

L.Ribickis, A.Galkina

**ELEKTROENERĢIJAS TAUPĪGAS  
LIETOŠANAS METODES**

Rīga, 1998

UDK 621.311.16.

L.Ribickis, A.Galkina

**Elektroenerģijas taupīgas lietošanas metodes**

Rīga, RTU, LTP 1998. 110 lpp.

Darbā ir veikta elektropatērētājiemkārtu sistematizācija, klasifikācija un elektroenerģijas taupīgas lietošanas metožu un tehnisko pasākumu izpēte. Apskatīti alternatīvie enerģijas avoti un to pielietojums kā energotaupīšanas metode.

Zīmējumi - 62

Tabulas - 4

Bibliografijas - 12

**Autori:** Dr.Hab.Sc.Ing. Leonīds Ribickis  
RTU profesors Elektrotehnikas un Enerģētikas fakultātes  
Automātiskās elektropiedziņas katedrā,  
Elektromehanotronikas ZPL zinātniskais vadītājs

M.Sc.Ing. Alīna Galkina  
RTU doktorante Elektrotehnikas un Enerģētikas fakultātes  
Automātiskās elektropiedziņas katedrā

**Recenzents:** Dr.Sc.Ing. Leons Latkovskis  
LZA Fizikālās Enerģētikas institūta  
Energielektronikas laboratorijas vadošais pētnieks

**Izdots:** B/O SIA Latvijas Tehnoloģiskais Parks  
Inovāciju centrā, Rīgā, LV 1658,  
Kaļķu ielā 1-310, 1998.g.

© L.Ribickis  
A.Galkina, 1998.

## PRIEKŠVārds

Saražotās elektroenerģijas deficīta apstākļos Latvijā liela nozīme ir tās racionālai izmantošanai un zudumu samazināšanai. To var panākt veicot vispārējus iedzīvotāju apmācības pasākumus elektrotaiņības metožu pielietošanā.

Tāpēc šis darbs ir mēģinājums dot ieskatu visiem elektroenerģijas lietotājiem par to, ko nozīmē taupīgi izmantot elektroenerģiju. Mūsdienīgas modernas elektroiekārtas un automatizācijas paņēmieni ļauj paaugstināt dzīves komforta līmeni neprasot īpašu izmaksu pieaugumu.

Zināšanas par to, kā racionāli lietot elektroenerģiju, ne tikai elektrisko nozaru specialistiem, bet katram Latvijas iedzīvotājam var palīdzēt nešķiest veltīgi savus ienākumus.

Šajā darbā ir apsekoti elektroenerģijas patērētājiekārtu veidi uzņēmuma ofisā, dzīvoklī un individuālā mājā. Veikts maksimāli iespējamā un vidējā elektroenerģijas patēriņa aprēķins.

Noteikts, ka elektriskai apgaismošanai un apsildei kopā tiek tērēti 20% līdz 40% no visas izlietotās elektroenerģijas. Tātad īpaša vērība jāvelta pārējo sadzīves un ofisa elektroiekārtu ekspluatācijas izmaksu samazināšanai.

Parādīta energoelektronikas iekārtu pielietošana elektroenerģijas patērētāju un ražotāju iekārtās.

Dotas elektroenerģijas taupīgas lietošanas metodes pēc lietotāja klātesamības principa, pēc laika principa, pēc lietotāja klātesamības principa ar jaudas regulēšanu, pēc laika principa ar jaudas regulēšanu un pēc vides parametru regulēšanas principa.

Izanalizētas energoelektronikas iekārtu attīstības tendences.

Izstrādāta siltumkatla ciparu vadības shēma, kas nodrošina racionālu elektroenerģijas patēriņu uzdotā temperatūras diapazona nodrošināšanā.

Modernizēta elektriskā sildītāja vadības shēma ar programmējamu mikroprocesoru termoregulatoru un pierādītas PID regulatora priekšrocības.

Veikts līdzsprieguma stabilizatora salīdzinošais aprēķins nomainot parametriskā stabilizatora shēmu ar impulsu stabilizatoru un aprēķināts lietderības koeficienta pieaugums.

Aprakstīta elektroenerģijas izmaksu aprēķinu metode ūdenssūkņu stacijās nomainot ūdens padeves regulēšanas metodi ar aizbīdņa stāvokļa maiņu spiedvadā pret regulējamās piedziņas izmantošanu ar frekvences pārveidotāju asinhronā dzinēja statora pusē. Veikti aprēķini "Rīgas ūdens" trijām sūkņu stacijām un noteikts, ka šāda energotaupības paņēmiena pielietošana dod izmaksu samazināšanos par 23% līdz 28%. Investīciju atmaksāšanās laiks nepārsniedz divus gadus.

Alternatīvo enerģijas avotu pielietošana ir aplūkota no energotaupīšanas pasākumu viedokļa.

Analizētas vēja, saules un mazās hidroenerģētikas pielietošanas iespējas Latvijas teritorijā un dots to attīstības vispārīgs apraksts. Konstatēts, ka saules enerģijas tiešās pārveidošanas jomā Latvijā ir darīts ļoti mazs.

Analizēta pasaules pieredze energoelektronikas pārveidotāju izveidē vēja un saules enerģētiskajās iekārtās. Par komerciāli veiksmīgu ir atzīta vēja enerģētiskā iekārta (līdz 250 kW) ar energoelektronikas pārveidotāju, kas satur taisngrieža tītu, līdzsprieguma impulsu pārveidotāju un autonomu sprieguma invertoru.

Saules enerģētikas iekārtās tiek rekomendēti integrētie solārie maiņstrāvas moduļi, kuru pārveidotāju shēmas satur arī 500 kHz virknes rezonanses invertorus.

Analizējot Eiropas valstu pieredzi saules elektrostaciju izmantošanā, tika konstatēts, ka 50% līdz 70% no patērējamās elektroenerģijas var iegūt no saules enerģijas pārveidotājiem, un tādā veidā būtiski samazināt patēriņu no centralizētā elektroapgādes tīkla.

Izstrādātais darbs ir sākuma posms pētījumam "Elektroenerģijas taupīgas lietošanas mācība", kura mērķis būtu izveidot vispārīgu mācību kursu elektroenerģijas lietotājiem.

Darbs ir izstrādāts Rīgas Tehniskās Universitātes Elektrotehnikas un Enerģētikas fakultātē Automātiskās elektropiedziņas katedrā un Elektromehanotronikas zinātniskās pētniecības laboratorijā.

Autori Dr.Hab.Sc.Ing, Profesors Leonīds Ribickis un M.Sc.Ing, doktorande Alīna Galkina izsaka pateicību RTU AEP katedras mācību spēkiem par izteiktajiem padomiem darba veidošanā.

Īpašu pateicību autori izsaka darba recenzentam Dr.Sc.Ing, Leonam Latkovskim par izteiktajām piezīmēm un ieteikumiem.

Tāpat autori lūdz lasītājus dot atsauksmes par uzrakstīto grāmatu, lai ņemtu vērā pielaištās neprecizitātes un kļūdas turpmākajam darbam.

# SATURS

	lpp.
Ievads.....	7
1. Elektroenerģijas patērētājiem veidi.....	11
1.1. Elektroenerģijas patērētājiem ražošanā.....	11
1.2. Elektroenerģijas patērētājiem pakalpojumu sfērā.....	18
1.3. Elektroenerģijas patērētāji mājāsaimniecībā.....	24
2. Elektroenerģijas taupīgas lietošanas metodes un paņēmieni.....	28
2.1. Energoetaupošanas metodes pakalpojumu sfērā un mājāsaimniecībā.....	28
2.2. Energoelektronika-energotaupīšanas metode ražošanā.....	38
3. Regulējamas sūkņu piedziņas izvēle ūdens apgādes stacijās.....	62
3.1. Elektroenerģijas izmaksu aprēķinu metode.....	65
3.2. Regulējamu sūkņu piedziņu pielietošanas efektivitāte.....	71
4. Alternatīvie enerģijas avoti.....	73
4.1. Vēja enerģijas izmantošanas iespējas Latvijā.....	74
4.2. Vēja enerģētiskās ierīces.....	77
4.3. Vēja elektrostacijas Latvijā.....	79
4.4. Saules enerģijas izmantošana.....	82
4.5. Ūdens spēka iekārtas.....	84
5. Energoelektronikas pārveidotāji alternatīvās enerģētikas iekārtās.....	87
5.1. Energoelektronikas elementi vēja enerģētikas iekārtās.....	88
5.2. Pusvadītāju pārveidotāji saules elektrostacijās.....	94
5.3. Saules enerģijas pārveidotāju pielietošanas piemēri.....	99
6. Izmantotās literatūras saraksts.....	109

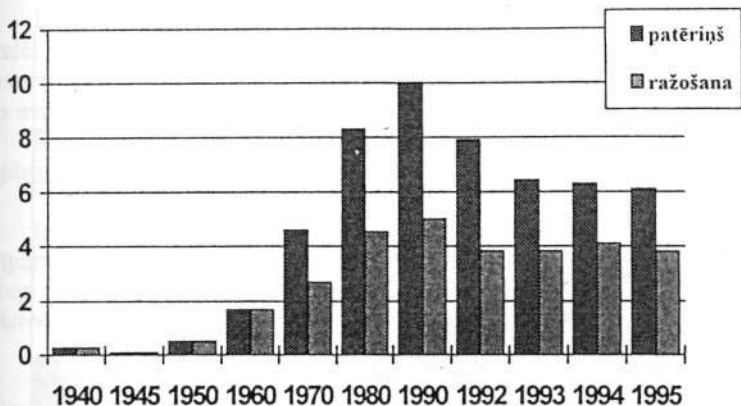
## IEVADS

Pēdējos gados Latvijā elektroenerģijas izmantošana bija apmēram 6,23 TWh gadā (ziemā elektriskā slodze ir gandrīz divreiz lielāka - 1150 MWh, nekā vasarā - 600 MWh), bet kopējā saražotā elektroenerģija Latvijā (3,89 TWh) nepārsniedz 60% no tās patēriņa. Bet, ja atkārtosies 1988. gada patēriņš, kad elektroenerģijas izmantošana sasniedza 10,3 TWh, tad saražotās elektroenerģijas lielums procentos būs vēl mazāks (apmēram 29%). Kopējais elektroenerģijas patēriņš uz vienu iedzīvotāju Latvijā ir 2501 kWh, un tas ir daudz mazāk nekā citās Eiropas valstīs. Tā, piemēram, Norvēģijā elektroenerģijas patēriņš uz vienu iedzīvotāju gadā sasniedz 21490 kWh, un arī kaimiņvalstīs (Igaunijā un Lietuvā) patēriņš ir lielāks.

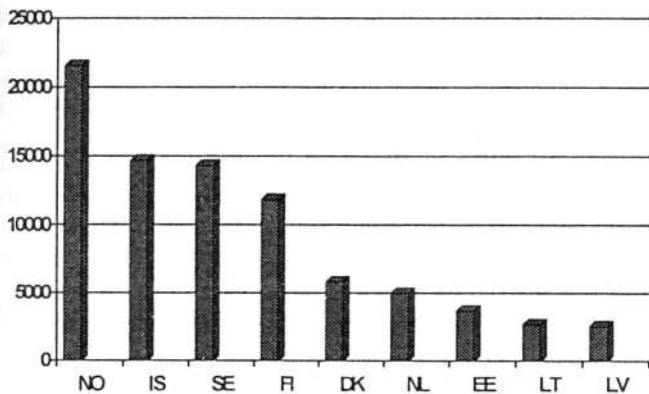
Daugavas hidroelektrostacijas atkarībā no ūdens patēriņa ražo no 1,9 līdz 4,5 TWh (vidēji 2,5 TWh gadā), bet lielākās siltumelektrocentrāles ražo līdz 1,5 TWh gadā.

Sakarā ar elektroenerģijas deficītu Latvijā vajadzētu izmantot alternatīvos enerģijas avotus tādus kā vējš, saule u.c., kā arī ir vajadzīga TEC-1 un TEC-2 rekonstrukcija un jauno siltumcentrāļu celtniecība ( Liepājā un Daugavpilī ). Bet jauno TEC celtniecība saistās ar dažādām problēmām, tādām kā apkārtējās vides piesārņošana, šlaku glabāšana, ogļu importēšana u.c. Padomā ir arī Daugavpils un Jēkabpils HES celtniecība, kā arī mikroHES celtniecība un rekonstrukcija uz mazām Latvijas upēm.

Enerģodeficitu Latvijā var likvidēt uzceļot jaunu vidējas jaudas atomu elektrostaciju, kur būtu 3-4 energobloki, katrs ar 400-600 MW lielu jaudu. Atomu enerģija daudzās valstīs (tādās, kā Japāna) dod enerģētisko patstāvību. Būtu izdevīgi izmantot Ignalīnas AES (kas atrodas 10 kilometru attālumā no Latvijas robežas), pakāpeniski rekonstruējot to ar visu trīs Baltijas valstu spēkiem. Arī pārējās Baltijas valstīs (Lietuva un Igaunija) ir ieinteresētas Ignalīnas AES rekonstrukcijā, lai būtu uzbūvēta droša, moderna AES. Tās tuvums dod iespēju uzcelt finansiāli patstāvīgu AES energobloku Latvijas teritorijā. Ir izdevīgi izmantot tieši šo staciju, jo nevajadzēs piesārņot vidi citā vietā, kā arī nevajadzēs risināt hidroģeoloģiskas problēmas.



Elektroenerģijas ražošana un patēriņš Latvijā laika posmā no 1940. līdz 1995. gadam ( TWh).

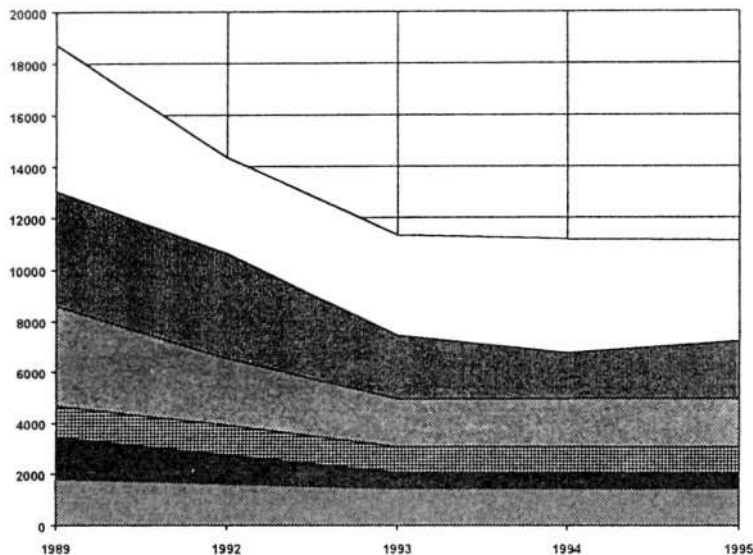


Kopējais elektroenerģijas patēriņš gadā ( kW/stundas ) uz vienu iedzīvotāju dažās Eiropas valstīs ( 1995.g. dati ),

kur NO - Norvēģija; IS - Islande;

SE - Zviedrija; FI - Somija;

DK - Dānija; NL - Holande;



Attēlā ir parādīti elektriskās enerģijas piegādes avoti un tās realizācijas struktūra no 1989.g. līdz 1995.g. ( mlj. kWh), kur ar slīpo līniju fonu apzīmēta – elektriskās enerģijas patērišana rūpniecībā, melnā – cik patērē iedzīvotāji, ar kvadrātiņu fonu – lauksaimniecība, pelēkā – citi elektriskās enerģijas patērētāji, tumši pelēkā – iepirkta elektriskā enerģija un baltā – Latvenergo (neatkartīgo staciju elektriskās enerģijas ražošanas procents ir ļoti mazs un tāpēc to nevar parādīt tik nelielā grafiku mērogā). Latvenergo elektrostaciju izstrāde, salīdzinot ar 1994.gadu ir 88,2%.

Sakarā ar tautsaimniecības pārstrukturēšanos būtiski ir izmainījusies patēriņa struktūra pa atsevišķām lietotāju grupām.

Pēdējos gadus ir palielinājušies elektriskās enerģijas zudumi ( 1995.g. - 19%). Zudumu palielināšanās galvenie iemesli ir:

- elektriskās enerģijas lietotāju pamatgrupu patēriņa īpatsvara izmaiņas (samazinājums rūpniecības sektorā, palielinājums iedzīvotāju sektorā);
- iedzīvotāju savlaicīgi neapmaksātā elektriskā enerģija;
- elektriskās enerģijas nelikumīga izmantošana ( komerczudumi ).



Iepirtās elektroenerģijas un kurināmā cenas mēs nevaram īpaši regulēt. Tāpēc pieaugot naftas cenām, ko mēs dedzinam termoelektrostacijās, lai iegūtu elektroenerģiju, nenovēršami cenas tarifi un mēs maksājām par 1 kW jau 3,9 sant.

Šajā situācijā lietotājiem ir īpaša vērtība jāveltī elektroenerģijas taupīgas lietošanas pasākumiem un metodēm.

Izstrādātais darbs ir aktuāls Latvijas tautsaimniecībai, jo te ir veikti pētījumi elektropatērētājiem sistematizācijā un klasifikācijā ar mērķi apkopot un izstrādāt elektrotaupīšanas metodes un pasākumus elektroenerģijas racionālā izmantošanā.

Darbā dotas rekomendācijas izmaksu samazināšanai par elektroenerģiju, īpašu vērību pievēršot racionālām lietošanas metodēm un modernu tehnisku iekārtu pielietošanai.

Darba galvenā daļa veltīta energoelektronikas iekārtu pielietošanas efektivitātes izklāstam ar tehnisko risinājumu piemēriem dažādās tautsaimniecības jomās.

Lai sasniegtu darba mērķi, ir veikti sekojoši uzdevumi:

- apkopotas un klasificētas elektropatērētājiem ražošanā, pakalpojumu sfērā un majsaimniecībā;
- apzināta energoelektronikas pārveidotāju vieta elektroenerģijas ražošanas un patērēšanas jomās, kā arī analizētas tās attīstības tendences;
- izstrādātas energotaupīšanas metožu struktūrhēmas pēc vairākiem vadības principiem;
- veikti aprēķini lai pierādītu frekvences pārveidotāju pielietošanas efektivitāti centrālās sūkņu piedziņās;
- doti ciparu vadības un mikroprocesoru vadības pielietošanas piemēri elektroiekārtās energotaupīšanas režīmu nodrošināšanā;
- veikti pētījums par alternatīvās enerģētikas stāvokli Latvijā un analizētas vēja un saules enerģētisko iekārtu, kā arī mazās hidroenerģētikas realizācijas iespējas;
- analizētas energoelektronikas pārveidotāju shēmas vēja enerģētikas iekārtās;
- aprakstītas saules elektrostaciju pusvadītāju pārveidotāju shēmas un analizēti to realizācijas piemēri no izmaksu samazināšanas viedokļa.

# 1. ELEKTROENERĢIJAS PATĒRĒTĀJIEKĀRTU VEIDI

Elektroenerģija tiek ražota, lai to pārdotu patērētāju pieprasījuma apmierināšanai un gūtu arī papildus ienākumus elektrostaciju iekārtu modernizācijai un ražošanas paplašināšanai.

Elektroenerģijas lietotāju plašais spektrs apstiprina, ka tas ir visērtākais un efektīvākais enerģijas veids rūpniecībā, sadzīvē un arvien plašāk iespējams arī transportā.

Katram elektroenerģijas lietotājam būtu jāsaprot, kāpēc viņš to izmanto, ka par to ir jāmaksā un ko darīt, lai šīs izmaksas varētu samazināt.

Sāksim ar elektroenerģijas patērētājiekārtu veidu izpēti. Tradicionāli visiem ir zināms, ka elektroenerģija tiek lietota ražošanā, apgaismošanā, komunikāciju sistēmās un mājāsniecībā.

## 1.1. ELEKTROENERĢIJAS PATĒRĒTĀJIEKĀRTAS RAŽOŠANĀ

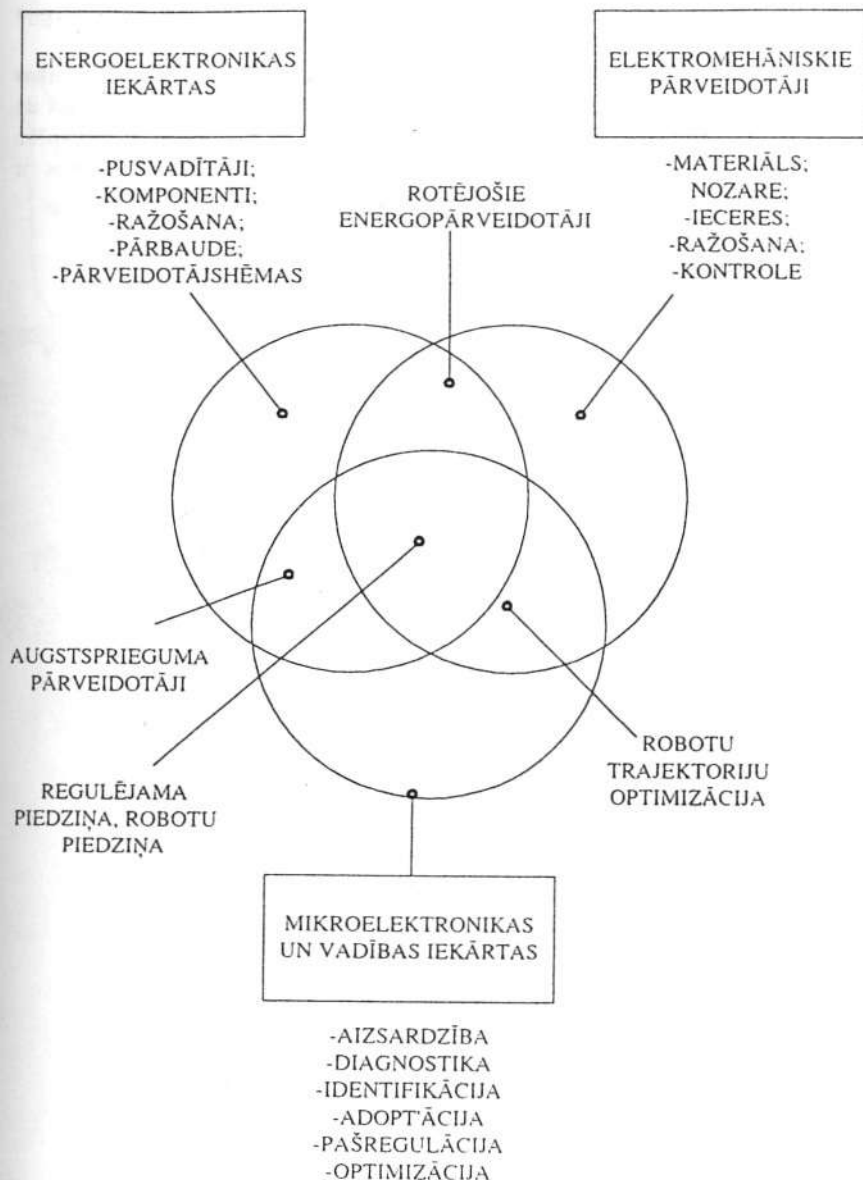
Elektroenerģijas lietošana ražošanā aptver ļoti plašu patērētājiekārtu spektru. Protams, pats galvenais patērētājs ir elektriskais dzinējs, jeb elektromehāniskais pārveidotājs, kas elektroenerģiju pārvērš mehāniskajā un darba mašīna veic nepieciešmo darbu.

Iekārtu komplekss, kas sastāv no elektriskā dzinēja, pārvades mehānisma, darba mašīnas, komutāciju iekārtas ar vadības un aizsardzības sistēmām, tiek saukts par elektrisko piedziņu. Pēdējos 20 gados elektriskā piedziņā arvien lielāka nozīme kļūst energoelektronikas iekārtām (spēka pusvadītāju pārveidotājiem, kas ļauj plūstoši pārveidot dzinējam pievadīto elektroenerģiju).

Energoelektronikas iekārtu attīstība ir pamatā daudzām elektroenerģijas taupīgas lietošanas metodēm un paņēmieniem. Šo iekārtu izmantošana ļauj vienkārši veidot pilnīgi automatizētus ražošanas procesus un pakļauties datorsistēmu vadībai.

Elektroenerģijas modernas elektromehāniskās pārveidošanas iekārtas tiek izveidotas apvienojot trīs tehnoloģijas, jeb balstās uz "trim vaļiem". Zīm. 1.1. ir parādīti šie "trīs vaļi" - elektromehāniskais pārveidotājs (dzinējs), energoelektronikas iekārta (frekvences pārveidotājs, invertors, taisngriezis vai c.) un mikroelektronikas vadības iekārta (mikroprocesors, kontrolieris vai dators).

Katram no šiem "trim vaļiem" apakšā ir zinātniskās pētniecības un ražošanas nozares, kuras apvieno viens mērķis: atrast jaunus materiālus,



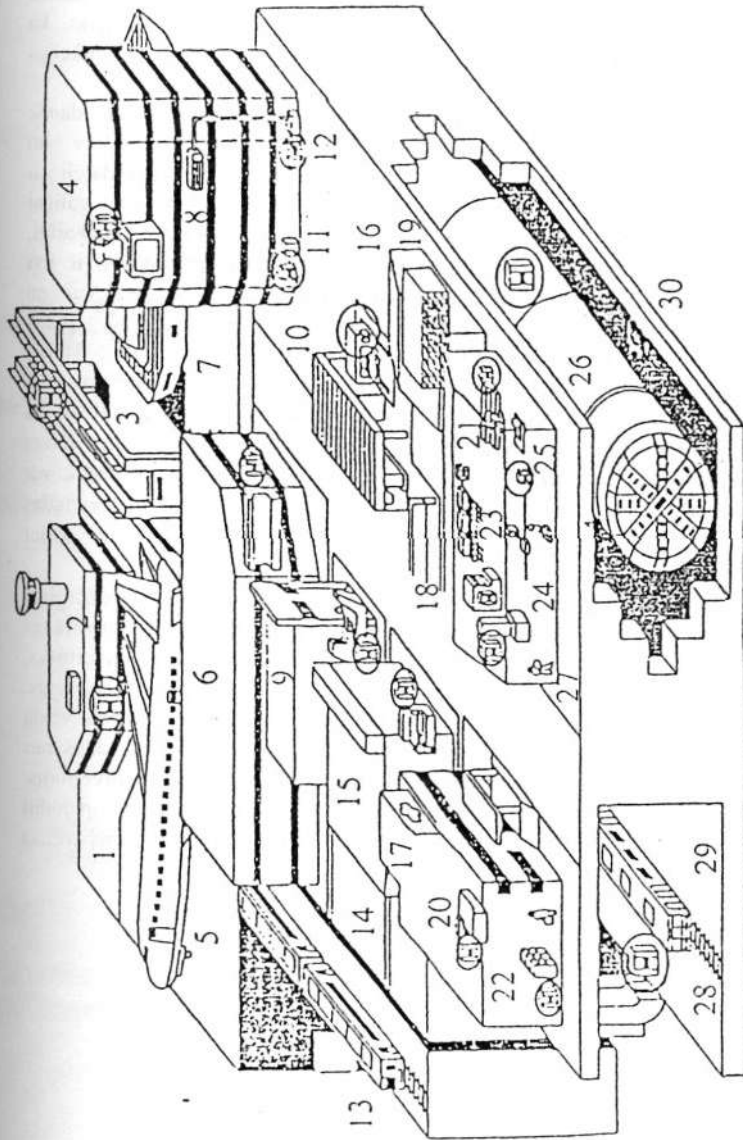
Zīm..1.1. Elektromehāniskās pārveidošanas "trīs vaļi"

metodes un paņēmienus kā optimizēt elektromehāniskās pārveidošanas iekārtas samazinot to izmaksas, ļaujot racionāli izmantot elektroenerģiju un viegli automatizēt jebkurus ražošanas un ekspluatācijas procesus.

Attēlā, kas dots Zīm.1.2., pārdēvētas dažas energoelektronikas iekārtu pielietojumu sfēras. Šeit ir apskatītas vietas, kur lieto vidējās un lielas jaudas elektroenerģijas patērētāji iekārtas, kuru sastāvā ietilpst spēka pusvadītāju pārveidotāji. Zīm.1.2. ciparu apzīmējumu atšifrējums ir sekojošs:

- 1-lidosta,
- 2-skrejceļa apgaismojums,
- 3-ceļamkrāns,
- 4-ēka,
- 5-lidmašīna,
- 6-universālveikals,
- 7-kuģis,
- 8-lifts,
- 9-kosmonautu treniņkomplekss,
- 10-autostāvvietā,
- 11-sūknis,
- 12-gaisa kondicionētājs,
- 13-vilciens ar gaisa spilvenu,
- 14-autostrāde,
- 15-tipogrāfija,
- 16-automašīnu mazgātuve,
- 17-slimnīca,
- 18-metālu un plastikātu pārstrādes ražotne,
- 19-daudzstāvu stāvvietā,
- 20-rentgenstaru caurskates iekārta,
- 21-robots,
- 22-veļas mazgājamā mašīna,
- 23-konveijers,
- 24-roku žāvētājs,
- 25-elevators,
- 26-aizsargiekārta
- 27-rūpnīca,
- 28-metro,
- 29-pazemes tunelis,
- 30-komunikāciju šahta

Rūpnieciskajā ražošanā automatizācija ir galvenā metode kā samazināt ražošanas izmaksas racionāli lietojot dažādus enerģijas nesējus. Protams, atsevišķās darba vietās cilvēka roku darbs patērētu

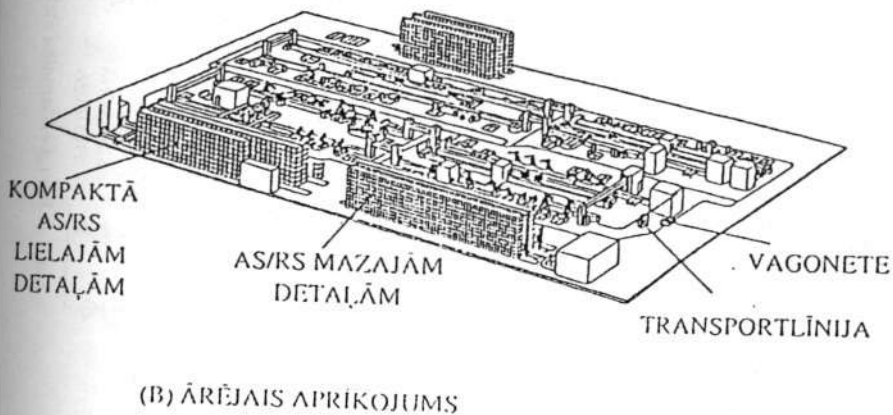
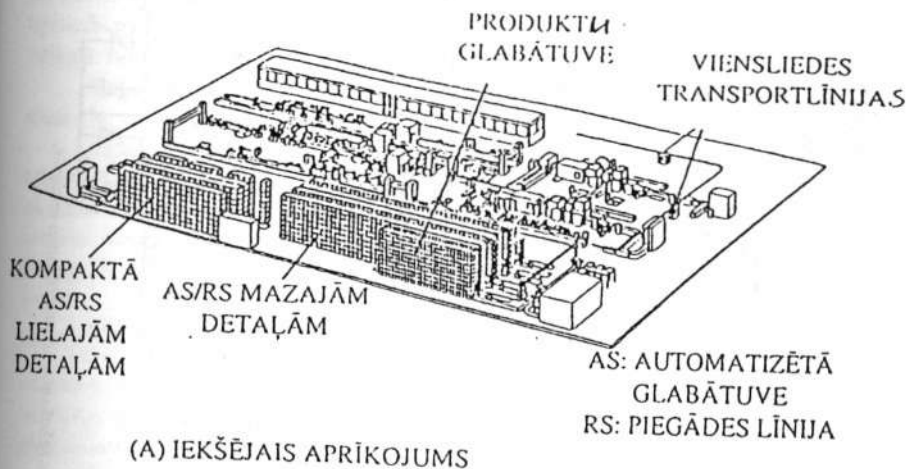


Zīm.1.2. Pielietojuma sfēras, kur izmanto energoelektroniku.

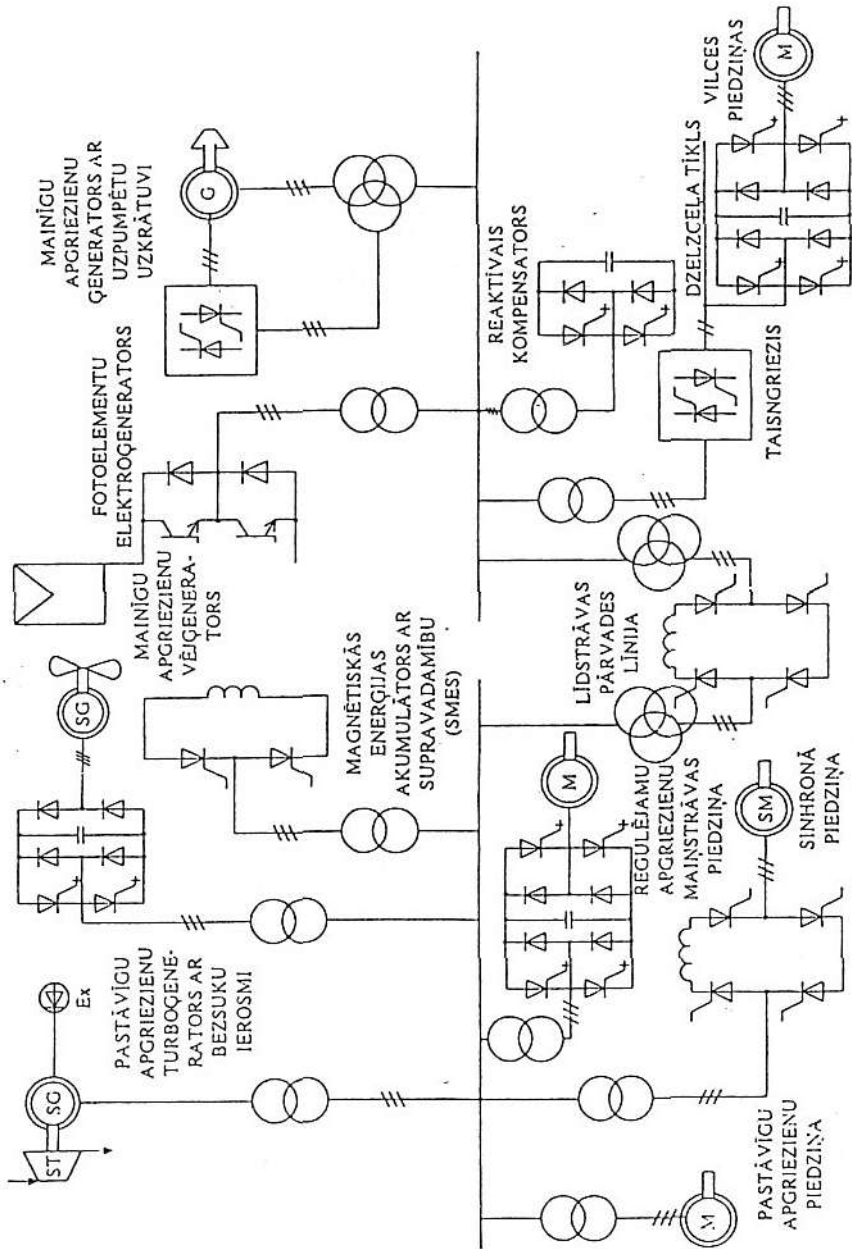
mazāk elektroenerģijas detaļas izgatavošanas procesā, bet pieskaitot apgaismošanas, apsildīšanas un pārējās izmaksas, var droši teikt, ka pilnīgi automatizētas rūpnīcas tērē mazāk elektroenerģiju produkcijas ražošanai.

Zīm 1.3. ir parādīta pilnībā automatizēta rūpnīca, kur daudz izmanto energoelektronikas iekārtas. Ražošanas līnija sastāv no rūpnieciskās automātikas sekcijām materiālu un detaļu piegādei, daļēji vai pilnīgi apstrādātiem materiāliem, produktu starppapstrādei un galīgai apstrādei. Katra sekcija normālā režīmā darbojas neatkarīgi, decentralizētā sistēmā. Tiklīdz kādā sekcijā režīms ir traucēts, ir ļoti svarīgi, lai tas neradītu nelabojamas sekas blakusekcijās. Vai nu traucētās sekcijas vietā jāieslēdz dežūrsekcija, vai arī jāliek blakusekcijām veikt dežūrsekcijas vai drošības pasākumus, kamēr traucējumi nav novērsti. Šādā pilnībā automatizētā ražotnē var būt nepieciešamas rūpnieciskās automātikas līnijas, kas pilnībā balstās uz energoelektronikas un sarežģītām vadības tehnoloģijām, kuras ietver mākslīgā intelekta veiktu diagnostiku un dežūrsekcijas. Rūpnīcā var uzstādīt arī robotu - meistar, kas seko sekciju darbībai un dod komandas traucētai sekcijai un blakusekcijām, lai tās varētu nekavējoties pāriet dežūrrežīmā.

Energoelektronikas iekārtas ļoti plaši izmanto elektroenerģijas patērētājiekārtās enerģijas plūsmas regulēšanai. Elektriskajā maiņstrāvas piedziņā lieto frekvences pārveidotājus, invertorus, ciklokonvertorus, sprieguma regulātorus un asinhronās ventīļu kaskādes pārveidotājus. Līdzstrāvas piedziņā plaši izmanto vadāmos taisngriežus un dažāda veida sprieguma impulsu regulātorus. Bet arī elektroenerģijas ražošanas iekārtās arvien vairāk izmanto energoelektronikas ierīces (invertorus, frekvences pārveidotājus un taisngriežus). Tā Zīm. 1.4. ir parādīti energoelektronikas pārveidotāju pielietošanas piemēri kā elektroenerģijas ražošanas, tā patērēšanas iekārtās.



Zīm.1.3. Pilnībā automatizēta rūpnīca.





## 1.2. ELEKTROENERĢIJAS PATĒRĒTĀJIEKĀRTAS PAKALPOJUMU SFĒRĀ

Par pakalpojumu sfēras objektiem varētu nosaukt celtnes un telpas, kur dažādām vajadzībām lieto elektroenerģiju, bet tajās nenotiek ražošanas tehnoloģiskie procesi, un tur neatrodas dzīvokļi. Tā, piemēram, tipiskas pakalpojumu sfēras elektroenerģijas patērētājiekārtas ir ofisā, veikalā, bibliotēkā, kultūras iestādē un skolā.

Tirgus piedāvā ļoti plašu biroja tehnikas izvēli kā no funkcionālā viedokļa, tā no ražotāju puses.

Iegādājoties biroja tehniku, lietotājs vadās no vairākiem faktoriem: tehniskās īpašības, dizains, krāsa, izmēri un citi. Domājot par ekspluatāciju izmaksu samazināšanu, vajadzētu vienmēr ņemt vērā biroja iekārtai nepieciešamo elektrisko jaudu. Praktisks lietotājs vienmēr izvēlas līdzīgu īpašību un klases iekārtas ar mazāku nepieciešamo elektrisko jaudu.

Kādas iekārtas lieto birojos?

Cik daudz elektroenerģijas gadā patērē ofisā un cik tas izmaksā?

Atbildot uz šiem jautājumiem, vispirms aplūkosim Zīm. 1.5., kur parādītas galvenās biroja tehnikas un sadzīves tehnikas iekārtas, kas ir elektroenerģijas patērētāji.

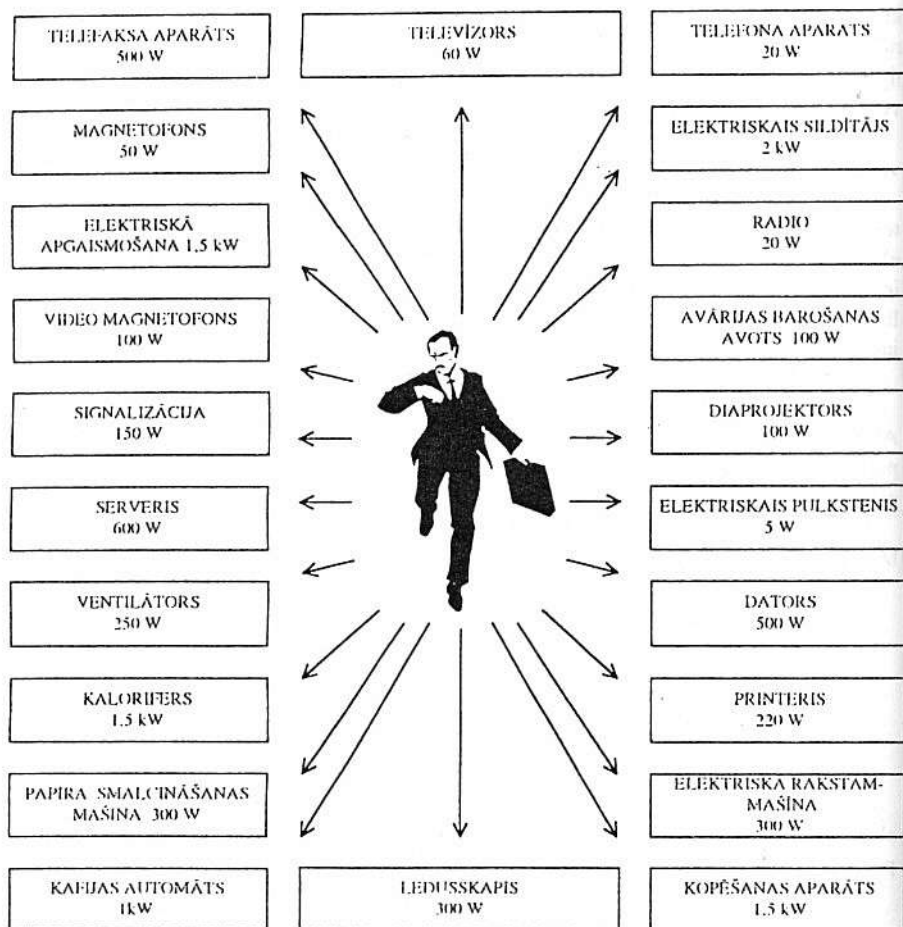
Var aprēķināt nosacīto elektroenerģijas patēriņu un nepieciešamās izmaksas ofisā. Ir jāizvēlas ofīsa telpu lielums un strādājošo skaits.

### OFISA ELEKTROENERĢIJAS IZMAKSU APRĒĶINA PIEMĒRS

Izejas dati: uzņēmuma birojā strādā 5 cilvēki ir 3 darba istabas,  
maza virtuvīte, tualete un neliela konferenču telpa.

Nedēļā ir piecas darba dienas ar darbalaiku no  
9<sup>00</sup> līdz 18<sup>00</sup>. Gadā ir 114 brīvdienas.

Tabulā tiek apkopoti dati par lietojamās iekārtas jaudu, iekārtu skaitu, nosacīto darba stundu skaitu dienā un aprēķinātais elektroenerģijas patēriņš dienā.



Zīm.1.5. Biroja elektropatērētājīkārtas

## Ofisa elektroenerģijas patēriņa tabula

Ierīces nosaukums	Jauda (W)	Ierīču skaits (gab.)	Darba stundas vidēji dienā	Dienā vidēji patērētā elektroenerģija (Wh)
dators	400	5	8	16 000
kopēšanas aparāts	1500	2	3	9 000
printeris	220	3	4	2 640
telefaksa aparāts	500	1	8	4 000
telefons	20	4	8	640
serveris	500	1	24	12 000
elektriskā rakstāmmašīna	300	1	3	900
nepārtrauktās barošanas avoti	100	1	24	2 400
ledusskapis	50	4	8	1 600
kalijas automāts	500	1	8	4 000
papīra smalcināšanas mašīna	500	1	2	600
radio	10	2	9	180
video magnetofons	200	1	1	200
televīzors	60	1	2	120
diaprojektors	200	1	1	200
kalorifers	1500	3	3	13 500
elektriskais pulkstenis	5	1	24	120
ventilators	250	3	4	3 000
elektriskais sildītājs	2000	3	3	18 000
signalizācija	150	1	15 + 114 brīvdienas	2250
elektriskā apgaismošana	2 000	1 komplekts	6	12 000

vidēji dienā kopā: 107 350 Wh = 107,350 kWh

Ja pieņem, ka gadā ir 251 darba diena, tad elektroenerģijas patēriņš ofisā pie esošā aprīkojuma un nosacīto darba stundu skaita ir

$$A_{o.g} = 107,350 \cdot 251 + (0,150 \cdot 24) \cdot 114 = 27\,355,25 \text{ kWh}$$

Nemot vērā Latvenergo noteikto elektroenerģijas tarifu 0,039 Ls par 1 kWh (bez PVN 0,03305 Ls par kWh), ir aprēķinātas šāda pakalpojumu uzņēmuma izmaksas par patērēto elektroenerģiju gadā

$$E_{o.g} = A_{o.g} \cdot 0,039 = 27\,355,25 \cdot 0,039 = 1066,85 \text{ Ls}$$

Bet elektroenerģijas patēriņš ofisā mēnesī ir

$$A_{o.m} = A_{o.g} / 12 = 27\,355,25 / 12 = 2\,279,61 \text{ kWh}$$

un uzņēmuma izmaksas par patērēto elektroenerģiju mēnesī ir

$$E_{o.m} = A_{o.m} \cdot 0,039 = 2\,279,61 \cdot 0,039 = 88,9 \text{ Ls}$$

Šis vienkāršotais aprēķins parāda, ka apgaismojuma nodrošināšanai tiek patērēti 11,5% no visas izlietotās elektroenerģijas, bet gaisa padeves un siltuma komforta nodrošināšanai 28,9%.

Tāpēc, lai racionāli izmantotu elektroenerģiju un samazinātu izmaksas, liela nozīme ir racionālai apsildīšanai un precīzai gaismas ķermeņu izvēlei, nodrošinot optimālu apgaismojumu darba vietās.

### 1.2.1. APGAISMOJUMA IEKĀRTAS

Gaismas ķermeņi iedalās pēc to pielietojuma vietas un nozīmes.

Eksistē sekojoša klasifikācija.

1. Dekoratīvie gaismas ķermeņi, kas paredzēti individuālas un publiskas lietošanas interjēram (uzkarināmie un iebūvētie).
2. Sporta objektu gaismas ķermeņi.
3. Ražošanas telpu gaismas ķermeņi.
4. Ārējā apgaismojuma ierīces (parku, ceļu, ielu gaismas ķermeņi, prožektorī).
5. Šovbiznesa specializētie gaismas ķermeņi.
6. Papildiekārtas.

Dekoratīvajos gaismas ķermeņos noteicošais ir apdare. Izgatavo arī virziena un kritošās gaismas un apgaismojuma ierīces. Gaismas ķermeņu veidi ir sekojoši:

1. Halogēnu lampas (rekomendē pielietot līdz 200W);
2. Kvēlspuldzes (līdz 100W);
3. Aukstās gaisma lampas (20÷50W, nepieciešams papildus transformators)
4. Metālhalogēna lampas (līdz 70W);
5. Dzīvsudraba lampas (50 ÷80W);
6. Stieņveida dienas gaismas lampas (līdz 28W, parasti iemontē griestos ar papildus transformatoru, paredzētu 220V tīklam, vai bez transformatora 12V);
7. Luminescences lampas LL (16÷38W).

Ir speciāli iemontētie gaismas ķermeņi virtuvei ar taimeri un rozeti (LL=15,18,30,36 W), vannas istabai ar sazēmētu rozeti elektroskuveklim (18÷36W). Ir uzliekamie un piekarināmie ofisu gaismas ķermeņi (LL=36÷58W). Tiek lietots arī nepārtrauktais gaismas celiņš (18÷58W).

Specializētam apgaismojumam paredzētus gaismas ķermeņus izmanto sportu būvju apgaismošanai. Te izšķir informatīvi norādošās gaismas ķermeņus (LL=36÷58W) un pakāpeniskās apgaismošanas ierīces - izlādes lampas (parasti 8W).

Ražošanas telpu gaismas ķermeņi paredzēti tieši ražošanas procesa optimizācijai un tāpēc ir nepieciešams ļoti labs apgaismojums. Te pārsvarā tiek izmantoti vidēja platuma gaismas ķermeņi, vai platie ar matējumu. Visvairāk izmanto luminescences lampas un izlādes lampas (līdz 400W) vai kvēlspuldzes (līdz 60W).

Ārējam apgaismojumam parasti lieto dzīvsudraba lampas (Hg līdz 125/80W), augsta spiediena lampas (NaH līdz 100W), augsta

spiediena cilindriskas lampas (NaH-T līdz 70W), kvēlspuldzes (Glmax līdz 150W), halogenās lampas (līdz 500W). Šādi gaismas ķermeņi pēc formas iedalās parastajos un sfēriskajos.

Ir dažādi prožektoru veidi, bet ja tajos izmanto cilindriskās halogēnu lampas (200÷1500W), tad tie iedegas un dziest momentāni.

Gaismas ķermeņu papildiekārtas sastāv no komutācijas ierīcēm un to vadības sistēmām.

### 1.2.2. ELEKTRISKĀS APSILDES IEKĀRTAS.

Elektriskā apsilde ir viena no vispopulārākajām alternatīvām kā no vides, tā no taupības viedokļa. Elektriskie sildītāji ir viegli uzstādāmi un tajos nerodas sodrēji un citas indīgas vielas. Atšķirībā no citiem siltuma avotiem, tie izmanto enerģiju pilnībā: 100% no visas dotās enerģijas tiek izstarota siltumā. Ja elektriskiem sildītājiem ir elektroniskie termostati, kas mēra telpas temperatūru, tad pie vēlamās temperatūras, radiators izslēdzas un tas ietaupa elektroenerģiju.

Ir speciālās sistēmas ( piemēram, NOBO Orion 512 ), kas ir izmantotas mājas elektriskai apsildei. 12 kanāli dod iespēju kontrolēt mājas 12 "zonas" neatkarīgi vienu no otras. Te viens vadības kanāls kontrolēs temperatūru dzīvojamā istabā, otrs - sildītāju kabeļus vannas istabā, trešais vadīs mājas ārējā apgaismojuma ieslēgšanu un izslēgšanu utt. Tas viss notiek iestādītā laikā, ko var mainīt, bez tam kanālus iespējams programmēt atsevišķi katrai nedēļas dienai. Kad mājās neviena nav, var iestādīt gaismas ieslēgšanas un izslēgšanas programmu konkrētām istabām, tāpat arī ieslēgt stereo sistēmu vai citu iekārtu noteiktā laikā.

Lai apsildītu grīdu, izmanto speciālo pašregulējamo apsildāmo kabeļi, kuru var uzstādīt gan uz iekšējām, gan ārējām sienām. Kabeļi var ieslēgt un izslēgt ar parastu slēdzi un tā jaudu var automātiski regulēt. Kabeļus var izmantot kā zem koka grīdas, tā arī zem betona, jo tas ir ugunsdrošs.

### 1.3. ELEKTROENERĢIJAS PATĒRĒTĀJI MĀJSAIMNIECĪBĀ

Mājsaimniecības nozare aptver visus elektroenerģijas patērēšanas veidus un iekārtas, ko iedzīvotāji lieto savos dzīvokļos un personīgajās mājās, lai veidotu sev vajadzīgo komfortu, gatavotu ēdienu, rūpētos par tīrību, audzinātu bērnus un nodarbotos ar vaļaspriekiem. Caumērā 2/3 no sava mīža cilvēki pavada mājās un vairāk vai mazāk, bet izmanto elektroenerģiju. Dažu sadzīves iekārtu tehniskie dati ir doti 1.pielikumā.

No lielā sadzīves tehnikas piedāvājumu klāsta ir izvēlētas tipiskākās elektropatērētājiemkārtas un parādītas Zīm.1.6.

Protams, reti kurā dzīvoklī vai mājā būtu atrodama pilnīgi visa sadzīves tehnika, bet cilvēku dzīves līmenim paaugstinoties, šo elektropatērētājiemkārtu skaits pieaug.

#### Aprēķināsim nosacīto elektroenerģijas patēriņu labi situēta pilsoņa dzīvoklī.

Kopā visām elektriskām ierīcēm (ja dzīvoklī katra ierīce ir pa vienai) nepieciešama jauda 25850 W (25,85 kW)

Ja visas elektriskās ierīces strādātu visu gadu nepārtraukti tad kopā vajadzētu izlietot 22644,6 kWh elektroenerģijas. Tā, protams, nenotiek. Ja, piemēram, ģimenē ir 4 cilvēki (piecu istabu dzīvoklis) un visas ierīces strādā tikai savu noteikto lietošanas laiku, tad aprēķins varētu būt sekojošs:

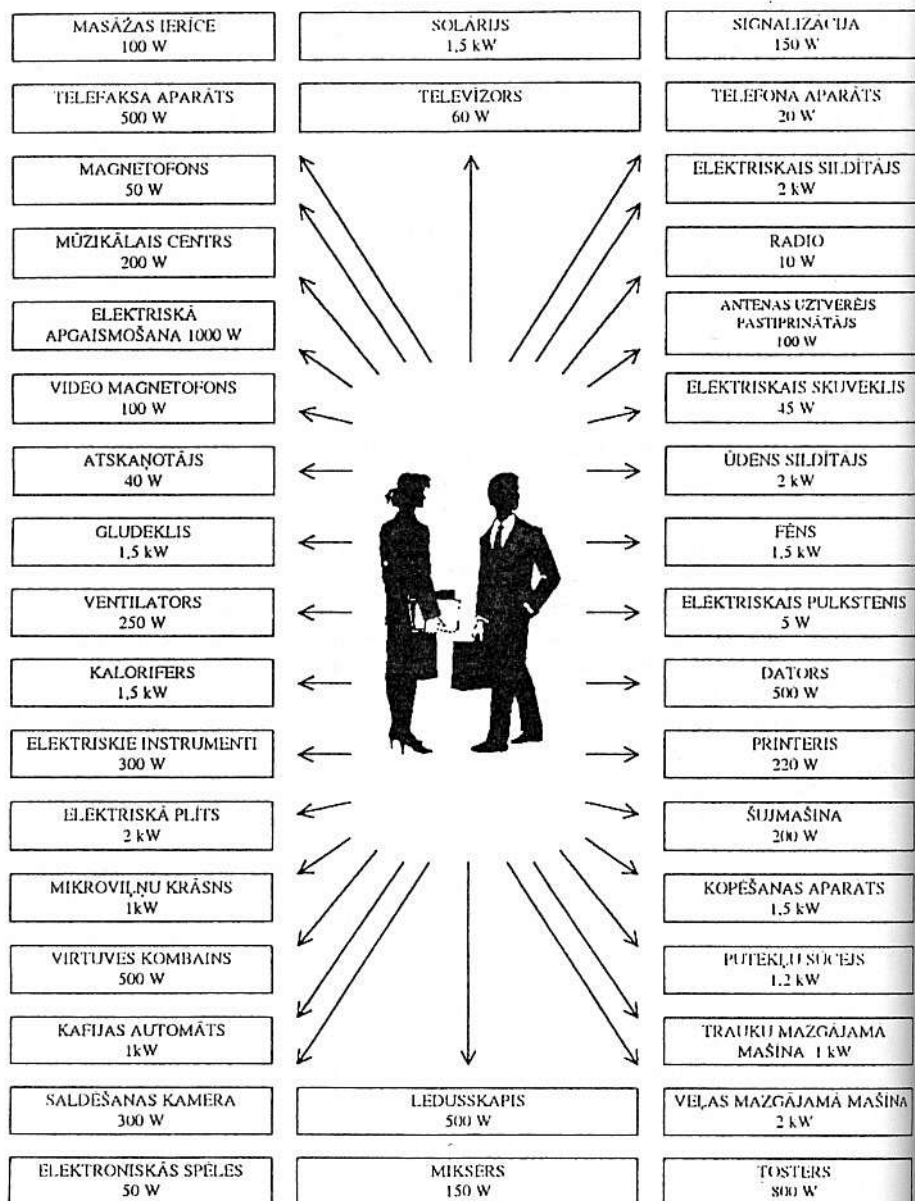
magnetafons, muzikālais centrs, atskaņotājs, televīzors, video magnetafons, antenas uztvērējs-pastiprinātājs darbojas 2 stundas diennaktī katru dienu un gada patēriņš ir 401,5 kWh;

ledusskapis un saldēšanas kamera strādā 24 stundas diennaktī, kas gadā sastāda 7008 kWh gadā;

telefons, elektriskais pulkstenis strādā visu laiku un patērē 219 kWh gadā;

kalorifers un ūdens sildītājs strādā vidēji 2 stundas dienā un elektriskais sildītājs darbojas vidēji 3 stundas dienā, kas sastāda gadā 4745 kWh ;

kopēšanas aparāts, printeris, dators varētu darboties vidēji 2 stundas dienā, kas gadā patērē 1620,6 kWh;



Zīm.1.6. Dzīvokļa vai individuālās mājas iespējamās elektropatērētājiekārtas



elektriskais skuveklis, tosters, mikšers, fēns, gludeklis ir ieslēgti vidēji aptuveni 15 min. dienā un gadā patērē 364 kWh;

veļas mazgājamā mašīnas strādā 5 stundas nedēļā, kas gadā sastāda 521 kWh;

puteķļu sūcējs, elektriskie instrumenti tiek ieslēgti 4 stundas nedēļā un gadā iznāk 312 kWh;

virtuves kombains, trauku mazgājamā mašīna, elektriskā plīts, mikroviļņu krāsns, kafijas automāts darbojas 4 stundas diennaktī katru dienu un gadā izmanto 8030 kWh;

masāžas ierīce, solārijs varētu darboties 1 stundu katru nedēļu, kas kopā ir 1,65 kWh;

šujmašīna ieslēgta 4 stundas nedēļā un gadā patērē 41,7 kWh;

ventilators ieslēgts vidēji 1 stundu diennaktī un patērē gadā - 91,25 kWh;

telefaksa aparāts varētu darboties 30 minūtes katru diennakti un gadā patērētu - 91,25 kWh;

elektriskā apgaismošana ieslēgta 6 stundas diennaktī un patērē 2190 kWh gadā;

elektroniskās spēles tiek spēlētas vidēji 1 stunda diennaktī kas sastāda 18,25 kWh gadā;

signalizācija tiek ieslēgta 10 stundas diennakti un gadā patērē 547,5 kWh gadā.

Kopējais elektroenerģijas patēriņš dzīvoklī gada laikā ir:

$$A_{dz.g.} = 26203,3 \text{ kWh,}$$

kas izmaksātu dzīvokļa saimniekam

$$E_{dz.g.} = A_{dz.g.} \cdot 0,039 \text{ Ls} = 1021,9 \text{ Ls.}$$

No šīs summas maksa par apgaismojumu sastāda ap 8,5 %, bet maksa par apsildīšanu 12,5 %.

Līdzīgi var aprēķināt nosacīto elektroenerģijas izmaksu līmeni individuālā dzīvojamā mājā.

Pieņemam, ka mājas kopplatība ir 200 m<sup>2</sup> (virtuve+piecas istabas).

Kopējais elektroenerģijas patēriņš mājā pie visiem nepārtraukti ieslēgtiem aparātiem dienā bez apgaismošanas ir 65,79 kWh; bet gadā - 24013,3 kWh ( risinājums parādīts dzīvokļa aprēķinā).

Tas ir milzīgs patēriņš, tāpēc, protams, jāievēro katras ierīces darbības laiks, lai noteiktu aptuvenas izmaksas par elektroenerģiju.

Bet mājā, neskaitot tās ierīces, kuras jau ir dzīvoklī, vēl ir:

otrs telefons	20 W, kas strādā visu laiku un gadā
iznāk: 175,2 kWh;	
otrais ūdens sildītājs	3 kW, kas strādā 2 stundas dienā un
gadā patērē 2190 kWh;	
vēl divi elektriskie sildītāji	2 kW, kas darbojas vidēji 3 stundas
dienā un gadā patērē 4380 kWh;	
otrs televīzors	50 W, kas darbojas 2 stundas dienā
un gadā tērē 36,5 kWh;	
elektriskā apgaismošana	2,5 kW dienā vidēji ieslēgta 6 stundas,
kas gadā tērē 5475 kWh;	
elektriskais sūkņis	1,5 kW strādā 1 stundas dienā un gadā
tērē 547,5 kWh;	

Kopā gadā individuālā mājā var izlietot  $A_{m.g} = 36817,5$  kWh elektroenerģijas, kas saimniekam izmaksātu:

$$E_{in.g} = A_{m.g} * 0,039 \text{ Ls} = 1435,8 \text{ Ls.}$$

No šīm izmaksām ap 15 % sastāda maksa par apgaismojumu un ap 20 % - maksa par apkuri.

## 2. ELEKTROENERĢIJAS TAUPĪGAS LIETOŠANAS METODES UN PAŅĒMIENI

Elektroenerģijas ražotāji cenšas saražot to aizvien vairāk un pārdot ar pēc iespējas lielāku peļņu. Savukārt elektroenerģijas patērētājs izvēlas lētāko piegādātāju, lai, apmierinot savas vajadzības, maksātu pēc iespējas mazāk. Šis ir brīvā tirgus pamatlikums, kas būtībā nosaka arī patērētājiekārtu tehniskās attīstības pamattendences.

Tātad elektroenerģijas patērētāja interesēs ir iegādāties arvien jaunākas un modernākus elektroiekārtas ar augstāku lietderības koeficientu, drošību un intelekta līmeni.

Lietderības koeficientu tādām elektroiekārtām, kā elektriskie dzinēji, cenšas paaugstināt izmantojot arvien progresīvākus magnētiskos un izolācijas materiālus, veidojot īpašas konstrukcijas un pielietojot jaunas vadības metodes.

Mikroelektronikas, energoelektronikas un elektromehānikas tehnoloģijas piedāvā jaunus energotaupošus produktus, kas ir jālieto tūlīt, lai veltīgi nešķiestu līdzekļus, ko var ieguldīt ražošanas attīstībai vai sadzīves apstākļu uzlabošanai.

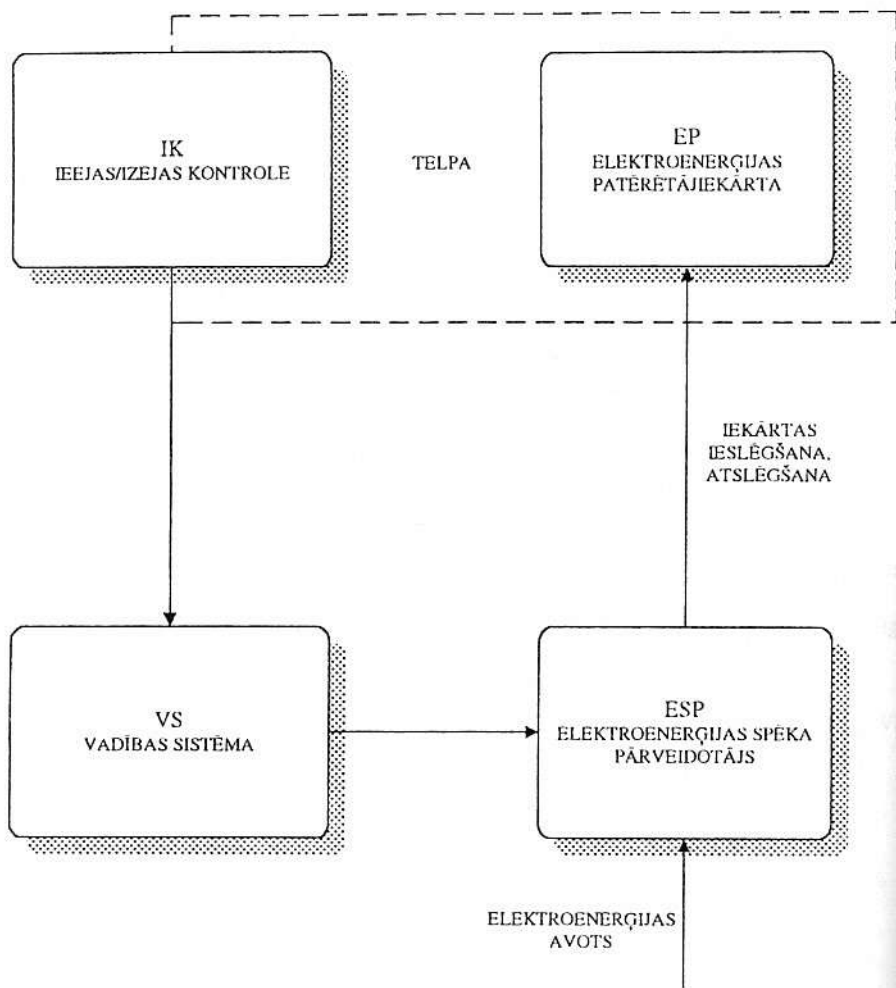
Runājot par elektroenerģijas taupīgas lietošanas metodēm, var izdalīt trīs sfēras:

- elektroenerģijas taupīgas izmantošanas pasākumi sadzīves un pakalpojumu uzņēmējdarbības jomās kas veidoti uz mikroelektronikas elementu bāzes;
- energoelektronika - galvenā metode ražošanas procesu efektivitātes celšanā un elektroenerģijas racionālā izmantošanā;
- alternatīvie enerģijas avoti - papildlīdzeklis daļēja enerģijas patēriņa apmierināšanai un izmaksu samazināšanai.

### 2.1. ENERGOTAUPOŠAS METODES PAKALPOJUMU SFĒRĀ UN MĀJSAIMNIECĪBĀ

Dzīvojamo ēku telpās, kurās atrodas daudzas elektriskās ierīces, var taupīt elektrisko enerģiju. Piemēram, elektriskā spuldze, ventilators, vai kāda cita ierīce, ir nepieciešama tikai tad, ja telpā atrodas cilvēki, bet ja tajā neviena nav, tad ierīcei ir jābūt atslēgtai.

Šajā gadījumā tiek veidota elektroiekārtu darbības kontrole pēc lietotāja klātesamības principa, kuras struktūrshēma ir parādīta Zīm.2.1. Šajā shēmā elektroenerģijas patērētājiekārta (EP) tiek pieslēgta



Zīm.2.1. Elektroiekārtu darbības kontroles struktūrshēma pēc lietotāja klātesamības principa

elektroenerģijas avotam caur elektroenerģijas spēka pārveidotāju (ESP). ESP ir komutēšanas un regulēšanas iekārta, kuras vadību veic vadības sistēma (VS). Savukārt VS saņem komandu signālus no telpas ieejas/izejas kontroles devēju iekārtas (IK).

Elektroenerģijas patērētājiem vadība pēc lietotāja klātesamības principa veic divas operācijas:

- elektroiekārtas tiek ieslēgtas, kad cilvēks ieiet telpā;
- elektroiekārtas tiek atslēgtas, kad cilvēks iziet no telpas.

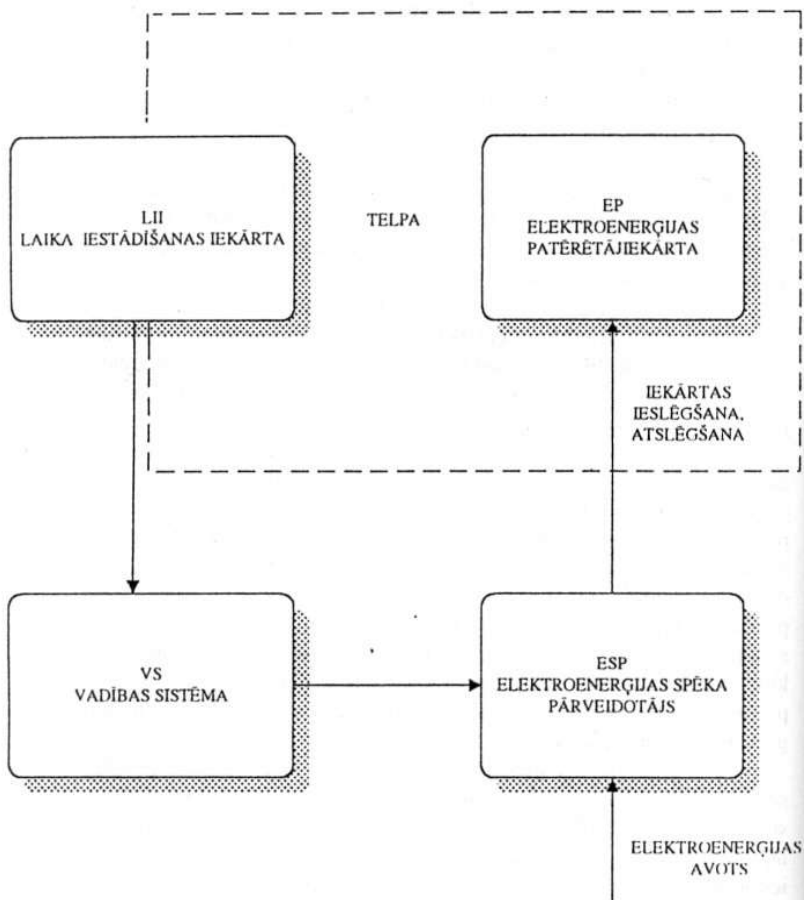
Ja elektroenerģijas lietotājiem ir stingrs režīms ar noteiktu darba laiku, vai arī cilvēki mājās ierodas vienmēr noteiktā laikā, tad ir iespējams vairākus vides parametrus (temperatūra, gaisa mitrums un padeve, arī apgaismojuma intensitāte un c.) regulēt pēc laika principa.

Elektroiekārtu darbības kontroles struktūrshēma pēc laika principa ir dota Zīm.2.2. Atšķirībā no iepriekšējās shēmas, šajā gadījumā telpā tiek ierīkota laika iestādīšanas iekārta (LII). LII ar taimeru vai laika releju palīdzību var iestādīt laiku, kad elektroenerģijas patērētājiem ir jāieslēdz un arī, kad tā automātiski ir jāizslēdz.

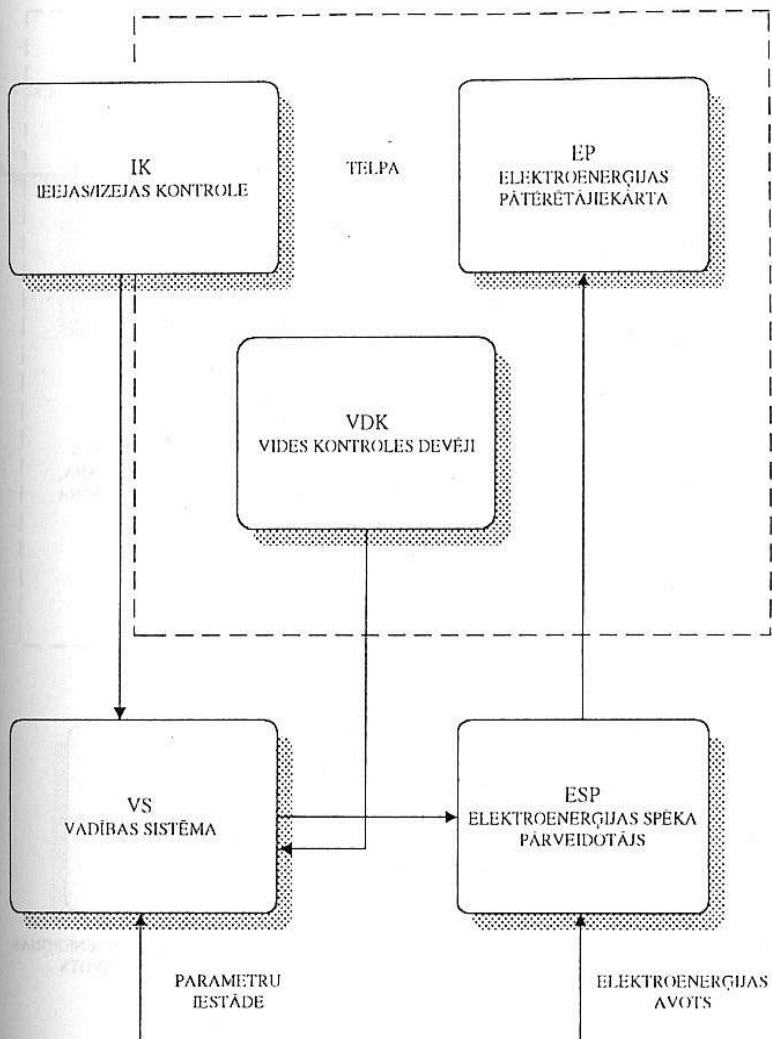
Kontrolējot telpā vairākus parametrus (apgaisme, temperatūra, gaisa plūsma) un sagatavojot iekārtas darbam, rodas nepieciešamība, cilvēkam ierodoties telpā, mainīt kontrolējamo parametru lielumu. Tā, piemēram, naktī ofisā telpas temperatūra un gaisa padeve var būt daudz zemāka nekā tad, ja tur uzturas cilvēki. Tāpēc ir izveidota elektroiekārtu darbības kontrole un jaudas regulēšana pēc lietotāja klātesamības principa. Tā Zīm.2.3. ir parādīta šī vadības principa struktūrshēma, kas atšķiras no Zīm.2.1. shēmas ar to, ka telpā papildus ir uzstādīti vides kontroles devēji (VDK) un ir nepieciešams tāds ESP, kas spētu veikt arī plūstošu jaudas regulēšanu. Piemēram, no cilvēku skaita telpā tiek mainīts gaisa padeves daudzums.

Ir iespējams arī plūstoši regulēt jaudu laika vadības principa shēmā. Elektroiekārtu darbības kontroles un jaudas regulēšanas struktūrshēma pēc laika principa ir dota Zīm.2.4. Šīs shēmas atšķirība no iepriekšējās ir tā, ka ieejas/izejas kontroles iekārta aizvietota ar laika iestādīšanas iekārtu LII. Piemēram, telpas temperatūra tiek sagatavota cilvēka vajadzībām uz tā atnākšanas laiku, ņemot vērā telpas sasilsanas inerci.

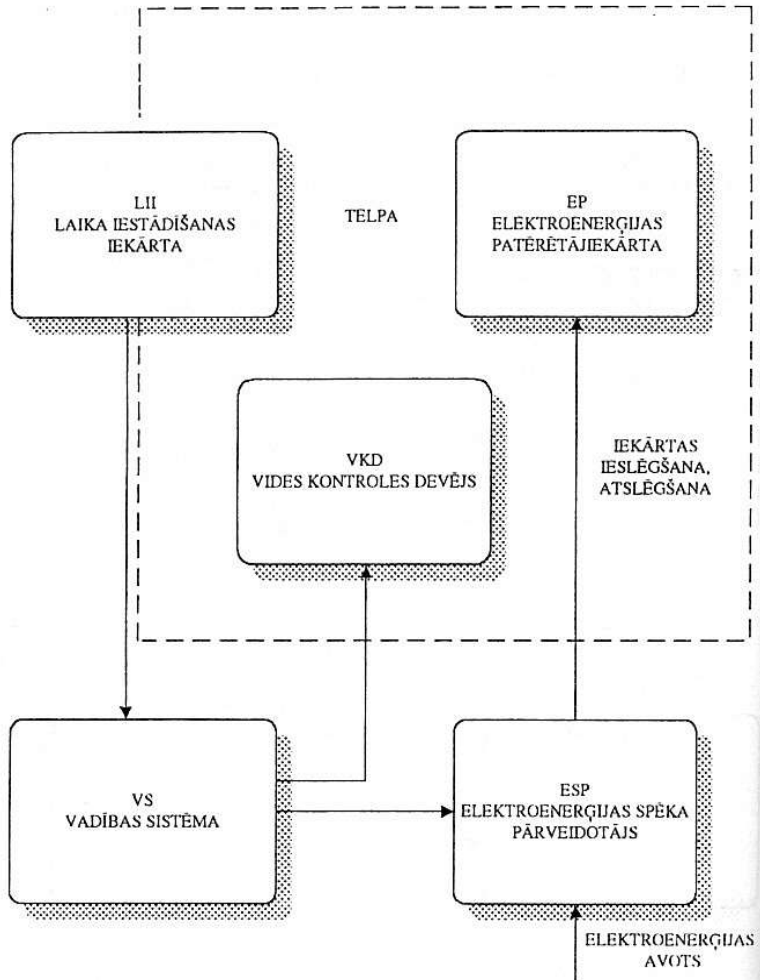
Lietošanas apstākļi nosaka telpu parametru kontroles sistēmu. Tā koplietošanas telpās (uzgaidāmās zāles, tualetes un c., kas darbojas visu diennakti, piemēram, lidostā) parasti lieto nepārtrauktas darbības vides parametru regulēšanas elektroiekārtas, kuras vadības struktūrshēma ir dota Zīm.2.5. Šajā gadījumā elektroenerģijas spēka pārveidotājs veic



Zīm.2.2. Elektroiekārtas darbības kontroles struktūrshēma pēc laika principa

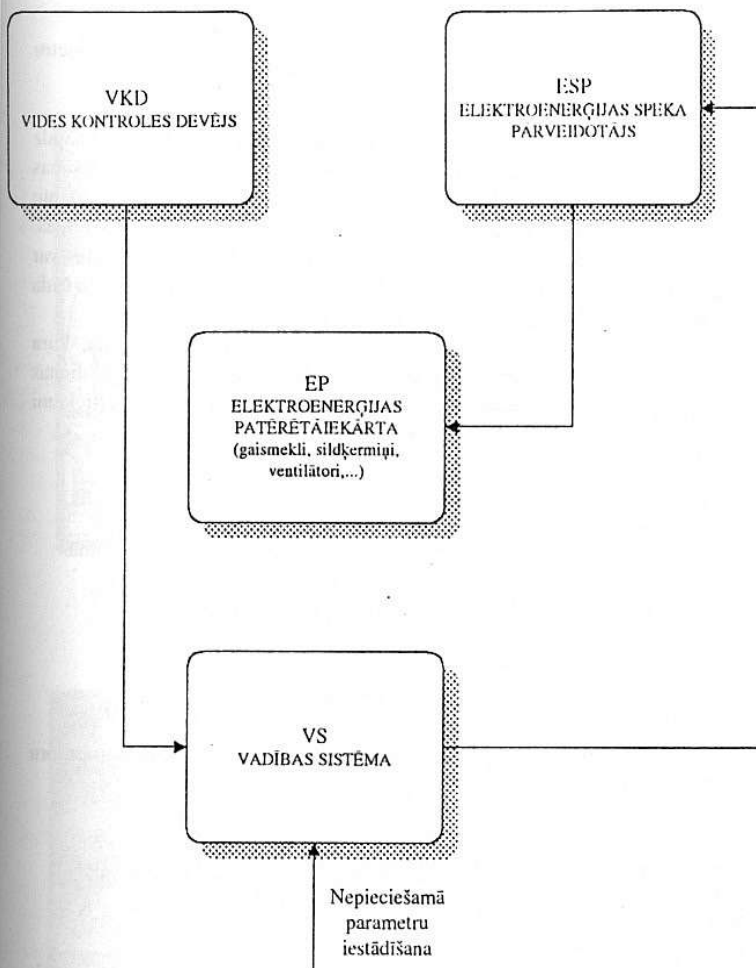


Zīm.2.3. Elektroiekārtu darbības kontroles un jaudas regulēšanas struktūrshēma pēc lietotāja klātesamības principa



Zīm.2.4. Elektroiekārtu darbības kontroles un jaudas regulēšanas strukturshēma pēc laika principa





Zīm.2.5. Vides parametru regulēšanas strukturshēma

nepārtrauktu elektroenerģijas regulēšanu nepieciešamo vides parametru uzturēšanai.

Mūsdienīgās ceļnēs komforta nodrošināšanai daudz elektroenerģijas tiek izmantots ventilācijas un gaisa kondicionēšanas iekārtās. Atsevišķās telpās un dzīvokļos vai ofisos bieži izmanto individuālas ventilācijas, kondicionēšanas un apsildes sistēmas. Elektroenerģiju var taupīt izveidojot visai ceļnei, kopīgu sistēmu, kas var radīt individuālus komforta apstākļus katrā telpā. Zīm.2.6. ir parādīta šāda visas ceļnes gaisa un siltuma apgādes sistēma.

Zīm.2.7. parādīta apgaismes racionālas regulēšanas sistēma, kura dod iespēju ietaupīt līdz 80% elektriskās enerģijas. Ierīces reaģē uz dienas gaismas intensitāti un atslēdz apgaismojumu istabās tad, kad ir pietiekami gaiši, kā arī pieslēdz tad, kad paliek tumšāks par pieļaujamo.

- Zīm. 2.7. ir parādīti:
1. gaismas sensors;
  2. gaismas kontroles modulis;
  3. darbnieka klātesamības devējs (infrasarkanās gaismas distancas kontroles ierīces piestiprinātas ofisa telpā pie galdiem);
  4. pārslēgšanas iekārta;
  5. barošanas iekārta;
  6. sēriālais interfeis.

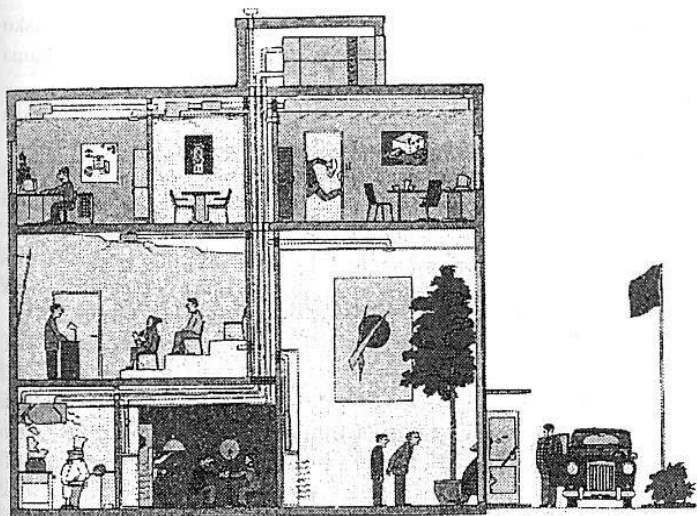
Šādu apgaismes optimālas kontroles sistēmu vada mikroprocesoru kontrolieris.

### Daži pasākumi, kas veicami elektriskās enerģijas racionālai izmantošanai mājāsaimniecībā

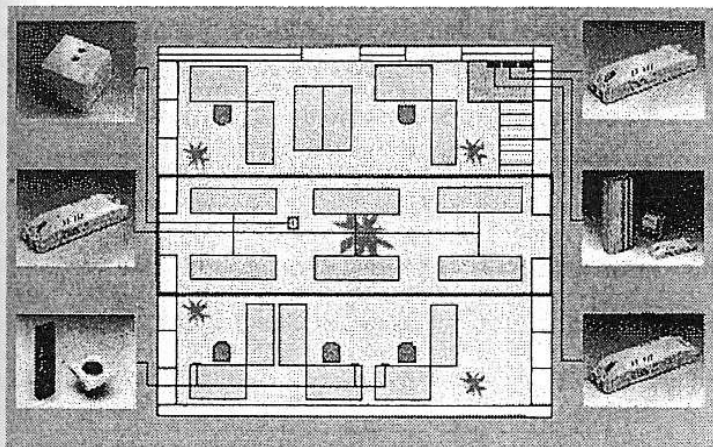
Elektrisko apgaismojumu var optimizēt arī kāpnētelpās: kamēr cilvēks iet pa kāpnēm līdz savam dzīvoklim, spuldzes deg, bet ieejot dzīvoklī tās nodziest (lietotāja klātesamības princips).

Var iegādāties ledusskapi, kuram iedarbojas skaņas signalizācija, ja durvis paliek vaļā.

Var ietaupīt elektroenerģiju sekojošā veidā: kamēr dzīvoklī neviena nav, visi elektriskie sildītāji ir atslēgti. Bet ja kāds no dzīvokļa iemītniekiem, braucot mājās, piezvina pa telefonu un uzgriež speciālu kodu - ieslēdzas elektriskie sildītāji un pārnākot mājās dzīvokļa temperatūra ir normāla (laika princips).



Zīm.2.6. Istabu temperatūras un gaisa cirkulācijas kontrole mājā.



Zīm. 2.7. Dažādu sensoru un gaismas kontroles ierīču izvietošana ēkas istabās.

Ieteicams izmantot elektriskos ūdens sildītājus, kuri sasilda ūdeni līdz vajadzīgajai temperatūrai.

Viens no efektīvākajiem dzīvokļu apsildes variantiem ir elektrisko apsildāmo grīdu izmantošana, kas var darboties arī kā siltuma akumulāori.

Ieteicams lietot iekārtu, kad, ieslēdzot televizoru, automātiska ierīce istabā samazina elektrisko apgaismojumu.

Daudzām sadzīves tehnikas ierīcēm jau ir iemontēts temperatūras devējs, kurš atslēdz ierīci gadījumā, ja tiek pārsniegta pieļaujamā temperatūra, piemēram, gludeklis. Tosteris, kaļķas automāts u.c. atslēdzas tad, kad tas ir izpildījis savu funkciju: maizītes ir gatavas, ūdens uzvārijies u.t.t. Mikroviļņu krāsnī ir taimers un produkti cepās tik ilgi, cik nepieciešams.

Atskaņotājam un magnetafonam ir iebūvēta iekārta, kas, skaņuplatei vai kasetei beidzoties, to atslēdz un pēc tam deg tikai kontrolspuldzīte, kuras enerģijas patēriņš ir ļoti niecīgs. Tas pats notiek arī televizorā - ja 45 minūšu laikā pēc pārraides beigām nesākas jauna pārraide, tas atslēdzas un deg tikai kontrolspuldzīte.

Tātad, lai reducētu izmaksas par elektroenerģiju, lietotājam jāveic virkne automatizācijas pasākumu, kā arī jācenšas iegādāties sadzīves tehnika ar iebūvētām elektrotaipišanas iekārtām.

## 2.2. ENERGOELEKTRONIKA - ENERGETAUPĪŠANAS METODE RAŽOŠANĀ

### 2.2.1. ENERGOELEKTRONIKAS ATTĪSTĪBAS TENDENCES

Energoelektronika ir starpdisciplīnu tehnoloģija, kas ietver enerģētiskās iekārtas, enerģijas pārveides ķēdes un vadības tehnoloģisko bāzi un pēdējos 35 gados tās ir strauji attīstījušās. Pielietojumu sfēras izvērsušās no mājsaimniecības līdz rūpniecām un kodolspēkstacijām. Jauninājumu un uzlabojumu rezultātā energoelektronika sasniegusi tehnoloģisku briedumu.

Energoelektronisko vadības sistēmu sasniegumi panākti patērētāja vēlmi un tehnisko iespēju mijiedarbībā. Tā tas būs arī nākotnē. Galvenie pētījumi un attīstība nākotnes vadības sistēmu laukā būs vērsti uz daudz augstāku līmeņa vadības tehnoloģiju izstrādi, kas var veicināt arī tīrāku enerģētiku un uzlabot vides un atmosfēras tīrību, nerunājot nemaz par augstu efektivitāti, zemu pašizmaksu, darbaspēka un enerģijas ietaupījumu un brīvāku telpu. Ja nākotnes vadības sistēmas risinās arī šāda veida problēmas, tad energoelektronikas vitālā loma nemazināsies. To sekmēs citu tehnoloģisko bāžu, piemēram, telekomunikāciju iekļaušanās šajā nozarē. Zīm. 2.8. parādīta energoelektronikas progresīvā attīstība [4.].

Sarežģītas vadības visaugstāko iespēju sasniegšanu, augsto lietderību un daudzfunkcionalitāti nodrošinājis veiksmīgs progresīvās tehnoloģijas un mākslīgā intelekta pielietojums, kam arī rādās visgaišākā nākotne. Galvenās vadības tehnoloģijas ir daudzparametru vadība, decentralizēta vadība, kooperatīvā vadība, divu brīvības pakāpju vadība, robots - meistars, pašregulācija, varbūtības loģiskā vadība, neirālais tīkls in intelektuālā diagnostika.

Tīrā enerģijas pārveidotāja izveide. Tīrais enerģijas pārveidotājs nodrošina vienotu jaudas koeficientu, neprasot augstu saskaņotības pakāpi. Tam jāvirza tīras enerģijas plūsma ar MOS tipa augstsprieguma tradicionālo pārslēgšanas frekvenci, kā arī ar augstu pārslēgšanās frekvenci mazām un vidējām enerģijas plūsmām. Tīram un augsti lietderīgam pārveidotājam nepieciešami jauninājumi un uzlabojumi IGBT, MOSFET un MOS tipa lieljaudīgu iekārtu darbībā līdz ar nevainojamu PWM pārslēgšanās signālu ģeneratoru, kura darbība tuvojas ideālai sinusoidai.

Kompakts, Vadības iekārtu skaita pārcelšana. Vadības iekārtu skaita pārcelšana prasīs enerģētisko un vadības iekārtu augstu integrāciju, kas ietver tīras dzesēšanas ierīces un jaunus elektriskos materiālus iekārtām ar spēcīgu magnētismu un lielu kapacitāti. Lieljaudīgo iekārtu lietderīgā izmantošanā neatsverami būs arī

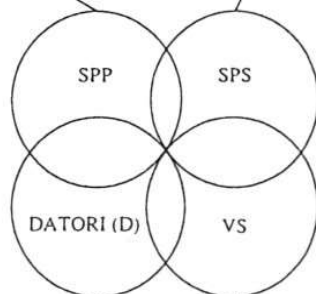
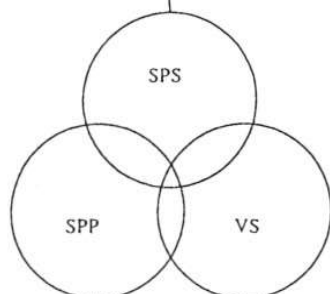
## ENERGOELEKTRONIKAS ATTĪSTĪBA.



OPTIKAS UN KVANTU ELEKTRONIKA;  
MIKROELEKTRONIKA;  
IZGATAVOŠANAS TEHNOLOĢIJA;

ESOŠĀS TEHNOLOĢIJAS EFEKTĪVA UN TĪRA ENERĢIJAS PĀRVEIDOŠANA

ESOŠĀS TEHNOLOĢIJAS MOS TIPS SPS IERĪCĒM IPM. MODELĒŠANA



ELEKTRONISKĀS KĒDES:  
ENERĢIJAS PĀRVEIDOŠANA UN PAVAIROŠANA;  
IZOLĀCIJAS MATERIĀLI;  
PĀRVADES VIDE

CIPARU VADĪBA;  
PROGRESĪVĀ VADĪBA;  
NEIRĀLIE TĪKLI,  
VARBŪTĪBA

KOMUNIKĀCIJAS FORMĀTS;  
DAUDZVEIDĪGĀS KOMUNIKĀCIJAS;  
PĀRVADES VIDE

ESOŠĀS VADĪBAS TEHNOLOĢIJAS;  
DECENTRALIZĒTĀ VADĪBA;  
KOOPERĀTĪVĀ VADĪBA

TAGADNE

NĀKOTNE

Zīm.2.8. Energoelektronikas attīstība

IC/HVIC ( augstsprieguma IC ) moduļi, kompakti gaismas vadi starp vadību un enerģētiskajām iekārtām, ūdens dzesēšana, tvaika dzesēšana un siltumvadi.

Ātrdarbīgi ciparu regulatori. Uz mikroprocesoru bāzes veidoti regulatoriem nepieciešama liela atmiņas ietilpība, lai tie varētu īstenot progresīvus un sarežģītus vadības algoritmus. PWM pārslēgšanas shēmām, progresīvai vadībai un vektorvadībai nepieciešami gan parastie datori, gan arī noteiktam uzdevumam paredzētas ASIC iekārtas.

Jaudīgas modeļēšanas programmas. Aizvien lielāka nozīme ir programnodrošinājumam, kas ļauj modelēt sistēmu kopumā un tās komponentes, kā arī testēt iekārtu komplektāciju [3].

Zinātnes, uzņēmējdarbības un rūpniecības prasībām pēc globālās saziņas līdzekļu izvēšanas un pilnveidošanas nav gala. Masu pieprasījums pēc dažnedažādiem saziņas līdzekļiem, kas pārsniedz tālrunu sarunas, faksa un datora iespējas, var izrādīties ierobežotāks un apstikt drīzāk, nekā gaidīts. Tad no jauna iznirs neatrisinātā un līdztekus tam neatlickamā enerģijas problēma un atkal piesaistīs sabiedrības uzmanību, kas tikai uz brīdi ir noplakusi.

Par laimi, pusvadītāju tehnoloģija, kas bijusi virzošais spēks tūlīt aiz revolūcijas informācijas apstrādē, piedāvā arī visdaudzveidīgākos līdzekļus elektroenerģijas izmantošanā. Galvenais šāda veida elements ir elektroniskie slēdži, kas vienlīdz plaši pārstāvēti gan sīkajās un integrētajās mikroshēmās, gan milzīgos transformatoros ar megavatu jaudu. Energoelektronika ietekmē pat parasto maiņstrāvas tīklu gan strāvas ražotāja, gan patērētāja pusē, kā parādīts Zīm. 1.3 "Energoelektronika elektroenerģijas ražošanas un patērēšanas iekārtas".

Blīvi apdzīvotās industriālās valstīs maiņstrāva ar pastāvīgu frekvenci un pastāvīgu spriegumu varētu arī turpmāk kalpot par elektroapgādes mugurkaulu, kam nākotnē tiek pieslēgti arī alternatīvās enerģijas avoti un visdažādākie patērētāji ar visaugstākajām un izsmalcinātākajām prasībām, bet tām, savukārt, nepieciešama enerģijas plūsmas elektroniskā vadība - daudzveidīgie vietējie enerģijas piegādes regulatori un frekvences modulatori.

Vairumam šo elektroenerģētisko ciklu nominālā enerģētiskā slodze ir zema, tāpēc ļoti svarīgi pasargāt tos no pārslodzēm. Tā kā tie reaģē milisekundēs, tad to nevar panākt ar rokas vadību. Tiem nepieciešama noslēgta kontūrvadība, kas reaģē uz svarīgāko parametru, piemēram, strāvas izmaiņām. Mūsdienās vadības sistēmas pārsvarā ir ciparu, kas veidotas no mikroelektronikas komponentēm, signāļprocesoriem vai īpašām integrētām ķēdēm: tās piedāvā plašas programnodrošinājuma iespējas kompleksas vadības nodrošināšanai, piemēram, maiņstrāvas

elektrodzinēja darbībā vai aktīvās un reaktīvās enerģijas samērošanai kompensatoru strāvas pārveidotājos. Lielas jaudas ieguvums kombinācijā ar ātrdarbīgu elektronisko jaudas pārveidotāju paver acumirkļīgas un neatkarīgas vadības iespējas pie tādām jaudām, kas nodrošinātu lielisku pamatu visaugstākā līmeņa enerģētikas regulēšanai.

Attīstība šajā virzienā, apvienojot energoelektroniku ar mikroelektronisko vadību, atjaunojusi interesi par enerģētiku, vismaz elektromehāniskās konversijas jomā. Zīm. 1.4. "Enerģijas elektromehāniskās pārveidošanas trīs vaļi" redzams, ka energoelektronikas vadību nevar atdalīt no tehnoloģiski mūsdienīgas signāla apstrādes: šīm lietām jāpiciet kā vienotai sistēmai.



## 2.2.2. REGULĒJAMAS MAIŅSTRĀVAS PIEDZIŅAS PROGRESĪVĀS VADĪBAS METODEDES

Lielākais elektropatērētājs ražošanā ir asinhronie dzinēji. Energoetaupošu pasākumu pamatā te ir regulējamas maiņstrāvas piedziņas pielietošana. Maiņstrāvas asinhronā piedziņā ieejas mainīgie parametri ir statora sprieguma lielums un frekvence, bet izejas mainīgie parametri var būt griešanās ātrums, rotora pagrieziena leņķis un griezes moments. Iekšējie mainīgie parametri ir statora strāva, rotora plūsma u.tml.. Asinhrono dzinēju vadība ir sarežģītāka par līdzstrāvas dzinēju vadību, īpaši, ja vēlamies panākt līdzvērtīgu dinamiku un precizitāti.

Mūsdienās izmanto sekojošas asinhrono dzinēju elektriskās piedziņas vadības metodes: skalārā vadība, vektorvadība, varbūtības vadība, neirālā vadība un stāvokļa intervāla atgriezeniskās saites vadība, griezes momenta tiešā vadība, adaptīvā vadība un laikā mainīga režīma vadība (skat. Zīm. 2.9.).

### Skalārās vadības metode.

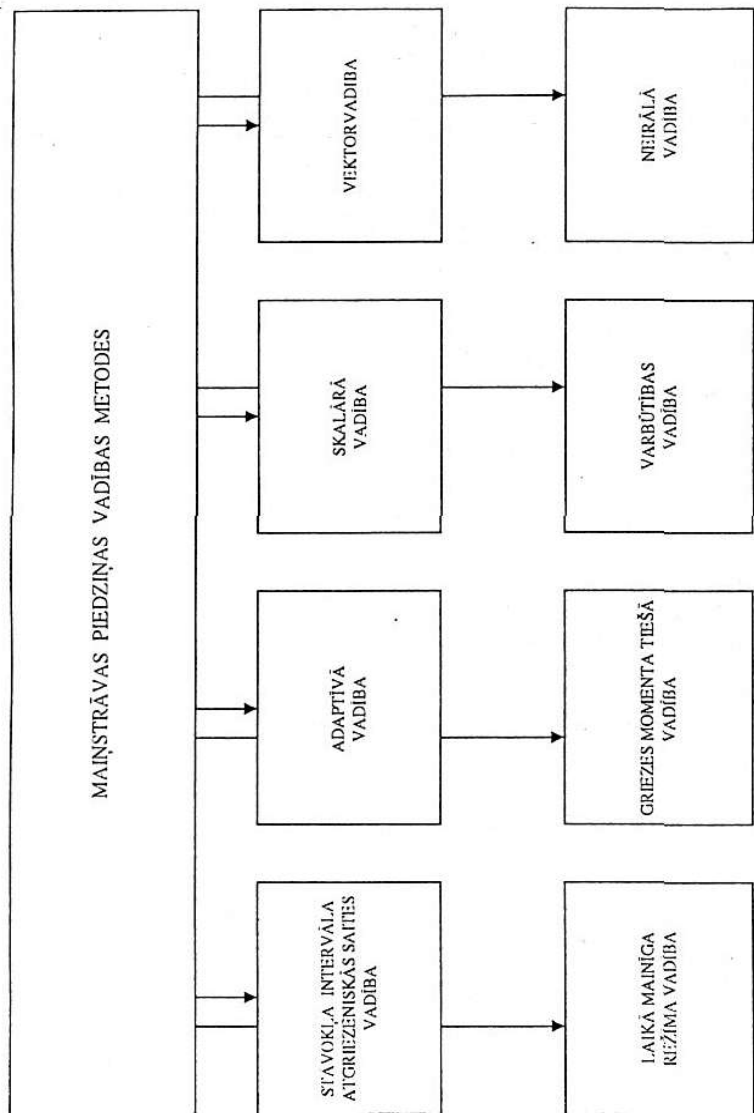
Skalārās vadības princips balstās tikai uz vadāmo mainīgo lielumu regulēšanu, tātad vadības signāli un arī atgriezeniskās saites signāli ir līdzstrāvas signāli. Tāpēc arī skalārās vadības struktūras un vadības algoritmi ir vienkārši [7.].

Skalāro vadību īsteno vai nu kā nēnoslēgtu (vaļēju) vadības sistēmu, vai kā sistēmu ar atgriezenisko saiti. Tomēr jāsaprot, ka vairāk nekā 90% mainīgu apgriezienu maiņstrāvas piedziņas rūpnieciskajās shēmās ir vaļējās vadības sistēmas, ko veido asinhronie dzinēji ar frekvences pārveidotājiem. Vaļējās vadības sistēmas maiņstrāvas piedziņās pielieto rūpnieciskajās shēmās, kas neprasa ļoti ātru atbildes reakciju un augstu precizitāti.

### Vektorvadība.

Skalārās vadības metodes regulē tikai asinhronā dzinēja mainīgos parametrus, kamēr vektorvadība ar orientāciju regulē ne vien parametru lielumu, bet arī katra parametra vektora virziena fāzi.

Tiešā vadības metode novērtē plūsmas vektoru (tās lielumu un fāzi), izejot no izmēritajām statorstrāvas un statorsprieguma vērtībām [7.].



Zīm.2.9. Maiņstrāvas piedziņas vadības metodes

### Griezes momenta tiešā vadība.

Asinhronā dzinēja griezes momenta tiešās vadības nepieciešamais nosacījums ir jaudīga signālprocesora (DSP) mikrokontrolieris. Šīs metodes princips ir griezes momenta momentānā lieluma tūlītēja regulēšana ar statora plūsmas sašķēdējuma vektora trajektorijas trasēšanas vadību. Mikrokontrolieris nekavējoties izstrādā vienkāršās inversijas iekārtu pārslēgšanas shēmu tā, lai griezes momenta, kā arī plūsmas patiesie lielumi ik brīdī iekļautos regulatora histerēzes diapazonā. Maiņstrāvas piedziņas ar tiešo momenta vadību struktūrshēma dota Zīm.2.10.

### Asinhronās piedziņas adaptīvā vadība.

Līdz šim bija runāts tikai par tādiem regulātoriem, kam ir gan fiksēta struktūra, gan arī pastāvīgi parametri. Asinhronā dzinēja parametri mainās, tāpēc vadāmās piedziņas dinamika var izrādīties sliktāka un dažkārt pat novest pie visas sistēmas nestabilitātes. Šo problēmu var risināt, pielietojot adaptīvos regulātorus, kuru parametri vai struktūra, atbilstot uz sistēmas parametru svārstībām, var mainīties. Adaptīvajām sistēmām parasti ir divas atgriezeniskās saites: ātrās regulēšanas saite un lēnās piemērošanās saite.

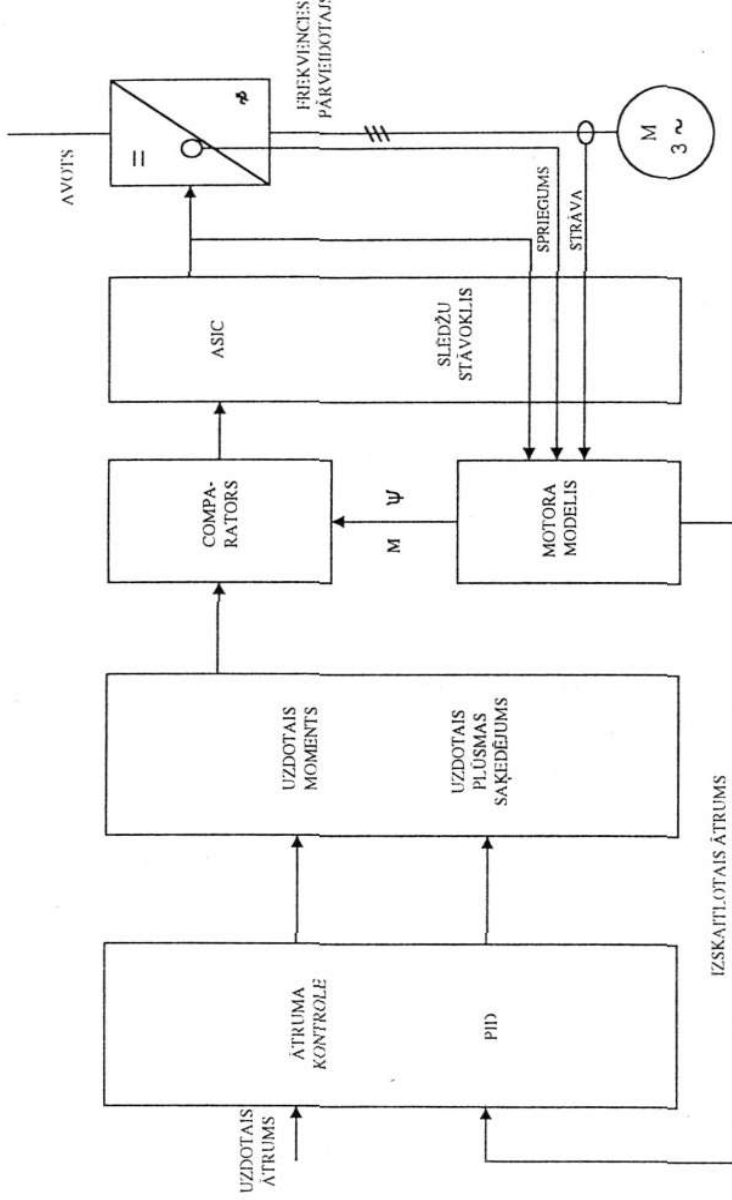
Elektriskajām piedziņām ar asinhronojiem dzinējiem piemēro tos pašus adaptācijas principus kā citām dinamiskās vadības sistēmām:

- pašregulējošie regulatori;
- modeļatkarīgā adaptīvā vadība;
- laikā mainīga režīma vadība.

### Asinhronās piedziņas neirālā un varbūtības loģiskā vadība.

Elektriskās piedziņas, ieskaitot piedziņu ar asinhrono dzinēju, klasiskās vadības metodes balstās uz vadāmās sistēmas matemātisko modeli. - kas izveidots vai nu uz pārvades funkcijas, vai uz stāvokļa intervāla vienādojuma bāzes. Neirālā un varbūtības loģiskā vadība, turpretī, neprasa nekādu vadāmās sistēmas matemātisko modeli.

Neirālo vadību īsteno mākslīga nervu sistēma kā regulators, vai kā dinamiskas sistēmas stimulators. Neirālais regulators nodibina saikni starp ieejas un izejas vērtībām. Ieejas-izejas attiecības uzstādāmas pietiekamam daudzumam punktu aprakstošās funkcijas liknē. Punktu vērtības var uzstādīt gan pirms piedziņas darbības, gan arī tās darbības laikā.



Neirālās vadības sistēmas pamatā ir daudzpakāpju nervu tīkls. Izejas neironu daudzums atbilst regulatora mainīgo izeju skaitam. Neironu daudzumu zemākajos slāņos joprojām pieņemts izvēlēties gluži intuitīvi. Ikviens katra slāņa neirons saistīts ar katru blakuslāņa neironu caur tā sauktajām sinapsēm. Katrs neirons veic nelineāru sliekšņa funkciju: ieeja ir dažādu sinapšu dažādi pastiprināto ievadsignālu summa, bet izeja ir noteikta stipruma signāls jebkurā gadījumā, kad ieeja pārsniegusi neirona uzbudināmību. Neirālā tīkla pielāgošanas pamatā ir katras sinapses pastiprināšanas koeficienta uzstādīšana. Neirālais regulators darbojas kā asociatīvā atmiņa ar spēju mācīties.

#### Asinhronās piedziņas laikā mainīga režīma vadība.

Laikā mainīgā režīma vadība ir nevis adaptīva sistēma, bet gan stingras vadības metode, bet, tā kā tā ir mazjūtīga pret sistēmas parametru svārstībām, tad tās pielietojums ir līdzīgs adaptīvajām sistēmām. Laikā mainīgā režīma vadības trūkums dažos pielietojuma veidos varētu būt izejas lieluma svārstības, kas raksturīgas releju vadības sistēmai. Laikā mainīgā režīma princips ir vadības struktūras pārslēgšana tā, lai patiesā trajektorija stāvokļa intervālā būtu identiska modelētajai trajektorijai. Asinhrono dzinēju laikā mainīgā režīma vadības vienkāršākais pielietojums ir asinhronās piedziņas apgriezienu regulēšana, ja dzinējam liels un laikā mainīgs inerces moments, jo šādā sistēmā var neievērot elektromagnētiskās parādības (pārejas procesus).

#### Asinhronās piedziņas intervāla atgriezeniskās saites vadība.

Tā ir klasiskā vadības metode, kas balstās uz Laplasa transformācijau un pārvades funkcijām, un piemērojama lineārām, laikā nemainīgām vienas ieejas - vienas izejas sistēmām. Daudzieceju - daudzizeju sistēmām, ieskaitot laikā mainīgās, arī labākais risinājums ir stāvokļa intervāla atgriezeniskās saites vadība.

### 2.2.3. REGULĒJAMAS MAIŅSTRĀVAS PIEDZIŅAS PIELIETOŠANA ŪDENSAPGĀDES SISTĒMĀS

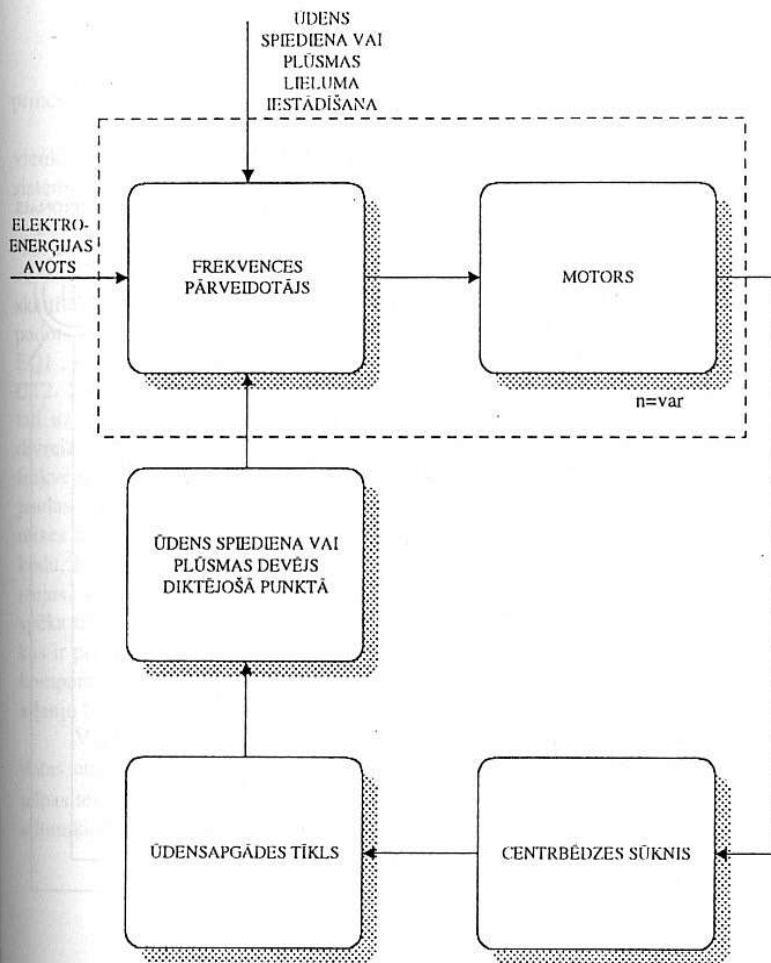
Kā elektrotaupīšanas piemēru var apskatīt patērētās jaudas automātiskās regulēšanas shēmu piedziņas sistēmā - frekvences pārveidotājs - asinhronais dzinējs - centrālās sūkņa. Tās funkcionālā shēma dota Zīm.2.11 un sastāv no sekojošiem elementiem:

frekvences pārveidotājs; motors (šajā gadījumā asinhronais dzinējs); centrālās sūkņa; ūdensapgādes tīkls un ūdens spiediena vai padeves devējs diktējošā punktā.

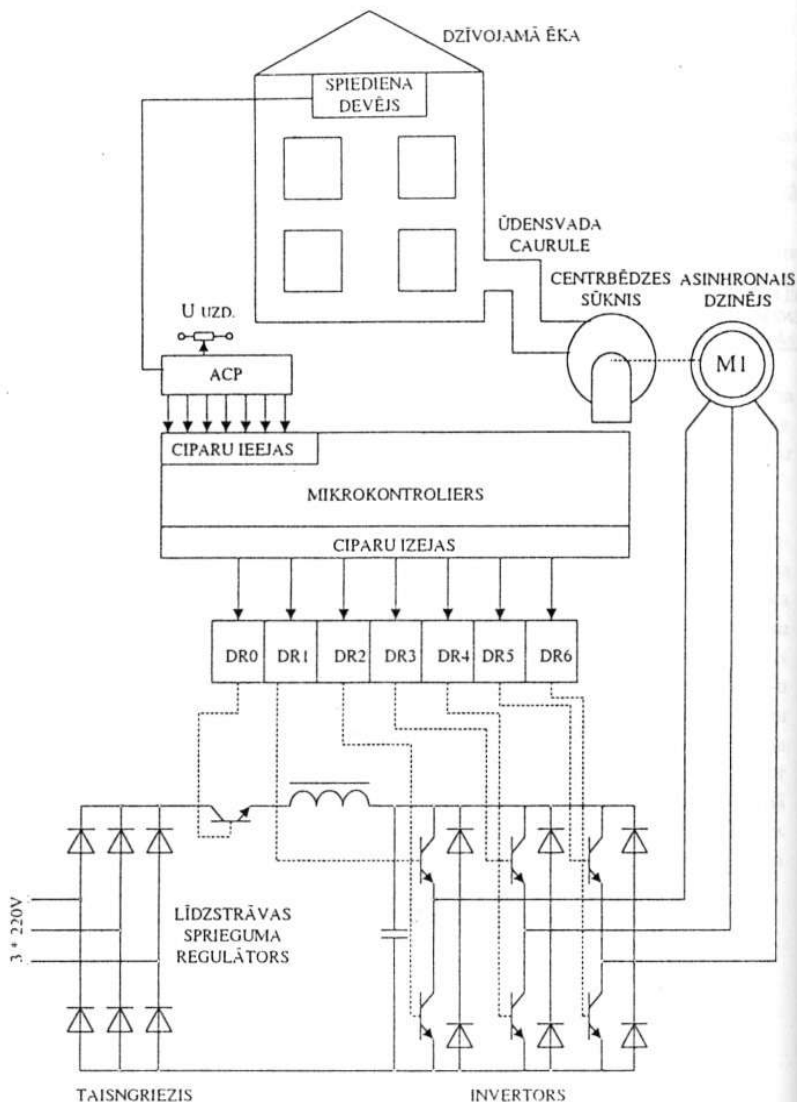
Zīm.2.12. parādīta vienas ēkas ūdensapgādes automātiskās regulēšanas sistēma ar izvērstu energoelektronikas pārveidotāja shēmu.

Noteiktu ūdens padevi vadības sistēma realizē uz ūdens spiediena mērīšanas pamata. Galvenais vadības elements ir mikrokontrolieris. Mikrokontrolierim ieejas informācija ir analogais signāls, kas ir proporcionāls spiedienam, kā arī uzdotais komandas signāls [1.].

Lai pārveidotu analogu signālu ciparu signālā izmanto analogo ciparu pārveidotāju (ACP). Mikrokontroliera izejas signāli vada frekvences pārveidotāja spēka tranzistorus. Invertora shēmā ir seši spēka tranzistori un viens tranzistors ir līdzstrāvas sprieguma impulsu regulātorā. Mikrokontrolieris realizē frekvences pārveidotāja vadības funkcijas, piemēram, impulsu platuma modulāciju (IPM) vai impulsu amplitūdas modulāciju (IAM) u.c. Ar frekvences pārveidotāja palīdzību var realizēt asinhronā dzinēja (MI) un centrālās sūkņa ātruma regulēšanu. Vadības sistēmā izmantotais algoritms dod iespēju, sakarā ar ūdens patēriņu dzīvojamā ēkā, mainīt sūkņa piedziņas ātrumu. Asinhronā dzinēja darbības ātrumu regulē tā, lai spiediens mājas ūdensapgādes "vissliktākajā" punktā nebūtu zemāks par uzdoto līmeni (piemēram 1,5 m).



Zīm.2.11. Patērētās jaudas automatiskās regulēšanas sistēmas struktūrshēma



Zīm.2.12. Patērētās jaudas automātiskās regulēšanas shēma sistēmā - frekvences pārveidotājs - asinhronais dzinējs - centrālās sūkņa



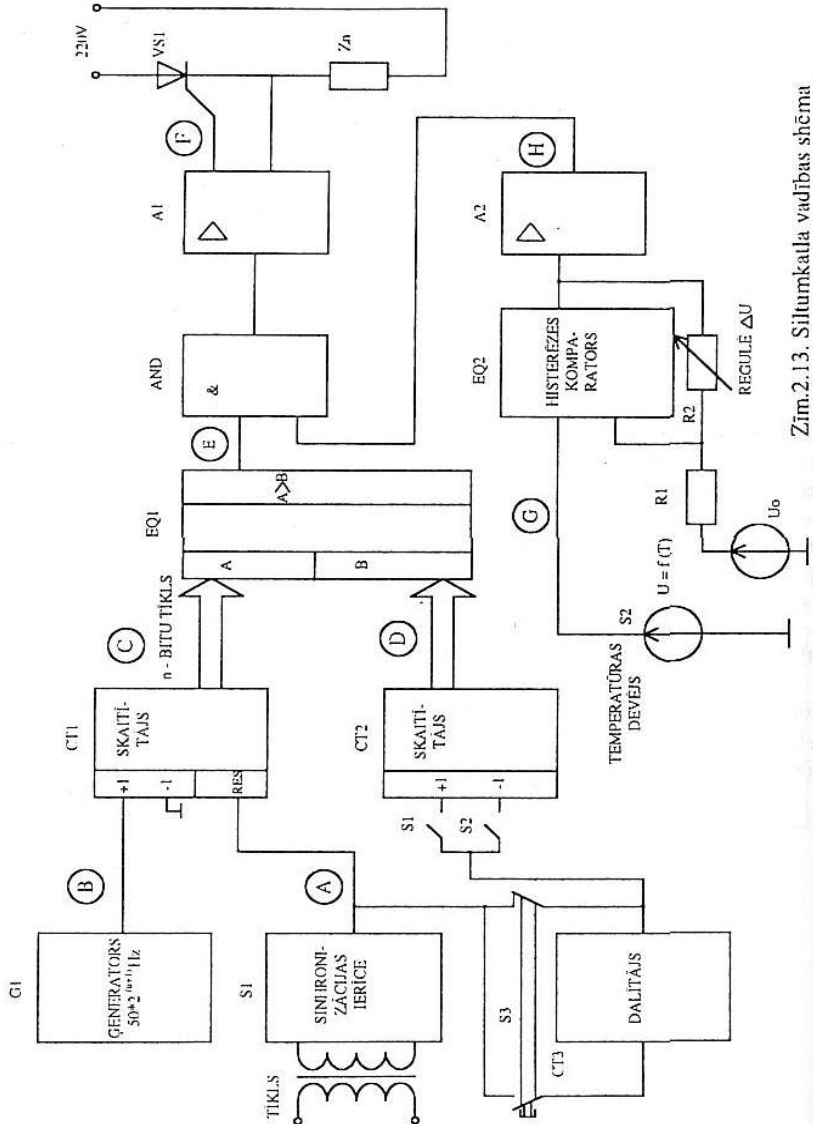
## 2.2.4. SILTUMKATLA EFEKTĪVAS VADĪBAS SHĒMA

Izstrādātā siltumkatla vadības shēma ir vides parametra kontroles principa tehniska realizācija.

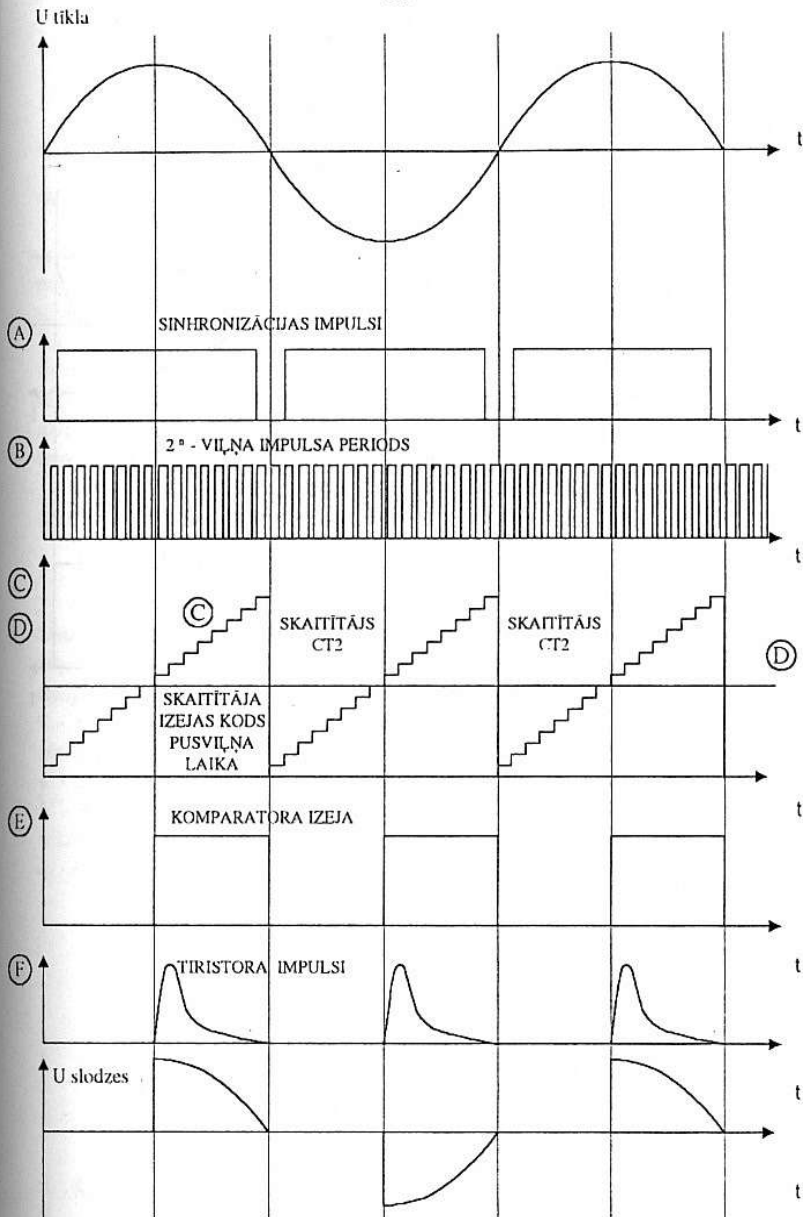
Iekārtas elektriskā shēma parādīta Zīm.2.13. un sastāv no ļoti vienkāršas spēka daļas (tiristors VS1 un slodze Zn) un ciparu vadības sistēmas.

Generators G1 veido augstu frekvenci :  $50 \cdot 2^{n+1}$  Hz , kur n - kārtas skaitlis (  $2^n$  - viļņa impulsa periods ). Pāra skaitļa frekvence tiek padota uz skaitītāja CT1 ieeju. Katra tikla sprieguma pusviļņa sākumā pirmais skaitītājs CT1 atgriežas sākuma stāvoklī. No otra skaitītāja CT2 tiek padots etalona kods. Signāli no abiem skaitītājiem nonāk komparatorā EQ1 , kas izstrādā vieninieka signālu kad kods no CT1 ir lielāks nekā no CT2. Kods no skaitītāja CT2 var tikt izmainīts ar spiedpogu S1 vai S2, tad uz skaitītāja izejām (+;-) tiek padota frekvence (100 Hz) , kura ir divreiz lielāka nekā tikla frekvence. Skaitītājs CT2 uzskaita šīs frekvences impulsus negatīvā vai pozitīvā virzienā. Ja ir nepieciešama jaudas līmeņa precīza noregulēšana impulsu skaitu var samazināt 10 reizes nospiežot S3 pogu. Ar šo ciparu.bloku (CT1, CT2 un EQ1) nosaka kodu, kas padod vadības signālu uz tiristoru VS1. Uz komparatora EQ1 izejas, vieninieka parādīšanās gadījumā, tiek padots vadības impulss uz spēka tiristoru VS1. No kontrolējamās telpas pienāk signāls (spriegums), kas ir proporcionāls temperatūrai. Šis spriegums tiek laists caur histerēžu komparatoru EQ2 un tālāk pastiprinātājs A2 veido signālu, kas dod atļauju tiristora vadīšanai.

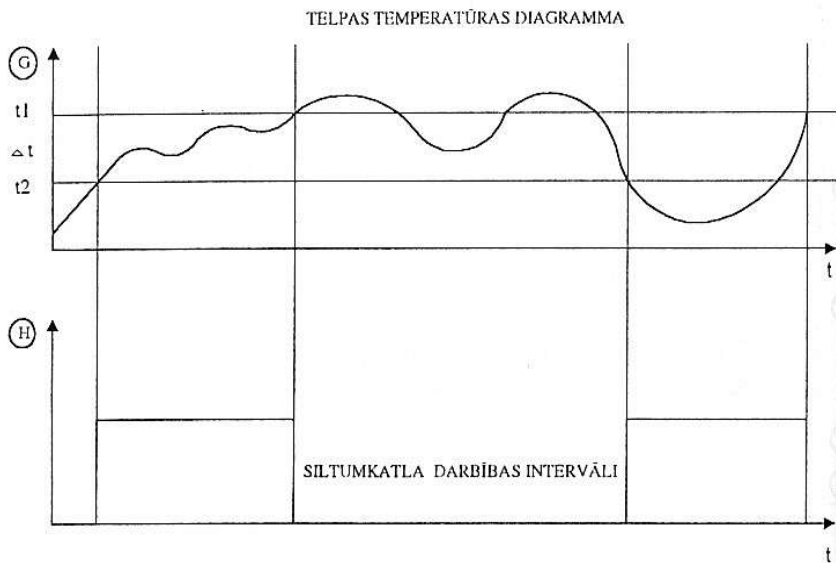
Vadības sistēmas darbības diagrammas parādītas Zīm.2.14., kur dotas atsevišķu shēmas elementu izejas signālu maiņa laikā. Mainoties telpas temperatūrai par lielumu, kas pārsniedz noteiktu zonu  $\Delta t$ , ieslēdzas siltumkatla elektriskais sildītājs (skat. Zīm. 2.15.).



Zīm.2.13. Siltumkata vadības shēma



Zīm.2.14. Siltumkatla shēmas darbības diagrammas



Zīm. 2.15. Kontrolējamās telpas temperatūras un ierīces ieslēgšanas diagrammas

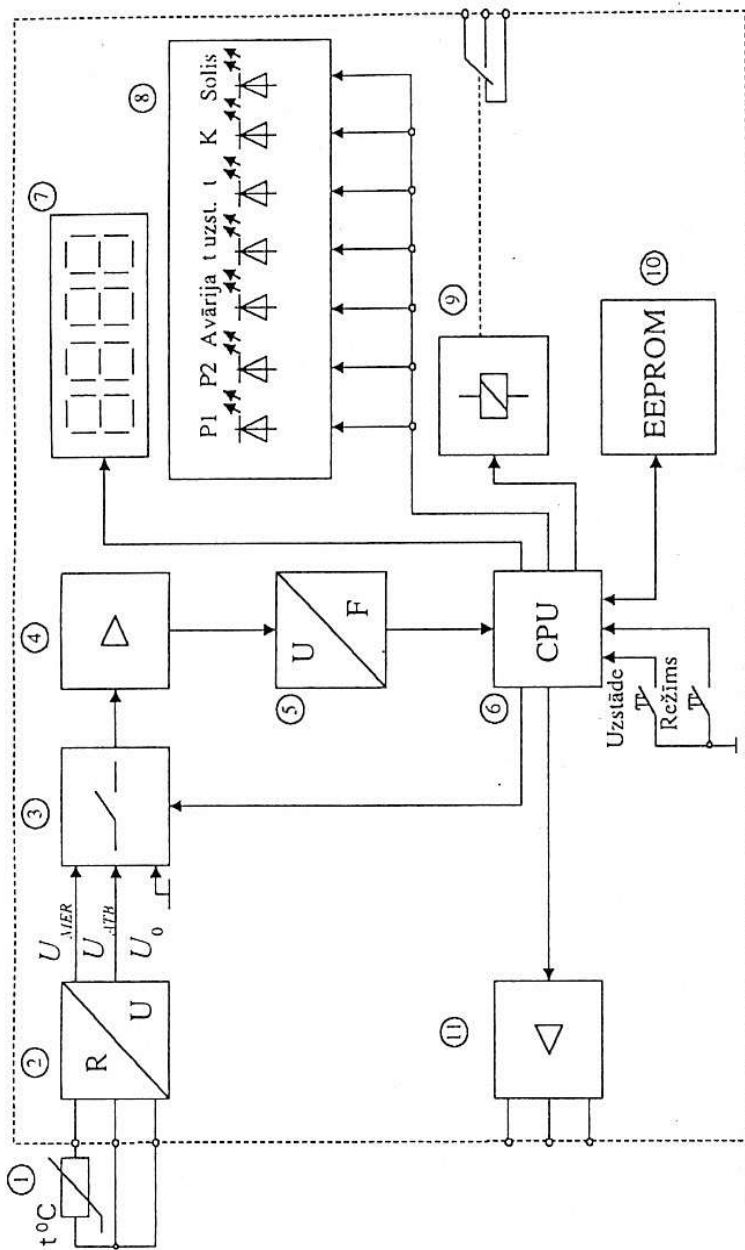
## 2.2.5. ELEKTRISKAIS SILDĪTĀJS AR PROGRAMMĒJAMU MIKROPROCESORU TERMOREGULĀTORU.

Elektriskā sildītāja vadības sistēma TRM 10 ir izstrādāta lai racionāli izmantotu elektroenerģiju apsildīšanas procesos.

Programmējamais mikroprocesoru termoregulātors TRM 10 kopā ar termo pretestību (devēju) un sildelementu - ir elektriska iekārta, kas paredzēta automatizētu sistēmu veidošanai, lai uzturētu telpas temperatūru, un regulētu to ar lielu precizitāti. Izejas relejs, kas iebūvēts iekārtā, ieslēdz un izslēdz sildīšanas elementu saskaņā ar proporcionālo integrāli-diferenciālo regulēšanas likumu. Sildīšanas jaudas plūstoša regulēšana tiek panākta ar releja izslēgta un ieslēgta stāvokļa ilguma maiņu. Zīm.2.16. ir parādīta iekārtas ar programmējamo mikroprocesoru termoregulātoru struktūrschéma.

### Iekārtas elementu funkciju apraksts:

1. - Apkārtējās vides temperatūras devējs.
2. - Mērīšanas tilts paredzēts devēja signāla pārveidošanai spriegumā Umēr., kas proporcionāls apkārtējās vides temperatūrai. Tilts kalpo arī atbalsta sprieguma Uatb. veidošanai, lai precīzāk izskaitļotu vides temperatūras lielumu.
3. - Multipleksora ierīces uzdevums ir signālu Umēr., Uatb. un Uo komutēt noteiktā secībā atbilstoši centrālā mikroprocesora pavēlēm.
4. - Signālu pastiprinātājs.
5. - Pārveidotājs " spriegums - frekvence " veido impulsu secību, kuru sekošanas biežums ir proporcionāls tā ieejas signāla lielumam.
6. - Centrālais mikroprocesors veic šādas funkcijas:
  - multipleksora darbības vadību;
  - kontrolējamās temperatūras izskaitļošanu pēc signāliem no pārveidotāja " spriegums - frekvence ";
  - ekspluatācijas laikā uzdotās regulēšanas temperatūras ierakstīšanu ierīces atmiņā;
  - ciparu indikatora darbības vadību;
  - temperatūras izskaitļošanas rezultātu salīdzināšanu ar uzdotām vērtībām un, pēc vadības algoritma veikšanas, releju vadības signālu formēšanu;
  - gaismas diodžu indikatoru darbības vadību.
7. - Šķīdro kristālu ciparu indikators, kas rāda temperatūras vērtību.
8. - Gaismas diodžu indikatori, kas signalizē par izejas izpildreleja (indikators P1) ieslēgšanu, un par temperatūras devēja un tā sakaru tīkla



Zīm.2.16. Programmējama mikroprocesora termoregulatora struktūrshēma

bojāšanos (indikators AVĀRIJA), vai par ierīces pārslēgšanu uz citiem režīmiem ( indikatori  $t_{uzst.}$ , Solis, t, K ).

9. - Temperatūras regulēšanas kanāla izejas elektromagnētiskais izpildrelejs.

10. - Atmiņas ierīce, ekspluatācijas laikā uzdoto temperatūras regulēšanas komandu glabāšanai.

11. - Saskaņošanas ierīce, kas nodrošina ārējā datora sakarus ar iekārtu un to galvanisku atdalīšanu.

### Iekārtas vadības likuma apraksts

Eksistē regulējamā vērtība  $X$  ( $X$  regulēšanas procesā mainās uz  $X_{uzd.}$ ) un regulējošā iedarbība  $Y$ . Regulēšanas procesā laiku līdz momentam, kad  $X=X_{uzd.} \pm \Delta X$  un  $\Delta X$  cenšas padarīt par minimāliem.

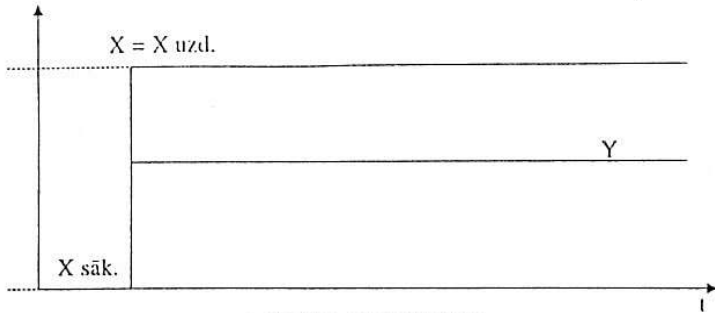
Ja vadošā iedarbība ir pastāvīga, tad  $\Delta X$  un silšanas process ir atkarīgi tikai no sistēmas inerces.

Tāpēc vadošo iedarbību cenšas izmainīt pēc kāda likuma, kura izvēle ir atkarīga arī no sistēmas inerces. Viens no inerciālu sistēmu vadības paņēmieniem ir PID algoritms. Tad:

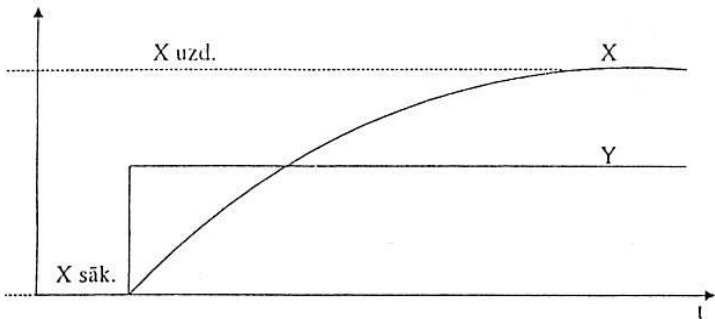
$$Y = K_p * X + K_d * \frac{dX}{dt} + \frac{1}{K_i} \int X dt ,$$

kur koeficienti  $K_p$ ,  $K_d$ ,  $K_i$  var būt izvēlēti tā, ka  $X$  ( regulējamā vērtība ) mainās kā parādīts Zīm.2.17.c. Šajā gadījumā tiek kompensēta sistēmas inerces iedarbība.

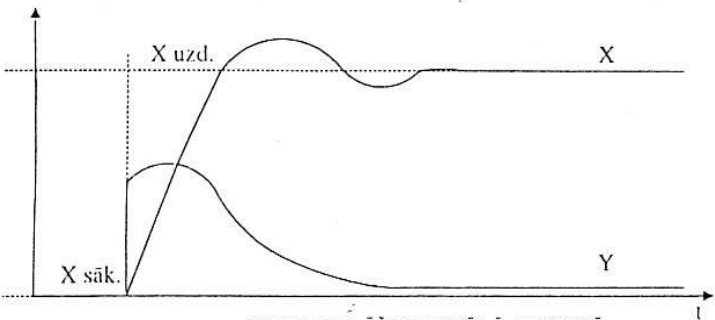
Zīm.2.18. ir parādītas sildītāja izejas lieluma un releja darbības diagrammas.



a) SISTĒMA BEZ INERCES



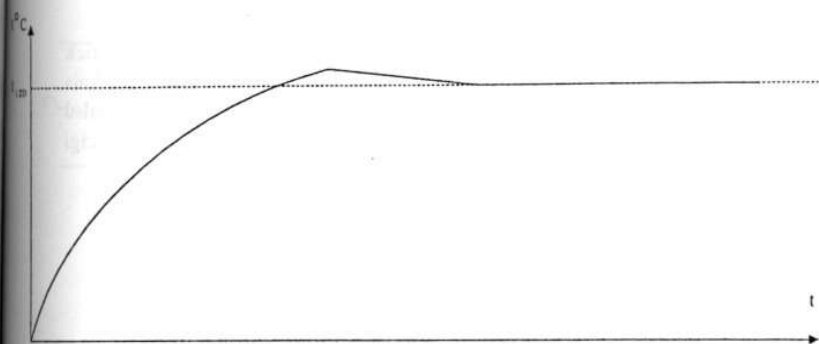
b) SISTĒMA AR INERCI



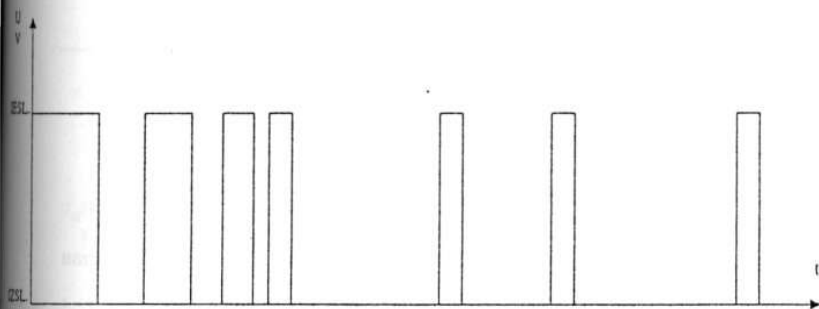
c) PID REGULĒŠANA REĀLĀ PROCESĀ

Zīm.2.17. Vadības iedarbes un ierīces izejas parametru reakcijas diagrammas: a-P regulators; b-PI regulators; c-PID regulators





a)



RELEJA STĀVOKLIS

b)

Zim.2.18. Elektriskā sildītāja ar programmējamu mikroprocesoru termoregulatoru diagrammas: a - temperatūras izmaiņa laikā; b - sildītāja barošanas sprieguma impulsu izmaiņas laikā.

## 2.2.6. ENERGOTAUPIŠANAS PAŅĒMIENA PIEMĒRS LĪDZSPRIEGUMA STABILIZATORĀ

Salīdzināsim divas stabilizatora shēmas, kur vienā gadījumā tiek izmantots regulējams pastiprinātājs analogā režīmā (parametriskais stabilizators), bet otrā gadījumā diskrētais regulators (impulsu stabilizators). Šo līdzsprieguma stabilizatoru shēmas parādītas attiecīgi Zīm. 2.19. a un b.

### PARAMETRISKAIS STABILIZATORS.

Pieņemsim:  $U_{\text{nestab}}=2U_1$  un  $U_{\text{stab}}=U_1$ .

Slodzes strāva  $I_{s1}$  un šajā gadījumā jaudas zudumi ir

$$\Delta P = (U_{\text{nestab}} - U_{\text{stab}}) * I_{\text{reg}};$$

$$\Delta P = (2U_1 - U_1) * I_{s1} = U_1 * I_{s1}$$

Lietderības koeficients:

$$\eta = (P - \Delta P)/P = (2U_1 * I_{s1} - U_1 * I_{s1})/2U_1 I_{s1} = 0,5 \text{ vai } 50\%$$

### IMPULSU STABILIZATORS.

Tā kopējos jaudas zudumus var noteikt jaudas zudumu komutācijas momentā.

Pieņemsim:  $U_{\text{nestab}}=2U_1$  un  $U_{\text{stab}}=U_1$ ; bet  $\gamma=0,5$ .

Šajā gadījumā  $u(t)$  un  $i(t)$  ir parādīti Zīm.2.29.c.

Jaudas izmaiņas likums modulācijas periodā:

$$\Delta P = \frac{1}{T} \int_0^T \Delta p(t) dt.$$

Pārslēdzis strādā sekojoši:

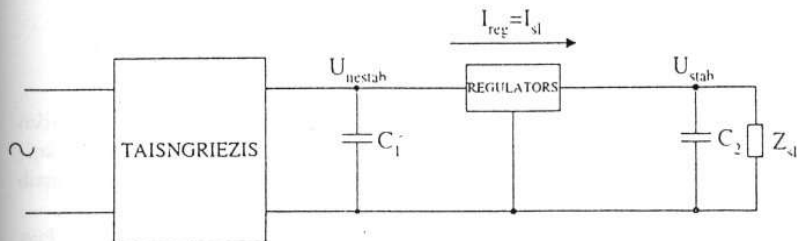
$$\Delta P_{\text{vid}} = \frac{1}{T} \left[ \int_0^{t_{\text{atv.st}}} \Delta p_{\text{atv.st}}(t) dt + \int_0^{t_{\text{aizv.st}}} \Delta p_{\text{aizv.st}}(t) dt + \int_0^{t_{\text{sl}}} \Delta p_{\text{sl}}(t) dt + \int_0^{t_{\text{sl}}} \Delta p_{\text{sl}}(t) dt \right] = \frac{2}{T} \int_0^{t_{\text{sl}}} \Delta p_{\text{sl}}(t) dt:$$

kur jaudas zudumi  $\Delta P_{\text{atv.st}} = U_{\text{atv.st}} * I_{\text{atv.st}} = 0 * I_{s1} = 0$

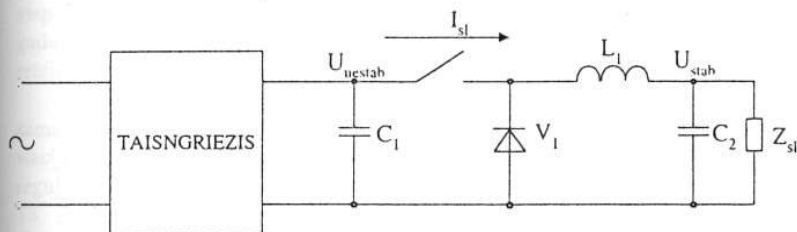
un  $\Delta P_{\text{aizv.st}} = U_{\text{aizv.st}} * I_{\text{aizv.st}} = (2U_1 - U_1) * I_{s1} = 0$ .

Ieslegšanas laikā:

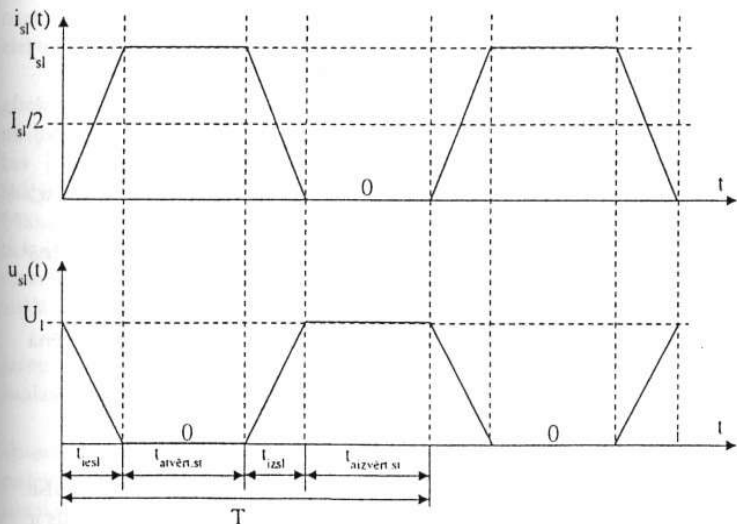
## a) PARAMETRISKAIS STABILIZATORS



## b) IMPULSU STABILIZATORS



## c) IMPULSU STABILIZATORA STRĀVAS UN SPRIEGUMA DIAGRAMMAS



Zīm.2.19. Līdzsprieguma stabilizators: a) parametriskais stabilizators; b) impulsu stabilizators; c) impulsu stabilizatora strāvas un sprieguma diagrammas.

$$i(t) = \frac{t}{t_{iesl}} * I_{sl},$$

$$u(t) = (2U_1 - U_1) * \left(1 - \frac{t}{t_{iesl}}\right),$$

$$\Delta P_{iesl}(t) = I_{sl} * U_1 * \left(1 - \frac{t}{t_{iesl}}\right) * \frac{t}{t_{iesl}},$$

un izslēgšanas laikā:

$$\Delta P_{izsl}(t) = I_{sl} * U_1 * \left(1 - \frac{t}{t_{izsl}}\right) * \frac{t}{t_{izsl}},$$

$$\Delta P_{vid} = \frac{2}{T} \int_0^{T/10} U_1 * I_{sl} * \left(1 - \frac{t}{T/10}\right) * \frac{t}{T/10} dt,$$

$$\Delta P_{vid} = \frac{2}{T} \int_0^{T/10} U_1 * I_{sl} * \left(\frac{t}{T/10} - \frac{t^2}{T^2/10^2}\right) dt = \frac{2}{T} U_1 * I_{sl} * \left(\frac{t^2}{2T/10} - \frac{t^3}{3T^2/100}\right) \Big|_0^{T/10},$$

$$\Delta P_{vid} = \frac{2}{T} U_1 * I_{sl} * \left(\frac{T^2/100}{2T/10} - \frac{T^3/1000}{3T^2/100}\right) = \frac{2}{T} U_1 * I_{sl} * \left(\frac{T^2}{20T} - \frac{T^3}{30T^2}\right),$$

$$\Delta P_{vid} = U_1 * I_{sl} * \left(\frac{2T^2}{20T^2} - \frac{2T^3}{30T^3}\right) = U_1 * I_{sl} * \left(\frac{6-4}{60}\right) = \frac{U_1 * I_{sl}}{30},$$

$$\Delta P_{vid} = U_1 * I_{sl} / 30,$$

kur T - modulācijas periods,

$\Delta P(t)dt$  - ir jaudas izmaiņas likums konkrētā laika posmā (atvērt.st., aizvērt.st., iesl., izsl.).

$t_{iesl}$  - laika posms, kad pārslēdzis pāriet no aizvērtā stāvokļa atvērtā stāvoklī,

$t_{atvērt.st.}$  - laika posms, kad pārslēdzis atrodas atvērtā stāvoklī;

$t_{izsl}$  - laika posms, kad pārslēdzis pāriet no atvērtā stāvokļa aizvērtā stāvoklī,

$t_{aizvērt.st.}$  - laika posms, kad pārslēdzis atrodas aizvērtā stāvoklī.

Tād lietderības koeficients ir:

$$\eta = (2U_1 * I_{sl} - U_1 * I_{sl} / 30) / 2U_1 * I_{sl} = 59/60 = 0.98 \text{ vai } 98.33\%.$$

Izrēķinot lietderības koeficientu parametriskam un impulsu regulātoriem ir redzams, ka impulsu regulātoram lietderības koeficients ir gandrīz divreiz lielāks, un tas dod iespēju enerģijas ekonomijai.

### 3. REGULĒJAMAS SŪKŅU PIEDZIŅAS IZVĒLE ŪDENSAPGĀDES STACIJĀS

Ūdenssūkņu stacijās centrālās sūkņi parasti darbojas ilgstošā režīmā ar mainīgu slodzi, jo ūdens patēriņš ir stohastisks. Sūkņim ir jāpārvar arī sistēmas pretpiediens, kas ierobežo ātruma regulēšanas diapazonu.

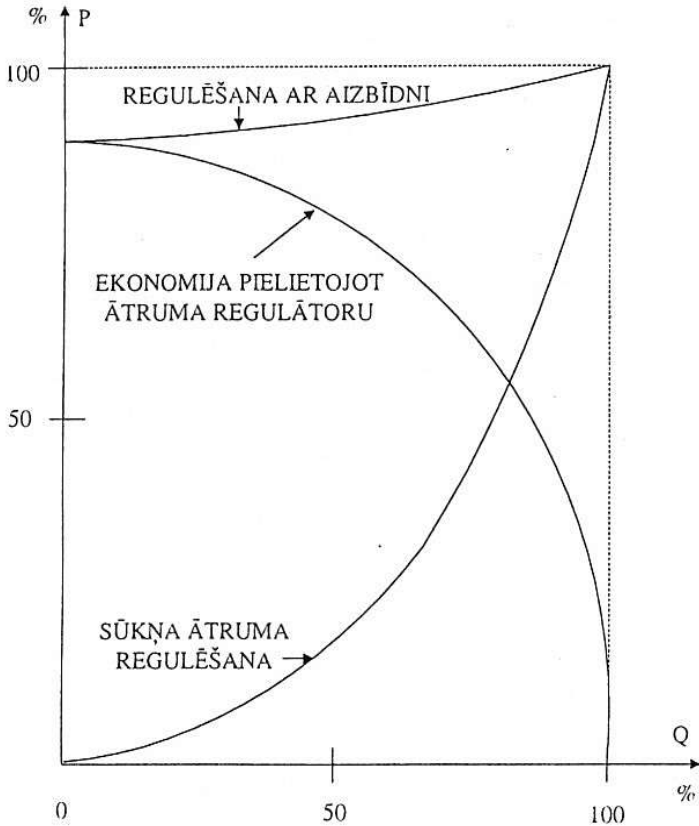
Rīgas pilsētas ūdensapgādes sistēmas ūdenssūkņu staciju darbība ir neekonomiska. Vidēji elektrodzinēju noslodze sasniedz ap 70%. Sūkņu agregātu vidējais lietderības koeficients ir zemāks par 30%. Ūdens padeves uzskaitē ir aptuvena, jo nedarbojas ūdens plūsmas mērītāji vai to vispār nav. Iekārtas novecojušas, ir agregāti, kas jau darbojas 30 ÷ 40 gadus. Aktīvās vides iedarbība uz spēka un vadības līnijām, kontaktu - releju aparatūru un mērelementiem ir neatgriezeniska.

Lai ūdenssūkņu stacijās paaugstinātu ūdens apgādes kvalitāti un samazinātu izmaksas par elektroenerģiju, ir nepieciešams katrā sūkņu stacijā uzstādīt vienu ātruma regulatoru. Sūkņa agregāts ar ātruma regulatoru ļauj būtiski samazināt izmaksas par patērēto elektroenerģiju. Tā Zīm.3.1. ir parādītas nepieciešamās pievadītās jaudas izmaiņu diagrammas atkarībā no sūkņa padeves lieluma divos gadījumos: pirmajā gadījumā ūdens padeves regulēšanu veic ar aizbīdņa stāvokļa maiņu spiedvadā. No diagrammas redzams, ka pie pilnīgi aizvērtā aizbīdņa ( $Q = 0$ ), dzinējam pievadītā jauda ir tikai par 10% mazāka kā pie nominālās padeves ( $Q = 100\%$ ). Tē regulēšanas procesā lielākā daļa elektroenerģijas tiek patērēta spiedvada pretstības pārvarēšanai.

Otrajā gadījumā centrālās sūkņa ūdens padevi regulē mainot tā griešanās frekvenci vai vienkārši - ātrumu. Tē sūkņi piedzenošā maiņstrāvas dzinēja barošanas ķēdē tiek ieslēgtas frekvences pārveidotājs, kas ļauj plūstoši regulēt pievadītā sprieguma lielumu un frekvenci, tādējādi izsaukot sūkņa ātruma un ūdens padeves daudzumu maiņu. Sūkņa agregāta vadību veic sūkņu stacijas operātors, datorprogramma vai tiek izveidota automātiskās vadības sistēma un ātrums tiek mainīts, lai uzturētu nepieciešamo padevi vai spiedienu ūdenssūkņu stacijas izejā vai attālā punktā.

Ja finansiālu iespēju dēļ nevar nomainīt esošo sūkņi un dzinēju pret jaunu, tad ir nepieciešams uzstādīt esošam sūkņa agregātam atbilstošas jaudas frekvenču regulatoru.

Lai pierādītu regulējamas maiņstrāvas sūkņa piedziņas ekonomiskumu salīdzinājumā ar neregulējamu piedziņu, kur sūkņa padeve tiek regulēta ar aizbīdņi spiedvadā, veicam šo regulēšanas veidu izmaksu salīdzinājumu.



Zīm.3.1. Nepieciešamās pievadītās jaudas izmaiņu diagrammas atkarībā no sūkņa padeves, ja tās regulēšanu veic ar aizbīdņi spiedvadā un regulējot ātrumu ar frekvences pārveidotāju

Aprēķiniem ir izvēlētas trīs stacijas ar dažādu sūkņu jaudu un ūdens pārsūkņēšanas īpatsvaru uzņēmumā "Rīgas ūdens":

1. Spiediena paaugstināšanas ūdenssūkņu stacija "Zolitūde"- strādā bez regulējošiem ūdens rezervuāriem un stacijas ražība ir vidēji 16 000 kub.m/dn. Sūkņu stacijas īpatsvars ir 7,74% un viena sūkņa agregāta jauda ir 100 kW. Nakts laikā nepārtraukti strādā viens sūknis, dienā - pēc vajadzības vēl viens sūknis.

2. Spiediena paaugstināšanas stacija "Balasta dambis"- arī strādā bez regulējošiem ūdens rezervuāriem un tās ražība ir vidēji 3500 kub.m/dn. Sūkņu stacijas īpatsvars ir 1,30% un viena dzinēja jauda ir 70 kW.

3. Spiediena paaugstināšanas stacija "Bolderāja"- strādā bez regulējošiem ūdens rezervuāriem un tās ražība ir vidēji 288 kub.m/dn. Sūkņu stacijas īpatsvars ir 0,13%, un dzinēja jaudu 11 kW.

### 3.1.ELEKTROENERĢIJAS IZMAKSU APRĒĶINU MĒTODE

Elektroenerģijas izmaksu starpības aprēķina metode sūkņu piedziņā, salīdzinot aizbīdņa regulēšanu spiedvadā ar ātruma regulēšanu izmantojot frekvences pārveidotāju, ir sekojoša:

Sūkņa nominālo jaudu aprēķina pēc izteiksmes:

$$P_{sn} = D * Q_n * H_n * 0,981 / k_{sn}$$

Sūkņa Q - H raksturlielni apraksta izteiksme:

$$H_{si} = H_{max} - (Q_i / Q_n)^2 * (H_{max} - H_n),$$

kur D - ūdens blīvums = 1,0 kg/dm<sup>3</sup>,

Q<sub>n</sub> - sūkņa nominālā padeve [m<sup>3</sup>/h] (1l/s = 3,6 m<sup>3</sup>/h),

Q<sub>i</sub> - sūkņa izskaitlotā padeve [m<sup>3</sup>/h],

H<sub>n</sub> - sūkņa nominālais spiediens [m],

H<sub>max</sub> - sūkņa maksimālais spiediens [m],

k<sub>sn</sub> - sūkņa nominālais lietderības koeficients [%],

Sistēmas raksurliķne:  $H_{si} = H_{st} + (Q_i / Q_n)^2 * (H_n - H_v - H_{st})$ ,

kur H<sub>st</sub> - sistēmas pretspiediens [m],

H<sub>v</sub> - spiediena kritums uz atvērtu aizbidni [m].

Nepieciešamā jauda sūkņa piedziņai ar frekvences pārveidotāju:

$$P_{fpi} = \frac{D * Q_i * H_{si} * 9810}{(k_{sn} * k_{mn} * k_{mi} * k_{fpi})},$$

kur dzinēja koriģējošais lietderības koeficients

$$k_{mi} = (Q_i / Q_n)^{0,2 - 0,2 * H_{st} / H_n},$$

k<sub>mn</sub> - dzinēja lietderības koeficients [%],

k<sub>fpi</sub> - frekvences pārveidotāja nominālais lietderības koeficients [%].

Nepieciešamā jauda sūkņa piedziņā regulējot padevi ar aizbīdni spiedvadā:

$$P_{ari} = \frac{D * Q_i * H_{si} * 98,1}{(k_{sn} * k_{si} * k_{mn})},$$



kur sūkņa koriģējošais lietderības koeficients

$$lk_{si} = Q_i \cdot (2,4 - 1,44 \cdot (Q_i / Q_n)) / Q_n.$$

Enerģijas patēriņu gadā sūkņa piedziņai ar frekvences pārveidotāju aprēķina pēc izteiksmes

$$A_{fp} = \Sigma(T_{ki} \cdot P_{fp_i}),$$

bet sūkņa piedziņai ar aizbīdņi spiedvadā:

$$A_{ar} = \Sigma(T_{ki} \cdot P_{ari});$$

kur  $T_{ki}$  - sūkņa piedziņas kopējais darba laiks gadā [h].

Gada laikā sataupītā elektroenerģija:

$$A_s = A_{ar} - A_{fp} \quad [\text{kWh}].$$

Gadā ietaupītās izmaksas pielietojot frekvences pārveidotāju:

$$E = A_s \cdot (\text{vienas kWh cena}) \cdot [\text{Ls}].$$

Investīciju atmaksāšanas laiks:

$$t_a = E / \text{FP iekārtas cena} \quad [\text{gadi}].$$

Izvēlēto staciju sūkņu iekārtu izejas dati un salīdzinošo aprēķinu rezultāti ir apkopoti tabulās 1÷3. Pievadītās jaudas izmaiņu diagrammas parādītas Zīm.3.2 [9.10].

## ELEKTROENERĢIJAS TAUPIŠANA SŪKŅA PIEDZIŅĀ

Ūdens padeves regulēšana ar frekvences pārveidotāju salīdzinājumā ar aizbīdņa stāvokļa maiņu spiedvadā.

Zolitūdes sūkņu stacija.

Pašvaldības uzņēmums "Rīgas ūdens"

Sūknis M3 (300 D 70).

Izejas dati

TABULA 1

Šķidruma blīvums	$D$ (kg/m <sup>3</sup> )	1.0			
Sūkņa nominālā padeve	$Q_n$ (m <sup>3</sup> /h)	788	219 l/s		
Sūkņa nominālais spiediens	$H_n$ (m)	25			
Sūkņa maksimālais spiediens	$H_{max}$ (m)	30			
Sistēmas pretspiediens	$H_{st}$ (m)	15			
Sūkņa nominālais lietderības koeficients	$lk_{sn}$ (%)	70			
Spiediena kritums uz atvērto aizbīdni	$H_v$ (m)	3			
Dzinēja nominālā jauda	$P_1$ (kW)	100	$P_1=85$ kW		
Dzinēja lietderības koeficients	$lk_{mn}$ (%)	93			
Frekvenču pārveidotāja nominālais lietderības koeficients	$lk_{fpn}$ (%)	98			
Kopējais darbalaiks gadā	$T_k$ (h)	8760			
Elektroenerģijas cena	$Ls$ /kWh	0.039			
	Padeve	m <sup>3</sup> /h	Laiks(%)	Stundas	
Sūkņa darbības laiks pie dažādām padevēm procentos no kopējā darba laika	30%	236.4	0	0	
	40%	315.2	0	0	
	50%	394	0	0	
	60%	472.8	30	2628	
	70%	551.6	20	1752	
	80%	630.4	35	3066	
	90%	709.2	10	876	
	100%	788	5	438	
Summai ir jābūt	100%	Kopā	4097.6	100	8760

Aprēķina rezultāti

Patērētā enerģija regulējot ar aizbīdni	$A_{ar}$	596 233	kWh
Patērētā enerģija regulējot ar frekvences pārveidotāju	$A_{fp}$	427 577	kWh
Ietaupītā elektroenerģija gadā	$A_s$	168 656	kWh
Enerģijas izmaksu ietaupījumi gadā	$E$	5768	Ls
Investīciju izmaksas (iekārtu cena)		4000	Ls
Atmaksāšanas laiks	$t_a$	0,7	gadi

Komentāri: izmantot dzinēju M28CM6

un frekvences pārveidotāju ACS 503-140-3 [9,11].

## ELEKTROENERĢIJAS TAUPĪŠANA SŪKŅA PIEDZIŅĀ

Ūdens padeves regulēšana ar frekvences pārveidotāju salīdzinājumā  
ar aizbīdņa stāvokļa maiņu spiedvadā.

Sūkņu stacija "Balasta Dambis".  
Pašvaldības uzņēmums "Rīgas ūdens"  
Sūknis M2 (D 500 - 36).

Izejas dati

TABULA 2

Šķidrums blīvums	D (kg/m <sup>3</sup> )	1.0			
Sūkņa nominālā padeve	Q <sub>n</sub> (m <sup>3</sup> /h)	500	139 l/s		
Sūkņa nominālais spiediens	H <sub>n</sub> (m)	25			
Sūkņa maksimālais spiediens	H <sub>max</sub> (m)	30			
Sistēmas pretpiediens	H <sub>st</sub> (m)	15			
Sūkņa nominālais lietderības koeficients	lk <sub>sn</sub> (%)	70			
Spiediena kritums uz atvērtu aizbidni	H <sub>v</sub> (m)	3			
Dzinēja nominālā jauda	P <sub>l</sub> (kW)	70	P <sub>l</sub> =54 kW		
Dzinēja lietderības koeficients	lk <sub>mn</sub> (%)	93			
Frekvenču pārveidotāja nominālais lietderības koeficients	lk <sub>fpn</sub> (%)	98			
Kopējais darbalaiks gadā	T <sub>k</sub> (h)	8760			
Elektroenerģijas cena	Ls /kWh	0.039			
	Padeve	m <sup>3</sup> /h	Laiks(%)	Stundas	
Sūkņa darbības laiks pie dažādām padevēm procentos no kopējā darba laika	30%	150	0	0	
	40%	200	0	0	
	50%	250	0	0	
	60%	300	10	876	
	70%	350	20	1752	
	80%	400	40	3504	
	90%	450	20	1752	
	100%	500	10	876	
Summai ir jābūt	100%	Kopā	2600	100	8760

Aprēķina rezultāti

Patērētā enerģija regulējot ar aizbidni	A <sub>ar</sub>	397 653	kWh
Patērētā enerģija regulējot ar frekvences pārveidotāju	A <sub>fp</sub>	300 435	kWh
Ietaupītā elektroenerģija gadā	A <sub>s</sub>	97 218	kWh
Enerģijas izmaksu ietaupījumi gadā	E	3325	Ls
Investīciju izmaksas (iekārtu cena)		2560	Ls
Atmaksāšanas laiks	t <sub>a</sub>	0,8	gadi

Komentāri: izmantot dzinēju HXR 280 SMB6  
un frekvences pārveidotāju ACS 503-071-3 [9,11].

## ELEKTROENERĢIJAS TAUPIŠANA SŪKŅA PIEDZIŅĀ

Ūdens padeves regulēšanu ar frekvences pārveidotāju salīdzinājumā  
ar aizbīdņa stāvokļa maiņu spiedvadā.

Sūkņu stacija "Bolderāja".

Pašvaldības uzņēmums "Rīgas ūdens"

Sūknis M1 (K20/30).

Izejas dati

TABULA 3

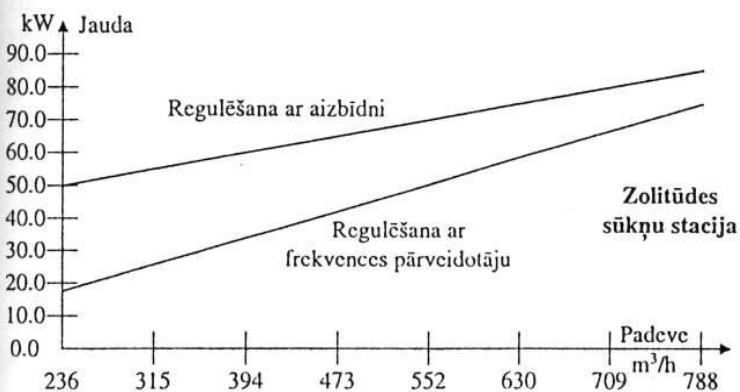
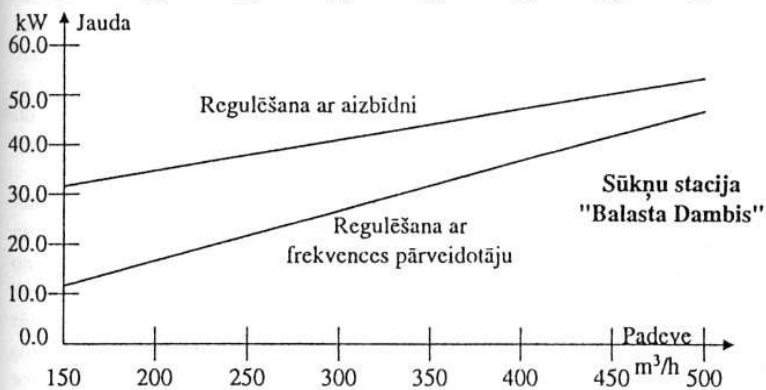
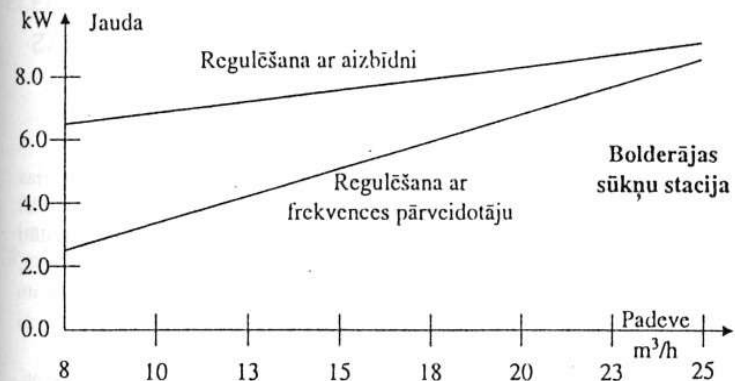
Šķidrums blīvums	$D$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	1.0			
Sūkņa nominālā padeve	$Q_n$ ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	25.2	7 l/s		
Sūkņa nominālais spiediens	$H_n$ (m)	65			
Sūkņa maksimālais spiediens	$H_{\text{max}}$ (m)	100			
Sistēmas pretspiediens	$H_{\text{st}}$ (m)	50			
Sūkņa nominālais lietderības koeficients	$lk_{\text{sn}}$ (%)	55			
Spiediena kritums uz atvērtu aizbīdni	$H_v$ (m)	3			
Dzinēja nominālā jauda	$P_t$ (kW)	11	$P_t=9$ kW		
Dzinēja lietderības koeficients	$lk_{\text{mn}}$ (%)	93			
Frekvenču pārveidotāja nominālais lietderības koeficients	$lk_{\text{fpn}}$ (%)	98			
Kopējais darbalaiks gadā	$T_k$ (h)	8760			
Elektroenerģijas cena	$L_s$ (kWh)	0.039			
	Padeve $\text{m}^3/\text{h}$	Laiks (%)	Stundas		
Sūkņa darbības laiks pie dažādām padevēn procentos no kopējā darba laika	30%	7.56	0	0	
	40%	10.08	0	0	
	50%	12.6	0	0	
	60%	15.12	10	876	
	70%	17.64	20	1752	
	80%	20.16	40	3504	
	90%	22.68	20	1752	
Summai ir jābūt	100%	Kopā	131.04	100	8760

Aprēķina rezultāti

Patērētā enerģija regulējot ar aizbīdni	$A_{\text{ar}}$	73 170	kWh
Patērētā enerģija regulējot ar frekvences pārveidotāju	$A_{\text{fp}}$	56 372	kWh
Ietaupītā elektroenerģija gadā	$A_s$	16 798	kWh
Enerģijas izmaksu ietaupījumi gadā	$E$	575	Ls
Investīciju izmaksas (iekārtu cenas)		285	Ls
Atmaksāšanas laiks	$t_s$	0,5	gadi

Komentāri: izmantot dzinēju MBT 112 M28-2

un frekvences pārveidotāju ACS 503-006-3 [9,11].



Zīm.3.2. Sūkņu piedziņas jaudas izmaiņu diagrammas

### 3.2. REGULĒJAMU SŪKŅU PIEDZIŅU PIELIETOŠANAS EFEKTIVITĀTE.

Ikviena liels vai mazs uzņēmums un individuāls elektroenerģijas lietotājs cenšas samazināt izmaksas par patērēto enerģiju. Iepriekš aplūkotois piemērs par frekvences pārveidotāja pielietošanas efektivitāti sūkņu stacijās vai individuālos sūkņu agregātos parāda kā var taupīt, investējot līdzekļus, ko nākošā gada laikā un arī turpmāk regulāri tik un tā būtu jāmaksā elektroapgādes kompānijām. Bet šī ir tikai viena energotaupīšanas problēmas puse.

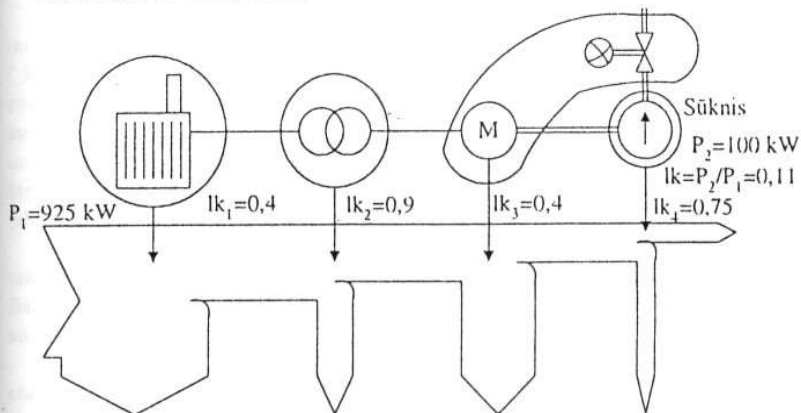
Šī jautājuma otra puse ir tieši saistīta ar elektroenerģijas ražošanu. Izmantojot sūkņu agregātu ar regulējamu maiņstrāvas piedziņu, vismaz divas līdz trīs reizes palielinās visas sūkņu iekārtas kopējais lietderības koeficients. Tas izsauc būtisku pievadītās jaudas samazinājumu un līdz ar to samazinās enerģijas zudumi sūkņu stacijā, elektropārvades līnijās un transformātoros. Tātad elektrostacijā jāražo mazāk elektroenerģijas. Visu regulējamās sūkņu iekārtas ieviešanas efekts ir parādīts Zīm.3.3.

Pie vienas un tās pašas lietderīgās jaudas ( $P_2=100$  kW), salīdzinot ūdens padeves regulēšanas iekārtu darbību ar aizbīdni spiedvadā un frekvences regulatoru, pēdējā gadījumā jaudas zudumi visā ķēdē no elektrostacijas līdz sūknim ir 2,47 reizes mazāki. Ņemot vērā, ka sūkņi, ventilātori un kompresori patērē kopā ap 50% no Latvijas saražotās elektroenerģijas, tad šāda enerģijas taupīšanas veida masveida ieviešana varētu novest pie elektroenerģijas piegādes apjoma samazināšanu par 1/4 daļu.

Investīciju izmaksas sastāda tikai izvēlētajā frekvences pārveidotāja cena. Dotie piemēri liecina, ka papildus izmaksas frekvences pārveidotāja iegādei atmaksājas 6÷9 mēnešu laikā. Nomainot arī sūkņa agregātu, investīcijas palielināsies un arī to atmaksāšanās laiks kļūs lielāks, bet jaunam sūkņa agregātam būs augstāks lietderības koeficients un kopumā atmaksāšanās laiks nepārsniegs 2 gadus.

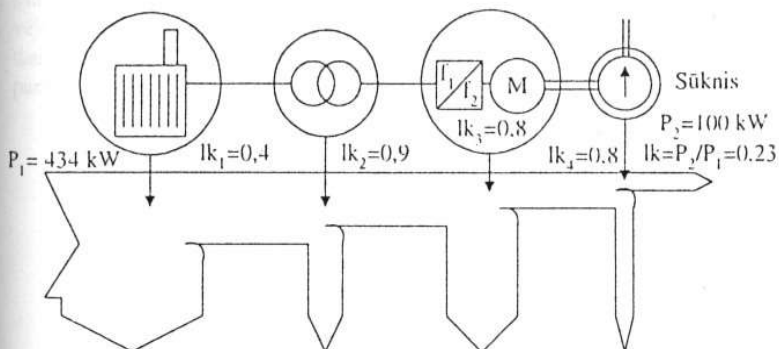
Šādu aprēķinu paātrināšanai firmā ABB Industry OY (Somija) ir izstrādāta programma "Energy Savings Calculator for Pump Drives".

ELEKTROENERĢIJAS ZUDUMI NO ELEKTROSTACIJAS LĪDZ SŪKŅA  
AGREGĀTAM REGULĒJOT PADEVI AR AIZBĪDNI SPIEDVADĀ



$$\Delta P = 556 \text{ kW} + 37 \text{ kW} + 200 \text{ kW} + 33 \text{ kW} = 826 \text{ kW}$$

ELEKTROENERĢIJAS ZUDUMI NO ELEKTROSTACIJAS LĪDZ  
SŪKŅA AGREGĀTAM IZMANTOJOT PIEDZIŅU AR ĀTRUMA  
REGULĒŠANU



$$\Delta P = 260 \text{ kW} + 18 \text{ kW} + 31 \text{ kW} + 25 \text{ kW} = 334 \text{ kW}$$

#### 4. ALTERNATĪVIE ENERĢIJAS AVOTI

Runājot par enerģijas avotiem, tiek izdalīti elektroenerģijas pamata jeb tradicionālie ražošanas veidi (termoelektrostacijas, hidroelektrostacijas un atomelektrostacijas) un alternatīvie elektroenerģijas iegūšanas veidi (vēja ģeneratori, saules baterijas, paisuma-bēguma stacijas, koģenerācijas iekārtas, mazās hidro-elektrostacijas un c.). Bieži cenšas alternatīvās enerģijas avotus nosaukt par solāro enerģētiku, jo šie avoti esot iespējami tikai saules darbības rezultātā.

Industriāli attīstītās valstīs alternatīvās enerģētikas elektroiekārtās saražo 3÷7% no visas patērētās elektroenerģijas, bet attīstība šai virzienā notiek, jo pārāk kārdinoša ir doma iegūt elektroenerģiju no avota par kura izmantošanu nav jāmaksā (saule, vējš).



#### 4.1. VĒJA ENERĢIJAS IZMANTOŠANAS IESPĒJAS LATVIJĀ.

Latvijā ir četras vēju joslas (Zīm.4.1.), vienā no tām vēja ātrums ir no 0 līdz 3,5 m/s - šī zona parādīta baltā krāsā, slīpi aizsvītrotā rajonā ( Kurzemē ) vēja ātrums ir no 3,5 m/s līdz 4.0 m/s, bet rūtaini apzīmētā zonā pie Rīgas jūras līča, kā arī Latgales pusē, kur vējš pūš no austrumiem, vēju ātrums sasniedz vidējo lielumu no 4,0 m/s līdz 5,0 m/s un vertikāli aizsvītrotā zonā gar Baltijas jūru ( Liepājā, Ventspilī ) vēja ātrums ir lielāks par 5,0 m/s. Stiprs vējš, kura enerģētikas potenciālu var labi izmantot Latvijā, ir tikai pie Baltijas jūras krasta.

Latvijas vēju diagrammā (Zīm.4.2.) ir parādīts vēju ātrums dažādos novados visos gada mēnešos, kur V1 ir vidējais vēja ātrums gadā no Baltijas jūras, bet V2 vēja ātrums no Rīgas līča un V3 - vēja ātrums no austrumiem [12].

Rietumeiropā vēja enerģiju izmanto kā alternatīvu elektriskās enerģijas avotu, kur vēja ātrums ir 6-12 m/s, bet izmantojamās vēja enerģijas potenciāls ir diezgan zems.

Lai maksimāli izmantotu vēja enerģiju gadā, vējģeneratora darba stundu skaitam ir jābūt tādām, lai

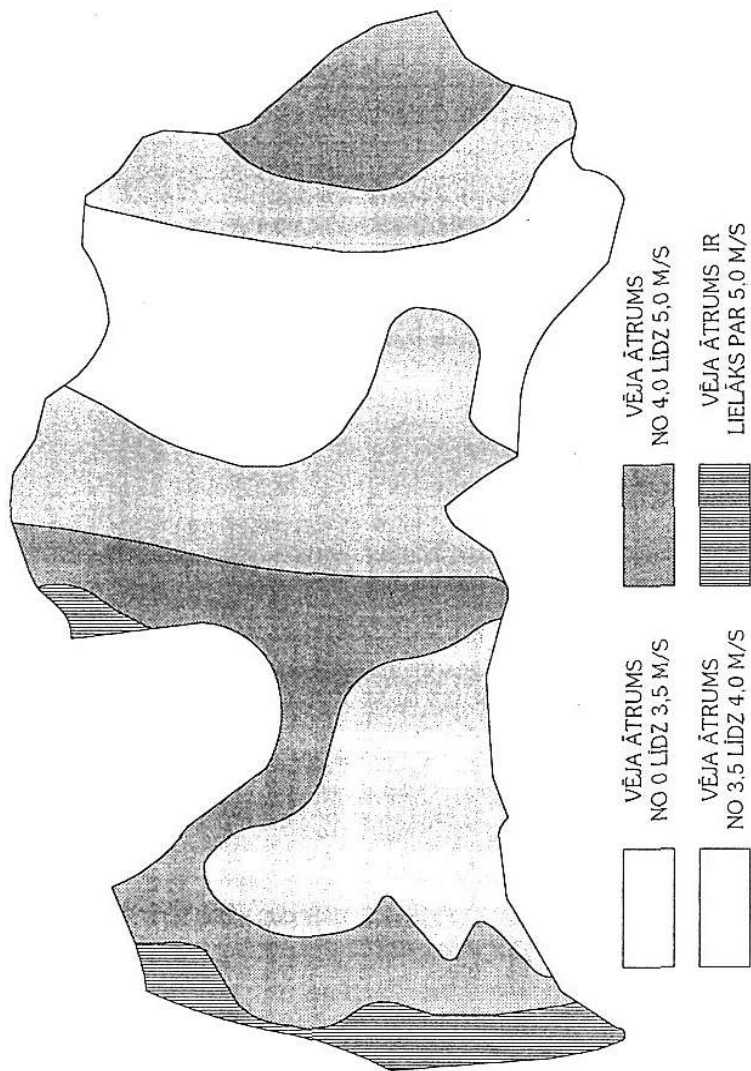
$$T = E/N = 1000 \text{ h/gadā,}$$

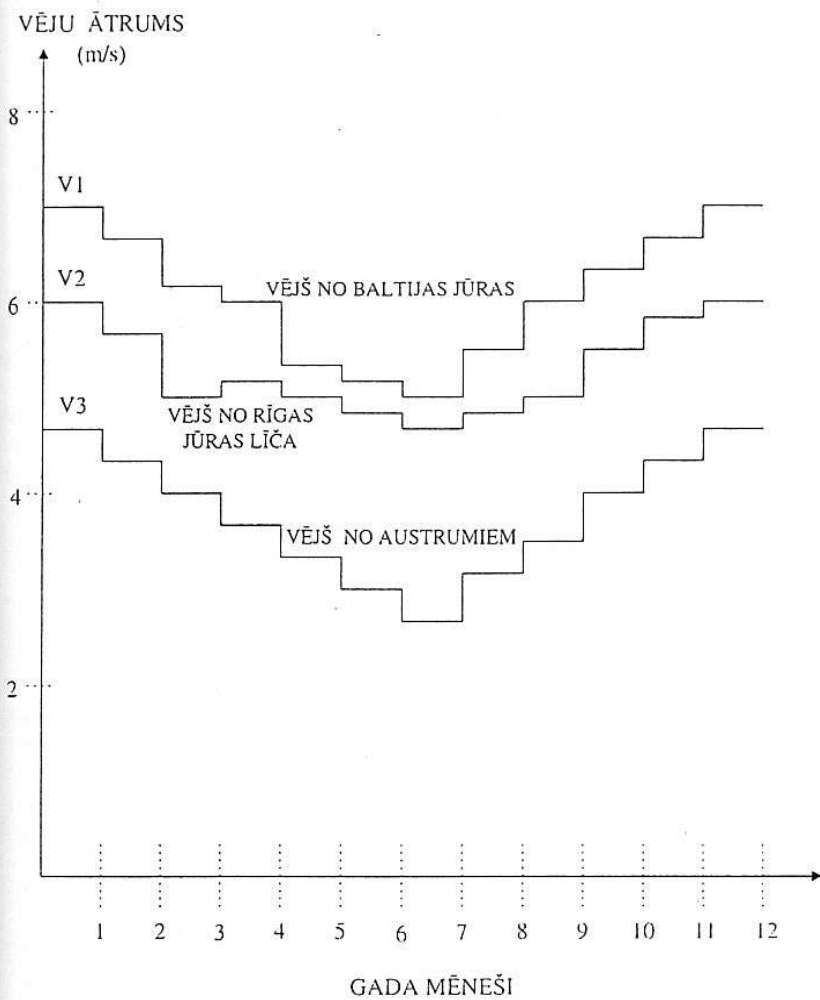
kur

E - saražotā elektriskā enerģija (kWh/gadā),

N - vēja ģeneratora maksimālā jauda (kW).

Rietumeiropā T vietām ir lielāks pa 2000 ÷ 2500 h/gadā, kas ļauj samērā efektīvi izmantot vēja ģeneratorus. Pie zemākiem vēja ātrumiem vēja enerģiju var izmantot kaut vai, lai sasildītu ūdeni fermās. Bet ir vēl daudz problēmu, lai organizētu vēja ģeneratoru un elektroapgādes sistēmu paralēlo darbu.





Zīm. 4.2. Vēju diagramma Latvijas teritorijā

#### 4.2. VĒJA ENERĢĒTISKĀS IERĪCES.

Latvijā ir ieteicams izmantot vēja enerģētiskās ierīces (VEI) ierīces ar zemu apgriezienu skaitu, kuras strādā šeit piemērotiem apstākļiem (neliela un vidēja ātruma vējš). Tā kļūst par diezgan aktuālu problēmu. Lai izmantotu VEI ar mazu jaudu (0,1 ÷ 10 kW), ir nepieciešami sekojoši nosacījumi : lai VEI būtu viegli pielietojama ekspluatācijā, lai varētu to izmantot ilgstoši, lai tai būtu piemēroti gabarīti, masa un cena.

Klasiskā VEI shēma sastāv no atbalsta masta, spārniem vai lāpstņām, ģenerators, multiplikators, regulēšanas sistēmas un iekārtas, kas nodrošina orientēšanos pēc vēja plūsmas.

Visdārgākā VEI daļa ir multiplikators, kas nav īpaši drošs elements ekspluatācijā ar īsu kalpošanas laiku. Multiplikators samazina VEI drošību, tāpēc ka piespiež ģenerators gultņus strādāt lielā ātrumā un traucē elektroenerģijas padevi lāpstņu apsildei. Ieteicams izveidot VEI bez multiplikatora.

Bez multiplikatora samazinās ģenerators apgriezienu skaits, palielinās tā masa un gabarīti. Tādēļ pāreju uz VEI bez multiplikatora ir jāizdara ar minimālu ģenerators masas palielinājumu. Tas ir iespējams, ja izmanto pastāvīga magnēta ierosmi un daudzpolu ģenerators konstrukcijas. Parastie elektriskie ģeneratori nav efektīvi daudzpolu izpildījumā (palielinās gabarīti un masa ).

Kā ģenerators var izmantot daudzpolu induktora tipa elektrisko mašīnu, bet ierosmi var veidot no diezgan lētiem ferīta-bārija magnētiem. Pie tam magnētus vajag izvietot tā, lai tie atrastos enkura reakcijas plūsmā. Patstāvīgo magnētu izmantošana samazina sinhrono pretestību un palielina ģenerators slodzes spēju.

Visvieglākais VEI regulēšanas veids ir gadījumā, ja pielieto slodzei paralēli slēgtu akumulatoru. Kad ir bezvējš, akumulators baro slodzi, bet kad ir vējš, daļa enerģijas no VEI tiek izlietota akumulators uzlādēšanai. Šajā gadījumā regulēšanas sistēma ir vieglāka, un ir iespējas pilnīgāk izmantot vēja enerģiju. Tāda sistēma ir racionāla, ja VEI jauda nepārsniedz 1 - 2 kW, bet ja izmanto lielākas jaudas VEI, tad ir izdevīgi pielietot taisngriezi-invertoru ar paralēlo pieslēgšanu tīklam, lai būtu nodrošināta slodzes iekārtu nepartraukta elektriska barošana.

VEI variants bez multiplikatora dod iespēju vienkārši sasildīt vēja rīteņa lāpstņas. Lai šis variants darbotos, ģenerators rotarī ievieto enkura papildus tinīmu un pieslēdz to pie apsildāmiem lāpstņu elementiem neizmantojot suku un kontaktu riņķus.

Izmantojot nelielas jaudas daudzpolu elektrisko ģeneratoru ar ferrīta - barija magnētu ierosmi var atteikties no multiplikatora, un sakarā ar to palielināt iekārtas ilggadību un drošību, vienkāršot VEI apkopi, samazināt cenu un ekspluatācijas izmaksas.

### 4.3. VĒJA ELEKTROSTACIJAS LATVIJĀ

Eiropas valstīs vēja enerģija izmantošanā lielākos panākumus guvušas Dānija, Vācija un Holande. Zīm. 4.3. ir parādīts vēja enerģētiskās ierīces kopskats nelielas ražotnes elektroapgādei.

Latvijas vēja kadastrs un Hidrometeoroloģijas centra ilggadējie mērījumi rāda, ka vēja elektrostaciju uzstādīšanai vispiemērotākā ir Baltijas jūras līča piekraste Ainažu rajonā. Elektrostacijas ierīkošanai izvēlējās laukumu blakus automaģistrālei Via Baltica Ainažu pilsētas teritorijā, kilometru no robežas ar Igauniju.

Lai noteiktu vēja ātrumu un valdošo virzienu agregātu uzstādīšanas vietā, tika veikti mērījumi ar vēja parametru mērīšanas iekārtu NRG LOGGER 9200, kas bija uzstādīta 30 m augstā mastā. Pēc šiem rezultātiem vēja ģenerators turbīnas ass līmeni noteica 50 m augstumā. Tika aprēķināta VEI TW 600 vidējā enerģijas izstrāde gadā un atsevišķos mēnešos, kā arī noteikts uzstādītas jaudas izmantošanas koeficients. Uzstādīšanas vietā 50 m augstumā vidējais vēja ātrums gadā ir 6,4 m/s, ģenerators vidējā jauda - 154,6 kW, bet izstrādātā enerģija - 1,34 GWh.

Vēja parkā tika uzstādīti divi firmas TASKE vēja agregāti TW 600, kas sastāv no vēja turbīnas, reduktora un 600 kW asinhronā ģenerators. Reduktors un ģenerators iemontēti skaņu izolējošā 29 t smagā gondolā, kura novietota 50 m augsta tērauda torņa galā. Torņa svars ir 60 t. Ģenerators rotora griešanās ātrums atkarībā no vēja stipruma ir 18 vai 27 apgriezieni minūte, nominālais spriegums ir 690 V. Vadības iekārta vēja agregātu iedarbina, ja vēja ātrums sasniedz 3 m/s, un aptur, ja pārsniedz 25 m/s. Vēja agregāti novietoti 400 m attālumā viens no otra līnijā, kas iet uz austrumiem no maģistrāles Via Baltica. Šādu izvietojumu noteica ekoloģiski apsvērumi, jo agregāti nedrīkst atrasties tuvāk par 250 m no dzīvojamām ēkām. Vēja elektrostacijas darbība ir pilnīgi automatizēta. Tās vadību, kontroli un režīmu nosaka dators. Funkcionēšanai nepieciešamos parametrus mēra dažādos stacijas punktos izvietoti devēji: vēja ātruma un virziena mērītājs, temperatūras mērītāji dažādos ģenerators mezglos, jaudas un enerģijas mērītāji. Vēja elektrostacija tika palaista 1995. gadā.

Agrāk ir uzstādītas vēja elektostacijas: Jelgavas rajonā, Glūdas pagastā (izgatavotājs - uzņēmums "Vējas"). Daugavpils rajonā Naujenes pagastā (Vetroen), Bauskas rajonā Gailīšu pagastā (Vetroen), Daugavpils rajonā Lauceses pagastā (paškonstruēta), Jelgavas rajonā Svētes pagastā (paškonstruēta), Jelgavas rajonā Vircavas pagastā (LLU kopā ar Jelgavas mašīnhuves rūpnīcu), Jelgavas pilsētā (Vetroen), Jelgavas rajonā Krimuldas pagastā (paškonstruēta). To kopīgi saražotais enerģijas daudzums ir ļoti nieciņš - ap 100000 kWh gadā jeb 0,002% no valstī

nepieciešamās elektroenerģijas. Abas Ainažu VES kopā gadā saražo 2,5 miljonus kWh un tad VES kopīgais devums Latvijas elektroenerģijas patēriņā apmērināšanā ir picaudzis līdz 0,0043%.

VEI ražo elektroenerģiju ar izmaksām, kas ir salīdzināmas ar Siltumelektrostacijas (SES) izmaksām, kas izmanto ogles. VEI galvenie ekonomiskie rādītāji ir investīcijas uz 1 kW noteiktas jaudas un saražotās elektroenerģijas kWh izmaksa. ASV visvairāk ir izplatītas VEI ar  $900 \div 1000$  USD/1kW; Eiropā šīs izmaksas ir 1000 ECU/1kW.

Līdz ar VEI jaudas palielināšanu samazinās kapitālieguldījumi. Piemēram, Dānijā konstatēts, ka palielinot jaudu no 15 kW līdz 200 kW kapitālieguldījumi samazinās no 0,7 līdz 0,3 USD/kWh gadā. Dānijā uzskata ka VEI optimālās jaudas robežas ir 300 - 700 kW. Līdz ar jaudu palielināšanu pamatmezglu izmaksas arī palielinās. Lielbritānijā iegūtie rezultāti parāda, ka VEI pašizmaksa ar nelielu un vidēju jaudu ir zemāka nekā lielajiem agregātiem.

Pašlaik pasaules vējenerģētikā tiek ievērotas tendences VEI jaudas palielināšanai līdz 1 MW un vēl vairāk. Tam ir sekojoši iemesli:

- 1) pazeminās elektroenerģijas pašizmaksa no  $1m^2$  izmantotās platības;
- 2) pazeminās ekspluatācijas un tehniskas apkalpes izdevumi;
- 3) paaugstinās VEI izmantošanas efektivitāte.

Bet pagaidām pasaules tirgū ir tikai nedaudz VEI ar jaudu 1 MW un vairāk.

Latvijā vēja enerģijas izmantošanā visvairāk izplatītas VEI ar samēra nelielu jaudu ( $0,1 \div 0,5$  kW). VEI izmantošana ekonomiski ir izdevīga autonomu patērētāju apgādei, kas atrodas tālu no elektropatērētāju līnijām, īpaši rajonos, kur ir diezgan dārga kurināmā piegāde. Šādas autonomas vēja enerģētiskās ierīces ir paredzētas un tiek izmantotas galvenokārt darba mehanizācijai lauksaimniecībā, dzīvojamu un rūpniecības ēku apsildei un apgaismošanai.

Šodien Latvijā mazjaudīgām autonomām VEI tiek izmantoti sinhronie ģeneratori ar pastāvīgo magnētu ierosmi. Šo sinhrono ģeneratoru priekšrocība ir augstāka drošība, trūkumi - nav iespējas regulēt izejas spriegumu bez speciālas iekārtas pielietošanas. VEI autonomā darbībā, ar nolūku vienkāršot vadības sistēmu un vislabāk izmantot vēja enerģiju, lietderīgi ir nodrošināt no jaudas viedokļa diezgan stabili vējturbīnas un ģeneratora darbības režīmu pie slodzes svārstībām. To var sasniegt izmantojot dažādas palīgsistēmas: balasta slodzes, uzlādes iekārtu un dzinēju ar sūkņiem.



Zīm. 4.3. Vēja ģenerators neliela ražojoša uzņēmuma elektroapgādei



Zīm.4.4. Saules elektrostacija pie Neurather ezera



#### 4.4. SAULES ENERĢIJAS IZMANTOŠANA

Mūsu platuma grādos kā energotaupīšanas līdzekli var izmantot arī saules enerģijas tiešos pārveidotājus elektriskajā enerģijā "saules baterijas", ko parasti uzstāda uz ēku jumtiem un sienām.

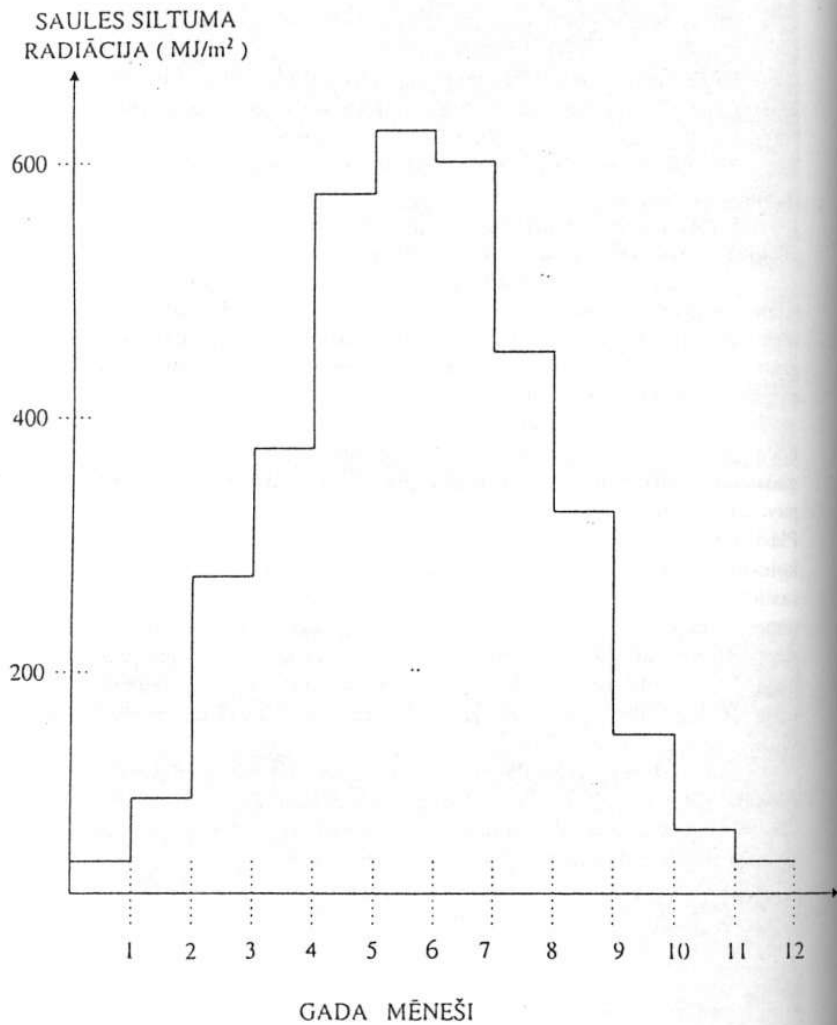
Zīm.4.4. ir parādīts saules elektrostacijas kopskats Vācijā pie Neurather ezera [2.].

Sakarā ar enerģijas deficītu Latvijā ir vērts izmantot saules enerģiju atkarībā no mūsu klimatiskās zonas iespējām.

Visā Ziemeļeiropā klimatiskie apstākļi ir diezgan līdzīgi un saules siltuma radiācijas izmaiņas gada laikā, kas dotas Zīm.4.5. parāda, ka (decembrī, janvārī) saules enerģija tiktāl samazinās, un praktiski to ir grūti izmantot. Visefektīvāk var izmantot saules enerģiju no marta beigām līdz septembra sākumam [2.].

Lauku saimniecībās vasaras gadalaikā ar saules kolektoru sasildīto ūdeni izmanto fermās, tāpat saules siltumu izmanto arī vēsākos gadalaikos - rudenī un pavasarī. Ja saskaīta saules kolektora izmantošanu pavasara-vasaras-rudens periodā, tad izmaksas būtiski samazinās. Plastisko cauruļu izmantošana pasargā konstrukciju no korozijas. Saules kolektora eksperimentālā izmantošana parāda, ka, lai no akumulatora sasildītu ūdens tilpumu līdz 70 litriem, atkarīgi no sezonas ir vajadzīga temperatūra 38 - 64°C. Saules siltums dod iespēju ekonomēt 30 - 40% no karstā ūdens patēriņa lauksaimniecībā un 10% no siltumenerģijas pašā mājā. Saules kolektora izmantošana ir praktiska tad, kad ūdens boileris mājā strādā paralēli elektriskai sistēmai, kura sasilda ūdeni dienās, kad saules radiācija ir zema.

Ūdens siltuma akumulātoru ir vērts izmantot kopā ar elektrisko sildītāju, tad var viegli automatizēt siltuma regulēšanu. Ziemas gadalaikā var paredzēt, ka ūdens siltuma akumulātors nestrādās un tiek izmantotas citas ūdens sildāmās ierīces ( piemēram, elektriskais sildītājs ).



Zīm.4.5. Saules enerģijas diagramma Latvijas teritorijā

## 4.5. ŪDENS SPĒKA IEKĀRTAS

Mazās hidrostatijas var būt ne tikai elektroenerģijas ražotājs citiem patērētājiem. Tās tiek izmantotas kā alternatīvais enerģijas avots patērējamās elektroenerģijas izmaksu samazināšanai.

Ūdens enerģijas izmantošanai pielieto trīs veidu spēka iekārtas:

- hidrauliskos triecus,
- ūdensratus un
- hidrauliskās turbīnas.

Triecņu pielietošanas diapazons ir visai šaurs, jo tos pielietoto ūdens pacelšanai ar paša kritošā ūdens enerģiju. Enerģētiskā triecīem var būt nozīme un ar to palīdzību var kāda, lejasbēfē izplūstoša, avota vai strauta ūdenus pacelt uz HES augšbēfju, tādējādi palielinot caurteci, kas ir sevišķi svarīgi mazūdens periodā, jo avotu caurtece ir visai vienmērīga [8.].

No esošajām ūdensdzirnavām un mazajām HES, reāli tāda iespēja ir, piemēram Alūksnes rajona Otes (Ates) dzirnavām un Annenieku HES.

Ūdensrati ir visnenākās ūdensspēka izmantošanas iekārtas. Izšķir trīs ūdensratu tipus: ar pieplūdi apakšā, vidū un augšā. Latvijā vēl ir saglabājušās tikai dažas vecās dzirnavas ar ūdensratiem.

Nelielās HES, ar jaudu līdz 50...75 kW parasti uzstāda vienu turboagregātu. Līdz 300...500 kW jāuzstāda ne mazāk kā divus agregātus.

Izšķir uzstādīnājuma un derivācijas ūdens spēka stacijas. Uzstādīnājuma stacijā jaudu iegūst, ar aizsprostu paceļot ūdens līmeni upē un ūdeni no uzstādīnājuma pievadot turbīnai un ūdensratam. Šo staciju priekšrocība ir lielāka vai mazāka turbīnai pievadītā ūdens daudzuma regulēšana, sevišķi mazūdens periodā.

Ja turbīnas darbināšanai ir nepieciešams  $1 \text{ m}^3$  ūdens sekundē, bet upes caurplūde mazūdens periodā ir tikai  $0,15 \text{ m}^3/\text{sek.}$ , turbīnu varēs darbināt tikai 0,15 no kopējā laika, jeb  $0,15 \cdot 24 = 3,6$  stundas diennakti, protams, ja to atļauj ūdenskrātuves regulējošais tilpums.

Derivācijas ūdens spēka stacijās nepieciešamo līmeņa starpību panāk, iztaisnojot likumotu upes posmu ar lielu slīpumu, ar neliela slīpuma kanālu līdz turbīnas vai ūdensrata uzstādīšanas vietai.

Derivācijas stacijas priekšrocība ir iespēja panākt līmeņu starpību bez platību appludināšanas, bet to trūkums ir caurteci regulējošas ūdensrātuves trūkums. Tas ļauj uzstādīt tikai tādas jaudas spēka ierīci, kuru var darbināt ar minimālo caurteci.

Teorētiskā izstrāde būs atkarīga no konkrētās turbīnas caurplūstošā ūdens  $W$  ( $\text{m}^3$ ), ūdens krituma  $H$  (m) un lietderības koeficienta  $\eta$ :

$$E = W \cdot H \cdot \eta / 367,2.$$

Tā kā pietece nav viennēriģa un to visu nav iespējams uzkrāt, faktiskā elektroenerģijas izstrāde būs attiecīgi zemāka:

$$E_f = E_t * k_j,$$

kur

$E_f$  - faktiskā elektroenerģijas izstrāde (kWh),

$E_t$  - teorētiskā elektroenerģijas izstrāde =  $N * 8760$ ,

$k_j$  - jaudas izmantošanas koeficients (0,25 - 0,85).

Ja HES pietece baseinā atrodas diži un ezeri, ir jāpēta to noteces regulēšanas iespējas, lai tos maksimāli izstrādātu mazūdens periodos un tajos varētu uzkrāt palu ūdeņus.

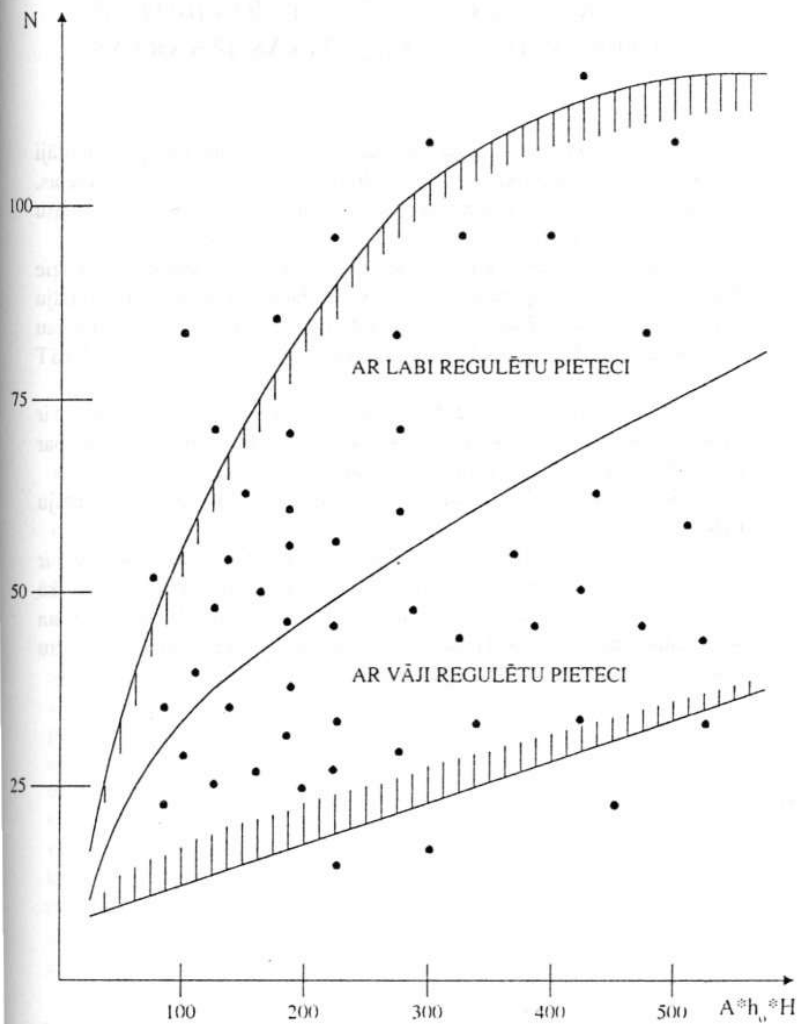
Atsevišķos gadījumos var attaisnoties arī ļoti mazu HES atjaunošana, ja kāda reģiona elektroapgādes uzlabošana ir saistīta ar elektropārvades līniju un transformatoru pārbūvi un nomaiņu. Tad slodzes maksimumstundās iegūti 20 kW var hūtiiski uzlabot kāda nostūra elektroapgādi. Naktī šāda elektrostacija var nedarboties un nelielo elektrības patēriņu šajās stundās segt no pastāvošā elektrotīkla.

Grafikā (Zīm.4.6.) reizinājums  $A * h_o * H$  pēc savas fizikālās būtības ir dzirnavu jaudas ekvivalents, jo jauda ir caurplūdušā ūdens daudzuma un uzstādījuma reizinājums, tas ir viens un tas pats noteces daudzums pie divreiz lielāka uzstādījuma attīstīs divreiz lielāku jaudu.

Izejot no šī grafika, ir iespējams empīriski prognozēt ierīkojamās vai atjaunojamās spēkstacijas iespējamo jaudu kW, ja ir zināms sateces baseins. Ta ir iespēja precizēt, izejot no konkrētiem apstākļiem: pietece regulēšanas iespējām; plānotā spēkstacijas darba režīma (visu diennakti vai tikai maksimumstundās); nepieciešamās sanitārās caurteces; ūdenskrātuves diennakts regulēšanas spējas pie pieļaujamajām līmeņa svārstībām.

Piemēram, Aiviekstes un Vecogres HES prasa vismazākos darbu apjomus. Pakuļu HES nav tikai Pakuļu 380 kW, bet gan Cieceres kaskādes perspektīvā vēl 280 kW, tāpat ar iespēju darbināt mazūdens periodā un praktiski nebūvējot nevienu aizsprostu, tikai atjaunojot slūžas Cieceres ezera iztekā un uzstādot turbīnas pie jau esošajiem uzstādījumiem.

Mazā jeb alternatīvā hidroenerģētika Latvijā ir visvairāk attīstīta un ieņem savu vietu enerģētikas biznesā.



Zīm. 4.6. Empīriskā sakarība starp sateces baseinu  $A$  (km<sup>2</sup>), gada noteces normu  $h_0$  (mm), uzstādīnājumu  $H$  (m) un uzstādīto jaudu  $N$  (kW)

## 5. ENERGOELEKTRONIKAS PĀRVEIDOTĀJI ALTERNATĪVĀS ENERĢĒTIKAS IEKĀRTĀS

Energoelektronikas elementi un īpaši pusvadītāju pārveidotāji alternatīvajām enerģētikas iekārtām dod jaunas funkcionālas iespējas, paaugstina saražotās elektroenerģijas kvalitāti un palielina iekārtu lietderības koeficientu.

Tādas alternatīvās enerģētikas iekārtas kā vēja ģeneratori, mazie hidroģeneratori un koģenerācijas ierīces var darboties arī bez pusvadītāju pārveidotājiem. Piemēram, vēja ģeneratori tika ražoti VEF rūpnīcā jau 30-ajos gados, kad pasaule vēl nepazīna diodi, tiristoru un IGBT tranzistoru.

Tomēr šodien energoelektronikas pārveidotāju kvalitāte ir sasniegusi augstu līmeni un paver tik plašas iespējas, ka tie ir kļuvuši par alternatīvās enerģētikas iekārtu neatņemamu sastāvdaļu.

Saules enerģētikas iekārtas praktiski sastāv tikai no pusvadītāju ierīcēm.

Analizējot alternatīvo enerģētisko iekārtu spēka shēmas, ir redzams, ka te galvenokārt izmanto tādas pusvadītāju pārveidotājus kā vienfāzes un trīsfāžu invertorus, vadāmos un nevadāmas taisngriežus un sprieguma regulatorus. Mikroprocesoru kontrolieru pielietošana šo iekārtu vadības sistēmās jau ir kļuvusi par normu.

## 5.1. ENERGOELEKTRONIKAS ELEMENTI VĒJA ENERĢĒTIKĀS IEKĀRTĀS

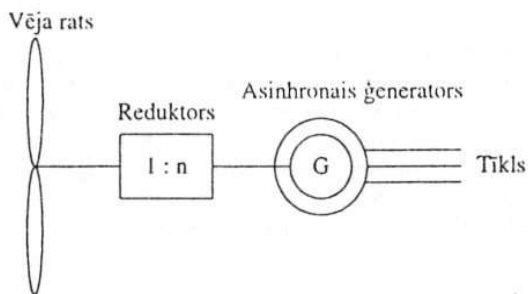
Ir pazīstami divi galvenie vēja enerģētisko iekārtu VEI veidi.

Pirmajā gadījumā VEI tiek veidotas tā, lai vēja rats vai turbīna grieztos ar nemainīgu ātrumu. Šādā sistēmā vēja rats caur reduktoru tiek savienots ar asinhrono vai sinhrono ģeneratoru, kas tieši pievienots tīklam. Zīm. 5.1. ir pārādīta konstanta ātruma VEI struktūrhēma. Šādas VEI priekšrocības ir konstrukcijas un elektriskās shēmas vienkāršībā. Tomēr te ir jābūt spārnu pagriezienu leņķa regulatoram, lai pie vēja ātruma izmaiņām uzturētu konstantu vēja rata ātrumu. Šo VEI jaudas koeficients ir samērā zems un vēja izmaiņas izsauc ģeneratora momenta izmaiņas un te ir paaugstināts mehāniskais stress visos vēja iekārtas komponentos. Vidējas jaudas (daži simti kW) nemainīga ātruma VEI parasti pieslēdz tīklam caur zemsprieguma/vidēja sprieguma transformatoru.

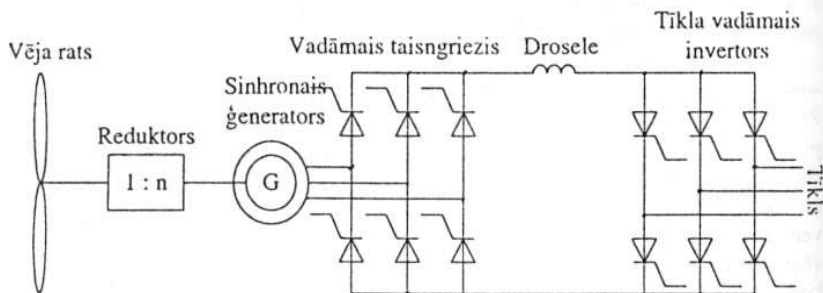
Otrajā gadījumā vēja turbīnas griešanās ātrums mainās proporcionāli vēja ātrumam līdz sasniedz nominālo ātrumu, kad tiek pielietota kāda no spārnu leņķa regulēšanas sistēmām, lai ierobežotu VEI aerodinamisko jaudu un griešanās ātrumu. Kā priekšrocības mainīga ātruma vēja ģeneratoriem tiek minēti: būtiski samazināti konstrukcijas elementu dinamiskie stresī; gada laikā saražotās enerģijas palielinājums par 15÷20%; akustiskā trokšņa samazināšanās pie zemiem vēja ātrumiem.

Mainīga ātruma VEI ir attīstījušās pēdējos divdesmit gadus. Praksē sevi ir pierādījušas vairākas VEI shēmas ar pusvadītāju pārveidotājiem. Zīm.5.2. ir pārādīta VEI elektriskā shēma pārveidotājam ar līdzstrāvas posmu, ko ļoti bieži lieto kopā ar sinhrono ģeneratoru. Zīm.5.3. ir dota VEI shēma, kur asinhronais ģenerators ir savienots ar tīklu caur nevadāmo tiltu un tīkla vadāmo invertoru. Asinhronās mašīnas magnetizēšanas funkcijas veic papildus kondensatoru zvaigznes slēgums. Šādas sistēmas darbojas vēja iekārtās ar jaudu līdz 250 kW. Tomēr šādām VEI shēmām ir zems jaudas koeficients. Lielāku jaudu VEI pielieto asinhrono ģeneratoru ar fāzu rotoru un virssinhronās kaskādes pārveidotāju, kas parādīts Zīm.5.4. Šādas VEI shēmas trūkums ir ģeneratora kontaktgredzenī, kas ātri bojājas sājā jūras gaisā, ja vēja iekārta ir uzstādīta krastu zonā.

VEI jaudas koeficienta uzlabošanai tīkla vadāmo invertoru vietā izmanto autonomos invertorus ar sprieguma impulsu platuma modulāciju. Zīm.5.5. ir pārādīta VEI shēma, kur maiņstrāvas ģeneratora statora ķēdē ir ieslēgti divi pretēji savienoti autonomie sprieguma invertori. Pēdējā laikā komerciālus panākumus guvusi VEI shēma (skat. Zīm.5.6.) ar nevadāmo tiltu, spriegumu paaugstinošo impulsu regulatoru, autonomo sprieguma invertoru un sinhrono ģeneratoru ar pastāvīgo magnētu ierosmi.

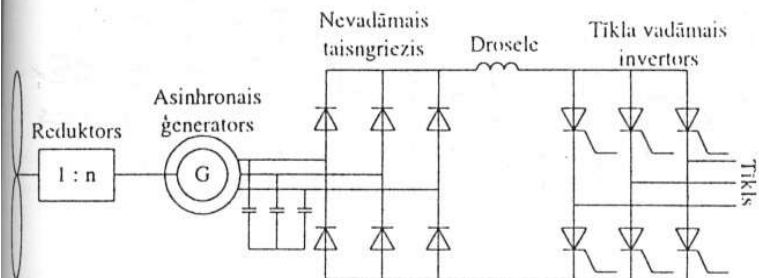


Zīm.5.1. Pastāvīga ātruma VEI shēma

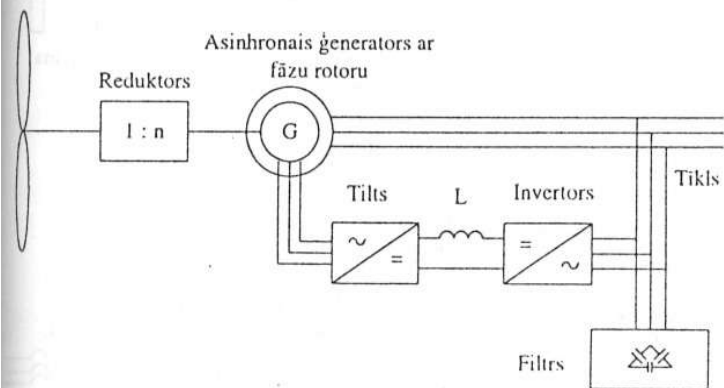


Zīm.5.2. Mainīga ātruma VEI shēma ar sinhrono ģenerators

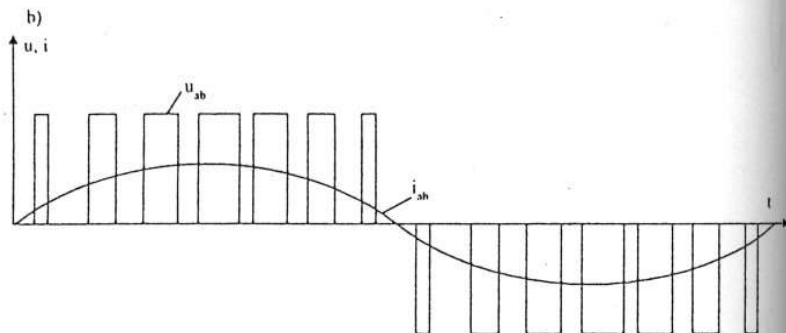
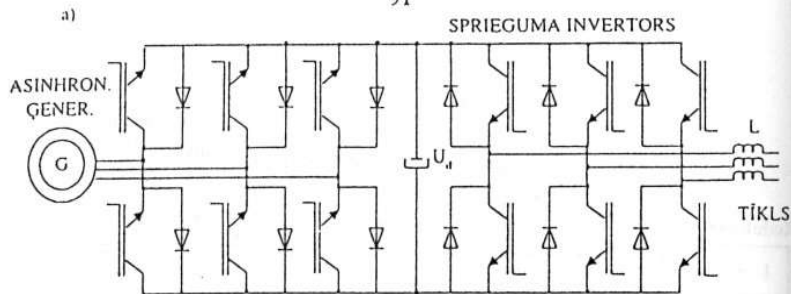




Zīm.5.3. Mainīga ātruma VEI shēma ar asinhrono ģeneratoru



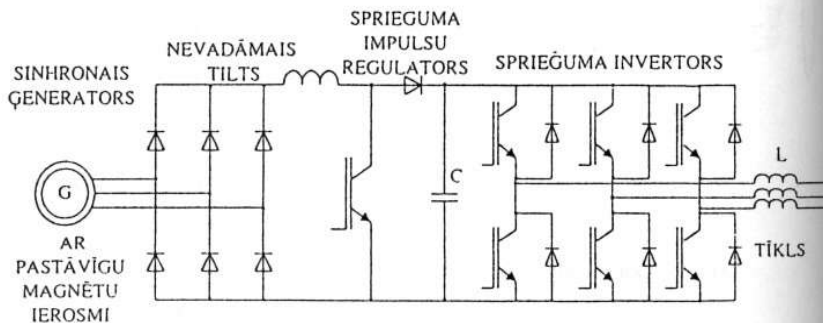
Zīm.5.4. Virrsinhronās kaskādes shēma mainīga ātruma VEI



Zīm.5.5. Mainīga ātruma VEI shēma ar pretēji slēgtiem autonomiem sprieguma invertoriem:

a) slēguma shēma,

b) izejas strāvas un sprieguma diagrammas



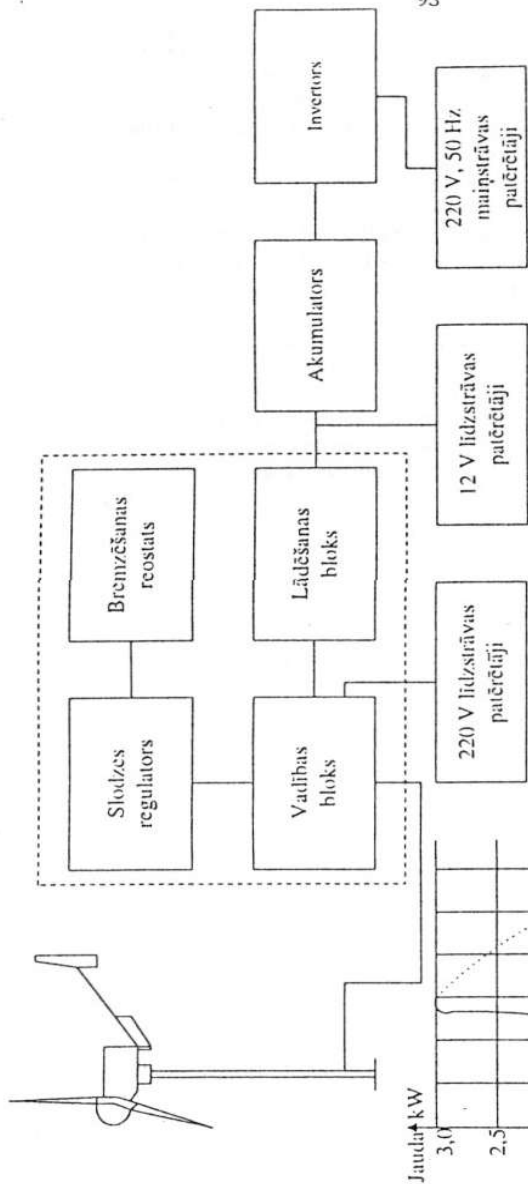
Zīm.5.6. VEI shēma ar sprieguma impulsu regulatoru un autonomo sprieguma invertoru

VEI reduktors ir dārga un smaga iekārtas sastāvdaļa. Tādēļ vairākas firmas jau ražo VEI, kur elektriskā mašīna ir tieši savienota ar vēja ratu. Piemēram, 500 kW mainīga ātruma vēja ģenerators darbojas ar nominālo ātrumu 30 apgr./min. Te ģenerators diametrs ir 5 m, bet vēja rata darba lauka diametrs ir 50 m. Daudzpolu sinhronais ģenerators, 12 pulsu taisngriezis un IGBT sprieguma invertors veido šo tiešo vēja ģeneratoru.

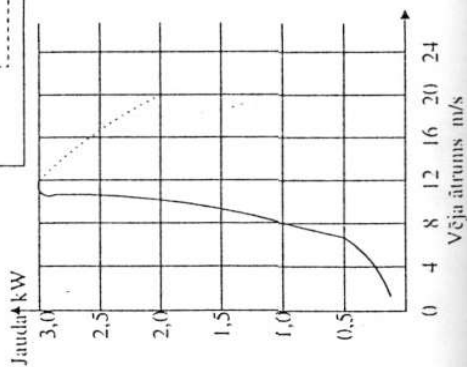
Sākot ar 1997.gadu, Rīgas elektromašīnu rūpnīcā sāk ražot 1 kW un 3 kW vēja ģeneratorus. Zīm.5.7. ir parādīta RER 3 kW vēja ģenerators blokshēma. Šī iekārta ir paredzēta līdzstrāvas ( $= 220$  V;  $= 12$  V) un maiņstrāvas ( $\approx 220$  V; 50 Hz) patērētāju barošanai. Vēja ģenerators te ir kopā ar 12 V akumulatoru un autonomo inverteru.

No Zīm.5.8. ir redzams, ka VEI izejas jaudas raksurlikne atkarībā no vēja ātruma ir izteikti nelineāra un savu maksimumu sasniedz pie ātruma 12 m/s.

Šādas mazas jaudas VEI praktiski tiek rekomendētas kā alternatīvie enerģijas avoti nelieliem ražojošiem uzņēmumiem, zemnieku saimniecībām un vienkārši individuālām mājām, lai samazinātu izmaksas par patērēto elektroenerģiju[7.].



Zīm.5.7. RER ražotā vējģeneratora bloks shēma

Zīm.5.8. RER  
vējģeneratora izejas  
raksturlielne

## 5.2. PUSVADĪTĀJU PĀRVEIDOTĀJI SAULES ELEKTROSTACIJĀS

Attīstoties tehnoloģijai, pēc kuras izgatavo saules elementus (celles), kas tieši pārveido saules radiācijas enerģiju elektroenerģijā, saules elektrostacijas tiek pielietotas arvien plašāk un arvien tālāk no ekvatora. Tandēma saules elementi; kristālīna saules elementi; amorfā silikona elementi; silikona plēves un organiskie saules elementi ir pēdējo gadu pētījumu rezultāti, kas paver iespējas pārsniegt lietderības koeficienta 30% robežu. Tomēr tradicionālajiem elektroenerģijas ražošanas veidiem saules elektrostacijas vēl nav īsts konkurents. Kā individuāls alternatīvs enerģijas avots, saules elektrostacijas ir jau tagad komerciāli interesantas.

Saules enerģijas tiešā pārveidošanā elektriskajā enerģijā galvenā sastāvdaļa ir saules elements vai celle. Elektroenerģijas parametru saskaņošanai ar patērētāja vajadzībām izmanto dažāda veida pusvadītāju pārveidotājus.

Saules elektrostacijas lieto autonomās elektroapgādes sistēmās un arī tās darbojas saistībā ar elektrisko tīklu.

Autonomās sistēmās saules enerģijas pārveidotājus lieto sākot no rokas pulksteņa un kalkulatora, un beidzot ar elektromobili un vienuļu dzīvojamo māju.

Dažādi energoelektronikas pārveidotāji tiek pielietoti saules elektrostacijās, kuru struktūrschéma ir dota Zīm.5.9. Parasti viena šādas saules elementu virknes slēguma izejas spriegums ir robežās no 60 V līdz 700 V.

Zīm.5.10. ir parādīta saules enerģijas pārveidotāja shéma ar tīkla vadāmo invertoru. Šāda veida vienfāzu un arī trīsfāzu shēmas tiek pielietotas iekārtām ar jaudas diapasonu no 1 kW līdz vairākiem MW, bet šīm ietaisēm ir zems jaudas koeficients un arī lieli papildus zudumi transformatorā.

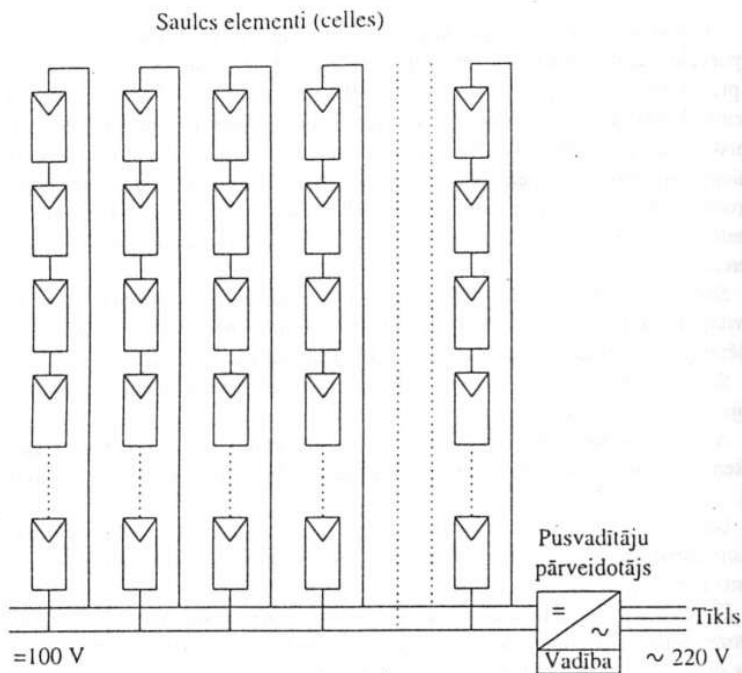
Zīm.5.11. ir dota saules enerģijas pārveidotāja shéma, kur pazeminošais līdzstrāvas regulators veido it kā iztaisnotas maiņstrāvas pusviļņus, bet izejas invertors pārveido šo pulsējošo līdzstrāvu maiņstrāvā.

Saules enerģijas pārveidotāja shéma, kas parādīta Zīm.5.12., tiek plaši pielietota dažādu firmu ražojumos ar jaudu līdz 3 kW. Šajā shēmā augstfrekvences invertors l un transformators garantē drošu potenciālu atdalīšanu, bet invertors 2 formē nepieciešamo izejas frekvenci.

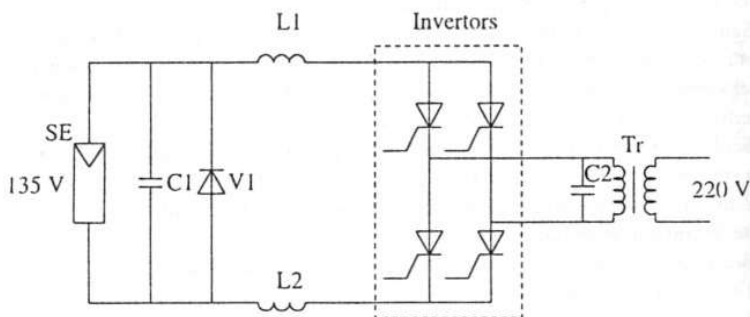
Saules enerģijas pārveidotājos ar izejas jaudu no 3 kW līdz 200 kW pielieto sprieguma un strāvas invertorus ar impulsa platuma modulāciju (PWM).

Zīm.5.13. dota pārveidotāja shéma ar sprieguma invertoru, kas var tikt pieslēgta tīklam vai patērētājam gan caur saskaņojošo transformatoru, gan tieši.

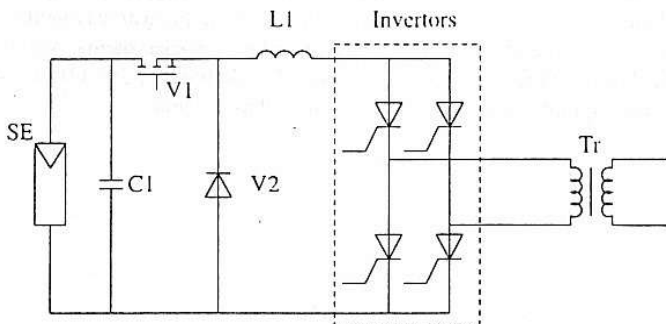
Beztransformatoru saules pārveidotāju iekārtās ir mazāki jaudas zudumi. Zīm.5.14. ir parādīta pārveidotāja shéma, kur izejas sprieguma forma tiek sintezēta no dažādiem saules elementu izejas spriegumu lielumiem. Šo pārveidotāju sauc par Fraunhofera invertoru un izejas tranzistoru vietā tiek izmantoti arī tiristori [5].



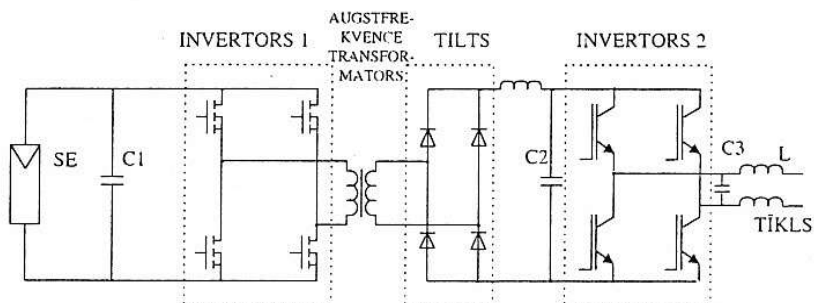
Zīm.5.9. Saules elektrostacijas struktūrshēma



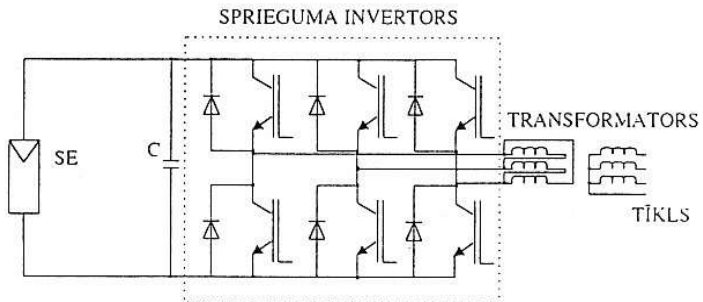
Zīm.5.10. Saules enerģijas pārveidotājs ar tīkla vadāmo invertoru un zemsprieguma transformatoru



Zīm.5.11. Saules enerģijas pārveidotājs ar pazeminošu sprieguma impulsu regulatoru un autonomo invertoru



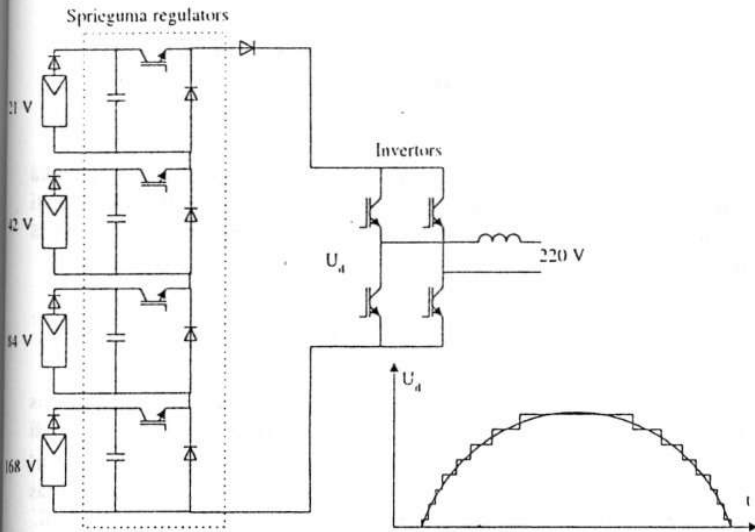
Zīm.5.12. Saules enerģijas pārveidotājs ar augstfrekvences starpposmu



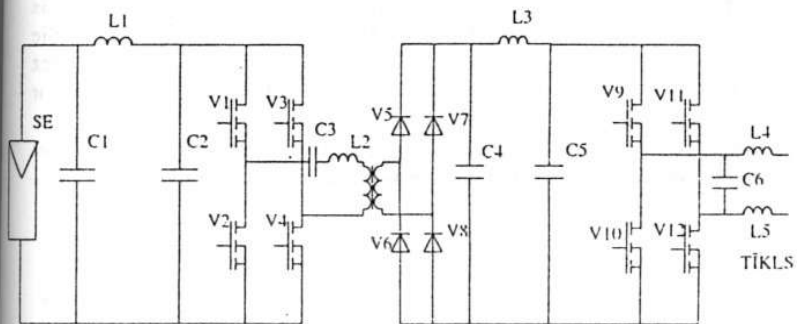
Zīm. 5.13. Saules enerģijas pārveidotājs ar sprieguma invertoru

Pēdējie sasniegumi saules enerģijas pārveidotāju iekārtās ir tādi, ka jau tiek izgatavoti saules elementu paneļi ar iekšpusē iebūvētiem integrēto invertoru moduļiem un tās sauc par Modulārām mikroliemeņa maiņstrāvas jaudas stacijām. Zīm.5.15. ir parādīta šāda integrēta pārveidotāja spēka shēma, kuras atšķirīgā sastāvdaļa ir virknes rezonanses invertors, kas darbojas ar 500 kHz frekvenci. Te nav vajadzīgi līdstrāvas kabeļi un to aizsardzības sistēmas.





Zīm. 5.14. Saules enerģijas pārveidotājs ar Fraunhofera invertoru



Zīm. 5.15. Integrēta saules enerģijas pārveidotāja spēka shēma ar virknes rezonances invertoru (500 kHz)

### 5.3. SAULES ENERĢIJAS PĀRVEIDOTĀJU PIELIETOŠANAS PIEMĒRI

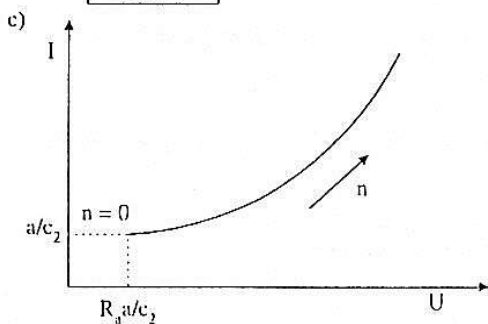
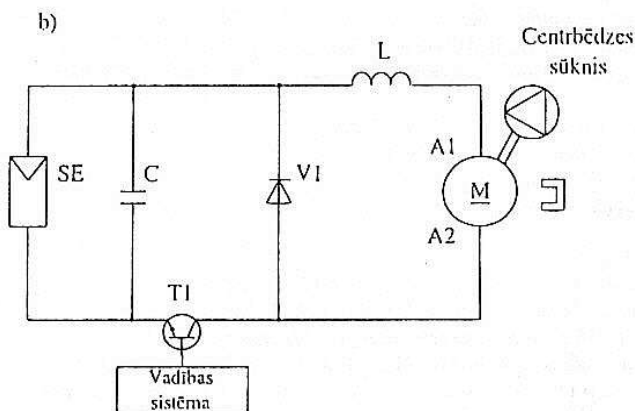
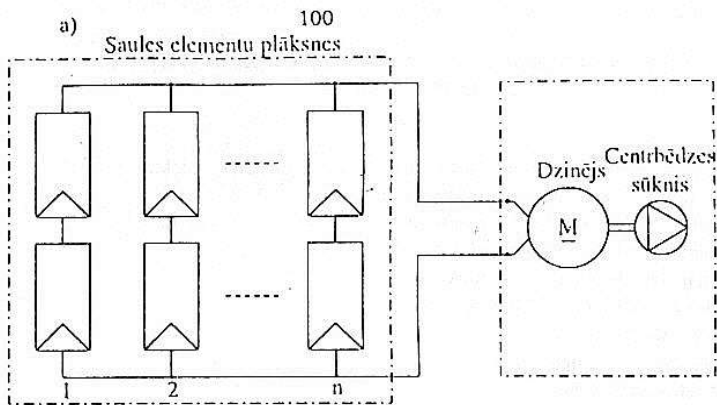
Saules enerģijas pārveidotāji tiek plaši lietoti kā sadzīves tehnikā (kalkulatori, pulksteņi), tā mājāsaimniecības un arī ražošanā. Tālāk tiks aplūkoti daži to izmantošanas piemēri elektriskā piedziņā, mājas elektroapgādē un nelielā uzņēmumā.

#### 5.3.1. ŪDENSŪKNIS AR SAULES ENERĢIJAS PĀRVEIDOTĀJU

Tagad jau samērā bieži tiek izmantota saules enerģija ūdens pārsūkņēšanas procesā mājāsaimniecības vai irīgācijas vajadzībām it īpaši "siltajās" zemēs. Lai piedziņas sistēma būtu pēc iespējas vienkāršāka, lieto arī līdzstrāvas piedziņu ar neatkarīgo ierosmi. Zīm.5.16.-a ir parādīta šādas piedziņas struktūrshēma. Ieteicams lietot līdzstrāvas dzinēju ar pastāvīgā magneta ierosmi.

Elektriskā slēguma shēma ir dota Zīm.5.16.-b, kur tranzistoru pārveidotājs veic piedziņas vadības funkcijas. Sūkņa piedziņa ar saules pārveidotāju, kur dzinēja nominālais spriegums ir 220 V un nominālā strāva ir 5 A, var pārsūknēt 6,6 m<sup>3</sup>/h ūdeni, ja saules elementu jaudas līmenis ir 400 W/m<sup>2</sup>. Pie maksimālās iegūtās jaudas sūknis var pārsūknēt 9,4 m<sup>3</sup>/h, ja celšanas augstums ir 1 m. Šie rādītāji tika sasniegti ar energoelektronikas pārveidotāja palīdzību. Bez pārveidotāja pie tā paša saules radiācijas līmeņa pārsūknētā ūdens daudzums ir mazāks par 30% [6].

Šis piemērs vēlreiz apliecina energoelektronikas elementu pielietošanas nepieciešamību ražošanas iekārtu lietderības koeficienta paaugstināšanā.



Zīm.5.16. Saules enerģijas pārveidotāja pielietošana sūkņu piedziņā:

a - sūkņu piedziņas blokslēma;

b - sūkņu piedziņas spēka shēma ar vadības sistēmu;

c - centrālās sūkņa līdzstrāvas piedziņas elektromehāniskā raksturlielne

### 5.3.2. SAULES ENERĢIJAS PĀRVEIDOTĀJS EMDA INSTITŪTA ELEKTROAPGĀDEI

EMDA institūts atrodas Nīderlandē Loseras ciematā. Elektroenerģijas izmaksu samazināšanas nolūkā te tika uzstādīta firmas MASTER VOLT saules elektrostacija SUNMASTER ar sekojošiem pārveidotāja tehniskiem rādītājiem:

Saules jauda - ilgstoši 1,5 kW. Max 1,8 kW (25°C);

Saules elementu spriegums - 45 ±90 V;

Izejas strāva - sinusoidāla, Max 7 A;

Frekvence - 50 Hz, ± 5%;

cos φ - gandrīz 1 pie pilnas slodzes;

Jaudas koeficients - 0,99;

Izejas spriegums - 230 V, ± 10%;

Saules strāvas ierobežojums - 26,5 A;

Darba temperatūra - normāli funkcionē no 0 līdz 45°C;

Jaudas atdeve tīklā - pilnīga atdeve no 4 W līdz 1,8 kW, virs 1,8 kW daļēja atdeve;

Lietderības koeficients - 93% pie 400 W slodzes;

Harmonisko traucējumi - saskaņā ar EN 50.006, EN 60.555;

Trokšņu līmenis - minimālais;

Drošums - saskaņā ar EN 60.950.

Aizsardzības veidi:

Izejas spriegumam - virs 100 V izslēdzas pārveidotāja elementi;

Tīkla spriegumam - ārpus robežām no 200 V līdz 260 V pārveidotājs izslēdzas;

Tīkla strāvai - virs 15 A piķa strāvas pārveidotājs izslēdzas;

Tīkla frekvencei - ārpus robežām no 45 Hz līdz 55 Hz pārveidotājs izslēdzas;

Tīkla fāzei - pārveidotājs izslēdzas pie fāzes lēcieniem vai pie novirzes no nulles līnijas šķērsošanas vietas;

Tīkla sprieguma pārtraukšana - izejas sprieguma pusvīlna ierobežojums pie 400 V;

Visas aizsardzības nostrādā līdz 3 ms.

Pēc parametru atgriešanās normālā stāvoklī, darbība sākas automātiski pēc 1±2 s.

Zīm.5.17. ir parādīts saules elektrostācijas SUNMASTER saules elementu plākšņu konstruktīvais izvietojums uz ēkas jumta.

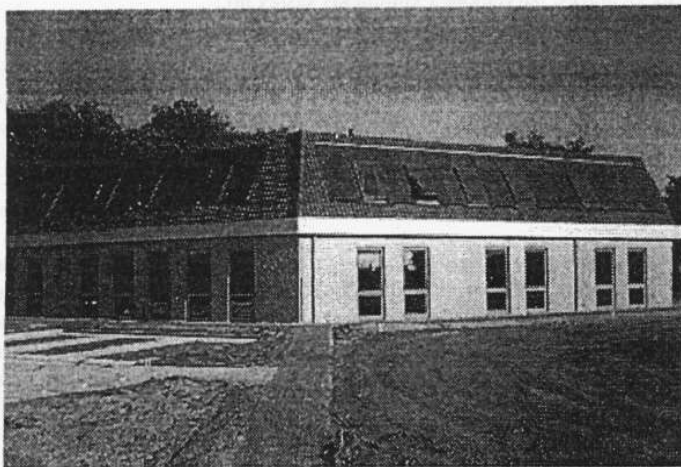
Energoelektronikas pārveidotāji izvietoti četros skapjos un piestiprināti pie sienas atsevišķā telpā (skat. Zīm.5.18.). Saules elektrostacijā tiek izmantoti 3 vienfāzes komplekti un 1 komplekts ir rezerves vajadzībām.

Viens vienfāzes pārveidotāja komplekts sastāv no :

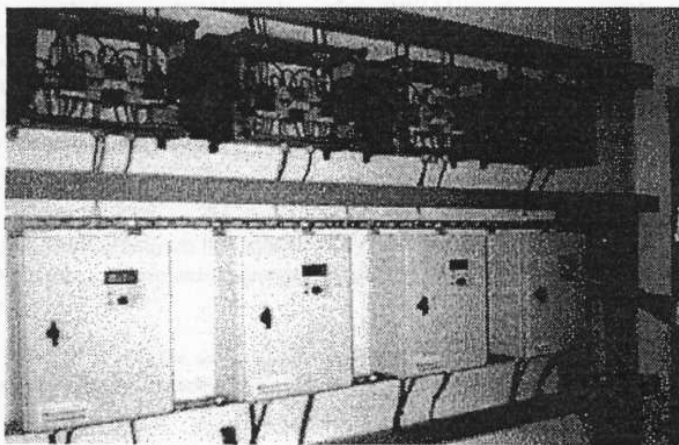
- ieejas kapacitatīvi - induktīvā filtra;
- strāvas kontrolēta 20 kHz regulatora;
- 20 kHz invertora;
- augstfrekvences transformatora;
- 20 kHz taisngrieža;
- IGBT invertora;
- izejas filtra.

Saules elektrostacija SUNMASTER strādā uz tīklu. Tātad EMDA Institūta ēkā ir uzstādīti divi elektroenerģijas skaitītāji - viens uzskaita patērēto elektroenerģiju, bet otrs tīklā ģenerēto enerģiju no saules elektrostācijas. Norēķini notiek atbilstoši pirtās un pārdotās elektroenerģijas tarifiem. Viena gada pieredze liecina, ka 47% no kopējām patērētās elektroenerģijas izmaksām šādā veidā tiek ietaupītas [3.].

## SAULES ENERĢIJAS PĀRVEIDOŠANAS IEKĀRTAS



Zīm. 5.17. Saules elementi uz EMDA institūta jumta



Zīm.5.18. Saules elektrostacijas SUNMASTER komutācijas bloku un vienfāzes invertoru komplekta kopskats

### 5.3.3. SAULES ENERĢIJAS PĀRVEIDOTĀJS TEHNOĢISKĀ PARKĀ SOLARIS

Tehnoloģiskajā parkā SOLARIS Kemnicas pilsētā, jauniekārtotas automātiskās automašīnu novietošanas ēkas dienvidu fasādē 1996.g. tika uzstādīta 10 kW saules enerģijas pārveidotāja iekārta. Ar šo iekārtu pirmo reizi tika realizēta tik jaudīga saules elektrostacija, pielietojot modulāri integrētos mazos strāvas pārveidotājus [6.].

Šīs sistēmas priekšrocības ir samazināta nepieciešamā aparatūras telpa un paaugstināta drošība lietotājiem. Trūkums ir no tā viedokļa, ka ir lielāks enerģijas pašpatēriņš izmantošanas laikā.

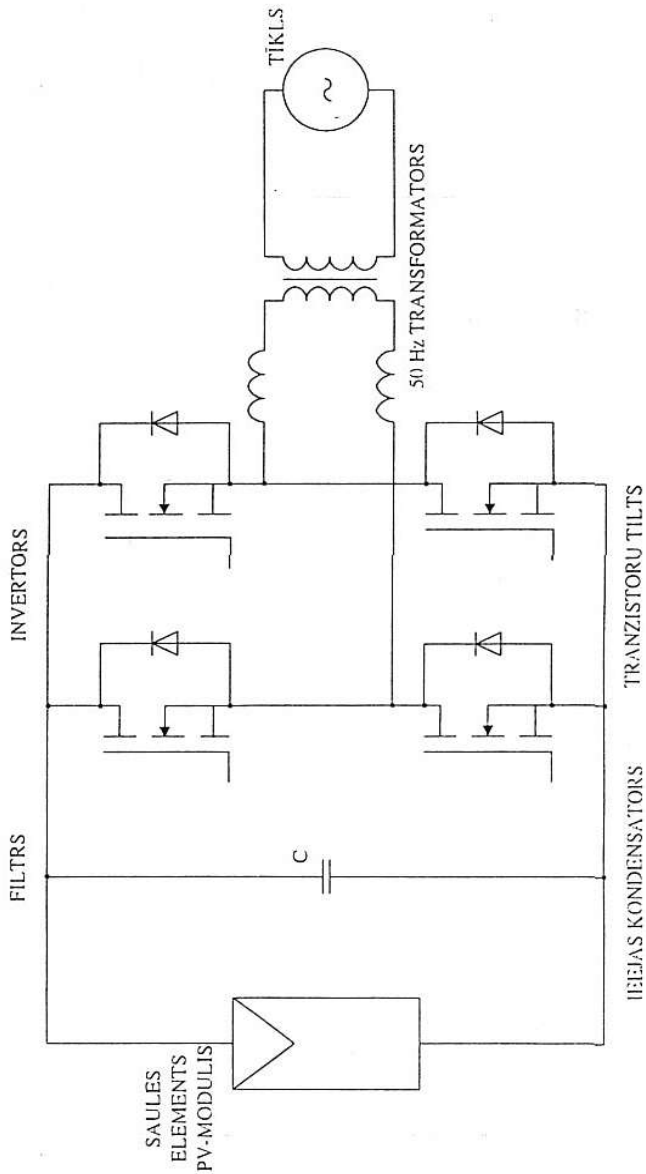
Realizētajā saules enerģijas pārveidotāja koncepcijā runa ir par sprieguma autonomo inverteru ar pilna tilta shēmu un zemfrekvences transformatoru. Šādā veidā iespējams noturēt saprātīgās robežās strāvas pārveidošanas tehnikas izmaksas. Speciāli mazajiem integrētajiem saules enerģijas pārveidotājiem izstrādāta sistēma ļauj savākt visu informāciju iekārtas atmiņā un izpildīt visas iekārtu un ierīču specifiskās apkalpes funkcijas. Vienīgais priekšnoteikums, lai šo datu savākšanas sistēmu pieslēgtu solārajai iekārtai ir četrdzīslu sakaru kabeli parastā trīsdzīslu kabeļa vietā.

Zīm. 5.19. ir parādīts integrētais mazais strāvas pārveidotājs vai citiem vārdiem solārais maiņstrāvas modulis. Zīm.5.20. ir dota solāro maiņstrāvas moduļu pieslēgšanas plāns.

Viena no solāro maiņstrāvas moduļu priekšrocībām ir vienkāršā maiņstrāvas kabeļu sistēma. Strāvas pārveidotājus savstarpēji savieno ar iepriekš sagatavotiem kabeļiem un kādam no galiem ir pieslēgta ēkas sadale. Lai strāvas zudumi elektriskajā tīklā būtu mazāki un savienošo kabeļu šķērsgriezums nebūtu liels. Šādai iekārtai izvēlās "koka" veida kabeļu sistēmas struktūru. Sadalītājā tiek savstarpēji savienotas atsevišķas strāvas līnijas un realizēta trīs fāžu plūsma uz pārejas staciju.

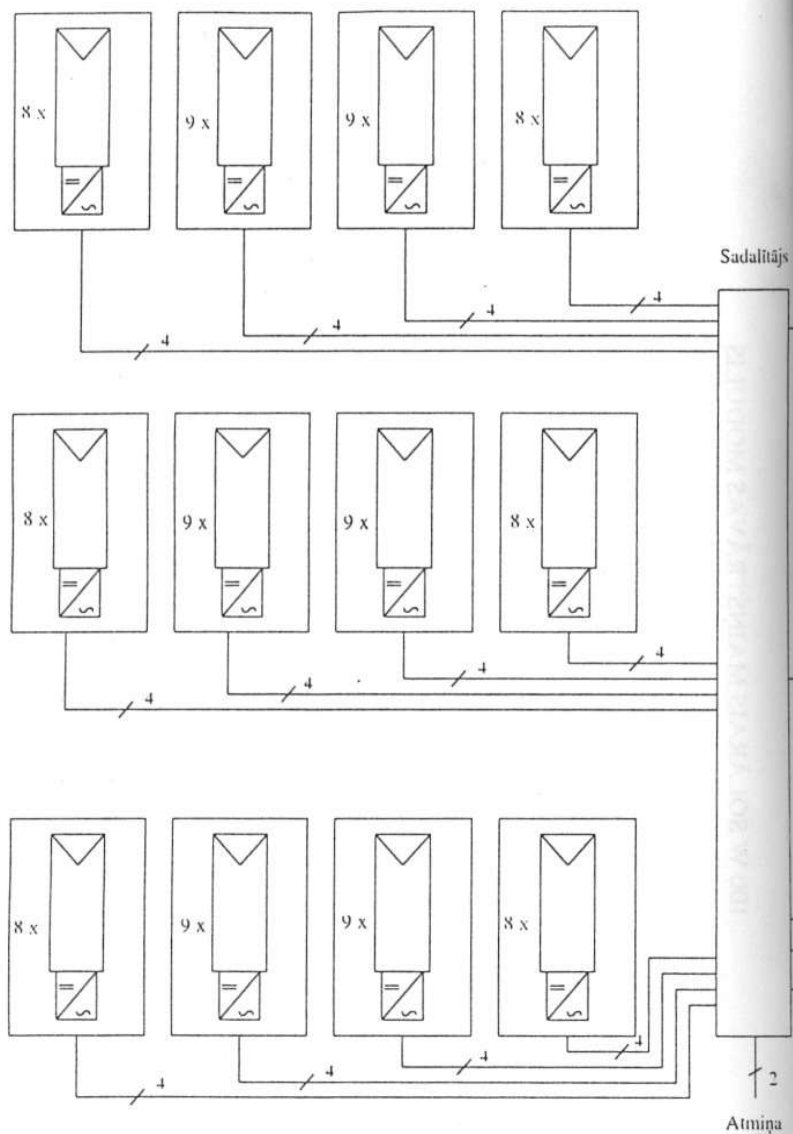
Saules elektrostācijas ģeneratoru lauki ir izveidoti no septiņpadsmit rindām, un katra no tām sastāv no sešiem solāriem maiņstrāvas moduļiem. Šādā veidā ar minimāliem apēnojuma zaudējumiem ir iespējams nodrošināt strāvas pārveidotāja ieejas spriegumu  $U=200V$ . Sarežģītā apēnojuma mainības dēļ, kas rodas tāpēc, ka ir divas ēkas, īpaši ziemas laikā, priekšpusdienā un pēcpusdienā ir ļoti grūti realizēt optimālu līdzstrāvas pārveidošanu. Decentralizētajos elektroapgādes tīklu variantos ar dažādu īpatsvara procentu atkarībā no apēnojuma parasti visi moduļi ir nodarbināti enerģijas ražošanā. Pilnīga apēnojuma gadījumā maiņstrāvas moduļu saņemta enerģija, salīdzinot ar normālo jaudu, samazinās līdz 10 procentiem.

## 100 W SOLĀRAIS MAINSTRĀVAS MODULIS



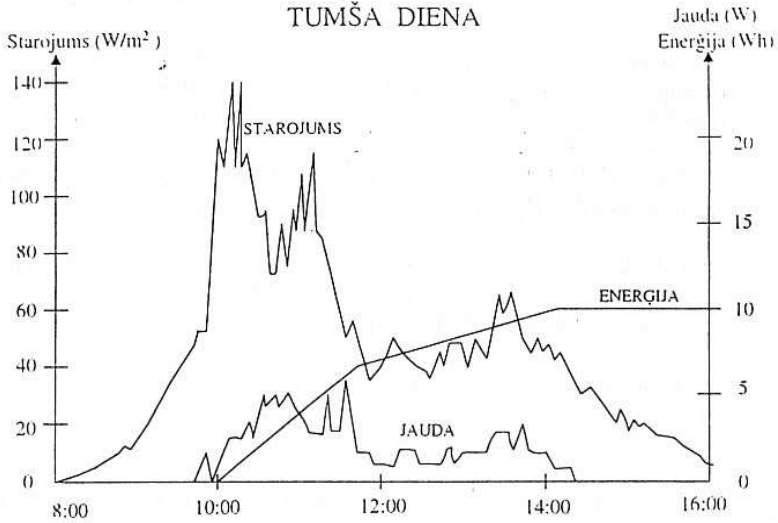
Zīm.5.19. Integrētais mazais strāvas pārveidotājs saules elektrostacijā Tehnoloģiskā parkā SOLARIS



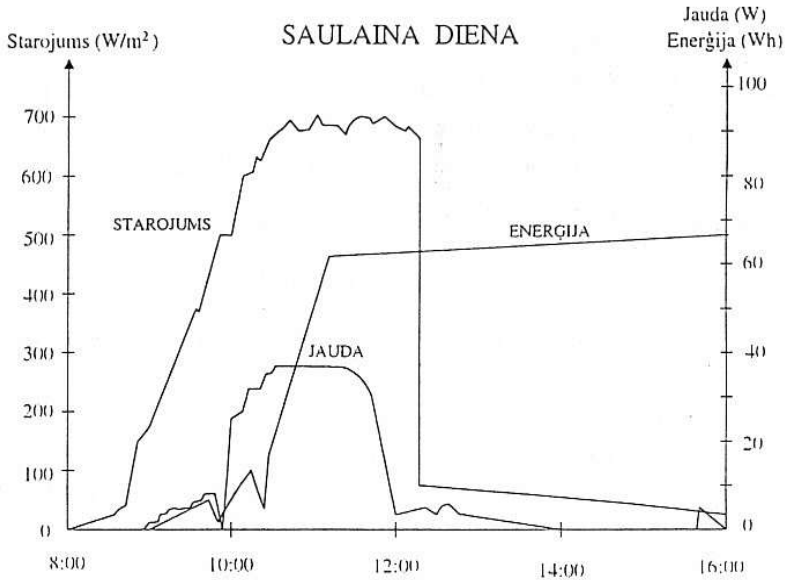


Zīm.5.20. Solāro maiņstrāvas moduļu pieslēgšanas plāns

## TUMŠA DIENA



## SAULAINA DIENA



Zīm.5.21. Šolārā maiņstrāvas moduļa jaudas un enerģijas izmaiņu līknes tumšā un saulainā dienā

## IZMANTOTĀS LITERATŪRAS SARAKSTS

1. L.Ribickis. Maiņstrāvas piedziņas energoelektronikas iekārtu teorija un prakse ūdensapgādes sistēmās. Hab. Dr. Sc. Ing. zinātnisko darbu kopsavilkums. Rīga, RTU, 1994. 81 lpp.
2. W.Leonhard. Power Electronics - linking Energy with Information. Proceedings of PEMC'96, Budapest, Hungary, 2 - 4 september, 1996, pp. k5÷k6.
3. S.W.H. de Haan. Power electronics for renewable energy systems: State of the art, trends and challenges. Proceedings of PEMC'96, Budapest, Hungary, 2 - 4 september, 1996, pp. 3/31 ÷ 3/38.
4. K.Kamiyama, A.Kawamura, H.Funato. New trends in control systems with power electronics. Proceedings of PEMC 96, Budapest, Hungary, 2 - 4 september, 1996, pp. 1/22 ÷ 1/29.
5. P.Tiitinen, P.Pohjalainen, J.Labu. The next generation Motor Control Method: Direct Torque Control (DTC). EPE Journal, Vol..5., No 1. March 1995, pp.14 ÷ 18.
6. R.Hanitsch, R.Belmons. A practical solar pump system. EPE Journal Vol 2, No 2, June 1992, pp 101 ÷104.
7. J.Skalicky. Advanced control methods of induction motor drives. Proceedings of PEMC'96, Budapest, Hungary, 2 - 4 september, 1996, pp. 1/15 ÷ 1/21.
8. L.Magelis. Mazo HES ierīkošanas iespējas Latvijā. Rīga, AEB, 1994, 68 lpp.
9. Energy Saving Calculator for Pump Drives. ABB Industry OY, Finland, 1994.
10. Hitec Finland 97. The Outlook for Finnish Technology, Edited by Eeva Artimo, The Finnish Foreign Trade Association, Forsson Kirjapaino Printing House, 1996. 144 p.
11. L.Ribickis, H.Baumanis. Rīgas pilsētas pašvaldības uzņēmuma "Ūdensapgāde un kanalizācija". Ūdensapgādes sūkņu staciju datu bāze, Rīga, AB&RTU,1993, 200 lpp.
12. P.Šipkovs, V.Zēbergs, G.Kaškarova, A.Šipkovs. Utilization of solar and wind energy in Latvia. Energiinfo 93. Proceedings of the International Seminar. Rīga, 27-29 april, 1993, 30 - 36 pp.