējošos putnus
Lētākais atjaunojamās enerģijas ieguves veids	Salīdzinājumā ar fosilā kurināmā TEC – dārgas tehnoloģija
Ražošanas procesā nerodas izmeši	Trokšņa līmenis turbīnas tuvumā
Augsta elektroenerģijas ražošanas efektivitāte	Var veicināt elektroenerģijas tarifu paaugstināšanu
Zemas ekspluatācijas izmaksas	Mainīgs vēja ātrums
Jaunas darbavietas	
Nav jāimportē kurināmais	

Latvijai optimālais elektroenerģijas ieguves apjoms no vēja turbīnas ģeneratoriem varētu būt 5 – 10 % no kopējā elektroenerģijas ieguves apjoma. Saskaņā ar Eiropas Rekonstrukcijas un attīstības bankas pētījumiem, vēja ražotspējas potenciāls ir 550 MW, tas ir aptuveni 1000 GWh gadā. Šobrīd Latvijā sagatavošanas stadijā atrodas vairāki projekti, tomēr ir grūti prognozēt, kad tie sāks darboties. Taču, lai sasniegtu Eiropas Parlamenta un Padomes 2009. gada 23. aprīļa Direktīvas 2009/28/EK par atjaunojamo energoresursu izmantošanas veicināšanu noteiktos mērķus, ir jāapsver turpmāka popularizēšana elektroenerģijas ieguvei no vēja enerģijas.

Vēja parkus jābūvē tur, kur ir labs vēja potenciāls. Tāpēc vislabākie noteikumi vēja enerģijas integrācijai ir atklātos laukumos ar mazu iedzīvotāju blīvumu. Elektropārvades sistēma šādos rajonos ir slikti attīstīta un nav piemērota lieliem vēja parkiem. Šobrīd Latvijā priekšroka elektroenerģijas pārvades un sadales sistēmās tiek dota elektrostacijām, kas elektroenerģijas ražošanai izmanto atjaunojamās enerģijas resursus. Bet liberalizēta tirgus apstākļos iespējams, ka vēja parka īpašniekam ir pašam jāmaksā par tikla pastiprināšanu. Tas jau tā dārgo projektu var padarīt vēl dārgāku.

Tomēr vēja enerģijai ir īpašības, kas jāievēro, risinot šo problēmu. Vējš ir nepastāvīgs enerģijas avots, to ir grūti prognozēt un nav iespējams kontrolēt. Tāpēc vēja enerģijas iekārtas izmantošanas laiks ir tikai 2000 – 4000 stundas gadā.

Ražošanas maksimumi ne vienmēr sakrīt ar momentiem, kad elektroenerģijas patēriņš ir tuvu maksimumam. Tāpēc vēja enerģijas ražošanas samazināšana var tikt apskatīta kā viens no vēja enerģijas ražošanas procesiem. Vēja enerģijas ražošanas samazināšana nozīmē, ka daļa no enerģijas tiks zaudēta. Taču to var uzkrāt, piemēram, akumulatoros un izmantot tajā brīdī, kad strauji pieaug elektroenerģijas patēriņš.

## 1. Uzdevums.

Aprēķiniet gaisa blīvumu  $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$  un  $0,9$  atmosfēru spiedienā.

**Atrisinājums:**

Gaisa molmasa  $M = 0,029\text{ kg/mol}$ , temperatūra  $T = -13\text{ }^{\circ}\text{C} = 260\text{ K}$ , spiediens  $p = 0,9\text{ atm} = 9 \cdot 10^4\text{ Pa}$ .

Izmantojam izteiksmi (2.13) un aprēķinām gaisa blīvumu:

$$\rho = \frac{9 \cdot 10^4 \cdot 0,029}{8,31 \cdot 260} = 1,21\text{ kg/m}^3$$

## 2. Uzdevums.

Vēja ātrums  $15\text{ m/s}$ . Vēja turbīnas rotora diametrs  $75\text{ m}$  un gaisa blīvums  $1,3\text{ kg/m}^3$ . Aprēķiniet vēja turbīnas maksimālo jaudu.

**Atrisinājums:** Rotora vēja šķēluma laukums

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 75^2}{4} = 4416\text{ m}^2$$

$$\text{Maksimālā jauda, izmantojot izteiksmi } P_{max} = \frac{\rho \cdot S \cdot V^3}{2} \cdot 0,59$$

Izskaitļojot:

$$P_{max} = \frac{1,3 \cdot 4416 \cdot 15^3}{2} \cdot 0,59 = 5,7 \cdot 10^6\text{ W} = 5,7\text{ MW}$$

## 3. Uzdevums.

Vēja ātrums  $10\text{ m}$  augstumā ir  $5\text{ m/s}$ . Aprēķiniet vēja ātrumu  $75\text{ m}$  augstumā virs jūras un virs ciemata.

**Atrisinājums:**  $V_0 = 5,0\text{ m/s}$ ,  $h_0 = 10\text{ m}$  un  $h = 75\text{ m}$ . Apvidus koeficients jūras virsmā

$a_1 = 0,1$ , bet ciematam  $a_2 = 0,3$ . Vēja ātruma noteikšanai izmantojam izteiksmi (2.12). Izskaitļojot, iegūstam:

$$V_1 = 5,0 \left( \frac{75}{10} \right)^{0,1} = 6,1\text{ m/s} \text{ vēja ātrums virs jūras, un}$$

$$V_2 = 5,0 \left( \frac{75}{10} \right)^{0,3} = 9,2\text{ m/s} \text{ vēja ātrums virs ciemata.}$$

## 4. Uzdevums.

Vēja izmantošanas koeficients  $40\%$ . Turbīnas rotora diametrs  $60\text{ m}$ , vēja ātrums  $14\text{ m/s}$ , temperatūra  $7\text{ }^{\circ}\text{C}$  un spiediens  $1$  atmosfēra. Aprēķiniet gaisa blīvumu, turbīnas rotora vēja šķēluma laukumu un jaudu.

**Atrisinājums:** Gaisa temperatūra  $T = 7\text{ }^{\circ}\text{C} = 280\text{ K}$ , atmosfēras spiediens  $p = 1\text{ atm} = 1,0 \cdot 10^5\text{ Pa}$ .

$$\text{Rotora vēja šķēluma laukums } S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 60^2}{4} = 2826\text{ m}^2$$

$$\text{Gaisa blīvums } \rho = \frac{p \cdot M}{R \cdot T} = \frac{1,0 \cdot 10^5 \cdot 0,029}{8,31 \cdot 280} = 1,25\text{ kg/m}^3$$

$$\text{Turbīnas jauda } P = C_p \cdot \frac{\rho \cdot S \cdot V^3}{2} = 0,40 \cdot \frac{1,25 \cdot 2826 \cdot 14^3}{2} = 1,9 \cdot 10^6\text{ W} = 1,9\text{ KW}$$

## 2.12. TERMINU SKAIDROJUMS

**Agregāta jauda** – ģeneratoram darbojoties attīstītā jauda. Agregāta jauda atkarīga no krituma, turbīnas caurplūduma un agregāta kopējā lietderības koeficienta.

**Aizsargjoslas** – noteiktas platības, kuru uzdevums ir aizsargāt dažāda veida (gan dabiskus, gan mākslīgus) objektus no nevēlamas ārējās iedarbības, nodrošinot to ekspluatāciju un drošību, vai pasargāt vidi un cilvēku no kāda objekta kaitīgās ietekmes.

**Aizsargdambis** – hidrotehniska būve no grunts teritorijas aizsardzībai pret applūšanu.

**Aizsprosts** – masīva hidrotehniska būve no betona, grunts, koka vai akmens, ko ierīko šķērsām upes gultnei, lai radot uzstādinājumu, paaugstinātu ūdenslīmeni un izveidotu ūdenskrātuvi.

**Aizvars** – pārvietojama ūdens necaurļaidīga konstrukcija, ar kuru, to nolaižot, paceļot vai pagriežot, daļēji vai pilnīgi noslēdz vai atver ūdens caurplūduma aili. Ar aizvariem: pārvada lieko ūdeni; nodrošina nepieciešamo caurplūdumu, regulē ūdenslīmeni, pārvada ledu un vižņus, aizskalo sanešus. Aizvaru konstrukcijas: plakanie, šandorveidīgie, segmenta, veltņveida, sektora, vārstuļu un jumtveida.

**Anemometrs** – mēra vēja ātrumu, rezultātus elektroniski nosūta kontrolierim, kas iedarbina turbīnu.

**Augstākais uzstādinājuma līmenis** – augstākais aprēķinātais ūdens līmenis, kas īslaicīgi pieļaujams ūdenskrātuvē palu laikā un kurš rodas ūdenskrātuvē, pa pilnībā atbrīvotām novadbūves ailām izvadot maksimālu caurplūdumu.

**Bjefs** – virszemes ūdensobjekta posms, kas robežojas ar uzstādināšanas būvi (aizsprostu) un atrodas katrā tās pusē, augšējā pusē – augšbjefs, lejas pusē – lejasbjefs.

**Bremze** – diska bremze var mehāniski, elektriski vai hidrauliski apturēt rotoru.

**Caurplūdums** – ūdens daudzums, kas vienā laika vienībā izplūst caur ūdensteces vai būves aktīvā šķērsriezuma laukumu.

**Caurvades spēja** – caurplūdums, ko spēj izvadīt ūdensteces gultne vai hidrotehniskā būve, ja ir nepieciešamais ūdens plūsmas dziļums un citi nosacījumi.

**Dambis** – hidrotehniska būve ūdens plūsmas sadalīšanai, regulēšanai vai ūdens uzkrāšanai, pēc uzbūves līdzīgs aizsprostam.

**Darbarats** – hidraulisko turbīnu galvenais elements, kurš rotācijas kustībā ūdens enerģiju pārvērš mehāniskajā enerģijā.

**Derivācija** – ūdens novadīšana no ūdenskrātuves uz ūdens izmantošanas vietu. Hidroelektrostacijās pa derivācijas kanālu ūdeni pievada līdz turbīnām.

**Dīķis** – mākslīga ūdenskrātuve, kuru ierīko aizsprostojot gravas, strautus, upes. Dīķus veido arī 3-5 m dziļos ierakumos. Lieto nosaukumus – dzirnavu dīķis, arī dzirnavu ezers.

**Enerģija, elektriskā enerģija** – džouls (simbols J, saukts arī par vatssekundi) ir darba, enerģijas un siltuma daudzuma mērvienība. Praksē elektrisko enerģiju mēra kilovatstundās (kWh)  $1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$ , megavatstundās (MWh).  $1 \text{ MWh}$  atbilst  $1000 \text{ kWh}$ .

**HES (hidroelektrostacija)** – būvju un iekārtu komplekss, ar kuru palīdzību ūdens plūsmas enerģiju pārveido elektroenerģijā.

**HES hidrotehniskās būves** – hidroelektrostācijas darbībai nepieciešamās būves: aizsprosti, dambji, HES ēkas, ūdens novadbūves, kanāli, cauruļvadi, tuneļi, drenāža, zivju aizsardzības un pārvades būves, krastu nostiprinājumi, atbalstsienas un citas būves, uz kurām darbojas ūdens spiediens.

**Hidroloģiskie aprēķini** – aprēķini, kas tiek veikti, lai iegūtu aplēses hidroloģiskos lielumus. Vispirms aplēses caurplūdumus. Ja dotajā vietā ir hidrometriskie novērojumi, tad šos aprēķinus veic ar matemātiskās statistikas metodēm. Ja novērojumu nav, tad izmanto empīriskas formulas, izmanto iepriekš veiktus vispārinājumus, veic procesu matemātisku modelēšanu.

**Hidroturbīna** – hidrauliska mašīna, kura caurplūstošā ūdens enerģiju pārveido mehāniskā griezes kustības enerģijā. Izšķir Frensis, propellera, Kaplāna, Banki un Peltona turbīnas.

**Hidroagregāts** – hidroturbīna, pārvads un ģenerators kā vienots savstarpēji saistīts komplekss, izveidots elektroenerģijas ražošanai.

**Jauda** – tehnisks un fizikāls lielums, kas izsaka laika vienībā paveikto darbu.

**Kontrolieris** – nepārtraukti seko līdzī vēja turbīnas darbībai un stāvoklim. Ja atgadās kļūme, tad tas aptur mehānismu. Kontrolē zobratu mehānismu.

**Kritums** – ūdenslīmeņu augstumu starpība pa vertikāli no augšbjefa līdz ūdenslīmenim atvadkanāla sākumā lejasbjefā.

**Minimālais (garantējamais) caurplūdums** – 30 dienu perioda minimālais caurplūdums ar 95% nodrošinājumu, kas, veicot noteces regulēšanu, ūdenstecē saglabājams vienmēr, izņemot gadījumus, kad dabiskā pietece ir mazāka par šo caurplūdumu.

**Normālais ūdens uzstādinājuma līmenis** – augstākais pieļaujama ūdens līmenis ūdenskrātuvē, kuru normālas ekspluatācijas apstākļos nodrošina hidromezgls (novadbūve), un kurš rodas, ūdenskrātuvē pa pilnībā atbrīvotām novadbūves ailām vai pār pārgāznes sliekšni izvadot aplēses caurplūdumu.

**Notece** – ūdens aprites dabā sauszemes posms, kurš notiek pa zemes virsmu (virszemes notece), augsni un iežu slāņiem (pazemes notece).

**Noteces slānis** – noteces apjoms no sateces baseina laukuma vienības, kas izteikts ūdens slāņa milimetros gadā.

**Novadbūve** – hidrotehniska būve, kas paredzēta liekā ūdens novadišanai no augšbjefa uz lejasbjefu un pastāvīga ūdenslīmeņa uzturēšanai uzstādinājumā. Atsevišķos gadījumos novadbūvi paredz ledus un vižņu pārlaišanai.

**Pali** – virszemes ūdensobjekta hidroloģiskā režīma fāze, kam pavasarī raksturīgs augsts ūdens līmenis sniega un ledus kušanas rezultātā.

**Pārgāzne** – ūdens novadbūve, kurā ūdens plūst pāri sliekšnim, veidojot brīvu plūsmas virsmu.

**Pārsniegšanas varbūtība** – hidroloģisko aplēses un pārbaudes lielumu gadījumu skaits procentos no kopējā lielumu gadījumu skaita, kad kāds lielums tiek pārsniegts.

**Plūdi** – virszemes ūdensobjekta hidroloģiskā režīma fāze, kam raksturīgs straujš caurplūduma pieaugums un ūdens līmeņa celšanās.

**Restes** – konstrukcija peldošu gruzu un drizas pārtveršanai, ko uzstāda ieplūdes kameras galvas daļā. Restes novērš peldošu priekšmetu iekļūšanu turbīnās un to bojāšanu. Restu piesērēšana rada hidraulisku pretestību plūsmai un izsaur hidrauliskos zudumus un iekārtas darbības efektivitātes samazināšanos.

**Rotora spārni** – notver vēju un tā spēku pievada rotora rumbai. Modernajās vēja turbīnās spārnu garums var sasniegt 60 m un vairāk. Tos izgatavo no alumīnija, stikla vai oglekļa šķiedras kopā ar epoksīdsveķiem.

**Sateces baseins** – teritorija, no kuras satek virszemes un pazemes ūdeņi, kas veido upes vai ezera noteci, izsaka km<sup>2</sup>. Sateces baseinu attiecina arī uz hidromezgliem.

**Slūžas** – atklāta atklāta kameru tipa ūdens novadbūve. Vēsturiski izplatīta Latvijas mazo upju aizsprostos. Ailās izvietoti vertikāli metāla vai koka stabi ar plakaniem koka konstrukcijas aizvāriem, kurus ievieto un izceļ ar rokām vai ar vienkāršiem mehānismiem. Dažkārt dzirnavu diķa iztukšošanai zem slūžu grīdas (krītulgultnes) papildus ierikota dibens izlaide, saukta par *dvēselīti*.

**Starpbalsti** – novadbūvē starp krasta balstiem iebūvēti balsti, sadala novadbūvi atsevišķos laidumos. Starpbalsti notur pārsegumu – tiltu un vienlaikus kalpo kā balsti aizvāriem. Uz krasta balstiem un starpbalstiem novieto apkalpes tiltņus, ceļus celtņiem, autoceļus, dzelzceļus.

**Sūccaurule** – vertikāli vai slīpi aiz turbīnas novietota caurule ūdens novadišanai izplūdes kamerā un tālāk – atvadkanālā. Parasti sūccaurulē ir vakuums. Vertikālas un slīpas sūccaurules izveido konusveidīgas un iegremdē zem ūdens līmeņa. Izveido arī liektas konstrukcijas sūccaurules ar izvadu atvadkanālā. Ar sūccauruli HES kritumu izmanto vispilnīgāk.

**Tornis** – būvēts no biezsieni (20 – 40 mm) metāla caurulēm vai dzelzsbetona un tā iekšpusē ir kāpnes vai lifts. Torņa augstums ir vismaz tik liels, cik rotora diametrs. Visu turbīnu nokrāso baltu, lai pasargātu konstrukciju no sasīšanas un deformācijām. Torņa augšgalā novieto vēja turbīnu.

**Ūdens līmenis** – ūdens virsmas augstums virs noteiktas atskaites plaknes, piemēram, jūras līmeņa.

**Uzstādītā jauda** – elektroenerģiju ģenerējošo mašīnu kopējā nominālā jauda kilovatos (kW).

**Vats** – vats ( $W$ ) ir jaudas mērvienība. 1 vats ir jauda, pie kuras 1 sekundes laikā tiek paveikts 1 džoulu liels darbs. 1 vats elektriskās jaudas ir ekvivalents 1 vatam mehāniskās jaudas un tiek izteikts kā 1 ampēru stipras līdzstrāvas jauda pie 1 voltu liela sprieguma.

1000 W ir viens kilovats (kW), bet 1 000 000 vatu ir viens megavats (MW).

**Vižņi** – peldoši, uzpeldējuši vai sablīvējušies iekšledus kristālu sakopojumi, kas radušies pārdzesētā strauji tekošā vai viļņojošā ūdenī, kā arī no ūdenī iekrituša sniega vai salūzuša vizmas ledus.

**Vējrādis** – rāda vēja virzienu un nosūta kontrolierim signālus par vēja virzienu.

**Volts** – volts ( $V$ ) ir elektriskā sprieguma mērvienība. Viena volta spriegums ir, ja vadītājā plūstot vienu ampēru ( $A$ ) stiprai strāvai, tiek patērēts viens vats ( $W$ ) jaudas.

**Zivju aizsardzība** – pasākumu komplekss pret zivju iekļūšanu hidroturbīnās.

**Zivju ceļš** – speciāla hidrotehniska būve, kas rada atbilstošus apstākļus, lai zivis pavasara nārsta laikā peldus varētu pārvarēt augstuma starpību dažādos aizsprostos, tām paceļoties no lejasbjefa uz augšbjefu.

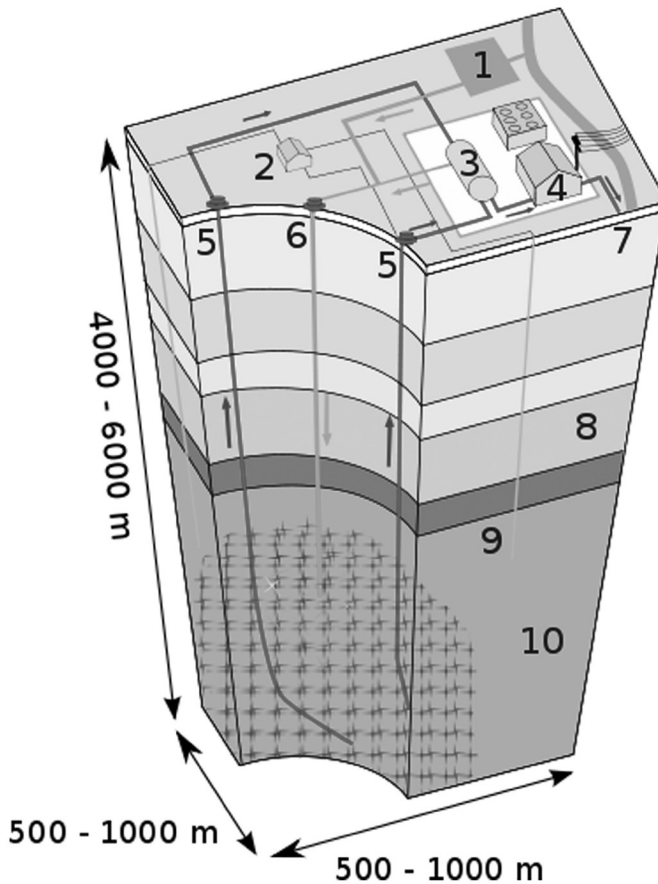
## 2.13. ĢEOTERMĀLĀ ELEKTROSTACIJA

Ģeotermālā enerģija ir draudzīga videi, stabila, rentabla un arī ilgtspējīga, jo izmantojamais siltuma daudzums, salīdzinājumā ar Zemes siltumietilpību, ir ļoti mazs. Šis siltums cilvēkiem ir pazīstams jau kopš paleolīta un seno romiešu laikiem, kad to izmantoja peldvietu un telpu apsildei. Pirmo ģeotermālo elektrostaciju iedarbināja 1904. gadā Larderello, Itālijā. Tā veiksmīgi iededza četras gaismas spuldzes. Vēlāk, 1911. gadā, veiksmīgi tika palaista pirmā komerciālā ģeotermālā elektrostacija. Līdz pat 1958. gadam, kad Jaunzēlandē tika palaista *Wairakei* elektrostacija, Itālija bija vienīgā ģeotermālās elektroenerģijas ražotāja.

Zemes siltuma ietilpība ir 1031 J. Zemes dziļu siltumenerģija vairāk kā divas reizes pārsniedz visas pasaules siltumenerģijas un elektroenerģijas vajadzības. Lai gan ģeotermālās enerģijas potenciāls ir milzīgs, tomēr salīdzinot ar citiem atjaunojamiem resursu veidiem, tās izmantošana vēl nav tik plaša. Mūsdienās ģeotermālo enerģiju izmanto kā siltumenerģijas, tā elektroenerģijas ražošanai. Aptuvenais elektroenerģijas potenciāls tiek prognozēts no 35 līdz 2000 GW. Pēc Internacionālās Ģeotermālās asociācijas (*International Geothermal Association*) datiem pašlaik pasaulē tiek saražoti aptuveni 10 715 megavati (MW) elektroenerģijas 24 pasaules valstīs. 287 GW siltumenerģijas, ko izmanto apkurei un siltajam ūdenim, tiek saražots 70 pasaules valstīs.

**Ģeotermālā elektrostacijā** elektroenerģijas ražošanas process noris līdzīgi kā termoelektrostacijā, kuru darbību apskatīsim 3. nodaļā (tvaika cikls). Ģeotermālā enerģija tiek izmantota, lai iegūtu tvaiku. Tvaiks tiek izmantots, lai grieztu turbīnu un ražotu elektroenerģiju.

**Darbības princips** (2.40. att.).



2.40. att. Ģeotermālās elektrostācijas darbības shēma.

Ūdens tiek ņemts no rezervuāra 1. Ūdens daudzuma uzturēšanai izmanto sūkņus, kas atrodas sūkņu mājā 2., siltummaiņi 3. notiek tvaika ražošana, turbīnas ēkā 4. notiek elektroenerģijas ražošana ar tvaika turbīnas palīdzību, 5. karstā ūdens avots no zemes dziļēm, 6. atdzesētais ūdens, kas tiek atgriezts zemes dziļēs atkārtoti, 7. karstais ūdens apkurei un siltajam ūdenim, 8. porains iezis, 9. aka, 10. cieti iezī.



Atkarībā no seismiski aktīvākas vai mazāk aktīvas zonas, var atšķirties dziļums, kādā ir pieejama nepieciešamā temperatūra tvaika ražošanai. Siltumenerģijas ražošanai apkures un siltā ūdens vajadzībām nav tik augstas prasības pret temperatūru. Dziļums, kādā nepieciešams sildīt ūdeni, būs daudz mazāks un izbūves izmaksas daudz zemākas. Prom no tektonisko plākšņu saskares zonām (seismiski mazaktīvos reģionos), ģeotermālā gradācija ir aptuveni 25 – 30 °C uz katru dziļuma kilometru (vidēji visur pasaulē). Lai varētu nodrošināt elektroenerģijas ražošanu, akām jābūt vairākus kilometrus dziļām. Parasti dziļums ir 2500 m – 3000 m. Reti kad taisa urbumus, kas ir dziļāki par 3000 m. Jo tuvāk seismiski aktīvajām zonām, jo mazāks dziļums vajadzīgs.

Kopā ar siltuma nesēju (ūdens tvaiku) no zemes dziļēm tiek izmesti arī nevēlamu gāzu maisījumi, kuru sastāvā pieminēšanas vērti ir – ogļskābā gāze ( $\text{CO}_2$ ), sērūdeņradis ( $\text{H}_2\text{S}$ ), metāns ( $\text{CH}_4$ ) amonjaks ( $\text{NH}_3$ ). Tie ir atmosfērā nevēlami savienojumi, kas veicina globālo sasilšanu, skābo lietu rašanos un kaitīgu smaku. Salīdzinoši, šīs emisijas ir daudz mazākas, kā elektrostacijās ar fosilo kurināmo. Aptuvenās emisijas ir 400 kg ar  $\text{CO}_2$  uz katru saražotās elektrības megavatstundu (MWh), kas ir aptuveni viena astotā daļa no izmešiem, ko rada fosilo kurināmo termoelektrostacijas. Papildus gāzu maisījumiem, ģeotermālie ūdeņi var saturēt ūdenī izšķīdušas toksiskas vielas (dzīvsudrabs, arsēns, bors, antimons) un sāļus.



2.41. att. Zilā lagūna (Blue Lagoon), Islandē ar ģeotermālo spēkstaciju fonā.

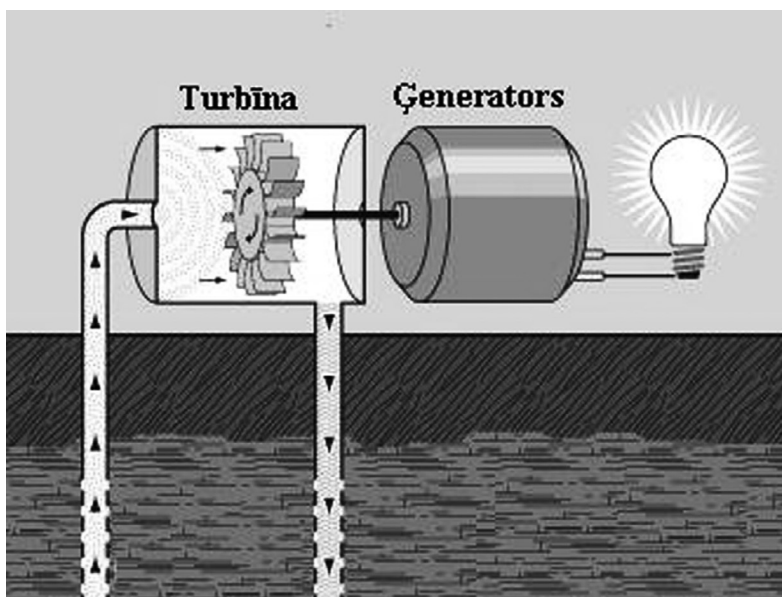


2.42. att. ASV, Kalifornija, ģeotermālā elektrostacija kompleksā The Geysers.

Izpēte un aku urbšana maksā daudzus miljonus latu, taču rezultāts netiek garantēts. Lai izurbtu aku, kas dziļāka par 4 kilometriem, izmaksas mērāmas desmitos miljonu eiro. Tiek intensīvi strādāts pie tā, lai iespējami samazinātu nepieciešamību urbt tik dziļi. Pašlaik tiek veiksmīgi darbinātas elektrostacijas ar 3 kilometrus dziļām akām. Lai panāktu iztvaikošanu pie zemākām temperatūrām, tiek pielietoti dažādi tehnoloģiskie risinājumi, ko apskatīsim turpmākajās nodaļās.

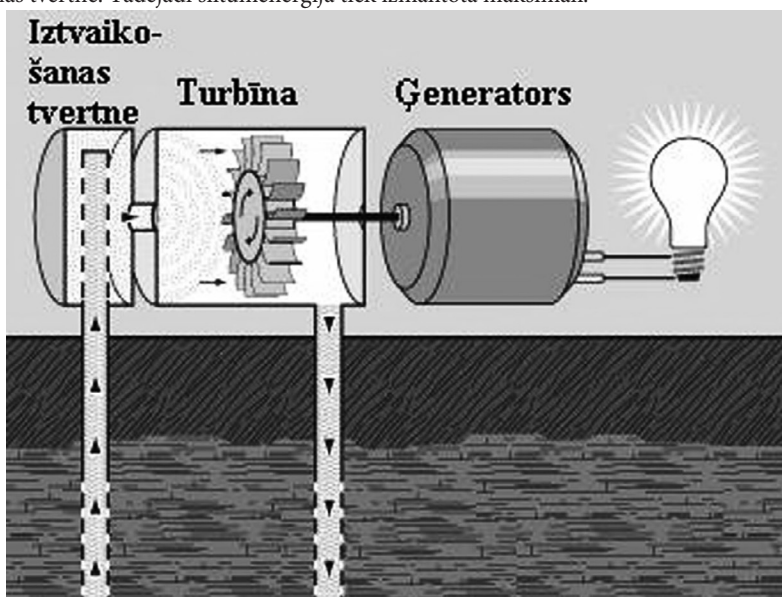
Ģeotermālo elektrostaciju tipi pēc to darbības principa:

**Sausā tvaika elektrostacija** – visvienkāršākā tipa elektrostacija, kur tvaiks pa tiešo tiek izmantots turbīnas griešanai (2.43. att.).



2.43. att. Sausā tvaika elektrostācijas darbības princips.

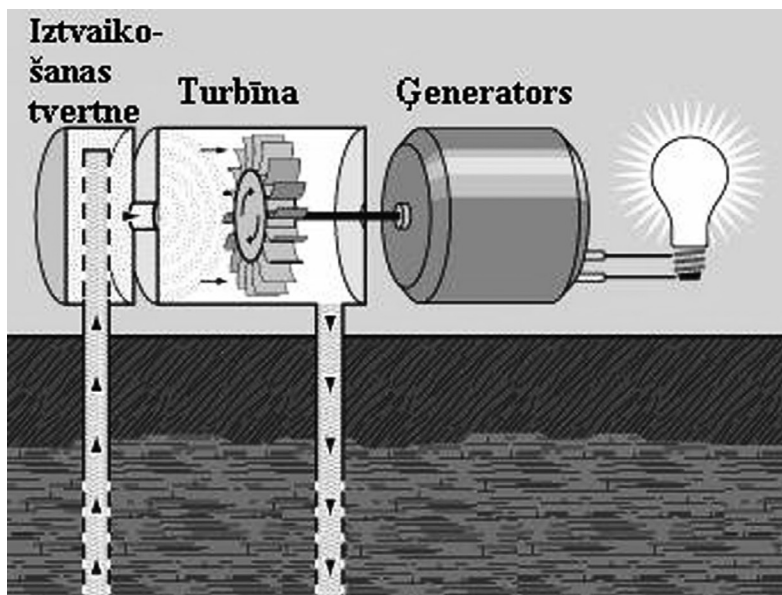
**Ātrās iztvaikošanas tvaika elektrostacija** ir visizplatītākais mūsdienās darbībā esošo ģeotermālo elektrostaciju veids. Tās darbība ir sekojoša (2.44. att.). Ūdens no zemes dziļēm ar augstu temperatūru (182°C) un spiedienu tiek iepumpēts tvertnē. Tvertnē ir zemāks spiediens, kā rezultātā notiek ātra siltumnesēja iztvaikošana. Tvaiks dzen turbīnu ar ģeneratoru. Ja ir kādi siltumnesēja pārpalikumi, tad tos var izmantot tālāk, atkārtējot procesu nākamajā ātrās iztvaikošanas tvertnē. Tādējādi siltumenerģija tiek izmantota maksimāli.



2.44. att. Ātrās iztvaikošanas tvaika elektrostācijas darbības princips.

**Binārā cikla elektrostacija** darbība atšķiras no divām iepriekšējām. Šajā sistēmā siltuma nesējs no zemes dziļēm nekad nonāc tiešā kontaktā ar turbīnu (2.45. att.). Siltumapmaiņa notiek siltummainī. Ģeotermālais siltumnesējs ar temperatūru (zem 200°C) siltummainī veic siltumapmaiņu ar sekundāro (bināro) siltumnesēju, kurš ir ar daudz zemāku vārīšanās temperatūru. Tas ļoti ātri iztvaiko, radot tvaiku, ar ko tiek griezta turbīna un ģenerators. Binārā

cikla elektrostacijas ir slēgtā tipa. Atmosfērā nenokļūst nekas, izņemot ūdens tvaiku.



2.45. att. Binārā tipa elektrostacijas darbības princips.

**Valstis ar lielāko ģeotermālo elektrostaciju kopjaudu:**

- ASV, 3086 MW,
- Filipīnas, 1904 MW,
- Indonēzija, 1197 MW.

**Ar vislielāko ģeotermālās elektroenerģijas īpatsvaru valstī:**

- Islande, 575 MW, 30%,
- Filipīnas, 1904 MW, 27%,
- Salvadora, 204 MW, 25%,
- Kostarika, 166 MW, 14%,
- Jaunzēlande, 628 MW, 10%.



2.46. att. Ģeotermālā elektrostacija Filipīnās, Puhaganā.

Kā minusu var minēt to, ka šādas elektrostacijas var radīt nevēlamu efektu uz zemes stabilitāti. Šāds piemērs ir *Wairakei field* elektrostacija Jaunzēlandē un *Staufen im Breisgau* elektrostacija Vācijā, kur tika novērota zemes nosēšanās. Projekts Bāzelē, Šveicē tika apturēts, jo tika reģistrēti vairāk kā 10 000 seismiski mērījumi līdz pat 3.4 ballēm pēc Rihtera skalas jau pirmajās 6 dienās, kad notika ūdens iesūkšanās.

Tomēr tiek plānoti arvien jauni projekti, un katru gadu tiek iedarbinātas arvien vairāk ģeotermālās elektrostacijas. Labas perspektīvas ir, piemēram, Indonēzijai un Kanādai.

## 2.14. SAULES ENERĢIJA

Saules enerģija ir enerģija, kuru saule izstaro gaismas un siltuma veidā. Tā ir pieskaitāma pie atjaunojamās enerģijas veidiem. Kopējā izstarotā saules enerģija ir ļoti liela un pietiktu ar 0,0125 %, lai varētu nodrošināt pašreizējo pasaules enerģijas patēriņu. Lielākais šķērslis ir saules starojuma zemā intensitāte. Lai gan mūsdienās tehnoloģiskie risinājumi Saules enerģiju neļauj izmantot efektīvi, tiek uzskatīts, ka nākotnē tieši Saules enerģija būs visnozīmīgākā, ko cilvēks iegūs no dabas.

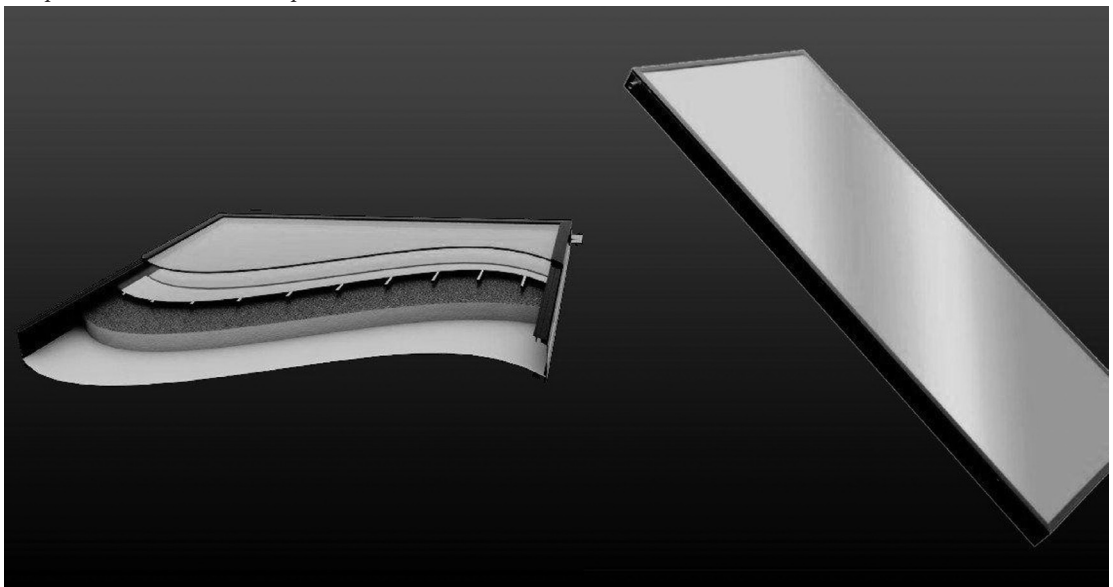
Izšķir vairākus saules enerģijas izmantošanas veidus:

- Pasīva saules enerģijas izmantošana – saistīta ar atbilstošu materiālu izvēli, ēkas novietojumu;
- Saules enerģijas izmantošana saules kolektoros – tās darbības princīpā ir solārās enerģijas pārvēršana siltumā, sildot ūdeni, eļļu vai kādu citu vielu, un tālāk šo enerģiju novirzot ēku apsildei, karstā ūdens apgādei un elektroenerģijas ieguvei (piemēram, Kramer Junction elektrostacija Kalifornijā, ASV);
- Saules enerģijas izmantošana dzesēšanā – šajā gadījumā siltums tiek novirzīts termiski darbināmā dzesēšanas procesā un gala produkts ir aukstais ūdens;
- Saules enerģijas pārvēršana elektroenerģijā – saules baterijas;
- Saules enerģijas izmantošana hibridās saules baterijās – vienā panelī ir apvienotas kolektora un saules baterijas īpašības.
- Saules enerģijas pārvēršana elektroenerģijā – saules elektrostācijas;
- Saules enerģijas akumulēšana augos – tas ir pakārtots veids, kad enerģiju iegūst, sadedzinot koku un malku. Būtībā visi fosilie kurināmie, piemēram, nafta, gāze, ogles, – ir pārvērsta saules enerģija.

## 2.15. SAULES KOLEKTORI

Saules kolektori ir paredzēti, lai saules starojumu pārveidotu siltuma enerģijā. Pēc tam to saņem patērētāji – karstā ūdens sagatavošanai un uzglabāšanai akumulatorā, telpu apkurei, peldbaseinu apsildīšanai, lauksaimniecības produktu žāvēšanai (piemēram, siens un cita lauksaimniecības produkcija), kā arī citiem šāda rakstura patērētājiem. Ir dažādu veidu kolektori – plakani, cauruļu tipa, koncentrējošie kolektori. Saules kolektori ir vienkārši, un atšķirībā no saules baterijām, tos vienkāršotā variantā ir iespējams izgatavot pašu spēkiem.

**Plakanais kolektors** – sastāv no izolētas, pret atmosfēras iedarbību aizsargātas kārbas, kas ietver tumšu plakanu absorbētāja plāksni. Ārējais apvalks ir no caurspīdīga materiāla, tas var būt stikls vai plastikāts. Ūdens vai siltumu vadošs šķidrums tiek vadīts pa caurulēm, kas atrodas zem absorbētāja plāksnes. Cauri caurulēm plūstošais šķidrums tiek uzkaršēts. Šī veida kolektori, kaut arī ir salīdzinoši zemāka līmeņa par vakuuma cauruļu kolektoriem, joprojām ir visizplatītākie daudzās valstīs, pamatā rietumvalstīs.



2.47. att. Plakanais saules kolektors Solar Keymark, Austrija.

**Cauruļu tipa kolektors** – tie ir vakuuma cauruļu sildītāji. Princips ir šāds: zem absorbējošās virsmas atrodas caurules, uz kuru iekšējās virsmas ir gredzenveida kapilāri, kuros iepildīts viegli iztvaikojošs šķidrums. Saulei sildot šos kapilārus, šķidrums lēnām iztvaiko un kondensējas uz siltummaiņa virsmas, kur atdod savu siltumu. Ar siltummaiņa palīdzību siltumu aizvada tālāk, savukārt kondensāts nonāk caurulē. Cauruļveida kolektorā ir minimāli siltuma zudumi, un ja kāds no kolektora blokiem nedarbojas, tad pārējie turpina darbu un bojāto posmu ir iespējams nomainīt. Lietderības koeficients ir augstāks, nekā plakanajiem kolektoriem.

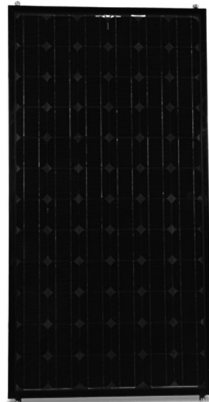


2.48. att. Vakuuma cauruļu saules kolektors. Apricus, Austrija.

Pēdējā laikā, sakarā ar cauruļveida kolektoru ražošanas pieaugumu, to cenas ir pietuvojušās plakano kolektoru cenām.

**Koncentrējošie kolektori** – parasti ir veidoti kā paraboliskas sfēras, kas izmanto spoguļvirsmu un sakopo enerģiju vienā punktā. Šādus kolektorus izmanto augstas temperatūras iegūšanai (līdz pat vairākiem tūkstošiem grādu). Piemēram, ar parabolisko spoguļi, kura diametrs ir 2,4 m, var sasniegt apmēram 3000 °C. Šāda veida saules kolektorus kopā ar tvaika turbīnu var izmantot elektroenerģijas ražošanai.

**Hibrīdie saules kolektori** – vienlaicīgi ražo elektrību un siltumu, tas nozīmē, ka vienā korpusā ir apvienots saules kolektors un saules baterija, par kuru runāsim nākošā nodaļā.



2.49. att. Hibrīdie saules kolektori (PV/T).

## 2.16. SAULES BATERIJAS.

Saules bateriju var saukt par pusvadītāju fotoelektrisko ģeneratoru, kas saules starojuma enerģiju pārvērš elektriskajā enerģijā. Saules gaismas vietā var būt arī citas izcelsmes elektromagnētiskais starojums 330 – 800 nm spektra diapazonā. Saules baterijas galvenā sastāvdaļa ir solārās šūnas, kas ražo elektrību. Solārajā šūnā molekula vai atoms, absorbējot saules gaismu, rada brīvos elektronus. Pēc tam brīvie elektroni, pārvietojoties pa materiālu, nokļūst uz elektrodiem un tālāk ārējā elektriskajā ķēdē. Saslēdzot solārās šūnas virknes vai paralēlajā slēgumā, iegūstam

moduļus, no kuriem savukārt veido saules baterijas. Salīdzinājumam var teikt, ka saules baterijas ir lielas fotodiodes ar lielu p-n pārejas laukumu. Šūnas visbiežāk ir zilā vai melnā krāsā, segtas ar neatstarojošu pārklājumu, kas uzlabo gaismas absorbēšanu. Pārsvārā saules baterijas tiek ražotas, izmantojot silīcija, kadmija sulfīda vai gallija arsenīda (GaAs) fotoelementus. Ir vairākas ražošanas tehnoloģijas:

- No *monokristāliskā silīcija*. Tā ir vecākā izstrādātā tehnoloģija un relatīvi dārga, jo ražošanas process ir līdzīgs mikroshēmu ražošanai. Lietderības koeficients ir relatīvi augsts – 12–15%. Daudzkārt dārgāka tehnoloģija, bet ar augstāku lietderības koeficientu, ir gallija arsenīda izmantošana;



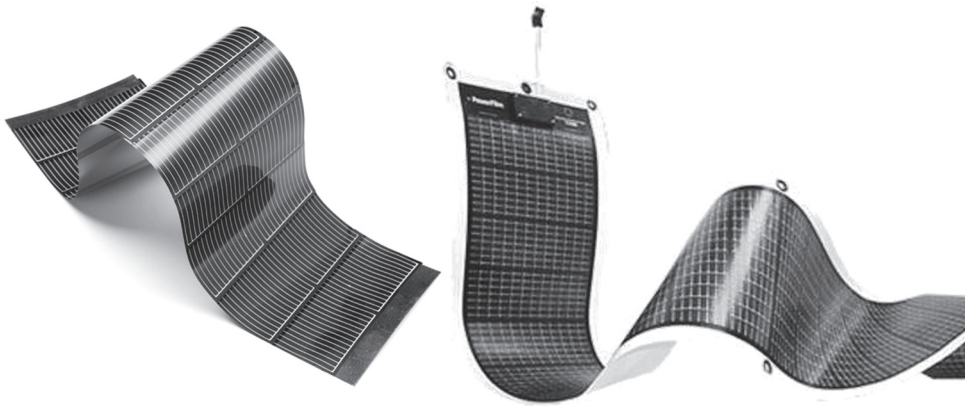
2.50. att. Monokristāliskā silīcija panelis KPV ME, Austrija.

- No *polikristāliskā silīcija*. Tehnoloģija izstrādāta vēlāk un ir tai mazākas ražošanas izmaksas. Lietderības koeficients ir – 11-14%;



2.51. att. Polikristāliskā silīcija modulis KPV PE, Austrija.

- *Amorfie saules paneļi*. Ražošanas izmaksas zemas. Lietderības koeficients arī zems – 6–7%. Mūsdienās plaša pielietojuma nav, jo tiem ir zema ultravioleto staru izturība un zemāka mehāniskā izturība, bet pastāv cerības nākotnē attīstīt šo tehnoloģiju. Tos sauc arī par plānplēves (thin-film) vai plānfilmas šūnām. Priekšrocība ir tāda, ka var izgatavot dažādas formas un izskata amorfos paneļus, tie ir viegli, tos var piestiprināt pie jebkuras virsmas. Ir pat projekti, kuros cenšas radīt īpašu saules bateriju krāsu, ko varētu uzklāt uz jumtiem un sienām, lai ģenerētu elektrību. Nākotnes cerības tiek saistītas ar organisko materiālu saules bateriju izstrādi. Ja silīcija saules elementiem teorētiski iespējams iegūt lietderības koeficientu 28 – 30% robežās, tad organiskajiem – 60 – 80%. Tiek prognozēts, ka šāda veida saules paneļi attīstīsies pēc 2020. – 2030. gada.



2.52. att. Plānplēves (*thin-film*) saules panelis.

## 2.17. SAULES ELEKTROSTACIJAS

**Saules elektrostacija** ir elektrostacija, kas ražo elektroenerģiju, izmantojot saules enerģiju. Izšķir divus galvenos veidus: solāro paneļu elektrostacijas un Saules termoelektrostacijas.

**Solāro paneļu elektrostacijas**, kas darbojas pēc fotoelektriskā principa. Elektriņa tiek iegūta ar solāro paneļu palīdzību. Šāda veida elektrostacijai ir vajadzīgas lielas platības. Solāro paneļu fotoelektriskie elementi ražo līdzstrāvu, ko pēc tam pārvērš maiņstrāvā un tikai tad var piegādāt patērētājam. Saules paneļi paliek arvien lētāki un ar lielāku lietderības koeficientu, kas stimulē ātri augošo industriju. Modernākie saules paneļi ir aprīkoti ar saules sekošanas sistēmu, kas seko saules kustībai debesīs un griež solāro paneļi tā, lai tas pēc iespējas vairāk uztvertu saules starus. Šādas elektrostacijas darbināšanai nav degvielas izmaksu un izmešu daudzums ir nulle.

2012. gada maija mēnesī tika atklāta pašlaik lielākā solāro paneļu elektrostacija Indijā, Čarankā *Charanka Solar Park* ar jaudu 214 MW (2.53. att).

Pasaulē lielākās solāro paneļu elektrostacijas (2012. gads):

- *Charanka Solar Park*, Indija, 214 MW,
- *Golmud Solar Park*, Ķīna, 200 MW,
- *Agua Caliente Solar Project*, ASV, 100 MW,
- *Perovo Solar Park*, Ukraina, 100 MW,
- *Sarnia Photovoltaic Power Plant*, Kanāda, 97 MW,
- *Brandenburg-Briest Solarpark*, Vācija, 91 MW

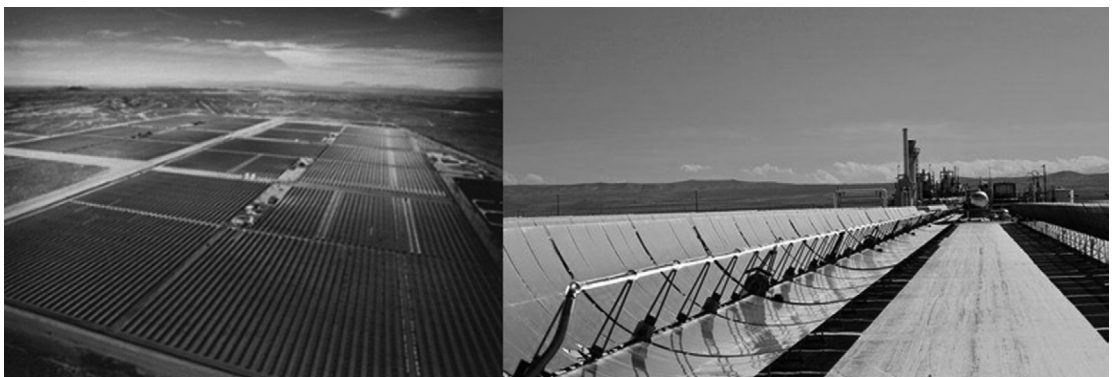


2.53. att. Čarankas solāro paneļu parks, Indija, 214 MW, 2012. gada aprīlis.

Šis uzskaitījums ne tuvu nav pilnīgs. Jau pavisam drīz šim sarakstam pievienosies jauni solāro paneļu parki ar daudz lielāku jaudu. Plānotie projekti jau vien izsaka, cik ambiciozas savu enerģētisko projektu īstenošanā ir lielvalstis. ASV top divi solāro paneļu parki ar jaudu 550 MW. Viens no tiem ir *Desert Sunlight Solar Farm* (Kalifornija) un otrs ir *Topaz Solar Farm* (Kalifornija). Šie divi ir lielākie no tiem, kas tiek būvēti pašlaik. Lai saprastu apjomu, kādā mērāmi šo elektrostaciju būvniecības projekti, vēlreiz jāpiemin Kalifornija: *Blythe Solar Power Project* 500 MW, *California Valley Solar Ranch*, 250 MW, *Antelope Valley Solar Ranch*, 230 MW un citi 100 MW projekti. Daudzi no šiem liela mēroga projektiem tiek realizēti tuksnešainos apvidos, kā, piemēram, Mohaves tuksnesī jau pieminētajā Kalifornijā, ASV. Atgriežoties pie pašlaik lielākās saules paneļu elektrostacijas Čarnakā, Indijā, jāpiebilst, ka tā iekļaujas daudz lielāka kompleksa sastāvā, kura kopējais projekts ir tuvu 1000 MW (*Gujarat Solar Park*, Indija). Plānotais termiņš ir 2013. gads. Aprēķināts, ka elektrostaciju pabeidzot, CO<sub>2</sub> izmeši tiks samazināti par 8 miljoniem tonnu gadā, kā arī katru gadu tiks ietaupītas aptuveni 900 000 tonnas akmeņogļu un dabasgāzes, ko būtu patērējusi fosilā kurināmā elektrostacija. Kā liecina tendences pasaulē, šai nozarē varam gaidīt arvien jaunus projektus.

**Saules termoelektrostacijas** darbojas pēc līdzīga principa, kā termoelektrostacijas. Par siltumenerģijas avotu tiek izmantota koncentrēta saules enerģija. Koncentrētās solārās sistēmas ar lēcu un spoguļu palīdzību savās saules starus no plaša laukuma un koncentrē to vienā starā. Tādējādi vienā punktā tiek panākta augsta temperatūra, kas ir pietiekama, lai ražotu tvaiku. Tvaiks savukārt griež turbīnu ar ģeneratoru un ražo elektroenerģiju. Solārās spoguļu sistēmas tiek aprīkotas ar sekošanas sistēmām, kas seko saules kustībai, lai pēc iespējas efektīvāk izmatotu saules enerģiju. Var iedalīt četrus galvenās solāro elektrostaciju veidus: paraboliskās, Stirlinga šķīvji, Frensela koncentrētais lineārais reflektors, solārais tornis. Lai gan šīs elektrostacijas pēc uzbūves nav sarežģītas, to teorētiskā potenciāla maksimums vēl ir tālu no pašlaik praksē realizētā. Piemēram, paraboliskās saules enerģijas koncentrācija sasniedz 1/3 no teorētiski iespējamās.

**Parabolisko atstarotāju saules enerģijas elektrostacija** sastāv no lineāra paraboliska atstarotāja, kas koncentrē gaismas starus uztvērējā. Uztvērējs savukārt novietots paralēli visā saules paneļa garumā tā, lai tas atrastos tieši virs paraboliskā atstarotāja (spoguļa) centra līnijas. Uztvērējs ir caurulīte, kurā cirkulē siltumnesēja šķidrums. Atstarotājs seko saules kustībai dienas gaitā, pārvietojot atstarotāju tikai pa vienu asi. Siltumnesējs tiek uzsildīts no 150° līdz 350°C. Tālāk siltumenerģija tiek izmantota elektroenerģijas ražošanai. Pirmā šāda veida komerciālā elektrostacija tika uzbūvēta Kalifornijā *Solar Energy Generating Systems* (SEGS) (2.54. att.)



2.54. att. abos attēlos *Solar Energy Generating Systems*, Kalifornijā, ASV.

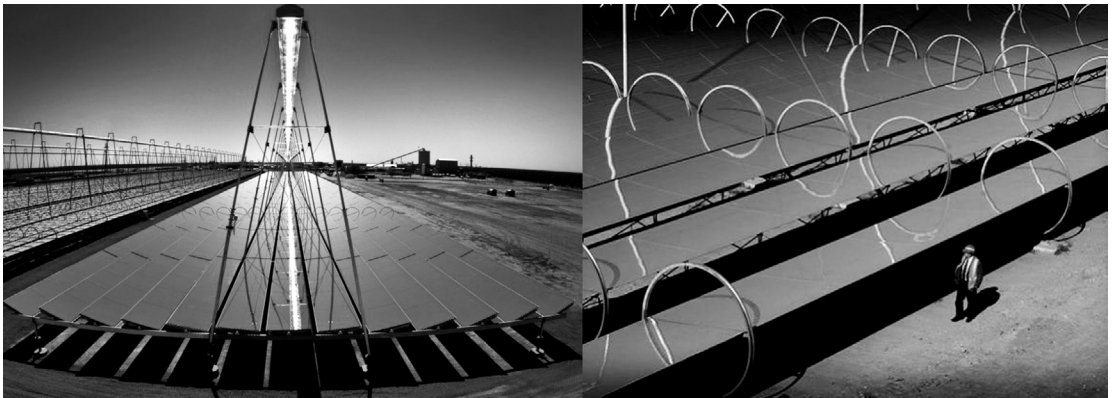
**Stirlinga šķīvis** sastāv no paraboliska reflektora, kas koncentrē saules starus uztvērējā, kurš savukārt ir novietots reflektora fokusa punktā. Stirlinga šķīvis seko saules kustībai dienas laikā, grozoties gan horizontāli, gan vertikāli. Siltumnesējs tiek uzkaršēts 250 – 700°C. Iegūtā siltumenerģija, izmantojot Stirlinga dzinēju, tiek pārveidota elektroenerģijā. Stirlinga dzinējs ir siltuma dzinējs, kurš cikliski strādā uz temperatūru starpību rēķina, pārvēršot siltumenerģiju mehāniskajā un tālāk ar ģeneratora palīdzību iegūst elektroenerģiju. Stirlinga šķīvis uzrāda lielāko solārās elektroenerģijas ieguves efektivitāti starp koncentrētās solārās enerģijas ieguves veidiem (2.55. att). Šis tehnoloģijas pārstāvis ir Austrālija.





2.55. att. Stirling Energy Systems izstrādātie Stirlinga šķīvji.

**Frensela reflektors** sastāv no daudzām garenām plāna, plakana spoguļa loksņēm, lai koncentrētu saules starus uz cauruļvadiem, pa kuriem cirkulē darba šķidrums (siltumnesējs). Siltumnesējs uzņem saules siltumenerģiju, ko tālāk izmanto elektroenerģijas ražošanai. Plakanie atstarotāji (spoguļi) atstaro saules starus daudz efektīvāk, nekā paraboliski atstarotāji. Tātad tie ļauj uztvert daudz vairāk pieejamās saules enerģijas. Tomēr tie nav tik efektīvi kā paraboliskie, bet ir daudz lētāki par paraboliskajiem atstarotājiem. Tos var lietot ļoti plašā elektrostaciju jaudu diapazonā (2.56. att).



2.56. att. Frensela reflektora solārā elektrostacija Kalifornijā, ASV (pa kreisi) un Austrālijā (pa labi).

**Solārais tornis** sastāv no daudziem reflektoriem, kas seko līdzi saules kustībai debesīs, grozoties gan horizontāli, gan vertikāli. Reflektori koncentrē saules starus uz centrālo uztvērēju torņa galā. Uztvērējā atrodas siltuma nesēja šķidrums, kuru uzkaršē no 500 līdz 1000°C. Iegūtā siltumenerģija tālāk tiek izmantota elektroenerģijas ražošanai. Šīs elektrostacijas ir progresējušas mazāk, nekā parabolisko reflektoru elektrostacijas, bet tās piedāvā ļoti augstu efektivitāti un labāku siltumenerģijas uzglabāšanas iespēju. Pirmā šāda tipa komerciālā elektrostacija PS10 ar jaudu 11 MW tika uzbūvēta Spānijā, Sevilā (2.57. att). Pēc rekonstrukcijas, ko plānots pabeigt 2013. gadā, kopējā jauda no šajā reģionā uzbūvētajām elektrostacijām tiek prognozēta 300 MW.



2.57. att. Solārā torņa elektrostacija Sevilā, Spānija, 11 MW.

Saražotā siltumenerģija tiek arī uzkrāta, lai to varētu izmantot laikā, kad nav pieejama saules enerģija. Siltumnesējs tiek uzkarsēts līdz 258°C un saspiests līdz ~50 atmosfēru lielam spiedienam. Siltumnesējs iztvaiko, kad spiediens tiek samazināts. Šāda veida siltumenerģijas uzkrāšana teorētiski ir iespējama vairākām stundām, bet praksē pietiek vienai stundai. Tiek meklēti arvien jauni veidi, kā siltumenerģiju uzkrāt efektīvāk. Kā viens no variantiem ir izkausēts sāls, kam ir liela siltumenerģijas uzkrāšanas spēja.

**Solārās enerģijas elektrostacijas, kuras atrodas būvēšanas stadijā (5 jaudīgākās):**

- *Ivanpah Solar Power Facility*, Kalifornija, ASV, 370 MW, solārās enerģijas tornis,
- *Solana Generating Station*, Kalifornija, ASV, 280 MW, paraboliskie atstarotāji,
- *Mojave Solar Park*, Kalifornija, ASV, 250 MW, paraboliskie atstarotāji,
- *Ashalim power station*, Izraēla, 250 MW, paraboliskie atstarotāji,
- *Crescent Dunes Solar Energy Project*, Nevada, ASV, solārās enerģijas tornis.

**Solārās enerģijas elektrostacijas, kuras vēl tiek plānots būvēt (5 jaudīgākās):**

- *Rio Mesa Solar Project*, Kalifornija, ASV, 750 MW,
- *Fort Irwin*, Kalifornija, ASV, 500 MW,
- *Palen Solar Power Project*, Kalifornija, ASV, 484 MW,
- *Hualapai Valley Solar Project*, Arizona, ASV, 340 MW,
- Floridā, ASV, 500 MW.

Pēdējā sarakstā netiek minētas tehnoloģijas, kādas tiks izmantotas jaudīgajās elektrostacijās, jo tās vēl ir izstrādes stadijā un pastāv zināms konfidencialitātes līmenis.

### 3. TERMOELEKTROSTACIJU ELEKTRISKĀ DAĻA, VADĪBAS SISTĒMAS, EKSPLOATĀCIJAS PERSONĀLA PIENĀKUMI UN ATBILDĪBA.

Apskatīsim termoelektrocetrāles (TEC) darbības principus, elektrisko daļu, vadības automātiku un nedaudz ielūkosimies apkalpojošā personāla darbā un pienākumos. Tā kā tam veltīta tikai viena nodaļa, šis būs vispārīgs ieskats industrijā, pieņemot, ka lasītājs jau ir iepazinies ar motoru, ģeneratoru, turbīnu un tvaika katlu uzbūvi un darbības principiem. Netiks apskatīti atsevišķu elektrisko mašīnu teorijas jautājumi. Papildus tiks aplūkota arī mehāniskā daļa, lai labāk saprastu elektrisko daļu, jo abas ir cieši saistītas un reizēm grūti atdalāmas.

#### 3.1. VISPĀRĪGS TEC APRAKSTS

**Ko dara TEC?** TEC ir saīsinājums no vārda “termoelektrocetrāle”. TEC uzdevums ir siltumenerģijas ražošana un nodošana siltumtīklā, kā arī elektroenerģijas ražošana un nodošana elektroapgādes tīklā. TEC ražo siltumenerģiju un elektroenerģiju, sadedzinot kurināmo. Kondensācijas režīmā strādā tikai elektroenerģijas patērētāja vajadzībām, bet termofikācijas režīmā strādā gan siltuma, gan elektrības patērētāja vajadzībām.

**Siltumtīkls** ir savstarpēji savienotas iekārtas siltumenerģijas pārvadei, sadalei un pievadei no siltuma avota līdz patērētājam.

**Kādi ir TEC veidi?** Termoelektrocetrāles var atšķirties ar to darbības cikliem:

- vienkāršais cikls (tikai tvaika turbīna vai gāzes turbīna, bet ne abas),
- kombinētais cikls (gan gāzes turbīna, gan tvaika turbīna). Turpmāk apskatīsim tieši kombinēto ciklu. Šis cikls tiek saukts arī par Gāzes turbīnas kombinēto ciklu (GTCC – Gas Turbine Combined Cycle).

**Latvijā termoelektrocetrāles var atšķirties:**

Ar izmantoto kurināmo:

- mazuts, kūdra (vecie TEC),
- gāze (jaunie TEC).

Ar turbīnu un ģeneratoru izvietojumu:

- gāzes turbīna ar ģeneratoru un tvaika turbīna ar ģeneratoru ir atsevišķi (Latvijā) (3.1. att. un 3.2. att.)
- gāzes turbīna, ģenerators un tvaika turbīna ir uz vienas ass. Šāda veida risinājums ir kompaktāks, ļauj samazināt būvēšanas un ekspluatācijas izmaksas (šo tipu apskatīsim vēlāk).

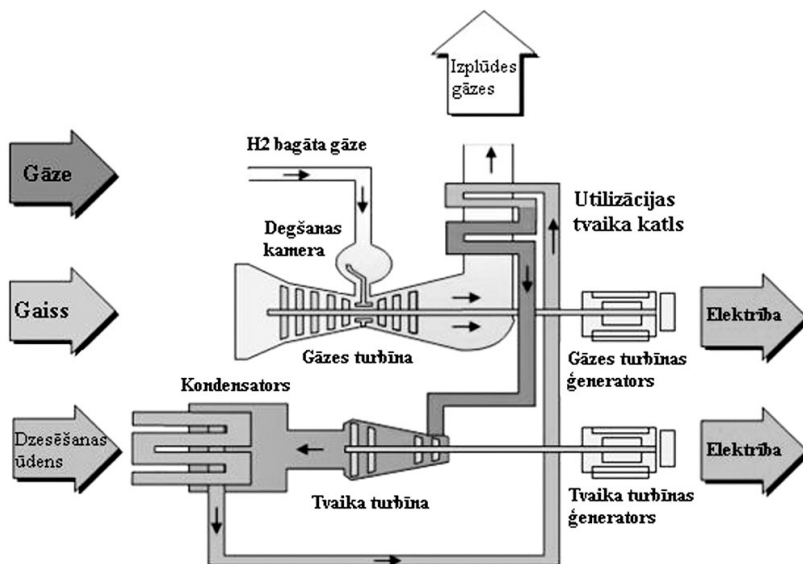
Šajā nodaļā apskatīsim vienu no izplatītākajiem un ekonomiskākajiem termoelektrocetrāļu veidiem – gāzes turbīnas kombinētā cikla termoelektrocetrāli.

**Kā strādā gāzes turbīnas kombinētā cikla TEC?**

**Siltumietaise** ir siltumiekārtu un konstrukciju kopums, kas atrodas vienā vietā un paredzēts kopīgu funkciju veikšanai

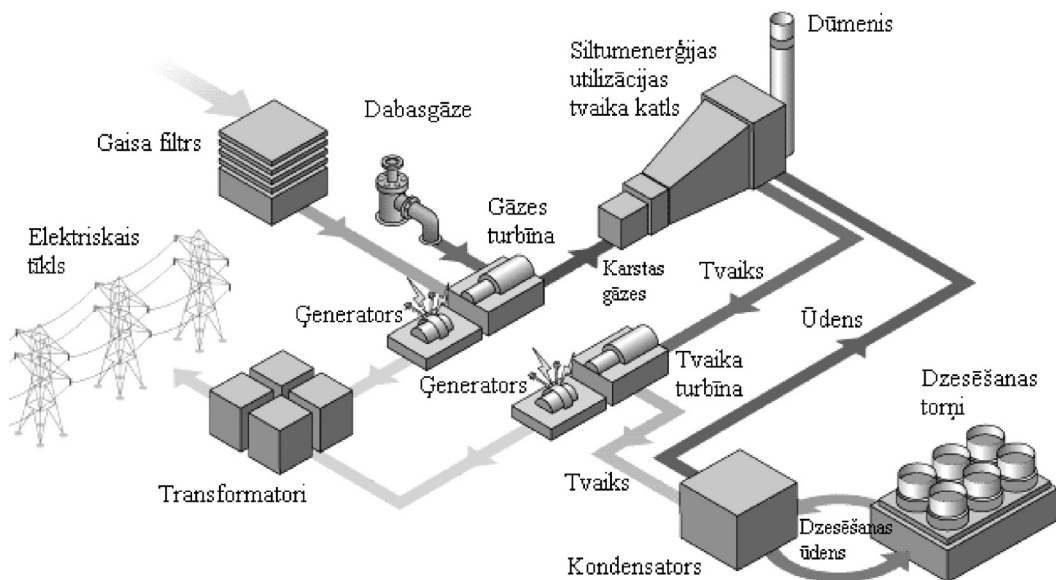
**Gāzturbīnu ietaise (GTI)** ir energoietaise ar gāzes turbīnām, kuru darba viela ir sakarsēta, saspiesta gāze.

Vispirms aplūkosim procesu diagrammu, kam sekos sīkāks procesa izklāsts.



3.1. att. Kombinētā cikla procesu diagramma.

Aplūkosim 3.1. attēlu. Gāzes turbīna sastāv no divām daļām. Pirmā daļa darbojas kā kompresors, kas iesūc gaisu. Otrajā daļā notiek turbīnas darba cikls. Gaisa un gāzes maisījumam sadegot degšanas kamerā, veidojas augstas temperatūras un spiediena gāzes, kas griež turbīnu. Turbīna griež ģeneratoru un ražo elektroenerģiju. Izplūdes gāzes pēc turbīnas tiek otrreizēji izmantotas utilizācijas katlā un tikai tad nonāk dūmenī. Siltumenerģijas utilizācijas tvaika katls saražo lielu daudzumu tvaika. Tvaiku izmanto, lai grieztu tvaika turbīnu. Tvaika turbīna, savukārt, griež ģeneratoru, un tiek ražota elektroenerģija. Pēc turbīnas tvaiks tiek kondensēts kondensatorā. Kad ūdens ir kondensējies, to ar sūkni iepumpē atpakaļ tvaika katlā atkārtotai izmantošanai. Lai tvaiks kondensatorā kondensētos, to dzesē ar atsevišķu dzesēšanas ūdens sistēmu (3.2. att.). Dzesēšanas procesā ūdens sasilst. To var tālāk izmantot, lai piegādātu siltumu pilsētai. Ja pilsētai siltuma pieprasījums ir zems, tad atlikušais jādzesē dzesēšanas torņos. TEC pievada siltumu pilsētai, uzturot ūdens daudzumu siltumtrasē un nodrošinot spiedienu. Pilsētas siltuma pieprasījums mainās atkarībā no āra temperatūras un patēriņa izmaiņām dienas laikā. Patstāvīgu spiedienu siltumtrasē nodrošina speciāli sūknētavas sūkņi un kontroles sistēma. Siltumtrasēs patstāvīgi ir zudumi. Lai nodrošinātu zudumu kompensāciju, ūdens vispirms tiek speciāli sagatavots un ķīmiski apstrādāts.



3.2. att. Kombinētā cikla elektrostacijas procesu diagramma.

**Lietderīgums.** TEC lietderības koeficients atkarīgs no izdodamā elektroenerģijas un siltumenerģijas lieluma. Respektīvi, ja ir pietiekams siltumenerģijas pieprasījums, tad lietderīgums ceļas, ja siltumenerģija nav vajadzīga, tad tā „izkūp” gaisā kondensācijas režīmā. Mūsu platuma grādos ziemā kombinētā cikla stacijas spēj sasniegt lietderīgumu līdz pat 82% – 87%. Savukārt vasarā, kad nav siltuma pieprasījuma, lietderīgums kondensācijas režīmā būs ap 57% (TEC-2). Nepārtraukta attīstība ir ļāvusi pacelt termālo efektivitāti gāzes turbīnai no 18% (1939. gads) līdz aptuveni 43% vienkāršajā ciklā un līdz 60% kombinētajā ciklā (kondensācijas režīms). Šie termālās lietderības rādītāji ir krietni augstāki, kā, piemēram, tvaika turbīnu termoelektrostacijās, ko mantojām no PSRS. 2012. gadā vadošie ražotāji ir uzlabojuši kombinēto ciklu tehniskos risinājumus. Piemēram, vienai pašai gāzes turbīnai pēc *Siemens* un *General Electric*s datiem (2012. gadā) lietderīgums ir virs 40%. Kombinētajā ciklā lietderīgums sniedzas nedaudz virs 60% (kondensācijas režīmā), kas ir ļoti labs rādītājs.

**TEC sastāv** no elektriskās daļas un mehāniskās daļas. Elektriskās un mehāniskās daļas robežu reizēm ir grūti nospraust. Ņemsim par piemēru ģeneratoru. Jā, tas ir pie elektriskās daļas, kaut gan tajā ir mehāniskas daļas: korpuss, statora tinumi, rotora tinumi, vārpsta, gultņi, eļļošanas un dzesēšanas sistēmas. Viss minētais tiek attiecināts uz elektrisko daļu. Tādēļ bieži lieto apzīmējumu „elektromehānisks” un apkalpojošais speciālists būs elektromehāniķis. Tālāk aplūkosim pašu turbīnu. Tā, bez šaubām, ir mehāniskā daļa, bet tajā ir arī elektriskā daļa. Turbīnas vadības sistēma, signalizācijas un uzraudzības sistēmas noteikti būs pie elektriskās daļas. Tajā ietilpst dažāda veida devēji – temperatūra, spiediens. Automātikas un kontroles sistēma saņem visu šo informāciju, apstrādā un dod signālu izpildiekārtām, piemēram, turbīnas apgriezīgu regulatoram. TEC ir daudzu sistēmu kopums, kur katra no tām veic kādu konkrētu vai vairākus uzdevumus. Tas viss ir saistīts kopā viena vai vairāku līmeņu vadības sistēmās. Viss ir savstarpēji saistīts un komplikēts. Gāzes turbīnu ražo viens ražotājs, bet tvaika turbīnu cits. Katrai no tām būs sava vadības sistēma. Lai tās abas darbinātu kopā vai atsevišķi, ir vajadzīga augstāka līmeņa vadības un uzraudzības sistēma. Neaizmirsīsim, ka pie elektriskās daļas pieder arī elektroinstalācija un apgaismojuma sistēmas. Tātad elektriskā daļa sākas no lampiņas pie griestiem un turpinās līdz pat turbīnas un visas spēkstacijas vadības un signalizācijas sistēmām. Turpinājumā aplūkosim TEC galvenos elementus pa daļām:

- Gāzes turbīna (kurināmā un gaisa cikls);
- Tvaika katls (ūdens – tvaika cikls);
- Tvaika turbīna, kondensators (tvaika – ūdens cikls);
- Dzesēšanas torni, ūdens sagatavošana (cirkulācijas ūdens cikls).

## 3.2. MEHĀNISKĀ DAĻA

### 3.2.1. Gāzes turbīna

Gāzes turbīnas principiālās priekšrocības:

- Gāzes turbīna saražo lielu jaudas apjomu ar relatīvi maziem tās izmēriem un svaru.
- Apkopes izmaksas ir relatīvi zemas, un mehāniskais mūža ilgums ir ilgs, ja tiek salīdzināts ar virzuļu dzinējiem (dīzeļdzinēji, bioetanolā dzinēji). Visas gāzes turbīnas galvenās kustīgās daļas rotē (tām nav pretēji vērsta kustības, kā virzuļu dzinējos).
- Gāzes turbīnas palaišanas laiks uz pilnu slodzi ir mērāms minūtēs. Tvaika turbīnas palaišanas laiks uz pilnu slodzi ir mērāms stundās.
- Gāzes turbīnu darbināšanai var lietot plašu kurināmā klāstu, visbiežāk dabasgāzi.
- Atmosfēras gaiss tiek izmantots turbīnas griešanai un parasti vienkāršākajā variantā neprasa dzesēšanu.

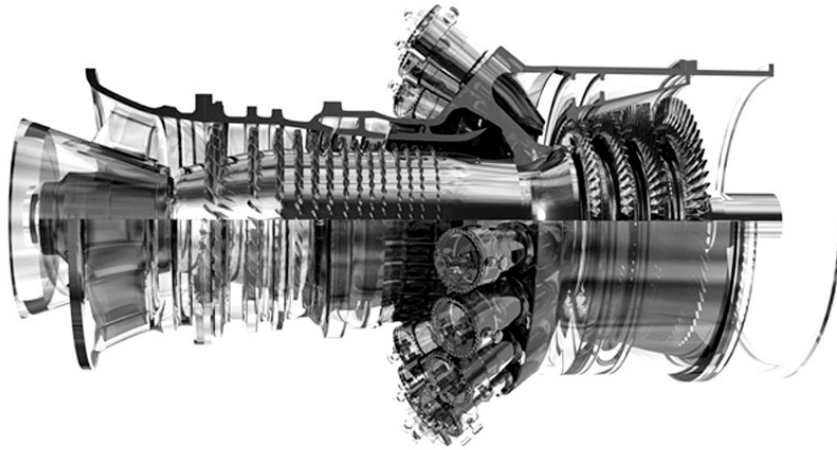
Gāzes turbīnas trūkumi:

- Zema efektivitāte (liels degvielas patēriņš) ir galvenais gāzes turbīnas trūkums.
- Remonta izmaksas gāzes turbīnai ir daudz augstākas nekā dīzeļdzinējiem.

Gāzes turbīnas izgatavošana ir ļoti sarežģīta, bet tā ir uzticama ekspluatācijā, ja to ekspluatē atbilstoši izgatavotājrūpnīcas dotajiem datiem un nominālajiem darba režīmiem. Šis apgalvojums izteikts salīdzinājumā ar citiem ģeneratoru piedziņas veidiem, kā, piemēram, dīzeļdzinējs. Dīzeļdzinēji, protams, ir ekonomiskāki, bet tiem

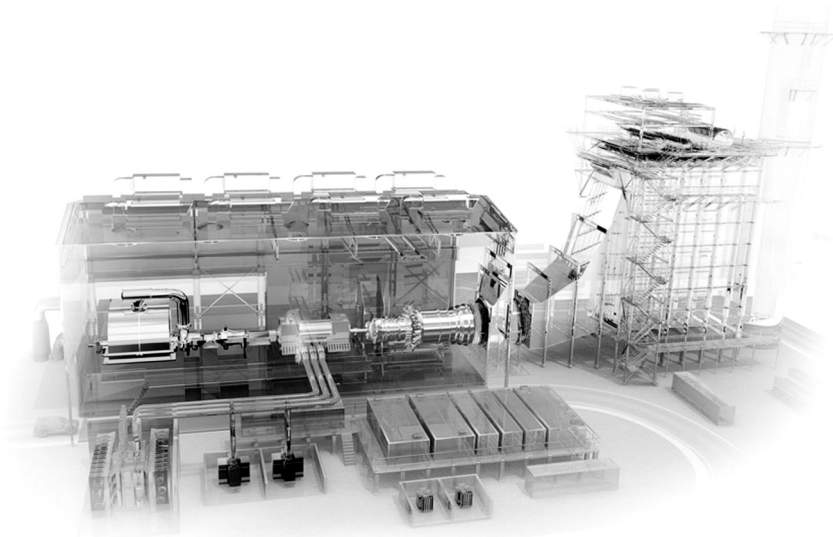
ir jaudas ierobežojums un vairāk kustīgo daļu, kas prasa apkopi. Tie sāk palikt pārāk milzīgi un neizdevīgi, kad nepieciešamas lielas jaudas. Turbīnas ir kompaktas, un tām ir ļoti plašs jaudas diapazons, piemēram:

- *Siemens* piedāvā turbīnu, kas sasniedz jaudu 370 MW (*gāzes turbīna SGT5-8000H*). Kombinētajā ciklā kopējā jauda būs virs 570 MW un lietderīgums virs 60% (2012. gads).
- *General Electrics* piedāvā jaunu kombinētā cikla spēkstaciju *FlexEfficiency 50 Combined Cycle Power Plant* ar kopīgo jaudu 510 MW un lietderīgumu virs 61% (2012. gads). *GE* šajā risinājumā par prioritāti ir izvēlēties nevis maksimālo jaudu, bet augstu efektivitāti un darbības elastīgumu. Jāpiebilst, ka *GE* piedāvā gāzes turbīnas ar jaudu no 26 līdz 480 MW (3.3. att.).



3.3. att. *General Electrics* gāzes turbīna (9FB).

Lai sasniegtu šādus rezultātus, gan *Siemens*, gan *General Electrics* ir nonākuši pie sekojoša risinājuma: lai uzlabotu efektivitāti, ģeneratoru darbina uz vienas ass ar gāzes un tvaika turbīnu. Labākam priekšstatam aplūkosim nākamo attēlu (3.4. att.).



3.4. att. *General Electrics* kombinētā cikla spēkstacija.

Ieguvums ir būvēšanas un ekspluatācijas izmaksas samazinājums. Kurināmais tiek izmantots efektīvāk. Ir jāiegādājas par vienu ģeneratoru mazāk un arī visas palīgsistēmas, cauruļvadu garumi, kabeļu garumi, patērētais laiks, ēkas platība u.c. lielumi ir daudz mazāki. Atzīmēsim, ka TEC-2 rekonstrukcija tika projektēta 2005. gadā. Atliek secināt, ka tolaik šāds risinājums netika piedāvāts.

**Vadība.** Iekārtas automātikas risinājumus un komplektāciju nodrošina turbīnas ražotājs. Tādas risinājumi var atšķirties pat vienā TEC, ja gāzes un tvaika turbīnai ir dažādi ražotāji. Automātikai ir jānodrošina pilnīgi automatizēta palaišana, darbība, jaudas izmaiņas un apstādināšana. Turbīnas vadības sistēmai jābūt savienojamai ar TEC kopējo vadības sistēmu (*DCS – distributed control system*), lai centrālajā kontroles telpā, izmantojot *DCS* konsoles, var kontrolēt turbīnas darbību. Automātika un kontrolieri, protams, atrodas speciālā telpā vai nodalījumā.

**Gaisa padeve.** Degšanas procesam ir vajadzīgs gaiss. Gaiss tiek ņemts caur ieplūdes kolektoru. Tas sastāv no pašattīrošiem filtriem, klusinātāja un gaisa kanāla. Pa gaisa kanālu gaiss tālāk nonāk turbīnas kompresora daļā, kur tiek saspīests un padots uz degkameru. Lai kontrolētu gaisa plūsmu caur filtriem, speciāli spiediena devēji kontrolē spiediena kritumu pēc gaisa filtriem, tādējādi nosakot, vai filtri ir tīri vai nē. Filtru tīrīšana notiek automātiski. Gaiss tiek attīrīts no mehāniskām daļiņām, kas var traucēt turbīnas darbam un to bojāt, samazinot darba mūžu. Priekšā filtram stāv žalūzijas aizsargs, kas pasargā no sliktiem laika apstākļiem. Gaisa padeves sistēma ir aprīkota ar pretaizsaldšanas sistēmu, kas atļauj turbīnas palaišanu un darbību pie  $-40^{\circ}\text{C}$ .

**Gaisa kompresors (pirmā turbīnas daļa).** Turbīnas un tādas arī kompresora pamata darbības ātrums ir 3000 apgriezieni minūtē  $\pm 5\%$ . Kompresora darbībai pie dažādiem ātrumiem, turbīnas slodzes un vides temperatūrām ir jābūt stabilai. Pirms kompresora bieži vien tiek uzstādītas ieplūdi regulējošas lāpstiņas (*IGV – Inlet Guide Vane*). Tās samazina gaisa plūsmu kompresorā starta brīdī un atļauj modulācijas kontroli, kad turbīnas izplūde iet uz utilizācijas tvaika katlu. Tiek mērīta saspīestā gaisa temperatūra un spiediens pirms degkamas.

**Degšanas kamera.** Degšanas kamerā notiek gaisa un gāzes sajaukšanās, kā arī degšanas process. Šeit atrodas gāzes padeves sprauslas. Tām pie jebkuras slodzes jānodrošina pastāvīgs turbīnas ātrums un vienmērīga darbība (bez raustīšanās/apgriezienu staigāšanas), jāierobežo turbīnas degkamas temperatūru pārsniegšana. Sagatavošanas stacijā gāze tiek sagatavota pirms padošanas uz turbīnu. Tur atrodas kompresori, mērinstrumenti, filtri, kontroles iekārtas, kas seko līdzi gāzes spiedienam, temperatūrai, mitrumam un tās sastāvam.

**Turbīna.** Šeit siltumenerģija tiek pārvērsta mehāniskajā enerģijā. Sadegušās gāzes nonāk turbīnā, kurā ir vairāku kompresijas pakāpju lāpstiņas, ar kurām turbīna tiek griezta. Turbīnas rotors, korpuss un citas sastāvdaļas tiek pakļautas mehāniskajām slodzēm un vibrācijām. Turbīnas/ģeneratora iekārta ir aprīkota ar vibrāciju sensoriem, horizontālās ass kustības sensoru, korpusa izplešanās sensoriem, kas integrēti uzraudzības sistēmā, lai nodrošinātu drošu un uzticamu darbību. Vibrāciju sensori gan turbīnai, gan ģeneratoram ir katram turbīnas gultnim. Parametru uzraudzības un aizsardzības sistēma tiešsaistē ir savienota ar *DCS*, lai operators varētu uzraudzīt procesus no centrālās kontroles telpas. Datorizētā uzraudzības sistēma savāc, uzglabā un parāda informāciju grafiku veidā diagnostikai. Tas ļauj savlaicīgi veikt koriģējošas apkopes.

**Gāzes turbīnas degšanas procesus regulē automātika.** Tā kontrolē temperatūras svārstības, spiedienu, apgriezienu skaitu. Turbīnas aizsardzības sistēma patstāvīgi novēro svarīgākos turbīnas parametrus un dod signālu uz signalizācijas sistēmu, ja kāds parametrs sasniedz kritisko vērtību. Izšķir kritiskos – avārijas trauksmes signālus un brīdinājuma signālus. Ja operators saņem brīdinājuma signālu, viņam ir laiks pieņemt lēmumu, kā rīkoties. Ja sistēmas parametrs ir sasniedzis kritisko vērtību, tad drošības nolūkos notiek turbīnas apstādināšana.

Gāzei sadegot, izmešu līmenis ir zems. Izmešu līmeni uzrauga speciāla izplūdes gāzu kontroles sistēma, kas kontrolē izplūdes gāzes skursteņa galā. Šī sistēma tad arī ziņo, ja kaut kas nav kārtībā ar degšanas procesu turbīnā.

**Eļļošanas sistēmu** izmanto turbīnas un ģeneratora gultņu eļļošanai un dzesēšanai. Tā ir ļoti svarīga sistēma turbīnas darbības nodrošināšanai. Sistēma sastāv no eļļas rezervuāra, cauruļvadu sistēmas, eļļas dzesētāja, eļļas sildītāja, vairākiem dublējošiem sūkņiem, filtrēšanas/attīrīšanas iekārtas un kontroles sistēmas. Eļļas rezervuārs ir aprīkots ar eļļas līmeņa devēju un augsta/zema līmeņa signalizāciju. Eļļas temperatūras turbīnā un ģeneratorā patstāvīgi jāuzrauga. Galveno eļļas sūkni mehāniski darbina pati turbīna. Bez galvenā eļļas sūkņa ir arī divi elektromotoru piedzīti palīg-sūkņi, kas patstāvīgi atrodas darba gatavībā. Ja eļļas spiediens krītas, automātika nosūta kļūdas ziņojumu operatoram, un tiek ieslēgts pirmais elektriski piedzītais eļļas sūknis. Ja arī šis sūknis nespēj nodrošināt eļļas

spiedienu, tad ar laika aizturi tiek palaists otrs rezerves sūknis. Spiedienam sasniedzot kritiski zemu vērtību (nosaka ražotājs), turbīna tiek apstādināta, lai novērstu iespējamus bojājumus, kas var rasties šādā darbības režīmā. Eļļošanas sūkņi tiek iedarbināti pirms turbīnas palaišanas un apstādināti pēc turbīnas apstādināšanas. Šos intervālus stingri nosaka ražotāja instrukcijas. Ja notiek elektroenerģijas padeves pārtraukums, tad eļļošana var tikt pārtraukta. Šādiem un līdzīgiem gadījumiem izmanto neatkarīgu elektroenerģijas barošanu, piemēram, **avārijas dīzeļa ģeneratoru**. Ir pieejami arī citi risinājumi, kur par avārijas elektroenerģijas avotu kalpo akumulatoru baterijas. Tālāk TEC kontroles un vadības sistēmām tiek izmantota līdzstrāva. Ar līdzstrāvas/mainstrāvas pārveidotāju var tikt nodrošināta svarīgāko drošības iekārtu barošana, kā, piemēram, mūsu apskatītais avārijas režīma eļļas sūknis galvenajai turbīnai. Pārsvārā šie sūkņi ir lielas jaudas, tāpēc šis variants nav tik bieži sastopams. Avārijas apgaismojumam lieto gaismekļus ar iebūvētām akumulatora baterijām, kam jānodrošina evakuācijas ceļa apgaismošana.

Atgriežoties pie eļļošanas sistēmas, jāpiebilst, ka svarīga tās sastāvdaļa ir eļļas attīrīšanas sistēma. Turbīnas darba procesā eļļā nokļūst dažādi piemaisījumi, mehāniskas daļiņas. Attīrīšana tiek nodrošināta ar automātiskiem pašattīrošajiem filtriem, centrālās attīrītājiem vai vakuuma attīrītājiem. Šo filtrācijas sistēmu darbība tiek nodrošināta ar kontrolieru un automātikas palīdzību.

Atgriežoties pie eļļošanas sistēmas, jāpiebilst, ka svarīga tās sastāvdaļa ir eļļas attīrīšanas sistēma. Turbīnas darba procesā eļļā nokļūst dažādi piemaisījumi, mehāniskas daļiņas. Attīrīšana tiek nodrošināta ar automātiskiem pašattīrošajiem filtriem, centrālās attīrītājiem vai vakuuma attīrītājiem. Šo filtrācijas sistēmu darbība tiek nodrošināta ar kontrolieru un automātikas palīdzību.

**Turbīnas kontroles sistēma** sastāv no:

- Elektrohidrauliskā rotācijas frekvences regulatora (ierīce, kas regulē gāzes turbīnas degvielas iesmidzināšanu, lai uzturētu nepieciešamo rotācijas frekvenci);
- Starta drošības kontroles sistēmas, kas bloķē turbīnas iedarbināšanu, ja nav nodrošināts kāds no drošas palaišanas nosacījumiem.

Kontroles sistēma ir integrēta kopējā TEC vadības sistēmā DCS. Kritiskās sistēmas tiek dublētas trīskārtīgi (*TMR- Triple Modular Redundant technology*). Signāls no šīm trim sistēmām tiek nosūtīts uz salīdzināšanas sistēmu (*voting system*), kas salīdzina trīs signālus un izejā dod vienu. Ja vienā no sistēmām radusies kļūme, operators to ierauga. Signāls tiek formēts no atlikušajām divām sistēmām un darbība netiek pārtraukta. Arī salīdzināšanas sistēma var būt *TMR*, jo šajā gadījumā tas ir ķēdes vājš posms. Ja pārstāj funkcionēt salīdzināšanas sistēma, tad konkrētā sistēma pārstāj funkcionēt.

**Rotācijas frekvences regulators.** Elektromehānisks regulators regulē degvielas padevi gāzes turbīnā, saņemot vadības signālus no elektroniska kontroliera. Pie slodzes izmaiņas izmainās arī rotācijas ātrums, bet frekvences regulators to koriģē. Regulators reaģē ne tikai uz ģeneratora slodzes izmaiņām, bet arī uz rotācijas ātruma sensoru datiem. Sensori šajā sistēmā ir vairāki, lai turbīna varētu turpināt darbu, ja notiek viena sensora atteice. Regulējošā sistēma ir veidota tā, lai vienas komponentes atteices gadījumā turbīna neapstātos. To nodrošina ar nu jau apskatīto divkāršo (*DMR – Double Modular Redundant*) vai trīskāršo (*TMR*) dublēšanu un salīdzināšanas sistēmu, kas salīdzina visus dublējošos signālus un izejā dod vienu, korektu signālu.

Rotācijas frekvences regulatori agrāk bija mehāniskā tipa, bet pašlaik pamatā tiek izmantoti tikai elektroniskie. Sastopams ir arī abu tipu apvienojums. Regulatoru ar kontroles programmas palīdzību ir iespējams darbināt dažādos režīmos, piemēram, starta režīms, slodzes režīms, slodzes samazināšanas režīms, bezslodzes režīms, apkopes režīms.

Rotācijas ātrumu ierobežojošā ierīce nodrošina turbīnas apstādināšanu, ja tā pārsniedz ražotāja noteikto pieļaujamo rotācijas ātrumu. Tās sastāvā ietilpst neatkarīgi ātruma sensori un apstādināšanas sistēma. Apstādināšanas mehānismam, kas nodrošina degvielas atslēgšanu, jābūt bezatzeices. Par to jāpārliecinās, saskaņā ar apkopes grafiku veicot regulāras pārbaudes. Šī sistēma ir turbīnas aizsardzības sistēmu sastāvā. Tā kā šīs sistēmas ir vitāli svarīgas, tad tām tiek nodrošināta trīskārša dublēšana un signālu salīdzināšana starp dublētajiem kanāliem.

**Starta iekārta.** Gāzes turbīnas palaišanai tiek lietota statiskā starta iekārta. Startēšanas 6–pulsu frekvences pārveidotājs (*SFC – starting frequency converter*), izmantojot ģeneratoru kā motoru, iegriež turbīnu. Šāda sistēma galvenokārt ir vajadzīga, lai turbīnu palaistu. To lieto turbīnas mazgāšanai un citām apkopes procedūrām. Turbīnas palaišanas laikā ģenerators tiek darbināts kā motors, ko baro ar *SFC*, savukārt *SFC* baro speciāls tam paredzēts transformators.



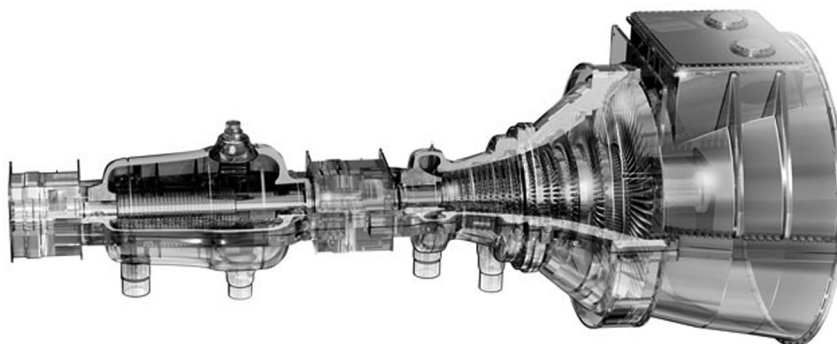
### 3.2.2. Tvaika katli

Mūsu aplūkotajā spēkstacijā tvaika katli jeb tā sauktie siltuma utilizācijas katli (*HRSG – Heat Recovery Steam Generator*) ir pievietoti pie turbīnas izplūdes. Tātad tas savāc izmantotās gāzes no turbīnas un ražo tvaiku. Ar šo tvaiku savukārt tiek griezta tvaika turbīna un nodrošināts siltums pilsētai. Vispārīgi ņemot, tvaika katlu var sadalīt šādās sastāvdaļās: ieplūdes kanāls, vairākas siltumapmaiņas sekcijas, tvaika pārkarsēšanas sekcija, vairākas tvaika atdalīšanas tvertnes ar tvaika žāvētājiem, izplūdes kanāls, siltumizolācija, izplešanās savienojumi, atbalsta konstrukcijas, piekļuves lūkas, cauruļvadi, vārsti (ar attālinātu vadību un bez), instrumenti un piederumi. Tvaika katls ir milzīgs. Salīdzinājumā ar turbīnas un ģeneratora izmēriem tas līdzinās piecstāvu mājai. Šī milzīgā metāla konstrukcija noteikti ir TEC mehāniskā daļa, bet tā vadība ir elektriskā daļa. Spiediena un temperatūras devēji, cirkulācijas sūkņi, to palaidēji, vārstu vadība un ūdens līmeņa regulēšanas automātika būs elektriskajā daļā. Ja kāds no, piemēram, temperatūras vai spiediena devējiem sāks sniegt nepareizus rādījumus, tā nomaīņa būs jāveic elektriķim, nevis mehāniķim. Tvaika katls darbojas pilnīgi vai daļēji automātiskā režīmā. Tā palaišanu un apstādināšanu veic operators no centrālās kontroles telpas. Palaišanas laikā tiek ņemts vērā uzsilšanas ātrums, lai metāla konstrukcijas izplestos vienmērīgi un neradītu nevēlamas slodzes. Šim nolūkam tiek mērītas temperatūras svārstības ieejā. Programma seko līdzī, lai tiktu ievērots ražotāja noteiktais temperatūras kāpšanas straujums. Tāpat tiek uzraudzīts saražotā tvaika spiediens un temperatūra. Tvaika temperatūra un spiediens, ja tas neatbilst iestatītajiem parametriem, pirms padošanas uz tvaika turbīnu var tikt automātiski koriģēts. Šim nolūkam var tikt uzstādīta speciāla tvaika temperatūras kontroles sistēma ar dzesēšanas funkciju. Ja spiediens katlā tiek pārsniegts, tad pa speciāliem drošības vārstiem tvaiks tiek nolaists speciālā skurstenī ar klusinātāju galā. Par visiem šiem procesiem operators saņem informāciju uz ekrāna centrālajā kontroles telpā.

Atkarībā no ražotāja var tikt noteikts katla palaišanas biežums gadā. 8 – 12 palaišanas gadā šāda izmēra katlam ir minimālā prasība. Palaišanas biežums tieši ietekmē katla mūžu un ražotāja garantiju. Katra katla palaišana un apstādināšana tērē materiālu resursus. Katla konstrukciju materiāli tiek aprēķināti, lai tie kalpotu vismaz 25 gadus.

### 3.2.3. Tvaika turbīna

Tvaika turbīna ir tā, kas ļauj pacelt gāzes turbīnas kombinētā cikla spēkstacijas lietderīgumu līdz 60% un nedaudz virs. Tendences rāda, ka tiks meklēti veidi, kā lietderīgumu pacelt vēl augstāk. Tvaika turbīna var atrasties uz vienas ass ar gāzes turbīnu un kopīgu ģeneratoru. Tāpat tās var atrasties atsevišķi un griezt katra savu ģeneratoru. Uzbūves princips ir līdzīgs kā gāzes turbīnai, tikai šeit nav kompresora un degkamas. Tvaika turbīnai ir vairākas daļas, kurās tvaiks tiek pakāpeniski izmantots. Vispirms tvaiks iziet caur turbīnas augstspiediena daļu. Pēc tam tvaiks atkārtoti tiek izmantots vidēja/zema spiediena daļā, un visbeidzot tiek novadīts uz kondensatoru. Tvaika turbīna ir veidota tā, lai tā spētu pastāvīgi strādāt siltuma ražošanas režīmā (ziemas laikā) un kondensācijas režīmā (vasaras laikā). Tā pielāgojas gāzes turbīnas un utilizācijas tvaika katla darbības režīmiem, kā arī siltumenerģijas ražošanas prasībām (*District Heating System*). Turbīnai pievadītā tvaika spiediens var svārstīties. Vadības sistēmas ar kontroles drošes palīdzību efektīvi nodrošina darbu, pie dažādām slodzēm uzturot nominālos apgriezienus. Tvaika turbīna ir sekundāra un tā nedrīkst ierobežot gāzes turbīnas darbību. Kondensācijas režīmā turbīnas jauda TEC-2 ir ap 180 MW. Nominālie apgriezieni minūtē – 3000.



3.5. att. General Electrics kombinētā cikla A sērijas tvaika turbīna 80 MW – 160 MW.

Turbīna ir aprīkota ar galvenās tvaika līnijas stopvārstu un vadības/kontroles apejas vārstu. Ģeneratora atslēgšanas gadījumā tvaiks automātiski tiek novadīts ar vadības/kontroles apejas vārsta palīdzību uz siltummaini (*DHS*) un atslēgts ar stopvārstu. Šis process tiek nodrošināts ar attālinātu vārstu vadību. Vasaras laikā TEC ar pilnu jaudu darbojas kondensācijas režīmā. Ja notiek neplānota tvaika turbīnas atslēgšanās, gāzes turbīna var turpināt darbu vienkāršajā ciklā, nepieciešamības gadījumā tvaiku 100% novadot uz kondensatoru. Ziemas laikā TEC darbojas koģenerācijas režīmā (siltumenerģijas un elektroenerģijas ražošana). Dzesēšanas sistēma tiek darbināta tikai daļēji. Ja tvaika turbīna atslēdzas, tad tikai daļa tvaika var tikt novadīta un atdzesēta kondensatorā. Atlikušais tvaiks tiek nolaists pa tvaika katla drošības vārstiem. Secīgi būtu jāsamazina arī gāzes turbīnas jauda. Šādā situācijā siltumenerģijas ražošana tiek pārtraukta.

**Turbīnas eļļošanas sistēma.** Gāzes un tvaika turbīnas nevar strādāt bez eļļošanas sistēmas. Tā sastāv no atsevišķas eļļas uzglabāšanas tvertnes, darba tvertnes, sūkņiem, pārsūkņēšanas sūkņiem, eļļas dzesētājiem, eļļas sildītājiem (pirms palaišanas turbīna jāuzsilda). Tiem jānodrošina turbīnas eļļošanas palaišanas, darbības un apstādināšanas laikā. Tāpat kā dublējas citu svarīgo sistēmu elementi, dublējas arī sūkņi. Bez tiem ir arī avārijas sūkņi, ko darbina no rezerves avota (baterijām). Maiņstrāva var tikt nodrošināta ar līdzstrāvas/mainstrāvas pārveidotājiem. Sprieguma pazušanas brīdī turbīna var palikt bez pietiekamas eļļošanas, kas var novest pie bojājumiem. Eļļai ir arī attīrīšanas sistēmas – centrālās separatori, filtri, vakuumsistēmas.

**Tvaika turbīnas kontroles sistēmas.** Turbīna tiek vadīta ar elektrohidraulisku kontroles/vadības sistēmu, kas regulē turbīnas ātrumu palaišanas laikā un pie nominālās slodzes. Vadības sistēma ir pilnībā integrēta ar *DCS*. Tas ir nepieciešams, lai varētu koordinēti vadīt turbīnu un apejas vārstu pie dažādiem TEC darba režīmiem. Turbīnas kontroles sistēma kontrolē arī siltuma daudzumu, kas tiek novadīts uz *DHS* siltummaini. Avārijas ātruma ierobežošanas vadība (*Emergency Over Speed Governor*) aizsargā turbīnu no apgriezīgu pārsniegšanas, kad nenotradā turbīnas kontroles sistēma. Tai ir atsevišķa, neatkarīga vadības ķēde, kas noslēdz stopvārstus un vadības vārstus un dod signālu uz *DCS*.

**Tvaika turbīnas aizsardzība un uzraudzība** ir veidota tā, lai aizsargātu turbīnu no jebkura bīstama darba apstākļa. Aizsardzībai nostrādājot, turbīna tiek atslēgta vai samazināta tās jauda. Šī ir kritiskā sistēma un tā tiek nodrošināta ar trīskārši dublētiem signālu kanāliem. Tas palīdz nodrošināt augstu sistēmas uzticamību un ļauj neitralizēt viltus atslēgšanās signālus. Viltus atslēgšanās signāli var rasties kāda sensora kļūmes dēļ, tam izejot no ierindas. Tādēļ tiek lietotas jau agrāk apskatītās TMR un salīdzināšanas sistēmas. Aizsardzības sistēmas sastāvā ietilpst rotācijas frekvences pārsniegšanas aizsardzība. Īpaši tvaika turbīnām ir arī iekšējo slodžu analīzes sistēma, kas seko līdzi lielām slodzes izmaiņām un dažkārt ierobežo jaudas pieauguma straujumu. Tas nepieciešams, lai novērstu nevēlamu turbīnas darba režīmu, un, tā rezultātā, darba mūža samazināšanos.

Sekojoši turbīnas uzraudzības instrumenti nodrošina minimālās prasības:

- Turbīnas apgriezīgu skaits – turbīnas rotācijas frekvences uzraudzība;
- Gultņu vibrācija – nevēlamas vibrācijas var neatgriezeniski bojāt turbīnu;
- Diferenciālā izplešanās – tiek mērītas iekšējās slodzes;
- Ekscentritāte – slodze uz turbīnas rotoru (pēc ražotāja prasībām);
- Vārstu pozīcija – parāda kādā pozīcijā ir dažādi galveno un palīgsistēmu vārsti;
- Gultņu temperatūra – pārkaršanas aizsardzība;
- Gultņu eļļas temperatūra – dzesējošās eļļas temperatūra;
- Galējā gultņa nodilums;
- Izplūdes temperatūra – atstrādātā tvaika temperatūra.

Turbīnas apstādināšana tiek sākota, ja:

- Pārsniegts pieļaujamais griešanās ātrums;
- Vadības sistēmā kritiska kļūda;
- Zems eļļas spiediens;
- Augsts spiediens kondensatorā;
- Pārāk liels galējā gultņa nodilums;
- Augstas rotora vibrācijas;
- Ģenerators atslēdzies;
- Vienlaicīgi atslēgušies divi kondensatora sūkņi;
- Galvenā sūkņa eļļas spiediens zems;
- Pārāk augsts līmenis kondensatorā.

Uzskaitītās vienības ir kritiski svarīgas tvaika turbīnas darbībai. Ja kāds no šiem noteikumiem netiek ievērots, tas ar laiku var novest pie lieliem turbīnas bojājumiem. Tādēļ turbīna tiek apstādināta, pirms tai ir radušies bojājumi.

Automātiskā sekvenciālā starta bloķēšanas sistēma nodrošina secīgu palīgiekārtu startu, pirms var tikt iedarbināta pati (tvaika/gāzes) turbīna. Tas pats tiek nodrošināts, turbīnai apstājoties. Piemēram, eļļas sūkņi vēl kādu laiku pēc turbīnas apstādināšanas paliks darbībā, lai nodrošinātu dzesēšanu. Šī sistēma palīdz operatoram palaišanas un apstādināšanas procesos, lai netiktu aizmirsts par kādu no palīgsistēmām, piemēram, nav atslēgts turbīnas pagriešanas mehānisms. Aizsardzības sistēmai ir pievienota kopējai vadības sistēmai *DCS*, kuru aplūkosim vēlāk.

### 3.2.4. Kondensators

Bez kondensatora šis siltuma cikls nevarētu darboties. Lai izmantoto tvaiku atkal atgrieztu katlā ar sūkņiem, ir nepieciešams tvaiku pārvērst atpakaļ ūdenī. Kad tvaiks tiek atdzesēts, tas kondensējas par ūdeni, tiek savākts, un ar cirkulācijas sūkņiem nogādāts atpakaļ katlā atkārtotai izmantošanai. Pastāv arī cikli, kuros atstrādāto tvaiku pēc turbīnas tūlīt atgriež katlā atkārtotai uzkaršanās. Mūsu aplūkotajā siltuma ciklā ietilpst tvaika kondensēšana. Šai iekārtai ir sava automātiskā vadības sistēma, kas regulē ūdens līmeni, temperatūru (dzesējamam ūdenim, kondensātam), un nosaka vārstu un sūkņu darbību.

Kondensācijas process ar siltummaiņa palīdzību notiek kondensatorā. Tvaikam plūstot caur siltummaini, siltums tiek novadīts uz dzesējamo ūdeni. Dzesējamais ūdens uzņemto siltumu tālāk nodod vai nu siltumenerģijas patērētājam vai atmosfērā ar dzesēšanas torņu palīdzību. Cirkulāciju nodrošina vairāki dzesēšanas ūdens cirkulācijas sūkņi. Dzesēšanas torņi jaunās stacijās tiek izgatavoti ar piespiedu dzesēšanu (ar ventilatoriem). Tas dod iespēju samazināt torņa lielumu, nesamazinot dzesētspēju. Kondensators ir būvēts tā, lai tas vasaras laikā nominālā darba režīmā spētu kondensēt pilnīgi visu tvaika katla (*HRS*G) saražoto tvaiku. Tvaikam plūstot caur siltummaini, tas tiek atdzesēts, kondensējas un tiek savākts siltumkastē. Tālāk ar katla ūdens cirkulācijas sūkņiem tas tiek nogādāts atpakaļ tvaika katlā.

## 4. ELEKTRISKĀ DAĻA

### 4.1. GĀZES UN TVAIKA TURBĪNAS ĢENERATORI

Ģenerators ir elektromašīna elektroenerģijas ražošanai. Elektroenerģijas ražošanai tiek izmantoti trīsfāžu maiņstrāvas ģeneratori, kurus mehāniski griež turbīna. Kamēr ģenerators ir darbībā, elektroenerģija tiek piegādāta patērētājiem. Saražotā elektroenerģija netiek uzkrāta spēkstacijā. Spēkstacijās var būt dažādas jaudas ģeneratori. Tas atkarīgs no pašas spēkstacijas lieluma. Kā jau iepriekš apskatījām, kombinētajā ciklā vienu ģeneratoru var griezt divas turbīnas. Ģeneratoru raksturo nominālie parametri:

- Nominālais spriegums;
- Nominālā jauda;
- Nominālais jaudas koeficients;
- Nominālā rotācijas frekvence;
- Nominālā statora strāva;
- Nominālā rotora strāva.

Rotācijas frekvenci tīklā var iespaidot tikai ļoti lielas jaudas elektrocentrāles. Latvijas elektrocentrāles to nevar, bet Krievijā tādas ir.

Lietderības koeficients ģeneratoriem ir augsts (98 % – 99 %). Pie lielām jaudām arī 1 % – 2 % veido vērā ņemamu jaudas zudumu. Tāpat silšanu rada jaudas zudumi statorā un rotorā, un berze gultņos. Lielas jaudas ģeneratori tiek dzesēti ar gaisu, ūdeņradi vai dzesēšanas šķidrumu. Priekšstatu par dzesēšanas sistēmu pielietojumu atkarībā no jaudas var iegūt, aplūkojot sekojošo tabulu, ko piedāvā *Siemens*:

Tabula 3.1. *Siemens* piedāvātie ģeneratori un to dzesēšanas metodes.

	Tips	Ģeneratori no 25 MVA līdz 2235 MVA												
		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300
Ar gaisu dzesējamie	SGen-100A 4p	25–70												
	SGen-100A 2p	25–300												
	SGen-1000A	165–350												
Ar ūdeņradi dzesējamie	SGen-2000H	310–600												
Ar ūdeni dzesējamie	SGen-3000W	600–1270												
	SGen-4000W	1300–2235												

Šie ir *Siemens* dati. Citu ražotāju piedāvātais jaudas sadalījums var būt nedaudz savādāks. Gaisa dzesētie ģeneratori ir kombinētajam ciklam ar gāzes turbīnu un jauda ir aptuveni 25 – 350 MVA. Ģeneratoru dzesēšanas sistēmas var būt atklātās (netīrās – iesūc gaisu no mašīntelpas) vai pilnīgi slēgtās (tīrās), kur gaiss cirkulē slēgtā kontūrā un tiek dzesēts ar ūdeni. Ar ūdeņradi dzesējamie ģeneratori ir ar lielākām jaudām 310 – 600 MVA. Ūdeņradis dzesē ģeneratoru, bet ūdeņradi dzesē ar spēkstacijas dzesēšanas ūdeni vai ar gaisa – ūdens tipa dzesētājiem. Salīdzinājumā ar gaisu, ūdeņradim ir vairākas priekšrocības: tas labāk dzesē, jo tam ir lielāka siltumietilpība (14,35 reizes); pagarinās izolācijas darba mūžu, jo nenotiek gaisa saskare ar izolāciju, un ar to saistītie ķīmiskie procesi, kas veicina izolācijas novecošanu; tīrs ūdeņradis neuztur degšanu, tāpat samazinās elektriskā loka radītie bojājumi. Tā kā ūdeņraža (3 % – 81,5 % H<sub>2</sub>) un gaisa maisījums ir viegli uzliesmojošs un sprādzienbīstams, tad šīm sistēmām ir uzstādīta ūdeņraža uzraudzības sistēma (spiediena kontrole, satura analīze) un žāvēšanas sistēma.

**Ģeneratoru ierosmi regulē** automātiskais ierosmes regulators – *AIR* (*AVR – Automatic Voltage Regulator*), kas nodrošina ģeneratora automātisku pārslēgšanu no darba uz rezerves ierosmi un otrādi, neatslēdzot to no tīkla. *AIR* ir saskaņota ar pārējās automātikas darbību (turbīnas regulators).

**Automātiskās ierosmes sistēma** sastāv no:

- Ierosinātāja, kas dod ierosmes tinumam nepieciešamo strāvu (ierosmes transformators);
- Automātiskās ierosmes regulēšanas iekārtas;
- Ierosmes radītā līdzstrāvas elektromagnētiskā lauka dzēšanas iekārtas;
- Dažādiem komutācijas aparātiem un palīgiekārtām.

**Automātiskā ierosmes regulēšanas iekārta** regulē ģeneratora ierosmes sistēmu, lai uzturētu patstāvīgu spriegumu pie slodzes izmaiņām. Apskatāmās termoelektrocitrāles ierosmei izmanto speciālus ierosmes transformatorus, kuri parasti ir sausā tipa un ar gaisu dzesējami. Ir arī citi ierosmes veidi, kā, piemēram, ģeneratori, pašierosme. Magnētiskā lauka automātiskā dzēšanas sistēma paredz lauka dzēšanu 1 sekundes laikā, kad ģenerators tiek atslēgts un izlādēts ar nelineāru rezistoru palīdzību. Lauka dzēšanas sistēma tiks automātiski aktivizēta avārijas gadījumā, piemēram, ja ir isslēgums.

*AIR* iestatījumiem un darbībai jābūt saskaņotai ar elektrostacijas un energosistēmas pārējās automātikas darbību, piemēram, turbīnas vadības sistēmu. Palielinoties ierosmei, turbīna tiek pakļauta lielākai slodzei, un ir nepieciešams iesmidzināt vairāk degvielas, lai uzturētu nominālo griešanās ātrumu. Elektrostacijā jābūt pieejamiem *AIR* iestatījumu parametriem, lai to nomaīņas gadījumā parametrus varētu uzstādīt jaunajam *AIR*.

Ierosmes galvenie parametri ir:

- Ierosmes spriegums;
- Ierosmes strāva;
- Nominālā jauda;
- Forsēšanas spēja;
- Forsēšanas ātrums.

Ierosmes galvenie uzdevumi ir:

- Droša ierosme;
- Tai jābūt neatkarīgai no ārējā tīkla svārstībām;
- Jābūt ātrdarbīgai un ar pietiekamu forsētspēju;
- Ātri un efektīgi jādzēš ģeneratora magnētiskais lauks.

Darba ierosinātāja *AIR* un forsēšanas iekārtas jāiestata tā, lai, spriegumam tīklā pazeminoties līdz noteiktai vērtībai:

- Būtu nodrošināta darba ierosmes sprieguma palielināšana (forsēšana) ne mazāk kā 2 reizes pret nominālo ierosmes spriegumu, bet atbilstoši ģeneratora tipam;
- Ierosmes sprieguma palielināšanās ātrums atbilstu nominālajam;
- Ierosmes forsēšanas ilgums būtu ierobežots automātiski.

Rezerves ierosinātājam jānodrošina ierosmes forsēšana ar spriegumu, kas vismaz 1,3 reizes pārsniedz rotora ierosmes nominālo spriegumu.

Ģeneratoriem jāsauglabā nominālā jauda un jaudas koeficients, ja vienlaicīgi sprieguma novirze ir +/- 5% un frekvences novirze savukārt ir +/- 2,5%. Ja vienlaicīgi ir paaugstināts spriegums un pazemināta frekvence, tad noviržu absolūto vērtību summa nedrīkst pārsniegt 6%. Tiek nodrošināta arī aizsardzība pret pārierosmi.

Šo kvalitātes rādītāju uzturēšanai tiek izmantota automātiskā ierosmes sistēma kopā ar turbīnas vadības sistēmu.

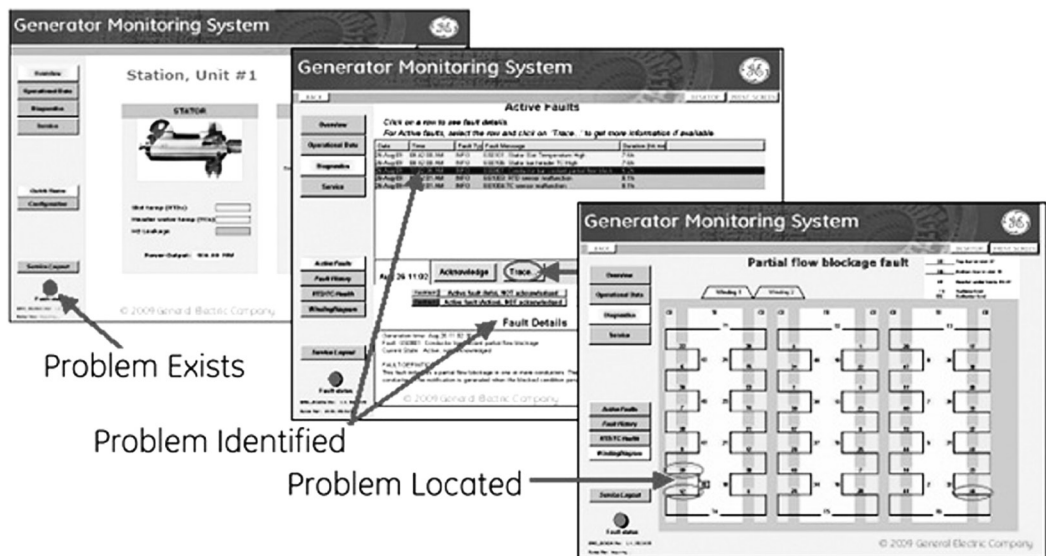
Lai izvairītos no traucējumiem elektroenerģijas padevē, pirms lielo patērētāju pieslēgšanas veic jaudas pieprasījumu.

**Aizsardzības un kontroles sistēma** daļēji ietilpst turbīnas sastāvā. Piemēram, gultņu eļļošanas sistēma turbīnai un ģeneratoram ir kopīga. Tātad arī mērinstrumenti šai sistēmai ir kopīgi.

Ģeneratoru palaišanas un darba režīmos jākontrolē šādi parametri:

- Statora spriegums, strāva, aktīvā un reaktīvā jauda;
- Rotorā spriegums un strāva;
- Statora tinuma un tērauda serdes temperatūra;
- Dzesējošās vides temperatūra;
- Visu gultņu temperatūra;
- Blīvējošo gultņu eļļas spiediens un temperatūra;
- Eļļas līmenis gultņu eļļas vannās;
- Turboģeneratoru kontaktgredzenu vibrācija;
- Visu veidu gultņu vibrācija;
- Dzesējošā ūdens spiediens;
- Izolācijas pretestības mērīšanas ierīce;
- Ūdeņraža dzesēšanas gadījumā: ūdeņraža gāzes noplūdes atklāšanas sistēma, ūdeņraža tīrības analizētājs, ūdeņraža esamības noteikšana gultņos un kopnēs, ūdeņraža žāvētājs.

Atkarībā no ražotāja tiek piedāvāta programmatūra, kas ļauj vizuāli aplūkot uzskaitīto un informē par atkāpēm no normas. Nākamajā attēlā (3.6. att.) ir piemērs no *General Electric* uzraudzības programmatūras:



3.6. att. *General Electric* aizsardzības un kontroles sistēmas programmatūras piemērs.

Ģeneratora aizsardzības un kontroles sistēmas ir modulas uzbūves, un aprīkotas ar diviem neatkarīgiem kanāliem. Ja viens no kanāliem pārstāj strādāt, ģeneratoram neapstājoties automātiski tiek pāriets uz otru. Katra aizsardzības funkcijas tiek nodrošināta ar savu individuālo nostrādes releju. Lai palielinātu uzticamību, tās ir sadalītas neatkarīgās grupās. Visi mērījumu sensori izejā dod 4 līdz 20 mA. Par iekšējām kļūdām ierosmes sistēmā tiek dots signāls uz *DCS (Distributed Control System)*.

## 4.2. SINHRONIZĀCIJAS IEKĀRTAS

Automātiski sinhronizējoša iekārta automātiski regulē ģeneratora ātrumu (izmantojot turbīnas ātruma regulatoru) un ģeneratora spriegumu (izmantojot *AIR* – automātisko ierosmes regulatoru).

Manuālā jeb rokas režīma sinhronizācijas panelis. Tas atrodas centrālajā kontroles telpā. Divi voltmetri, divi frekvenču mērītāji un sinhronoskops. Bez instrumentiem ir arī automātiskā/rokas režīma pārslēgšanas slēdzis, apgriezīgu palielināšanas un samazināšanas pogas, ģeneratora pieslēgšanas/atslēgšanas pogas.

Automātiskajai sinhronizācijai ir nodrošināti divi kanāli, lai palielinātu tās uzticamību un drošumu. Ģeneratori tiek sinhronizēti ar 330 kV un 110 kV tīkliem un tiek pieslēgti tīkliem ar ģeneratora jaudas slēdzi. Ģeneratoru var atslēgt, un elektrostacija var strādāt tikai sev – pašpatēriņam.

**Mērījumu instrumenti** katram ģeneratoram (strāva, spriegums, frekvence, aktīvā un reaktīvā jaudas komponente, jaudas koeficients):

- Voltmetrs (V);
- Ampērmeters (I);
- Frekvences mērītājs (Hz);
- Vatmetrs (MW);
- Volt-Ampērmeters (MVA<sub>r</sub>);
- Megavattstundu skaitītājs (MWh);
- Megavolt-ampērstundu skaitītājs (MVA<sub>r</sub>h);
- Cosφ noteicējs.

Mērījumu instrumenti galvenajam paaugstinošajam transformatoram. Strāva, spriegums, aktīvā un reaktīvā jauda tiek mērīta transformatora augstsprieguma pusē:

- Ampērmeters (A)
- Voltmetrs (V)
- Vatmetrs (MW)
- Volt-ampērmeters (MVA<sub>r</sub>)
- Vatstundu skaitītājs – izejošā aktīvā jauda (MWh)
- Volt-ampērstundu skaitītājs – izejošā reaktīvā jauda MVA<sub>r</sub>h)

Mērījumos tiek izmantoti mērinstrumenti ar precizitāti ~0.5% aktīvajai jaudai un ~1% reaktīvajai jaudai. Galvenie mērinstrumenti atrodas centrālajā kontroles telpā viegli ieraugāmā vietā.

### 4.3. PAŠPATĒRIŅŠ

Pašpatēriņš ir nepieciešams, lai nodrošinātu visu aparātu, mehānismu, aizsardzības ķēžu, vadības ķēžu, aizsardzības ķēžu, kontroles ķēžu un uzskaites ķēžu apgādi ar elektroenerģiju. To nodrošina pašpatēriņa transformatori. Kā piemēru veiksīm nelielu ieskatu Rīgas TEC 2 (vecā energobloka) pašpatēriņu iedalījumā [16].

Rīgas TEC 2 (vecajā energoblokā) ir triju tipu sadales ietaises:

- Komplekta tipa sadales ietaise 6 kV;
- Komplekta tipa sadales ietaise 0,4 kV;
- Paneļa tipa sadales ietaise 0,4 kV.

Par *sadales ietaisi* sauc komutācijas aparātu un kopīgu kompleksu, kas paredzēts elektroenerģijas pieņemšanai un sadalīšanai.

Komplekta tipa sadales ietaise 6 kV – kopumā tādas ir trīs:

- Galvenā korpusa 6 kV pašpatēriņa sadales ietaise – sastāv no atsevišķiem skapjiem, kas komplektēti kā autonomas ligzdas patērētāju pievienošanai, un sastāv no iebūvēta komutācijas aparāta, mērīšanas aparātiem, releju aizsardzības un automātikas, vadības aparatūras, signalizācijas un citām palīgierīcēm. Pamata barošana tiek nodrošināta ar diviem transformatoriem un ekranētiem strāvvadiem. Rezerves barošana tiek veikta ar vienu pašpatēriņa transformatoru (32 MVA) un diviem ekranētiem strāvvadiem. Komplektie sadales skapji aprīkoti ar strāvmaiņiem, spriegummaiņiem un jaudas slēdžiem, kas iemontēti speciālos pārvietojamos ratiņos. Skapī ratiņi var ieņemt trīs stāvokļus:
  - *Darba stāvoklis*, kad primārās un sekundārās ķēdes atvienojošie kontakti savienoti;
  - *Kontroles stāvoklis*, kad primārās ķēdes atvienojošie kontakti atvienoti, bet sekundārās ķēdes – savienotas;
  - *Remonta stāvoklis*, kad primārās un sekundārās ķēdes atvienojošie kontakti atvienoti un ligzdā sprieguma nodalījuma aizbīdņi noslēgti ar atslēgu.

- Ūdens sildīšanas katlumājas 6 kV divas pašpatēriņa sadales ietaises. Nodrošina elektroenerģijas barošanu ūdens sildīšanas katliem, palīgmehānismiem, paceluma tīkla sūkņiem, ķīmiskā ceha un attīrīšanas iekārtu transformatoriem.
- Krasta sūkņētavas 6 kV pašpatēriņa sadale – atrodas uz Rīgas HES ūdenskrātuves dambja un paredzēta tikai krasta sūkņētavas elektroapgādei. Sūkņētavai ir divas sekcijas, kas barojas no divām atsevišķām elektropārvades līnijām. Uz katra sekcijas ievada pirms slēdža pievienoti 100 kVA pašpatēriņa transformatori 6/0,23 kV. No transformatoriem barojas sadales ietaises vadības ķēdes, signalizācija, apsildīšana, ventilācija, apgaismošana, kā arī krasta sūkņētavas visi 0,23 kV elektrodzinēji, automātika un signalizācija.

0,4 kV sadales ietaises – pašpatēriņu sadale (PS) paredzēta zemspriegumu iekārtu barošanai. Tie ir elektrodzinēji, spēka sadalnes, aizbīdņu sadalnes, apgaismošanas sadalnes, metināšanas tīkls, kravas celšanas mehānismi utt. Struktūrvienību ražošanas korpusos uzstādītas šādas 0,4 kV sadalnes:

- Galvenā korpusa 0,4 kV PS;
- Ūdens sildīšanas katlu mājas 0,4 kV PS – divas;
- Mazuta (vai cita kurināmā) saimniecības 0,4 kV PS;
- Ķīmijas ceha 0,4 kV PS;
- Stacijas palīgkorpusa 0,4 kV PS;
- Mazuta piesārņotu ūdeņu attīrīšanas iekārtu 0,4 kV PS;
- Notekūdeņu dīķu sūkņētavas 0,4 kV PS;
- Centrālo remontdarbnīcu 0,4 kV PS.

Pastāv arī pašpatēriņa mehānismu ARI (automātiskā rezerves ieslēgšana), kas paredzēta rezerves agregāta ieslēgšanai, ja darbā esošā mehānisma radītais spiediens samazinājies līdz avārijas līmenim, ja darbā esošā mehānisma elektrodzinēju atslēgusi releju aizsardzība vai personāla kļūdaina rīcība, ja pārsūkņējamā šķidrums līmenis paaugstinājies vai zemējējies līdz kritiskai atzīmei [17].

#### 4.4. ĢENERATORA EKSPLUATĀCIJA

Ģeneratoru ekspluatāciju nosaka iekārtu ekspluatācijas instrukcijas uzņēmumā. Tās ir izstrādātas atbilstoši konkrētā ģeneratora tipam pēc ražotāju norādījumiem un ieteikumiem.

Ģeneratoru apkopes un pārbaužu intervālus uztur specializēta programma (piemēram, *Maintenance Management System*).

Lai ģeneratoru ieslēgtu tīklā, jāizmanto precīzās sinhronizēšanas metode. Vienlaicīgi jābūt ieslēgtai nesinhronas ieslēgšanas bloķēšanas iekārtai.

Pašsinhronizācijas metodi drīkst lietot, ja ģeneratora izgatavotājrūpnīca to pieļauj, vai kad jālikvidē avārija, bet ievērojot sekojošus nosacījumus:

- Turbogeneratoriem ar jaudu līdz 200 MW;
- Pirms pašsinhronizācijas jānovērtē vai pieslēdzamā ģeneratora patērētā reaktīvā jauda ieslēgšanas brīdī nepazeminās tīkla spriegumu līdz nepieļaujami zēmam līmenim.

Sprieguma palielināšanās ātrums, ierosinot ģeneratoru, nav ierobežots.

Aktīvās slodzes palielināšanās ātrumu ģeneratoram nosaka turbīnas parametri.

Strāvas palielināšanās ātrums statorā un rotorā ģeneratoriem:

- Ar netiešu tinumu dzesēšanu nav ierobežots;
- Ar tiešu tinumu dzesēšanu normālā režīmā nedrīkst pārsniegt aktīvās slodzes palielināšanās ātrumu;
- Avārijas režīmā ierobežojumu nav.

Ģeneratoru atjaunošanas (kapitālie), uzturēšanas un kārtējie remontu jāveic vienlaicīgi ar turbīnu kapitālo un kārtējo remontu.

Ja vienfāzes zemesslēgums ir ģeneratora sprieguma tīklā, tad, atkarībā no turbogeneratora jaudas, tas noteiktā laika periodā automātiski jāatslēdz no tīkla.

Ja vienfāzes zemesslēgums ir ģeneratora statora tinumā, tad tas automātiski jāatslēdz no tīkla.



Ja zemesslēgums ir ģeneratora ierosmes ķēdē, tad ģeneratoriem ar netiešo rotora tinumu dzesēšanu ierosme jāpārslēdz uz rezerves ierosinātāju.

Ja zemesslēgums ir rotora tinumā, ģenerators pie pirmās iespējas jāatslēdz, lai veiktu remontu.

Strāvu starpība fāzēs turboģeneratoriem nedrīkst pārsniegt 12% un dīzeļģeneratoriem 20% no nominālās.

Strāva nevienā fāzē nedrīkst pārsniegt nominālo darba strāvu.

Ar samazinātu slodzi turboģeneratorus atļauts īslaicīgi darbināt asinhronā režīmā bez ierosmes. Tas ir noteikts ekspluatācijas un izgatavotājrūpnīcas instrukcijās, bet aizliegts jebkura tipa ierosināta sinhronā ģeneratora asinhrons režīms attiecībā pret pārējiem elektrostacijas ģeneratoriem.

## 4.5. ĢENERATORU TIPVEIDA PĀRBAUŽU SARAKSTS

Šajā nodaļā apskatīsim, kādas tipveida pārbaudes tiek veiktas Rīgas TEC 2 jaunajā blokā. Sakarā ar to, ka iekārtas ir jaunas, arī to uzturēšana prasa mazāku darbu. Par pamatu tiek ņemtas izgatavotājrūpnīcas instrukcijas un rekomendācijas [15].

### Gāzturbīnas tipveida pārbažu saraksts.

Katra maiņa (veic stacijas operatīvais personāls):

- Pārbauda ūdens plūsmu, temperatūru un izvēdina katru ūdeņraža dzesētāju;
- Pārbauda ģeneratora kolektora gredzenus un sukas;
- Pārbauda devēju signālus no gāzes sistēmas (ģeneratora gāzes spiediens, ģeneratora gāzes tīrība) un salīdzina tos ar standarta vērtībām. Standarta vērtības veidojas no iepriekšējās darbības pieredzes. Tāpat devēju signālus jāsalīdzina ar iepriekšējo dienu rādījumiem, lai noteiktu tendences;
- Vizuāli pārbauda mitruma indikatorus (MI2971, MI2972 un MI2973). Zila krāsa norāda uz sausu H<sub>2</sub>, bet rozā krāsa norāda uz pārmērīgu mitrumu H<sub>2</sub> paraugā, kas var ietekmēt gāzes analizatoru stabilitāti. Ja ir rozā krāsa, tad nomaina vai reģenerē mitruma indikatoru un nomaina gāzes tīrītāju;
- Vizuāli pārbauda gāzes sistēmas aprīkojumu:
  - Visiem vārstiem jābūt pareizā pozīcijā;
  - Salīdzina rādījumus uz visiem spiediena manometriem ar standarta vērtībām;
  - Pārbauda un noregulē ūdeņraža vadības paneļa gāzes analizatorus un caurplūšanas plūsmas ātrumus;
  - Pārbauda skatlodziņus gan šķidrums detektoros, gan blīvēšanas eļļas drenāžas sistēmas pludiņa podos un izdrenē kondensātu vai citu šķidrumu no līnijas.
- Reizi sešos mēnešos (veic ekspluatācijas dienesta elektroinženieri):
  - Pārbauda gultņu izolāciju;
  - Pārbauda kolektora gala ūdeņraža blīvējuma korpusa izolāciju;
- Reizi sešos mēnešos (veic ekspluatācijas dienesta energosistēmu inženieri):
  - Pārbauda gāzes analizatora kalibrēšanas spriegumus;
  - Pēc vajadzības kalibrē gāzes analizatorus;
  - Veic diagnostiku ūdeņraža vadības panelim;
  - Pārbauda brīdinājuma ierīču kalibrēšanu, darbību un kontaktus;
  - Pārbauda brīdinājuma ierīču kalibrēšanu un darbību;
  - Izlaiž šķidrumu no tīrītājiem, vispirms noņemot vāku noslēdzošā vārsta pamatā un tad atverot pašu vārstu. Ir ieteicams, lai būtu pieejams konteiners, kur savākt jebkuru šķidrumu, kas atrodas tīrītājā.
- Reizi gadā (veic uzturēšanas līguma uzņēmējs):
  - Pārbauda pretestības temperatūras detektoru darbību;
  - Pārbauda visu indikācijas ierīču kalibrēšanu;
  - Pārbauda ierosinātāja sajūga izolāciju uz iezemēšanu.

- Tehniskās apkopes dīkstāvju laikā (veic uzturēšanas līguma uzņēmējs):
  - Pārbauda ūdenražā dzesētāja caurules, vai to ūdens pusē neuzkrājas minerāli.

Tvaika turbīnas tipveida pārbauzu saraksts turbīnas darbības laikā katrai maiņai (veic stacijas operatīvais personāls):

- Vispārīga iekārtas vizuālā inspicēšana (eļļas noplūdes utt.);
- Pārbauda iekārtas temperatūras (gaisa dzesēšanas, ūdens dzesēšanas);
- Pārbauda gultņus (temperatūra, vibrācijas);
- Pārbauda ģeneratora kolektora gredzenus un suku.

Kad iekārta ir izslēgta, bet ne retāk kā reizi sešos mēnešos (veic ekspluatācijas dienesta elektroinženieri):

- Pārbauda saskrūvēto savienojumu savilces griezes momentus;
- Pārbauda papildus ģeneratora kolektora gredzenus, suku un iekārtas tīrību;
- Pārbauda ģeneratora elektriskās aizsargierīces.

Reizi gadā (veic uzturēšanas līguma uzņēmējs):

- Veic uzturēšanas remontu.

Ik pēc 4 vai 6 gadiem (veic uzturēšanas līguma uzņēmējs):

- Veic kapitālremontu.

## 4.6. TRANSFORMATORS

Elektrostacijās galvenokārt tiek uzstādīti spriegumu paaugstinošie transformatori, kas strādā kopīgā blokā ģenerators – transformators. Ja uz ģeneratora sprieguma kopnēm ir liela slodze, tad uzstāda tā saucamos reversīvos transformatorus. Šāda tipa spēkstaciju saites transformatori daļu diennakts var strādāt kā paaugstinošie transformatori un daļu diennakts kā pazeminošie. Paaugstinošiem transformatoriem sekundārais spriegums ir par 10% augstāks, nekā elektriskā tīkla nominālais spriegums. Tas nodrošina sprieguma zudumu kompensāciju 330 kV vai 110 kV tīklā. Savukārt primārajā pusē spriegums atbilst ģeneratora nominālajam spriegumam, kas var būt robežās no 6 kV līdz 30 kV. Gāzes turbīnas un tvaika turbīnas ģeneratoriem ir katram savs lieljaudas transformators attiecīgi 330 kV un 110 kV. Bez lieljaudas transformatoriem ir arī ģeneratoru palaišanas un ierosmes transformatori, zemsprieguma pašpatēriņa transformatori, instrumentācijas transformatori (sprieguma, strāvas), u.c. Visi lieljaudas transformatori ir aprīkoti ar aizsardzības sistēmām. Patstāvīgi tiek uzraudzīti temperatūras un eļļas līmeņi.

## 4.7. ELEKTRODZINĒJI

Elektrodzinējs ir elektriskā mašīna, kas darbojas motora režīmā un pārveido elektroenerģiju mehāniskajā enerģijā. Mehānisko enerģiju tālāk izmanto, piemēram, sūkņu, ventilatoru un kontroles mehānismu darbināšanai. TEC-ā atrodas liels skaits elektromotoru. Praktiski visās sistēmās elektrodzinēji un to piedzītie mehānismi dublējas vai pat trīskāršojas. Tas ir vajadzīgs, lai atteices gadījumā nodrošinātu darbības nepārtrauktību. Tiklīdz kāds motors negaidīti pārstāj darboties, tā automātiski tiek iedarbināts rezerves motors un tiek sūtīts trauksmes signāls uz vadības sistēmu (DCS), lai informētu operatoru par notikumu.

Dažu elektrodzinēju pielietojumu piemēri:

- 2 x siltumapgādes sūkņi ar maināmu ātrumu (frekvenču pārveidotājs),
- 2 x ūdens sildīšanas cirkulācijas sūkņi ar maināmu ātrumu (frekvenču pārveidotājs),
- 2 x ūdens sildīšanas sistēmas papildināšanas sūkņi ar maināmu ātrumu (frekvenču pārveidotājs),
- 2 x galvenās dzesēšanas ūdens cirkulācijas sūkņi ar maināmu ātrumu (frekvenču pārveidotājs),
- 2 x palīgdzesēšanas ūdens cirkulācijas sūkņi,
- 1 x notekūdeņu pārsūknēšanas sūknis,
- 2 x gāzes kompresori,
- 2 x saspīestā gaisa kompresori,
- 6 x dažādas nozīmes ķīmikāliju dozēšanas sūkņi (ūdens ķīmiskās apstrādes sistēma), utt.

Visi uzskaitītie un vēl daudzi citi sūkņi ir pa diviem, kā jau tika noskaidrots, lai nodrošinātu rezervi atteices gadījumā. Motoru kontroles centrā (*MCC – Motor Control Center*) katram atsevišķam sūknim atrodas motoru starteri, automātslēdži, lokālas/attālinātas vadības slēdzis, mērinstruments (jaudīgiem elektrodzinējiem – ampērmetrs), vadības un aizsardzības ķēde. *MCC* ir integrēts *DCS*.

## 4.8. ELEKTRODZINĒJU EKSPLUATĀCIJA

Tāpat elektrodzinēju elektrostacijās ir ļoti daudz un to apkope, remonts, darbināšana un uzstādīšana sastāda lielu daļu no kopējā darba apjoma. Kā piemēru veiksīm nelielu ieskatu Rīgas TEC 2 elektrodzinēju ekspluatācijā [14].

### Vispārējie nosacījumi:

- Uz elektrodzinēja korpusa jābūt plāksnītei ar dzinēja tehniskajiem datiem, piedzenamā mehānisma operatīvajam apzīmējumam, bultai, kas norāda pareizo griešanās virzienu un inventāra numuram.
- Pie vadības pogām un atslēgām, kā arī pie avārijas apturēšanas pogas jābūt skaidrām norādēm, kādam elektrodzinējam tās pieder.
- Visu automātiski vai no distances vadāmo elektrodzinēju tiešā tuvumā jābūt avārijas apturēšanas pogai (ir arī izņēmumi, tos nosaka instrukcijās).
- Avārijas atslēgšanas pogām jābūt noplombētām.
- Elektrodzinēju korpusi un kabeļu metāliskie apvalki jāsažemē. Izvadu kārbas jānoblīvē pret ūdens, tvaika un citu šķidrums iekļūšanu.
- Pārslodzēm pakļauto elektrodzinēju barošanas ķēdes vienā fāzē jābūt ampērmetram strāvas kontrolei. Uz ampērmetra skalas ar sarkanu svītru jāatzīmē elektrodzinēja nominālā strāva.
- Rezervē esošo mehānismu elektrodzinējiem jebkurā brīdī jābūt gataviem palaišanai.
- Rezervē esošie mehānismi periodiski jāieslēdz darbā, vienlaicīgi atslēdzot rezervē strādājošo mehānismu. Pirms rezerves mehānisma ieslēgšanas jāpārbauda elektrodzinēja un kabeļa izolācijas pretestība.

EEL (elektrotehnisko iekārtu ekspluatācijas grupas) struktūrvienībā jābūt šādai elektrodzinēju tehniskajai dokumentācijai:

- Ar spriegumu 6 kV (neatkarīgi no dzinēja jaudas) – pasei; remontu kartēm (aktiem); pārbauzu protokoliem; vadības, signalizācijas, releju aizsardzības shēmām; ekspluatācijas žurnāliem;
- Ar spriegumu līdz 1000 V un jaudu 100 kW un lielāku – pasei; remontu aktiem; ekspluatācijas žurnāliem;
- Pārējiem – jābūt reģistrētiem elektrodzinēju uzskaites žurnālā.
- Elektrodzinēju ekspluatācija ir iedalīta atbilstoši vairākiem nosacījumiem. Ir dažādi darba režīmi, kā arī atšķirīgas darbības ar dzinējiem.

### Pieļaujamie darba režīmi:

- Lai nodrošinātu normālu elektrodzinēju darbu, spriegumam uz pašpatēriņa kopnēm jābūt 100% līdz 105% no nominālā sprieguma.
- Elektrodzinēji var strādāt ar nominālo jaudu, ja frekvences novirze nepārsniedz  $\pm 2,5\%$  (48,75 līdz 51,25 Hz).
- Elektrodzinēju aktīvo daļu pielaižamo temperatūru nosaka izolācijas klase (tā ir norādīta elektrodzinēju pasē). Katrai izolācijas klasei pielaižamā temperatūra virs dzesējošā gaisa  $t^\circ$  uzrādīta tabulā Nr. 3.2:

Tabula Nr. 3.2.

Statora tinumu izolācijas klase		A	E	B	F	H
Pieļaujamā $t^\circ$ virs dzesējošā gaisa temp. ( $^\circ\text{C}$ )	tinumiem	50	65	70	85	105
	aktīvai dzelzij	60	75	80	100	125

- Elektrodzinēju gultņu  $t^\circ$  nedrīkst pārsniegt instrukcijās norādīto lielumu.
- Gultņiem pievadāmās eļļas  $t^\circ$  jābūt no  $+35^\circ\text{C}$  līdz  $+45^\circ\text{C}$ . Dzinēju ieslēdzot, pieļaujama eļļas  $t^\circ \geq +25^\circ\text{C}$ .
- Elektrodzinēju gaisa dzesētājiem jānodrošina siltuma apmaiņa starp izplūstošo gaisu un ieplūstošo ūdeni.
- Elektrodzinēju instrukcijās ir noteiktas atļautās īslaicīgās pārslodzes.
- Elektrodzinēju gultņu vibrācijas amplitūda jebkurā darba režīmā nedrīkst pārsniegt noteiktas vērtības (LEK 002 tabula 3.2.1.).
- Likvidējot tehnoloģiskos traucējumus, rezervē esošos agregātus drīkst ieslēgt bez dzinēja izolācijas mērīšanas.

### Elektrodzinēju sagatavošana palaišanai un palaišana:

- Pirmo reizi palaižot elektrodzinēju, kā arī piestrādes laikā, sajūgam ar piedzenamo mehānismu jābūt izjauktam.
- Elektrodzinēju ieslēdz darbā piedzenamo mehānismu apkalpojošais personāls.
- Ja elektrodzinējs bijis rezervē ilgāk par 3 diennaktīm, jāveic dzinēja izolācijas pārbaudes. Elektrodzinēja izolācija uzskatāma par apmierinošu, ja tā nav zemāka:
  - 6 kV elektrodzinējiem, mērot ar 2,5 kV megommetru, (atkarībā no tinuma temperatūras) par tabulā Nr. 3.3. uzrādīto.

Tabula Nr. 3.3.

Tinuma temperatūra °C	10	20	30	40	50	60	75
Tinuma temperatūra °K	283	293	303	313	323	333	348
Tinuma izolācijas pretestība MΩ	60	40	30	20	15	10	6

Izņēmums – SCS2-9 elektrodzinēja izolācijas pārbaude: 6 kV kabeļa+6 kV transformatora tinuma un 3 kV kabeļa + elektrodzinēja izolāciju pārbauda pēc SCS2-9 apturēšanas vasaras sezonas beigās un pirms SCS2-9 palaišanas vasaras sezonas sākumā.

- Elektrodzinējiem spriegumam līdz 1000 V, mērot ar 1000 V megommetru, – 0,5 MΩ (ja tinuma temperatūra ir no +10°C līdz +30°C).
- Likvidējot tehnoloģiskos traucējumus, rezervē esošos agregātus drīkst ieslēgt bez dzinēja izolācijas mērīšanas.
- Sagatavojot palaišanai elektrodzinēju pēc remonta, OEL (operatīvā dienesta spēka elektroiekārtu ekspluatācijas grupas) dežūrpersonālam:
  - Jāpārbauda, vai noslēgti visi norikojumi un rīkojumi, kas izdoti darbam ar konkrēto dzinēju vai tā pieslēgumu;
  - Jānoskaidro, vai pabeigti visi darbi un veiktas nepieciešamās elektrodzinēja un pieslēguma pārbaudes;
  - Jāpārbauda (pēc ierakstiem operatīvajā žurnālā, pēc maketa un apskatot pieslēgumu dabā), vai noņemti visi pārnesamie zemējumi un atslēgti zemēšanas naži;
  - Jāapskata elektrodzinējs un tā pieslēgums (ligzda, sadales skapis, kabelis, palaišanas un releju aizsardzības iekārtas);
  - Jāpārbauda dzinēja korpusa stacionārais zemējums;
  - Jāpārbauda dzinēja korpusa un apkārtējās zonas tīrība;
  - Jāpārbauda, vai noņemti visi pārnesamie brīdinājuma plakāti un vai vietā nepieciešamie operatīvie apzīmējumi;
  - Ar megommetru jāizmēra elektrodzinēja izolācijas pretestība un jāpārbauda, vai nav pārtraukuma kādas fāzes tinumā;
  - Jāsaņem atļauja elektroslēmas savākšanai un griešanās virzienu pārbaudei.
- Tehnoloģiskā struktūrvienība dežūrpersonālam, kas apkalpo agregātu, pirms agregāta ieslēgšanas:
  - Jāpārbauda, vai agregāta darbības zonā pabeigti visi darbi, aizvesti cilvēki un novākti liekie priekšmeti;
  - Jāpārbauda (vizuāli) avārijas pogas stāvoklis (ja agregātam tāda paredzēta) un plombas esamība;
  - Jāpārbauda termokontroles stāvoklis;
  - Jāpārbauda, vai savienojošais sajūgs nosegts ar aizsargapvalku un vai stacionārie aizsargrežģi (ja tādi paredzēti) ir savās vietās;
  - Jāpārbauda eļļas līmenis un eļļas caurplūde slīdgultņos, ūdens caurplūde dzesētājos.
- Dzinēja iegriešanās process jākontrolē pēc ampērmetra (ja tāds paredzēts) rādījuma.
- Pēc dzinēja ieslēgšanas, tehnoloģiskā ceha personālam jāpārbauda vai elektrodzinējs strādā normāli (eļļošanas sistēma, gultņu temperatūra, vibrācija).

### Elektrodzinēju apkope un kontrole darba režīmā:

- Darba režīmā elektrodzinējus kontrolē tehnoloģisko struktūrvienību personāls. Tā pienākumos ietilpst:
  - Nepieļaut elektrodzinēja pārslodzi (kontrolē pēc ampērmetra rādījumiem);
  - Kontrolēt dzinēja korpusa un gultņu temperatūru, vibrāciju;
  - Kontrolēt slīdgultņu eļļošanas sistēmas;
  - Kontrolēt ūdens caurteci dzesētājos;
  - Nodrošināt tīrību elektrodzinēja darbības zonā, nepieļaut ūdens vai citu šķidrumu nokļūšanu uz dzinēja korpusa, spaiļu kārbas, gultņiem;
- Pēc grafika elektrodzinējus apskata OEL (operatīvā dienesta spēka elektroiekārtu ekspluatācijas grupas) personāls. Apskates gaitā papildus jāpārbauda:
  - Vai nav sūces ūdens dzesētājos;
  - Dzinēja korpusa un kabeļu apvalku sazēmējums;
  - Spaiļu kārbas stāvoklis;
  - Kontaktu stāvoklis sadales skapī (vizuāli);
  - Elektrisko suku nodilums (nepieciešamības gadījumā jānomaina);
  - Vai aizvērtas visa veida elektrisko skapju un sadaļu durvis;
  - Kontrolēt suku darbību līdzstrāvas elektrodzinējiem (vizuāli).
- Reizi mēnesī elektrodzinēji jāapskata EEL (ekspluatācijas dienesta elektrotehnisko iekārtu ekspluatācijas grupas) elektrotehnikas inženierim.

### Elektrodzinēju atslēgšana tehnoloģisko traucējumu situācijās:

- Elektrodzinējs nekavējoties jāatslēdz šādos gadījumos:
  - Noticis nelaimes gadījums ar cilvēkiem;
  - Salauzts darbināmais mehānisms;
  - No dzinēja vai palaišanas iekārtas parādās liesmas vai dūmi.
- Dzinēja atslēgšanai var izmantot avārijas atslēgšanas pogu. Poga jātur nospiesta ~ 2 minūtes, lai neļautu dzinēju ieslēgt no attāluma.
- Pēc rezerves agregāta palaišanas vai tehnoloģiskā personāla brīdināšanas elektrodzinējs jāatslēdz šādos gadījumos:
  - dzinējs darbojoties rada nenormālu skaņu;
  - No dzinēja jūtama gruzduma smaka;
  - Dzinējs spēcīgi vibrē;
  - Statora strāva arī pēc dzinēja atslogošanas pārsniedz pieļaujamo;
  - Asinhronais dzinējs strādā nepilnu fāžu režīmā;
  - Gultņu temperatūra pārsniedz pieļaujamo;
  - Radušies reāli draudi bojāt dzinēju (appludināt, pakļaut mitra tvaika iedarbei u.c.).
- Dzinēju, ko atslēgusi kāda no pamata aizsardzībām, atļauts atkārtoti ieslēgt tikai pēc dzinēja apskates un izolācijas pārbaudes. Atbildīgu mehānismu elektrodzinējus, kam nav rezerves agregāta, drīkst ieslēgt pēc ārējās apskates.

## Elektrodzinēju apskates, remontu un profilaktiskās pārbaudes:

- Rīgas TEC-2 (vecā energobloka) uzstādīto elektrodzinēju visa veida remontu jāveic pēc ekspluatācijas dienesta rīkojuma vai norikojuma atbilstoši LEK 025.
- Rīgas TEC-1 (jaunā energobloka) uzstādīto elektrodzinēju visa veida remontu jāveic atbilstoši ražotāju instrukcijām un saskaņā ar tehniskā vadītāja apstiprinātiem grafikiem.
- Ja remonts saistīts ar pieskaršanos elektrodzinēja vai mehānisma rotējošajām daļām, dzinēja elektriskā barošanas shēma jāizjauc, atslēdzot attiecīgos komutācijas aparātus, un elektrokabeļi jāsaņem. Papildus jāveic pasākumi, kas izslēdz iespēju mehānismam pagriezt elektrodzinēju: jāaizver aizbīdņi sūkņu spiediena pusē, vadaparāti vai aizbīdņi ventilatoru iesūkšanas vadā. Ja aizbīdņiem vai vadaparātiem ir elektriski darbinātāji, jāizjauc to shēmas. Uz remontējamo elektrodzinēju vadības atslēgas jāizkar plakāts: "NESLĒGT". Analogi plakāti jāizkar uz komutācijas aparātiem. Minētās operācijas jāveic pirms pieslēguma shēmas izjaukšanas un pēc shēmas savākšanas.
- Pēc remonta pabeigšanas jāveic dzinēja palaišana un griešanās virziena pārbaude tukšgaitā.
- Pēc montāžas elektrodzinējiem kabeļus pievieno montāžas vai remonta personāls. Turpmāk kabeļus atvieno un pievieno dežūrpersonāls. Izņēmums ir dzinēji, kuriem kabeļu pievienošanas vieta speciāli jāizolē (piem., DAZO tipa dzinēji). Tādā gadījumā kabeli pievieno remonta personāls.

## Atsevišķu specializētu elektrodzinēju uzskaitījums:

- Siltumtīklu ūdens cirkulācijas sūkņi. Dzinēju tips: 2 AZM-1600/6000U4 (6 kV, 1600 kW).
- Tvaika katlu barojošā ūdens sūkņi (BES). Dzinēju tips 2 AZM-5000/6000, 6 kV, (BES-1,2 – 5000 kW, BES 3,4,5 – 4000 kW).
- Siltumtīklu ūdens cirkulācijas sūkņi (SCS 2-6,7,8). Dzinēja tips 4 AZM – 3150/6000.
- Cirkulācijas sūkņu elektrodzinēji (CS-1,2,3,4). Dzinēju tips AB-15-36, (1000 kW, 6 kV).
- Katlu vilkmes mehānismu elektrodzinēji (DAZO15-49-8/10; DAZO2-17-44 8/10; DAZO14-59-10/12).
- Siltumtīklu ūdens cirkulācijas sūkņi SCS1-1, SCS1-3 (DAZO2-16-59-4U1).
- Mazuta pieņemšanas rezervuāru sūkņi (MPS-3,4). Dzinēju tips MA-37-52-4.

## 4.9. TEC VADĪBAS SISTĒMASI

Praktiski visu elektrostacijas iekārtu vadība ir automātiska. Tikai dažkārt ir nepieciešama rokas vadība. Parasti tā ir vajadzīga tieši avārijas un nestandarta gadījumos. Kombinētā cikla termoelektrostacijām izmanto dalītās vadības sistēmu (DCS – *distributed control system*) ar rezerves (2 – 3) datu pārraides kanāliem. Dalītajā vadības sistēmā vadība ir sadalīta starp vairākām datu apstrādes sistēmām, kur katra veic savu darbu. Lai TEC operators spētu darbināt sistēmas, viņa rīcībā ir operatora darba stacijas. Vadības komandas tiek dotas ar interaktīvu programmas diagrammu palīdzību. Katras atsevišķas elektrostacijas vadības sistēmas var būt īpaši pielāgotas un atšķirties. Tomēr tām visām ir jābūt vienkāršām, viegli saprotamām, automatizētām un pārskatāmām, izsekojamām. Katrai no galvenajām iekārtām būs savs individuāls kontroles panelis, piemēram, gāzes un tvaika turbīnai. Visas galvenās sistēmas iespējams vadīt automātiskā režīmā, tiklīdz visas palīgsistēmas ir palaistas, kā arī iespējama visu galveno sistēmu attālināta rokas vai lokāla vadība no kontroles pults. Atsevišķu iekārtu aizsardzība pamatā tiek kontrolēta caur konkrētās iekārtas vadības sistēmu, kas fiziski atrodas atsevišķi. Tādējādi ir nodrošināta aizsardzība visos darba režīmos, ieskaitot lokālo un attālināto rokas vadību. Vadības sistēmas ir bāzētas uz mikroprocesoru kontrolieriem. Tie koordinē atsevišķas sistēmas un to iekārtu darbību un ir tiešsaistē ar visas elektrostacijas vadības sistēmu. Palaišana, darbošanās un apstādināšana individuālām iekārtām norit automātiski. Vadība tiek nodrošināta, sūtot komandas signālus un saņemot atpakaļ atgriezenisko saiti ar informāciju par komandas izpildi. TEC vadība notiek no centrālās kontroles telpas. Vadības sistēmas operators centrālajā kontroles telpā uz sava ekrāna iegūst pilnu informāciju:

- Par TEC kopējos darbības statusus, jaudu, efektivitāti;
- Par iekārtas vai sistēmas darbības statusu – katrai individuālai iekārtai un apakšsistēmai;
- Par iekārtas vai sistēmas nenormālas darbības apstākļiem;
- Par iekārtas vai sistēmas kritiskas darbības apstākļiem;
- Par iekārtas vai sistēmas attecīci – lai operatoram uzreiz ir skaidrs, kura sistēma, kas tieši;
- Par iekārtas vai sistēmas darbības vēsturi – dati, analīze ar atpakaļejošu datumu;
- Par pašu vadības sistēmas darbību;
- Par nepārtrauktas barošanas sistēmas darbību (*UPS – uninterruptible power supply*).

**Atvērtā cikla vadības sistēmas** veido sekojošu stingri noteiktu hierarhiju, kas sadalās sekojošos līmeņos:

1. TEC automātiska sekvenciālā palaišana un apstādināšana – iekārtas kontrolierim ir jānodrošina automātiskā palaišana/apstādināšana ar sekvencētājiem. Sekvencētājs skatās, vai ir izpildīti visi palaišanas parametri un tikai tad dod signālu „gatavs darbam”. Tātad sekvencētājs seko līdzi, lai iekārtas ir palaistas/apstādinātas pareizajā kārtībā. Bieži vien tas ir kritiski svarīgi, piemēram, eļļošanas sistēma ir jāiedarbina, pirms tiek palaista turbīna. Sekvencētāju darbību nosaka kādu vadības sistēmas režīmu ir izvēlējies operators. Vadības sistēma var būt rokas režīmā, pusautomātiska vai pilnīgi automatizēta. Rokas režīmā sekvencētājs tiek pilnīgi atslēgts.
2. Funkcionālās grupas automātiska sekvenciālā palaišana un apstādināšana – sekvences kontrole gāzes turbīnai, tvaika turbīnai, utilizācijas tvaika katlam, ūdens/tvaika ciklam, palīgkatlam, citām galvenajām sistēmu grupām.
3. Funkcionālās apakšgrupas automātiska sekvenciālā palaišana un apstādināšana – apakšsistēmas, arī dublējošās sistēmas
4. Funkcionālā motoru kontrole ar standartizētām funkcijām – zemākajam līmenim ir jābūt individuālo iekārtu līmenim.

Visos līmeņos ir iespējams attālināti operēt rokas režīmā no centrālās kontroles telpas. Iekārtu aizsardzība ir realizēta katrai iekārtai atsevišķi, jo tādā gadījumā tā ir ar daudz augstāku uzticamību, nekā centralizēta. Ja nostrādā iekārtas aizsardzības ķēde, tad tās signāls ir ar augstāku prioritāti. Iekārta tiek atslēgta, ignorējot vadības sistēmas komandas. Izņēmumi var būt dažādās avārijas režīmu nodrošināšanās sistēmās, piemēram, avārijas dīzeļģenerators (ADĢ). Kā viena no tā funkcijām ir ugunsdzēsības sūkņu darbināšana. ADĢ darbosies bez nekādas aizsardzības līdz pilnīgai atteicei. Tā sakot – līdz pēdējam elpas vilcienam.

Aplūkosim motoru vadības centru. Tas ir standartizēts vadības bloks, kas sastāv no atsevišķiem motoru vadības moduļiem (*DCM – drive control module*). *DCM* apstrādā un izpilda visas no centrālās vadības sistēmas saņemtās komandas un nodrošina atgriezenisko saiti – statusa ziņojumus. Katrs *DCM* individuālais panelis satur selektorslēdzi (rokas režīms, automātiskais režīms), palaišanas un apstādināšanas pogas, darbības indikatorus (ieslēgts/izslēgts). Šādi motoru vadības centri var būt vairāki. Bez tiem ir arī individuālie motoru vadības centri.

**Aizvērtā cikla vadības sistēmas** ir strukturētas šādā hierarhijā:

1. Elektrostacijas koordinācijas līmenis (palaišana, apstādināšana);
2. Procesu kontroles līmenis (temperatūras kontrole, šķidrumu līmeņa kontrole, spiediena kontrole, siltummaiņu kontrole);
3. Atsevišķu vārstu/piedziņas (motoru) līmenis (pozīcijas kontrole, ātruma kontrole u.t.t.).

Aizvērtā cikla vadības sistēmas tiek dublētas. Atkarībā no svarīguma pakāpes, tās var tikt arī trīskāršotas. Jau iepriekš aplūkojām (*TRM – Triple Redundant Modulation*) pielietojumu dažādās sistēmās.

**Dalītā vadības sistēma (*DCS – Distributed Control System*)** ir sistēma kas efektīvi vada, kontrolē un uzrauga visu kombinētā cikla termoelektrocentrāli, kā arī atsevišķas tās komponentes. *DCS* ir pilnībā integrētas visas TEC sistēmas, iekārtas un to vadība. Vadības sistēma veic sekojošas galvenās funkcijas:

- Termoelektrocentrāles vadība;
- Procesu kontrole;
- Uzraudzība, kontrole;
- Informācijas menedžments (programmatūra).

Visas sistēmas ir integrētas vienā centrālajā *DCS*. Tas nozīmē, ka arī gāzes turbīnas un tvaika turbīnas (ieskaitot apgriezienu regulatoru) tiek kontrolētas ar *DCS* no centrālās kontroles telpas. Saziņa starp kontroles sistēmām un *DCS* ir ar dublētiem kanāliem.

**Trauksmes** signāls tiek dots gan skaņas, gan vizuālā veidā. Šie signāli tiek doti ne tikai nopietnās situācijās, bet arī visās citās, kur ir vajadzīgs pievērst operatora uzmanību. Rezultātā trauksmes signāls ir bieži un tas nav nekas neparasts. Operators skaņas un vizuālo signālu apstiprina no savas darba stacijas. Kļūdas ziņojums paliek aktīvs, kamēr tā netiek novērsta.

**Grafiskais attēlojums.** Operators visu informāciju saņem uz ekrāna hierarhiski strukturētu grafisku diagrammu, shēmu un tabulu veidā. Pamatā informācija tiek apvienota piederošajās sistēmās un attēlota ar *P&I* diagrammām (*P&I* – *process and instrumentation*). Ir viena galvenā shēma, kurā attēlo visas elektrostacijas kopējo darbības statusu. Nākamais līmenis parāda galvenās iekārtas un sistēmas, piemēram, gāzes turbīnu, tvaika katlu, dzesēšanas ūdens sistēmu utt. Nākamajā līmenī parāda galveno iekārtu palīgsistēmas un citas sistēmas, piemēram, eļļošanas sistēmu, ūdens papildināšanas sistēmu utt. Katrā no šiem sistēmu grafiskajiem attēlojumiem tiek parādītas atsevišķas iekārtas un komponentes, piemēram, sūkņi, vārsti, temperatūras devēji, spiediena devēji. Katrai no komponentēm ir pieejamas savas kontroles iespējas tieši no diagrammas, piemēram, sūkņus var palaist/apstādināt, vārstus var atvērt/aizvērt u.c. Pēc darbības veikšanas komponente maina savu statusu un informē operatoru par savu stāvokli, temperatūru, spiedienu utt.

**Veiktspējas uzraudzība (*Performance Monitoring*).** Sistēma ir integrēta kopējā *DCS*. Tā veic veiktspējas aprēķinus visam kombinētajam ciklam, lai noteiktu tā efektivitāti un labāko darbības režīmu. Var paaugstināt energobloka ekonomiskumu. Tiek veikti sekojoši aprēķini:

- Kombinētā cikla efektivitāte – energobloka īpatnējais vidējais bruto siltumpatēriņš (*noteiktā laika intervālā siltumenerģijas attiecība pret šajā laikā iegūto bruto elektroenerģiju, ko iegūst pēc patērētā kurināmā un saražotās elektroenerģijas daudzuma attiecības*);
- Gāzes turbīnas efektivitāte;
- Utilizācijas tvaika katla efektivitāte;
- Tvaika turbīnas efektivitāte;
- Gāzes turbīnas kompresora efektivitāte;
- Gāzes turbīnas jaudas aprēķins (*ISO MW*);
- Kondensatora veiktspēja;
- Zudumu analīze.

**Attālinātas vadības iekārtas.** TEC darbības nodrošināšanai ir nepieciešams liels daudzums ūdens. Ūdeni ar sūkņiem sūknē no attālām vietām. Sūkņi ir izvietoti sūkņu stacijās un to vadībai ir jānodrošina signālu pārraide. Vadības signālu nosūtīšanu un atgriezeniskās saites saņemšanu nodrošina ar datu kabeļiem, optiskajiem datu kabeļiem vai radiolinku. Radiolinks strādā tikai tiešās redzamības zonā, tādēļ lielākiem attālumiem nepieciešams izmantot optiskos kabeļus. Viena no sūkņu stacijām atrodas TEC teritorijā, bet otra Daugavas HES (Rīgas). Šīs sūkņu stacijas nodrošina ar ūdeni tehnoloģiskajām un ugunsdzēsības vajadzībām. Ūdens ir vajadzīgs arī iekšējā un ārējā siltumtīkla piebarošanai, lai kompensētu zudumus.

**Avārijas barošanas avots** ir ļoti svarīgs ārējā tīkla atslēgšanās gadījumā. Tas nodrošina vadības sistēmas darbību, aizsardzības sistēmu darbību, sakaru līdzekļu darbību, evakuācijas gaismas, ugunsgrēka signalizācijas darbību, stacionāro ugunsdzēsības sistēmu aktivizēšanu, ugunsdzēsības sūkņu darbību un citu kritiski svarīgu sistēmu un iekārtu darbu. Avārijas barošanas avots dod iespēju iedarbināt palīgsistēmas un pēc tam arī pašu termoelektrocetrāli pilnīgas ārējās un iekšējās barošanas atslēgšanās gadījumā. Par avārijas barošanas avotu kalpo akumulatoru baterijas un **avārijas dīzeļģenerators**.

**Nepārtrauktas barošanas avots (*UPS – Uninterruptable Power Supply*)** ir barošanas avots, kas nodrošina kritiski svarīgo termoelektrostacijas sistēmu barošanu elektroenerģijas barošanas pārtraukumu gadījumos. To nodrošina ar akumulatoru baterijām, invertoriem un sadalēm. Invertors akumulatoru baterijās uzkrāto līdzstrāvu pārvērš sinusoidālā 230 V maiņstrāvā. Pārslēgšanās notiek automātiski.



## 4.10. KONTROLJAUTĀJUMI

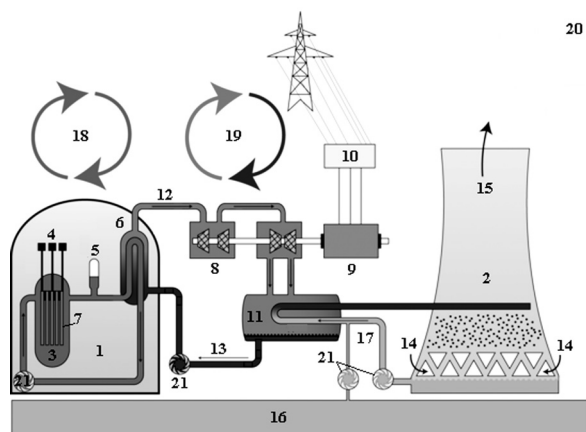
1. Kas ir TEC?
2. Kādi ir TEC veidi?
3. Kas ir siltumtīkls un kas ir siltumietaise?
4. Kas ir gāzturbīna un kāds ir tās uzdevums?
5. Kāda saistība ir TEC mehāniskajai un elektriskajai daļai?
6. Nosaukt gāzturbīnas galvenās daļas un sistēmas.
7. Kāds uzdevums ir rotācijas frekvences regulatoram?
8. Kas ir tvaika katli?
9. Kas ir tvaika turbīna?
10. Kādas ir minimālās prasības par lielumiem, kas jākontrolē tvaika turbīnas darbībā?
11. Kā notiek rotācijas frekvences regulēšana?
12. Kādi ir ģenerators nominālie parametri?
13. Kādi parametri ir jākontrolē ģenerators darba režīmā?
14. Kas ir sinhronizācijas iekārtas?
15. Uz ko balstoties tiek izstrādātas ģenerators ekspluatācijas instrukcijas?
16. Kas jā dara, ja ir vienfāzes zemesslēgums ģenerators statora tinumā?
17. Kas jā dara, ja ir vienfāzes zemesslēgums ģenerators rotora tinumā?
18. Kas jā dara, ja ir vienfāzes zemesslēgums ģenerators statora tinumā?
19. Kas jā dara, ja ir vienfāzes zemesslēgums ģenerators ierosmes tinumā?
20. Kādiem nolūkiem elektrostacijās kalpo transformatori?
21. Kas ir elektrodzinējs?
22. Kādiem nolūkiem spēkstacijā kalpo elektrodzinēji?
23. Kas ir TEC vadības sistēma?
24. Kādu informāciju sniedz TEC vadības sistēma?
25. Ar ko atšķiras atvērtā vadības sistēma no dalītās vadības sistēmas?
26. Kas ir veiktspējas uzraudzība?
27. Ko nodrošina avārijas barošanas avots?

## 5. ATOMELEKTROSTACIJAS

Elektroenerģijas ražošanai atomenerģiju pirmo reizi izmantoja 1952. gadā eksperimentālajā stacijā *EBR-I, Arco, Idaho, ASV*. 1954. gadā pirmo reizi atomelektrostacijas elektroenerģija ar jaudu 5 MW tika pievadīta patērētāju tīklam Obinskā, Krievijā. Pirmā komerciālā AES ar jaudu 50 MW tika palaista 1956. gadā *Carder Hall, Anglijā*. Pēc ENS (*European Nuclear Society*) 2012. gada datiem, pasaulē kopā darbojas 439 atomelektrostacijas 31 valstī ar kopējo jaudu 370 GW. Atomelektrostacijas saražo 13 – 14% no pasaulē nepieciešamās elektroenerģijas, kur ASV, Francija un Japāna kopā ražo aptuveni 50%. Pasaulē būvē vēl 63 jaunas atomelektrostacijas 15 valstīs ar kopējo jaudu 60 GW. Daudzās valstīs kodolenerģijas izmantošana tiek lēnām samazināta, kamēr citās valstīs tiek būvētas jaunas atomelektrostacijas, piemēram, Ķīnā, Krievijā, Indijā, Dienvidkorejā. 2012. gadā AES darbina sekojošas valstis (netiek minētas tās valstis, kurām ir tikai viena vai dažas atomelektrostacijas):

- ASV (104 AES, 101240 MW, vēl būvē 1 AES ar 1165 MW),
- Francija (58 AES, 63130 MW, vēl būvē 1 AES ar 1600 MW),
- Japāna (50 AES, 44215 MW, vēl būvē 2 AES ar 2650 MW),
- Krievija (33 AES, 23543 MW, vēl būvē 10 AES ar 8203 MW),
- Dienvidkoreja (23 AES, 20671 MW, vēl būvē 3 AES ar 3640 MW),
- Ķīna (22 AES, 16834 MW, vēl būvē 28 AES ar 29220 MW),
- Indija (20 AES, 4391 MW, vēl būvē 7 AES ar 4824 MW),
- Kanāda (18 AES, 12604 MW),
- Anglija (17 AES, 9736 MW),
- Ukraina (15 AES, 13107, vēl būvē 2 AES ar 1900 MW),
- Zviedrija (10 AES, 9326 MW),
- Vācija (9 AES, 12068 MW),
- Spānija (8 AES, 7567 MW),
- Beļģija (7 AES, 5927 MW).

**Atomelektrostacija (AES)** ir ir termoelektrostacija, kur siltumenerģiju iegūst atomu kodolu ( $^{235}\text{U}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ) dalīšanās ķēdes reakcijas rezultātā, kas notiek atomreaktorā. **Atomreaktors** ir iekārta, kurā tiek uzsākts un tālāk uzturēts kontrolēts atomu dalīšanās process, kura rezultātā tiek iegūta siltumenerģija. Siltumenerģiju izmanto tvaika ražošanai, ko tālāk ar turbīnas un ģeneratora palīdzību pārvērš elektroenerģijā. Vienā AES var būt vairāki reaktori. Atomelektrostacijām ir nepieciešama laba dzesēšanas un drošības sistēma. Atomelektrostaciju darbības princips ir līdzīgs kā termoelektrostacijām. Atšķirība ir tāda, ka netiek sadedzināts kurināmais, kas piesārņotu atmosfēru ar siltumnīcas efektu veicinošām gāzēm. Mīnuss ir tāds, ka kodolu dalīšanās procesā rodas radioaktīvie atkritumi, kam ir nepieciešama speciāla glabāšana. AES var darboties autonomi ilgu laiku. Tas paplašina to pielietojumu – kuģi, zemūdenes, u.c. spēkstacijas, kas ir pilnībā izolētas no ārpusaules. AES var iedalīt pēc to reaktoru darbības principa. Izšķir termālos (siltumneutronu) reaktorus un ātros (ātrneutronu) reaktorus.



4.1. att. Shematiskais divu kontūru atomelektrostacijas attēlojums.

- 1 – reaktora bloks, 2 – dzesēšanas tornis, 3 – reaktors, 4 – kontroles stieņi, 5 – spiediena kompensators, 6 – tvaika katls, 7 – radioaktīvais materiāls, 8 – turbīna, 9 – ģenerators, 10 – transformators, 11 – kondensators, 12 – tvaiks, 13 – kondensāts, 14 – dzesēšanas gaiss, 15 – gaiss, 16 – dzesēšanas ūdens krātuve, 17 – dzesēšanas ūdens, 18 – primārais kontūrs, 19 – sekundārais kontūrs, 20 – ūdens tvaiks, 21 – sūkņi.

Aplūkosim vienkāršotu **siltumneitronu** AES darbības shēmu (4.1. att.). Reaktora blokā (1) atrodas reaktors (3), spiediena kompensators (5) un tvaika katls (6), sūkņi (21). Reaktora bloks ir veidots tā, lai aizsargātu apkārtējo vidi un arī pašu reaktoru. Reaktorā atrodas radioaktīvais materiāls (7) un kontroles stieņi (4), kas regulē atomu dalīšanās ķēdes reakcijas gaitu un vajadzības gadījumā arī pārtrauc to. Atomu dalīšanās ķēdes reakcijas rezultātā reaktorā izdalās liels daudzums siltumenerģijas, kas tiek novadīts, izmantojot siltumnesēju (ūdens). Siltumnesējs pastāvīgi cirkulē noslēgtā kontūrā (primārais kontūrs) ar sūkņa (21) palīdzību un pastāvīgs spiediens tiek uzturēts ar spiediena kompensatora palīdzību (5). Ar siltumnesēja palīdzību tvaika katlā (6) tiek ražots ūdens tvaiks (12), ko tālāk izmanto, lai grieztu tvaika turbīnu (8). Turbīna, savukārt, griež ģeneratoru (9). Ģenerators ražo elektroenerģiju, ko tālāk padod tīklā caur transformatoru (10). Tvaika turbīnas izmantotais tvaiks nonāk kondensatorā (11), kondensējas (13) un atgriežas tvaika katlā (6). Kondensators tiek dzesēts ar dzesēšanas ūdeni (17), ko sūkņē (21) no dzesēšanas ūdens rezervuāra caur kondensatoru (11) uz dzesēšanas torni (2) un atpakaļ dzesēšanas sistēmā. Dzesēšanas tornī dzesēšanas ūdens tiek atdzesēts ar gaisu (14). Gais (14) plūst no apakšas uz augšu (15) pa torņa (2) iekšieni un siltums tiek novadīts atmosfērā (20).

**Siltumneitronu reaktorus** var iedalīt:

- Vienkontūru sistēmas – reaktora dzesējošais šķidrums tiek izmantots tvaika ražošanai tieši, bez starpkontūrām. Tvaiks ir vāji radioaktīvs, bet pieļaujama tā izmantošana turbīnās;
- Divkontūru sistēmas (4.1. att.) – reaktora dzesējošais šķidrums cirkulē pirmajā kontūrā, bet tvaika ražošana notiek otrajā kontūrā.
- Kombinētās sistēmas – gan vienkontūras, gan divkontūru sistēmas apvienojums.

**Ātrie (ātrneitronu) reaktori** darbojas līdzīgi siltumneitronu reaktoriem. Atšķirība starp ātrneitronu un siltumneitronu reaktoriem ir tāda, ka siltumneitronu reaktoros speciāli tiek izmantoti neitronu palēninātāji (ūdens, grafit), kas samazina to enerģiju. Ātrneitronu reaktoros palēninātājus neizmanto. Šajos reaktoros process notiek tāpat kā siltumneitronu reaktoros. Atomu reaktoros noris kurināmā sadegšana un jauna kurināmā ražošana (atražošana). Kurināmā atražošanas koeficients ātrneitronu reaktoros svārstās no 1.2 līdz 1.4, savukārt siltumneitronu reaktoros no 0.5 līdz 0.7. Redzams, ka ātrneitronu reaktoros atražošana ir daudz lielāka. Šī īpašība ļauj izmantot praktiski visu kurināmo, kas teorētiski paaugstina lietderīgo kurināmā izmantošanu simtkārtīgi un vairāk. Kā reaktora dzesētāju šajā gadījumā nevar izmantot ūdeni, jo tas ir neitronu palēninātājs. Tā vietā izmanto sašķidrinātu nātriju. Tam ir labas kodolfizikālās īpašības, bet saskarē ar ūdeni un skābekli piemīt ķīmiskā aktivitāte, kas sarežģī reaktora izgatavošanu un uzturēšanu. Ātrneitronu AES izmanto līdzīgus kontūrus kā jau apskatītajā siltumneitronu shēmā (4.1. att.). Atšķirība ir tāda, ka tiek izmantoti trīs kontūri. Pirmajā kontūrā nātrijs ir radioaktīvs. Otrajā kontūrā arī tiek izmantots nātrijs. Tikai trešajā kontūrā cirkulē ūdens, un tvaika katlā tiek ražots ūdens tvaiks. Tvaiku izmanto tāpat kā jau apskatītajās termoelektrostacijās. Siltumenerģija starp pirmo un otro kontūru tiek nodota ar siltummaiņu palīdzību, bet starp otro un trešo – ar tvaika katla jeb tvaika ģeneratora palīdzību, kā jau apskatītajā AES darbības shēmā (4.1. att.).

**Avārijas barošanas avoti.** AES viss tiek dublēts vairākkārtīgi, lai atteices gadījumā nenotiktu kādas iekārtas apstāšanās, kas varētu novest pie ķēdes reakcijas un reaktora dzesēšanas pārtraukšanas. Dzesēšanas pārtraukšana ir nepieļaujama, tādēļ AES nodrošina vismaz trīs dažādus (var būt vairāk) rezerves barošanas avotus, ko nodrošina ar avārijas dīzeļģeneratoriem, turboģeneratoriem un baterijām. Avārijas dzesēšanas sūkņu darbība var tikt nodrošināta arī ar dīzeļdzinējiem, kas piedzen sūkņi. Rezerves baterijas nodrošina rezerves dīzeļģeneratoru un turboģeneratoru palaišanu un nepārtrauktu darbību. Ja nepieciešams, avārijas barošanas avoti sniedz iespēju reaktoru droši apstādināt un atdzesēt. Mazāk svarīgas AES sistēmas no avārijas barošanas avotiem netiek barotas. Avārijas barošana galvenokārt ir paredzēta, lai nodrošinātu nepārtrauktu reaktora dzesēšanu pietiekami ilgu laiku pēc tā izslēgšanas.

Pamatā AES kalpo kā stabils pamatslodzes elektroenerģijas nodrošinātājas. Tām ir ļoti ierobežotas jaudas regulēšanas iespējas maksimumstundās. Tas gan neattiecas uz visām AES. Ir modernas AES, kas spēj pietiekami strauji pielāgoties slodzes izmaiņām. Piemēram, Vācijā ir AES, kas ir spēj mainīt slodzi no 40% – 100% ar ātrumu 15% minūtē.

## 6. EKSPLUATĀCIJA

### 6.1. ELEKTROSTACIJAS DARBA REŽĪMI

Jebkurām iekārtām un aparātiem ir izgatavotājrūpnīcas noteiktie parametri, bet pastāv noteikti darbības režīmi, kurus arī raksturo noteikti režīmu parametri. Šos parametrus var klasificēt pēc vairākiem principiem:

Atbilstība normāliem darba apstākļiem:

- *Normālais darba režīms* – kad iekārtas ilgstoši var strādāt izgatavotājrūpnīcas garantētajā darba resursu apjomā. Izšķir nominālo darba režīmu, kad iekārta strādā ar izgatavotājrūpnīcas dotajiem nominālajiem parametriem, un tukšgaitas režīmu, kad iekārtas strādā bez slodzes un patērētā elektroenerģija ir saistīta ar zudumu segšanu pašā iekārtā;
- *Remonta režīms* – kad daļa iekārtas tiek remontēta, un daļa iekārtas turpina darbu, uzņemot papildus slodzi;
- *Avārijas režīms* – to sauc arī par nenormālo darba režīmu, tas ir salīdzinoši īss, bet strāvas var sasniegt ievērojamus lielumus, tāpēc iekārtām un aparātiem ir jābūt dinamiski un termiski noturīgiem pret īsslēgumu strāvām;
- *Pēcavārijas režīms* – izvēlētie parametri no stacionārā režīma pakāpeniski pāriet uz citu režīmu. Tas ir saistīts ar kapacitāto un reaktīvo elementu esamību, kad komutācijas procesā strāva un spriegums nevar mainīties momentāni, bet pārejas procesu veidā.

Iedalījums pēc iedarbes ilguma:

- *Ilgstošais režīms* – iekārta, ilgstoši darbojoties ar nemainīgu slodzi, sasniedz temperatūras līmeni, kurš tālāk paliek nemainīgs (stacionārā temperatūra);
- *Īslaicīgs režīms* – iekārta darbības laikā nespēj sasniegt stacionāro temperatūru, bet pārtraukumos spēj atdzist līdz apkārtējās vides temperatūrai;
- *Īslaicīgi atkārtots režīms* – iekārta darbības laikā nespēj sasniegt stacionāro temperatūru, bet pārtraukumos nespēj atdzist līdz apkārtējās vides temperatūrai.

Iedalījums pēc parametru izmaiņas straujuma:

- *Stacionārie režīmi* – izvēlētie parametri paliek nemainīgi visā režīma darbības laikā;
- *Pārejas režīmi* – izvēlētie parametri no stacionārā režīma pakāpeniski pāriet uz citu režīmu. Tas ir saistīts ar kapacitāto un reaktīvo elementu esamību, kad komutācijas procesā strāva un spriegums nevar mainīties momentāni, bet pārejas procesu veidā.

### 6.2. PERSONĀLA PIENĀKUMI UN ATBILDĪBA

Elektroietaišu, hidroietaišu un siltumietaišu ekspluatācijas organizācijas funkciju tiešai veikšanai ar vadītāja pavēli jābūt nozīmētam tehniskajam vadītājam. Tā kā tehniskais vadītājs var atrasties ilgstošā prombūtnē, piemēram, atvaļinājumā, ir jābūt nozīmētam arī personai, kura tehnisko vadītāju var aizvietot. Šo personu pienākums ir nodrošināt elektroietaišu, hidroietaišu un siltumietaišu ekspluatāciju atbilstoši standartam, kā arī izgatavotājrūpnīcas un ekspluatācijas organizācijas instrukcijām.

Ekspluatācijas uzdevumi var tikt uzticēti arī specializētam uzņēmumam. Tādā gadījumā tehnisko vadītāju ar pavēli nozīmē specializētā uzņēmuma vadītājs.

Tehniskais vadītājs atbild par elektrostacijas elektroietaisies darba ekonomiskumu, darba drošību, tehnisko stāvokli, tehniski ekonomisko rādītāju un noteiktā darba režīma ievērošanu.

TEC ekspluatācijas darbus veic ekspluatācijas dienests un operatīvā personāla dienests. Ja darbus veic specializētie dienesti, laboratorijas personāls vai ieregulēšanas struktūrvienību personāls, tad darbi jāveic pēc norīkojuma vai operatīvā personāla uzraudzībā. Veicot darbus, ir jālieto atbilstoši aizsardzības līdzekļi.

Strādājošajiem ir jābūt apmācītiem un viņu zināšanas darba aizsardzībā un ugunsdrošībā ir jāpārbauda, kā arī ir jāveic obligātā veselības pārbaude un jāapmāca pirmās palīdzības sniegšanā. Viss iepriekš minētais ir jāveic atbilstoši Latvijas Republikas normatīvo dokumentu prasībām un tie ir sekojoši:

- LR likums “Darba aizsardzības likums” un tam pakārtotie normatīvie akti;
- LR likums “Par bīstamo iekārtu tehnisko uzraudzību” un tam pakārtotie normatīvie akti;

- LR likums “Ugunsdrošības un ugunsdzēsības likums” un tam pakārtotie normatīvie akti;
- LR likums “Par reglamentētajām profesijām un profesionālās kvalifikācijas atzišanu” un tam pakārtotie normatīvie akti;
- LEK 002 “Elektrostaciju, tīklu un lietotāju elektroietaišu tehniskā ekspluatācija”;
- LEK 025 trešais izdevums (vai jaunāks) “Drošības prasības, veicot darbus elektroietaisēs”.

TEC-ā ir daudz iekārtu, kas, atbilstoši LR Ministru kabineta noteikumiem, tiek klasificētas kā bīstamās iekārtas (te var minēt spiedieniekārtas, kravas celšanas iekārtas, celtņus, dabas gāzes iekārtas).

**Bīstamās iekārtas** Latvijas energostandartā LEK 027 ir definētas kā – iekārtas un to kompleksi, kas neatbilstošas lietošanas un uzturēšanas rezultātā var apdraudēt cilvēku dzīvību un veselību, vidi un materiālās vērtības un kas to lietošanas laikā ir pakļautas LR noteiktajai valsts uzraudzībai un kontrolei un normatīvajos aktos noteiktajām pārbaudēm.

Darbiniekiem, strādājot ar šīm iekārtām, tiek radīts palielināts risks viņu un apkārtējo drošībai un veselībai. Tādēļ bīstamo iekārtu apkalpojošajam personālam jāveic apmācība un instruktāža, kā paredzēts normatīvajos aktos par darba aizsardzību. Šeit ir jāņem vērā arī bīstamās iekārtas veids, sarežģītība un bīstamības pakāpe.

Strādājot energoietaisēs, papildus tiek veiktas apmācības un stažēšanās jaunam amatam, tehniskās apmācības un zināšanu pārbaudes tehniskās ekspluatācijas darba aizsardzības un ugunsdrošības jautājumos.

Ļoti svarīga nozīme ir tehnoloģisko traucējumu uzskaitē un izmeklēšanā (LEK 026).

**Tehnoloģiskais traucējums** – energosistēmu un to elementu bojājumi, automātiskā atslēgšanās vai piespiedu atslēgumi, lietotāju neplānoti atslēgumi, ēku un būvju bojājumi, vides piesārņojums ar kaitīgiem izmešiem vai noplūdēm.

Kā redzam, ekspluatējot elektrostacijas, liela uzmanība tiek veltīta vides jautājumiem, vides aizsardzības likumu un normu ievērošanai.

Tehnoloģisko traucējumu uzskaitē un izmeklēšanā sniedz iespēju noteikt traucējumu iemeslus un apstākļus, kā arī izstrādāt organizatoriski tehniskos pasākumus šādu traucējumu novēršanai nākotnē. Šādā veidā arī uzkrājas statistiskie dati par energoiekārtu ekspluatāciju. Šie dati ir izmantojami:

- Lai novērtētu energouzturēšanas darba drošumu;
- Risinātu jautājumus par energoietaišu ekspluatācijas un remonta organizācijas pilnveidošanu;
- Lai veiktu energoiekārtas rekonstrukciju vai nomaiņu;
- Lai izstrādātu normatīvās prasības par energoapgādes drošuma jautājumiem.

Energoietaišu tehnoloģiskie traucējumi iedalās:

- **Energoūzturēšanas avārijas** – ietaisēm ar spriegumu virs 1000 V, kad ir noticis energoiekārtas bojājums ar ilgāku jaudas ierobežojumu par 10 dienām, kā arī siltumapgādes pārtraukumu apkures sezonā uz 24 stundām un ilgāk. Šeit tiek pieskaitīti arī vides piesārņojums, kas nav novēršams tikai ar uzņēmuma spēkiem;
- **Tehnoloģiskās atteices** – ietaisēm ar spriegumu virs 1000 V, kad ir noticis energoiekārtas bojājums ar mazāku jaudas ierobežojumu par 10 dienām, kā arī siltumapgādes pārtraukumu apkures sezonā mazāk par 24 stundām. Šeit tiek pieskaitīti arī vides piesārņojums, kas ir novēršams ar uzņēmuma spēkiem;
- **Funkcionālās atteices** – tie ir bojājumi, kuri neietekmē enerģijas ražošanas, pārvades un sadales tehnoloģiju, kā arī atsevišķu piesārņojuma robežvērtību pārsniegšanas gadījumi, kas radušies nepareizas ekspluatācijas rezultātā;
- **Nekritiskās atteices** – visi bojājumi zemsprieguma ietaisēs, kā arī bojājumi, kuri notikuši, energoiekārtai atrodoties rezervē vai apskašu, pārbaužu un izmēģinājumu laikā.

Pamatojoties uz tehnoloģisko traucējumu pazīmēm, ir izstrādāts Tehnoloģisko traucējumu klasifikators, kas atvieglo izmeklēšanas procedūru. Jāuzsver, ka izmeklēšanā pirmkārt tiek vērtēta apkalpojošā personāla rīcība un pēc tam atbilstība normām, noteikumiem un daudziem citiem faktoriem.

Ņemot vērā iepriekš teikto, ir saprotams, ka uzņēmumā ir jābūt organizētai elektroietaisē un siltumietaisē darbības uzskaitē un darba režīma kontrolei, kā arī ir jābūt izstrādātiem normatīviem raksturojumiem, kas nosaka

tehnoloģiskās iekārtas darbības kvantitatīvo un kvalitatīvo rādītāju raksturojumu dažādu režīmu kombinācijās. Šīs normatīvo raksturojumu instrukcijas ir ekspluatācijas personāla rīcībā, un ekspluatācijas personālam ir jābūt praktiski apmācītam patstāvīgi ieregulēt un uzturēt ekonomiskus iekārtas darba režīmus.

Lai nodrošinātu un uzturētu elektrostacijas elektroietaisies tehniskā kārtībā, tiek plānoti un veikti sekojoši darbi:

- **Iekārtas atjaunošana** – kapitālais remonts. Šie darbi ir saistīti ar nolietotās konstrukcijas, iekārtas vai atsevišķu mezglu nomaiņu, kā arī defektu novēršanu, mērījumu veikšanu un ieregulēšanu;
- **Rekonstrukcija un modernizācija** – šie darbi tiek veikti reizē ar iekārtas atjaunošanas darbiem;
- **Uzturēšanas remonts** – nodrošina iekārtu un būvju uzturēšanu darba kārtībā laikā starp atjaunošanas remontiem. Šie darbi ir saistīti ar atsevišķu konstrukciju, mezglu un detaļu remontu, kā arī defektu novēršanu, aizsardzību pret atmosfēras un korozijas iedarbību, mērījumiem un ieregulēšanu;
- **Kārtējie remonts** – tehniskā apkalpošana. Nodrošina iekārtu un būvju uzturēšanu darba kārtībā laikā starp uzturēšanas remontiem. Šie darbi saistīti ar ietaises apskati, tīrīšanu, blīvēšanu, smērvielas nomaiņu, regulēšanu un defektu novēršanu.

Visu šo darbu minimālais apjoms un periodiskums ir noteikts ekspluatācijas instrukcijās, kuras izstrādā, balstoties uz LEK 002 “Elektrostaciju, tīklu un lietotāju elektroietaišu tehniskā ekspluatācija”, ekspluatācijas pieredzi un izgatavotājrūpnīcas prasībām. Lai nodrošinātu kvalitatīvu pārbaužu un remonta darbu veikšanu, tiek sastādītas remontdarbu tehnoloģiskās kartes, kuras izsniedz konkrētam darba veicējam pirms remontdarbu sākšanas. Jebkurš remontdarbs tiek uzskatīts par pabeigtu tikai tad, kad tas ir noformēts ar atbilstoša satura aktu, parakstīts un izturējis noteiktās pārbaudes.

Jebkura līmeņa personāls ir personiski atbildīgs par paša izdarītajiem pārkāpumiem, vai pārkāpumiem, ko izdarījis tiem pakļautais personāls, izpildot konkrētus darbus un norādījumus. Atbildības veidu un apmērus nosaka tiesību akti, darba līgums un darbinieku amata instrukcijas.

### 6.3. OPERATĪVAIS DARBS

Operatīvais darbs ir darbs, kas tieši saistīts ar drošu un ekonomisku elektriskās un siltuma enerģijas ražošanu, pārvadi un sadali, šo procesu nepārtrauktu uzraudzību un koordināciju.

Šis darbs ir organizēts, ievērojot hierarhijas sistēmu, kur zemākais līmenis operatīvi ir pakļauts augstākajam. Līdz ar to ir sadalītas vadības un kontroles funkcijas.

Operatīvās vadības funkcijas iedalījums ir sekojošs:

- Energosistēmā – centrālais dispečerdienests (CDD). Tā uzdevums ir nodrošināt elektrostaciju, elektrisko un siltuma tīklu saskaņotu darbību (elektriskajiem tīkliem un siltumtīkliem dispečerdienesti ir atsevišķi), kā arī nodrošināt atbilstošas kvalitātes enerģijas piegādi patērētājiem.
- energoapgādes uzņēmumos — to dispečerdienesti (DD) vai citas struktūrvienības;
- elektrostacijās — maiņas vadītājs;
- patērētāja elektroietaisēs — šim nolūkam apmācītas un pilnvarotas personas.

Lai nodrošinātu iepriekšminēto saskaņoto darbību, darba režīmi tiek plānoti centralizēti. Tas tiek darīts atsevišķi elektriskajiem tīkliem un atsevišķi siltumtīkliem. Tam ir jānodrošina enerģijas patērētāju un ražotāju slodžu grafiku savstarpēja saskaņotība. Problemātiska šajā ziņā ir brīvās elektroenerģijas tirgus situācija, kad tā mainās daudz straujāk, kā iespējams izmainīt iekārtu darba režīmus. Piemēram, katras iekārtas ekspluatācija paredz noteiktu komutācijas darbības skaitu, pēc kura ir jāveic tehniskās apkalpošanas darbi. Ja plānotie remonta darbi paredzēti reizi divos gados, tad minētajā gadījumā tam būtu jānotiek neprognozējamā laika periodā. Tas savukārt saistīts ar ievērojamiem izdevumiem un neplānotiem darba režīmiem. Šī iemesla dēļ Latvijā TEC pamatprodukts ir siltumenerģija, bet elektroenerģijas ražošana bieži atrodas rezerves režīmā.

**Frekvences un jaudas regulēšana** – energoiekārtas darba režīmus vada atbilstoši diennakts darba grafikiem, ievērojot uzdoto slodzes un jaudas rezervju grafiku. Svarīga ir energosistēmas frekvences un jaudas regulēšana, ko nosaka energosistēmas dispečers. Energosistēmas mērogā Latvijā TEC ir pārāk mazs, lai varētu nodrošināt frekvences regulēšanu kopējā tīklā. Tādēļ šajā gadījumā frekvenču aizsardzība TEC-ā ir uzstādīta pašām iekārtām, lai avārijas gadījumā varētu to atslēgt no kopējā tīkla un saglabāt iekārtu darbību.

Turklāt atslēgt automātiskās vadības sistēmas, kas normālos apstākļos nepieļauj slodzes izmaiņas, mainoties frekvencei (jaudas ierobežotāji turbinām, jaudas regulatori bez frekvenču korektora, katlu ražīguma automātiskie regulatori), pieļaujams īslaicīgi pamatiekārtas bojājuma gadījumos un ar energosistēmas tehniskā vadītāja atļauju. Elektrostacijā ir instrukcija, kas nosaka operatīvā personāla darbību, strauji mainoties frekvencei.

**Sprieguma regulēšanu** energosistēmas objektos vada un kontrolē CDD. Tehniski tas tiek nodrošināts ar transformatoru un autotransformatoru sprieguma pakāpju pārslēdzi. Autotransformatori ir aprīkoti ar automātisko sprieguma regulēšanas iekārtu, kurai ir tālvadības ierīces. Sprieguma regulēšanu 110 kV un 330 kV tīklos organizē kontroles punktus atbilstoši grafikam. Grafikus izstrādā un sprieguma kontroles punktus nosaka CDD. Elektrostacijām ar jaudu līdz 1000 kW darba režīmu nosaka un kontrolē tā energoapgādes uzņēmuma dispečerdienests, kura darbības zonā elektrostacija atrodas. Šo elektrostaciju, kā arī lielāko enerģijas patērētāju operatīvā personāla attiecības reglamentē nolikumi par šo uzņēmumu savstarpējām operatīvajām attiecībām.

**Operatīvais personāls** – energosistēmas, elektrostaciju, elektrisko un siltuma tīklu operatīvais personāls ir:

- dežūrpersonāls, kas saskaņā ar apstiprinātu grafiku apkalpo ražošanas iecirkņus; operatīvais, operatīvais remontu personāls, kā arī remontu personāls, kam piešķirtas tiesības veikt ekspluatācijas darbus un izdarīt operatīvos pārslēgumus ražošanas iecirkņos.

Operatīvā personāla uzdevums ir nodrošināt ekonomisku energoietaišu darba režīmu un dežūras laikā tas ir atbildīgs par iekārtas pareizu ekspluatāciju un darbību bez traucējumiem. Operatīvais dežūrpersonāls maiņas laikā savstarpējā darbībā pakļaujas šādā secībā:

- Energosistēmas dežūrējošais dispečers;
- Elektrisko un siltuma tīklu uzņēmuma dežūrējošais dispečers;
- Elektrostācijas maiņas priekšnieks;
- Elektrisko tīklu un siltuma tīklu rajona dežurants vai dispečers;
- Operatīvais personāls apakšstacijās, izbraukuma brigādēs un operatīvais remontu personāls;
- Enerģijas patērētāja operatīvais personāls.

Augstāka līmeņa operatīvā personāla rīkojumi jautājumos, kas ir viņu kompetencē, pakļautajam operatīvajam personālam jāizpilda obligāti, izņēmums ir rīkojumi, kuru izpilde apdraud cilvēku dzīvības, iekārtas drošību vai var būt par cēloni elektrostaciju, apakšstaciju pašpatēriņa pazaudēšanai – šādus rīkojumus izpildīt **aizliegts**. Dežūrējošā dispečera galvenie uzdevumi, novēršot bojājumus vai normāla darba režīma traucējumus, ir:

- Novērst bojājumu progresēšanu, novērst nelaimes gadījumus ar personālu un saglabāt nebojātu iekārtu;
- Maksimāli ātri atjaunot patērētāju apgādi ar normālas kvalitātes enerģiju;
- Sakārtot bojājuma neskartajā sistēmas daļā maksimāli drošu shēmu;
- Noskaidrot bojātās iekārtas stāvokli un iespējas to ieslēgt darbā.

Turklāt operatīvais personāls par savu rīcību, likvidējot bojājumus un atjaunojot normālu darba režīmu, atbild personiski.

## 8.4. KONTROLJAUTĀJUMI

1. Par ko atbild tehniskais vadītājs?
2. Kāds personāls veic TEC ekspluatācijas darbus?
3. Kas ir bīstamās iekārtas?
4. Kādām zināšanu pārbaudēm, apmācībām un citiem nosacījumiem ir pakļauts personāls, strādājot energoietaisēs?
5. Ko nozīmē tehnoloģiskie traucējumi?
6. Kāpēc tiek veikta tehnoloģisko traucējumu uzskaitē?
7. Kā iedalās energoietaišu tehnoloģiskie traucējumi?
8. Ko nozīmē tehnoloģisko traucējumu izmeklēšana?
9. Kas ir iekārtas atjaunošanas darbi?
10. Kas ir iekārtas uzturēšanas remontī?
11. Kas ir kārtējie remontī?
12. Kas ir remontdarbu tehnoloģiskās kartes?
13. Kāda ir personāla atbildība?
14. Kas ir operatīvais darbs?
15. Kā iedalās operatīvās vadības funkcijas?
16. Kas ir frekvences un jaudas regulēšana un kas to nosaka?
17. Kas ir sprieguma regulēšana un kas to nosaka?
18. Kas ir operatīvais personāls?
19. Kāds ir operatīvā personāla uzdevums un atbildība?
20. Kādi ir dežūrējošā dispečera galvenie uzdevumi?



## 7. IZMANTOTĀS LITERATŪRAS SARAKSTS

1. Interneta avots: gāzes turbīna,  
[http://www.ge-energy.com/products\\_and\\_services/products/gas\\_turbines\\_heavy\\_duty](http://www.ge-energy.com/products_and_services/products/gas_turbines_heavy_duty).
2. Interneta avots: [www.latvenergo.lv](http://www.latvenergo.lv).
3. Interneta avots: kombinētā cikla diagramma, <http://www.tenaskawestmorelandproject.com/howitworks.html>.
4. Starptautiskie standarti: (IEC) International Electrotechnical Commission.
5. Starptautiskie standarti: (ISO) International Organization for Standardization.
6. Latvijas energostandarts LEK 002, LEK 025, LEK 026, LEK 027.
7. Interneta avots: <http://www.euronuclear.org>.
8. Interneta avots: <http://www.windenergy.lv>.
9. Interneta avots: REN21 (2011). "Renewables 2011: Global Status Report".
10. Interneta avots: [www.siemens.com](http://www.siemens.com)
11. Elektrisko staciju un apakšstaciju elektriskā daļa, K.Timmermanis, J.Rozenkrons, Rīga, Zvaigzne, 1988. gads, 502.lpp.
12. Interneta avots: <http://www.sciencephoto.com>.
13. Interneta avots: [www.powergeneration.siemens.com](http://www.powergeneration.siemens.com).
14. Instrukcija/Ekspluatācijas – "Rīgas TEC-2" (vecā energobloka) pašpatēriņa elektrodzinēju ekspluatācijas instrukcija. Numurs: IE082-OEL-5/10; Redakcija: 02; Apstiprināta: 12.01.2012..
15. Instrukcija/Ekspluatācijas – "Rīgas TEC-2" (jaunā energobloka) turboģeneratoru ekspluatācijas instrukcija. Numurs: IE441; Redakcija: 00; Apstiprināta: 29.11.2010..
16. Instrukcija/Ekspluatācijas – "Rīgas TEC-2" (vecā energobloka) sadales ietaišu ekspluatācijas instrukcija. Numurs: IE416; Redakcija: 01; Apstiprināta: 15.06.2012..
17. Instrukcija/Ekspluatācijas – "Rīgas TEC-2" (vecā energobloka) pašpatēriņa mehānismu automātiskās rezerves ieslēgšanas (ARI) ekspluatācijas instrukcija. Numurs: IE235; Redakcija: 01; Apstiprināta: 11.11.2011..





**RĪGA, 2012.**

ISBN 978-993-48332-0-5



9 789934 833205