

# ELEKTRISKO DZINĒJU SISTĒMU DARBĪBAS OPTIMIZĀCIJAS SERVISS

## PERFORMANCE OPTIMIZATION SERVICE OF ELECTRICAL MOTOR SYSTEMS

A.Galkina, L.Ribickis, E.Blumbergs, M.Rasupe

*Atslēgas vārdi: elektriskie dzinēji, turbomehanismi, optimizācijas serviss*

### Ievads

Pasākumu kompleksu, kas ļauj īstenot enerģijas efektivitātes uzlabošanas projektu no koncepcijas izstrādes līdz tās ieviešanai sauc par darbības optimizācijas servisu (DOS). Nozīmīgu projektu izstrādei parasti tiek izveidota profesionāļu komanda, ieskaitot energoapgādes uzņēmumu personālu, inženierus - konsultantus, servisa nodrošinātājus un iekārtu ražotājus, kuru mērķis ir uzlabot efektivitāti industriālām turbo-mehānismu sistēmām. Ir jāveic turboiekārtu optimizācija, lai tās veiktu to pašu darba apjomu un izmantotu mazāk elektroenerģijas. DOS to veic, novērtējot gan kā sistēma darbojas dotajā brīdī, gan nepieciešamo sistēmas darbības līmeni, lai sasniegtu tehnoloģiskā procesa faktiskās vajadzības. Optimizējot elektrisko dzinēju sistēmas, lai tās precīzāk sakristu ar tehnoloģiskā procesa prasībām, pircēji, papildus lieliem ražošanas izmaksu ietaupījumiem, var ietaupīt 20-50% no patērētās elektroenerģijas.

DOS uzstāda principu par enerģijas efektīvāku izmantošanu un to ievieš rūpniecisko ventilatoru, sūkņu un kompresoru sistēmās. Ieteiktie uzlabojumi balstās uz faktiskajiem sistēmas darbības apstākļiem, nevis uz sistēmas teorētiskajiem nosacījumiem. Tas ir atšķirīgi no tradicionālās "sastāvdaļu" pieejas, ko izmanto daudzās mācību grāmatās par enerģētiku, kurās aprēķina ietaupījumus, kas pamatā iegūti no "sastāvdaļu" efektivitātes (piem., dzinējam vai turbo-mašīnai), neņemot vērā tos enerģijas ietaupījumus, kas būtu pieejami, novērtējot, kā ventilatoru, sūkņu un kompresoru sistēmām faktiski būtu jāstrādā.

### Darbības optimizācijas servisa sastāvdaļas

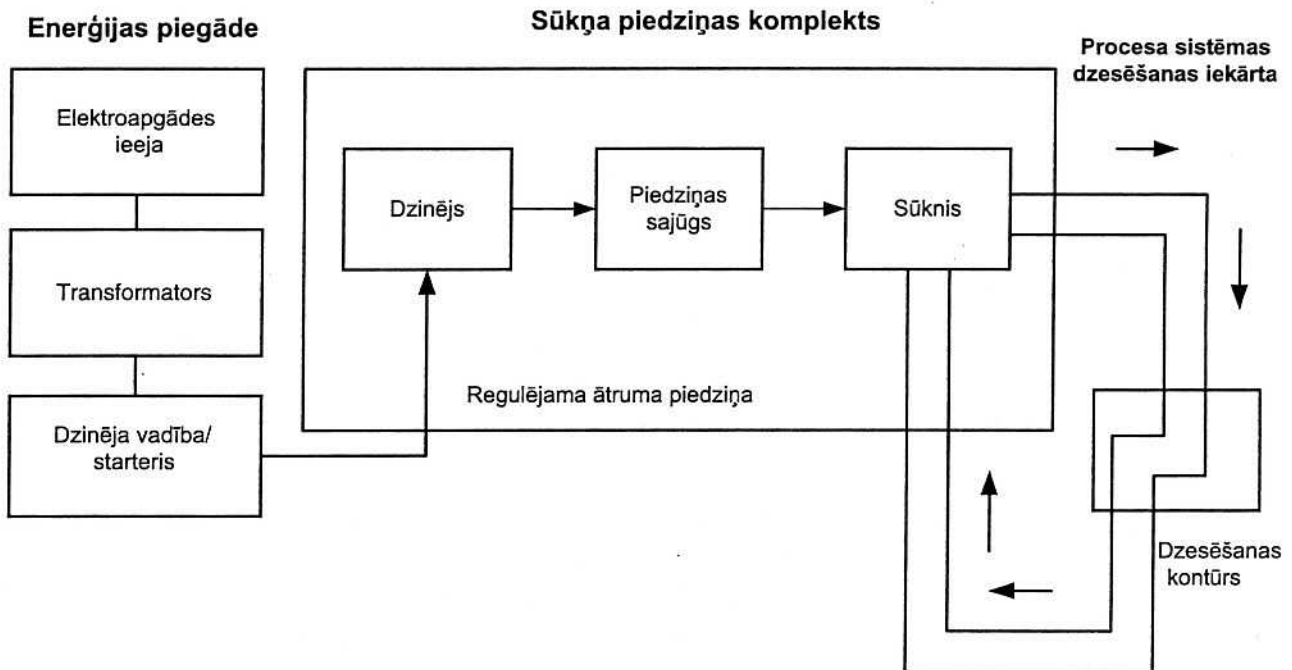
Dzinēju sistēmas jēdziena ietvaros var sekmīgi iekļaut informāciju no plaša spektra avotiem par:

- tehniskām iespējām sasniegt paaugstinātu efektivitāti, izmantojot elektroenerģiju ar dažādām dzinēju sistēmām;
- tirgus šķēršļiem, ieviešot naudas ziņā izdevīgus uzlabojumus dzinēju sistēmu efektivitātes paaugstināšanai;
- iespējamajām stratēģijām šo šķēršļu pārvarēšanā.

Vispār dzinēju sistēma apvieno trīs aparāturu grupas:

- **piedziņas komplektu**, kas sastāv no komponentēm, ieskaitot dzinējus, sūkņus, ventilatorus, gaisa kompresorus, gaislaides, reduktorus, sajūgus, kontrolierīces un vadības sistēmas.
- **tehnoloģiskā procesa sistēmu**, kas sastāv no darba mašīnām, lai pārstrādātu vai pārvietotu izejvielas;
- **elektroenerģijas piegādi**, kas sastāv no slēdžiem, transformatoriem, kabeļiem un, dažos gadījumos, no enerģijas kvalitātes paaugstināšanas ierīcēm, kas savieno dzinēju ar rūpnīcas ārējo enerģijas piegādes tīklu.

1.att. redzama tipiskas dzinēju sistēmas shēma. Šajā gadījumā tā ir noslēgta sūknēšanas sistēma, kāda ir sastopama daudzās ražošanas nozarēs.



1.attēls. Noslēgta sūknēšanas kontūra un piedziņas struktūrshēma.

Lielā mērā dzinēju sistēmas pielietojums – tās izmantošanas mērķis – parāda pieejamās tehniskās iespējas enerģijas izmantošanas efektivitātes uzlabošanā. Savukārt tehnisko iespēju paveids norāda, kāda tipa programmas un politika varētu paaugstināt dzinēju sistēmas efektivitāti, to noteiktā veidā pielietojot.

Dzinēju sistēmu pielietošana iedalās trīs galvenajās kategorijās:

- **vispārējs pielietojums: sūkņi, ventilatori un kompresori.** Kopā ņemot, sūkņi, ventilatori un kompresori patērē ap 60% no visas industriālās piedziņas enerģijas.
- **materiālu pārvietošana.** Materiālu pārvietošanas sistēmas sastāv galvenokārt no konveijera un transporta sistēmām, kas ražošanas procesā pārvieto izejmateriālus un pusgatavos produktus no viena līmeņa otrā.

- **izejmateriālu pārstrādes sistēmas.** Izejmateriālu pārstrādes sistēmas izmanto enerģiju tieši, lai veiktu detaļu slīpēšanu, frēzēšanu, savienošanu un vēl daudzus citus procesus. Izejmateriālu pārstrāde aptver plašu spektru dažāda tipa dzinēju sistēmas. Dzinēju sistēmas enerģijas izmantošanas efektivitātes uzlabojumus var sadalīt sekojošajās jomās.
  - tehnoloģiskā procesa veids un konstrukcija;
  - komponentu izvēle;
  - darbība un ekspluatācija.

Tabula 1. Enerģijas ietaupījuma iespējas sūkņēšanas sistēmās.

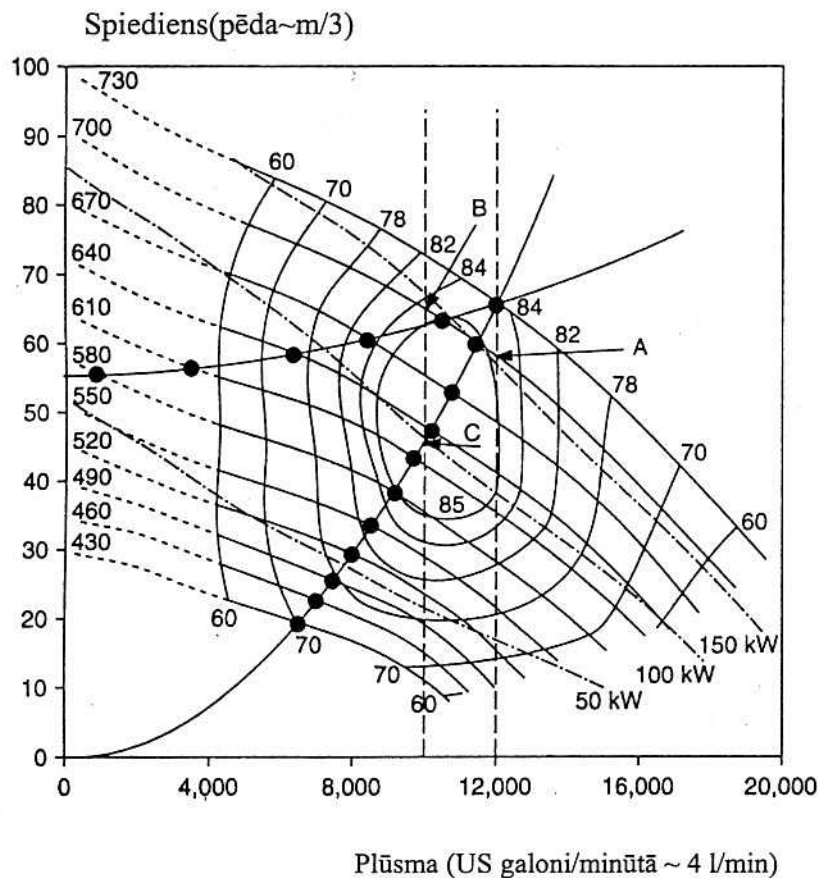
<b>Joma/Efektivitātes pasākumi</b>	<b>Ietaupījumu apmērs (% no sistēmas enerģijas)</b>
<b>Tehnoloģiskā procesa veids un konstrukcija</b> <i>Samazina visas sistēmas vajadzības</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pielīdzināt plūsmu ražošanas ciklā izmantojot krājvertnes.</li> <li>▪ Novērst apvedcilpas un citas nevajadzīgas plūsmas.</li> <li>▪ Palielināt cauruļu diametru, lai samazinātu berzi.</li> <li>▪ Samazināt drošības robežas sistēmas konstrukcijas ietilpībai.</li> <li>▪ Samazināt cauruļu atzarojumu radītos zaudējumus sistēmā.</li> <li>▪ Samazināt plūsmas padevi (piem. dzesēšanas sistēmās) paaugstinot temperatūras starpību.</li> </ul> <i>Saskaņo sūkņa izmēru ar slodzi</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Uzstādīt paralēlas sistēmas izteikti mainīgām slodzēm.</li> </ul> <i>Samazina vai kontrolē sūkņa ātrumu</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Samazināt ātrumu noteiktajām slodzēm: savādāks skrejrats, zemāki pārnesumskaitļi.</li> <li>▪ Aizstāt droseles vārstus ar ātruma regulēšanu, lai iegūtu mainīgas slodzes.</li> </ul>	10-20% (atkarīgs no plūsmas dažādības) 10-20% (atkarīgs no sistēmas sākotnējās konstrukcijas) 5-20% (atkarīgs no sistēmas sākotnējās konstrukcijas) 5-10% 0-80% 10-30% (atkarīgs no sistēmas sākotnējās konstrukcijas)
<b>Komponentu izvēle</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aizstāt parasto sūkni ar augstākās efektivitātes modeli.</li> <li>▪ Aizstāt dzensiksnu piedziņas ar tiešo sakabi.</li> <li>▪ Aizstāt parasto dzinēju ar augstākās efektivitātes modeli.</li> </ul>	1-15% 1-8% 2-10%
<b>Darbība un ekspluatācija</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Apmainīt nolietotos skrejratu, īpaši strādājot ar kodīgām vai pusciētām vielām.</li> </ul>	1-5%

DOS izpildes galvenie soļi ir:

- **tehnoloģisko procesu slodzes raksturojums.** Rūpnīcas regulāri maina ražošanas iekārtas, lai pielāgotos pircēju prasībām un jauninājumiem tehnoloģijā. Laika gaitā tas var beigties ar to, ka sistēmām būs jātiek galā ar ļoti dažāda apjoma izejmateriāliem un jāveic diezgan atšķirīgi uzdevumi no sākumā paredzētajiem. Tas nozīmē, ka dzinēji attīsta daudz lielākas vai mazākas slodzes par tām, kas sākumā paredzētas. Tādēļ pirmais solis pastāvošo iekārtu dzinēju darbības optimizācijā parasti ir tehnoloģiskā procesa slodzes raksturojums, nosakot lielumu, ilgumu un mainīgumu pēc laika (stundās) un gadalaika. Atkarībā no sistēmas sarežģītības pakāpes, vecuma

un dokumentācijas kvalitātes šis solis var būt tik vienkāršs, kā ražotāju specifikācijas pārskats, vai tas var prasīt procesā iesaistīto parametru mērījums lielākā laika periodā.

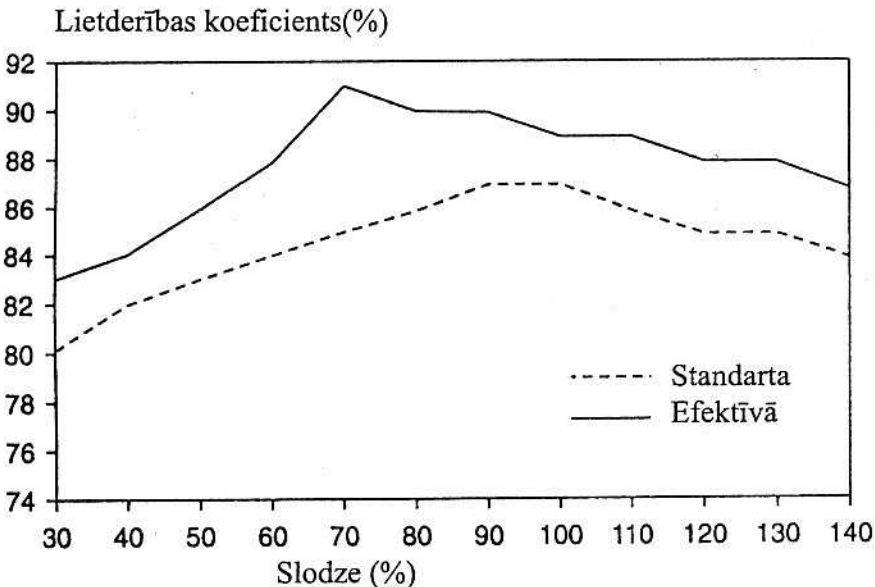
- **esošo zaudējumu samazināšana.** Dažādi apstākļi cauruļvados un caurulēs, kas pārvada šķidrumu, var radīt sistēmas-nozīmes zaudējumus (spiediena pazemināšanos) Šeit iekļaujas cauruļu un cauruļvadu garums, to iekšējo virsmu nelīdzenumi, atzarojumu skaits un to radiuss, pievades un izvades konstrukcijas, profila izmaiņas un tādu iekšēju plūsmas elementu kā filtru un vārpstu konstrukcija un stāvoklis.
- **funkcionējošās iekārtas saskaņošana ar doto slodzi un esošiem zudumiem.** Sūkņi un ventilatori ir izgatavoti, lai optimāli efektīvi darbotos šaurā nosacījumu lokā, noteiktiem pēc plūsmas (kas saistīta ar ātrumu) un spiediena. 2.att. ir parādītas tāda tipa sūkņa raksturlīknes, ko izgatavotāji izmanto, raksturojot savu ražojumu darbību. Nepārtrauktās līnijas, kas iet diagonāli no spiediena uz plūsmas asi, ir sūkņa darbības līknes. Tās attēlo sūkņa darbības robežas dotam skrejratam (kas ir proporcionāls skrejrata ātrumam un tādējādi arī nepieciešamai jaudai). Ar 50 kW, 100 kW utt. apzīmētās pārtrauktās līnijas parāda sūkņa vārpstas prasīto jaudu, lai sasniegtu doto punktu uz darbības līknes. Ar 60, 70, 78 utt. apzīmētās koncentriskās līnijas parāda sūkņa lietderības koeficientu.



2.attēls. Plūsmas samazināšanas ietekme uz enerģijas patēriņu: droselēšana pretstatā ātruma regulēšanai.

Sūkņa likne parāda daudzus centrālās sūkņa un ventilatoru darbināto sistēmu galvenos aspektus. Pirmkārt, optimālo darbības nosacījumu apjoms ir starp vertikālajām pārtrauktajām līnijām. Otrkārt, sūkņa raksturlīknes parāda ātruma regulēšanas – kā ieteicamas metodes – nozīmīgumu, saskaroties ar mainīgu jaudu.

- **slodzes kontrole.** Vajadzība pēc enerģijas šķidrumu sūkņēšanas sistēmās ir proporcionāla spiediena un plūsmas reizinājumam. Savukārt plūsma ir proporcionāla šķidruma ātrumam; kamēr spiediens ir proporcionāls cauruļvadu sistēmas, kurai dots garums un diametrs, šķidruma ātrumam kvadrātā. Pēdējā attiecība attaisno šķidrumu berzes efektu, pārvietojoties gar cauruļvadu iekšējām virsmām. Viens no galvenajiem rezultātiem caur šīm attiecībām ir tas, ka sistēmai vajadzīgā enerģija ir proporcionāla šķidruma ātrumam kubā.
- **dzinēja izmēra un slodzes saskaņošana.** Pats pazīstamākais industriālo dzinēju tips (NEMA Tipa B asinhronais dzinējs) ir konstruēts, lai darbotos pie fiksēta ātrumā plašā jaudas amplitūdā. Standarta efektivitātes dzinēji tiecas sasniegt maksimālo lietderības koeficientu pie 80-100% no pilnās jaudas, kamēr enerģiju efektīvāk izmantojošie dzinēji sasniedz maksimālo efektivitāti starp 65% un 75% no noteiktās pilnās jaudas. Zem 40% no visas jaudas dzinēja efektivitāte strauji krītas (3.att.). Ja slodze tiek samazināta uzlabojot tehnoloģiskā procesa sistēmu, tad vajadzētu mainīt arī dzinēju, lai sasniegtu augstāko guvumu no šīs pārmaiņas.



3. attēls. Augstas-efektivitātes un standarta 7,5 kW dzinēju lietderības koeficienta attiecība pie dažādām slodzēm.

## Efektīvu komponentu izvēle

Efektīvas komponentes izvēlas:

- **lietojot augstākās efektivitātes komplektus un komponentes.** “Standarta efektivitātes” komponentu aizstāšana ar piejamajām visefektīvākajām komponentēm tās aizvietojo vai atjaunojot var novest pie ievērojamiem ietaupījumiem lielākā daļā dzinēju sistēmu. Nomainot tehnoloģiskā procesa apstākļus, dažādu ražotāju piedāvāto sūkņu efektivitāte mainās 10-15% robežās. Līdzīgas atšķirības ir novērotas kompresoru un ventilātoru konkurējošo modeļu starpā.

Sakarā ar šo ietekmi uz dzinēju sistēmas efektivitāti, ir jāatzīmē sekojošie punkti:

- **pārtišana pret aizvietošanu.** Iespēju paildzināt dzinēja mūžu un pasargāt no pārdegšanas to pārtinot, nevis aizvietojo ar jaunu, var pieņemt kā papildinājumu aizvietošanas pirkuma iespējai, kas iepriekš aprakstīta.
- **dzinēju izmēri.** Kā tika iepriekš minēts, dzinēju sistēmas efektivitāte strauji krītas, ja dzinējs darbojas zemāk par 40% no noteiktās pilnās slodzes. Pat veiksmīgi konstruētās dzinēju sistēmās slodzes kritums var parādīties dažādu iemeslu dēļ, ieskaitot:
  - slodzes izmaiņas sakarā ar ražošanas apjoma un tehnoloģiju dažādību;
  - drošības rezervju (robežu) lietošana aparatūras specializācijā;
  - tūlītējas pieejas trūkums vajadzīgā lieluma dzinējiem;
  - līdzīgu dzinēju izmēru piemērošana problēmu gadījumā, neņemot vērā patieso slodzi.

Pareiza dzinēju izmēru izvēle, pirms veikt aizvietošanu, prasa, lai tiktu veikti slodzes mērījumi pie dažādiem darbības nosacījumiem. Jaunajiem pielietojumiem slodzi var noteikt izmantojot tehnoloģiskas metodes;

- **piedziņas sajūgi un reduktori.** Nesenie pilnveidojumi ķēdes sajūgos un reduktoros piedāvā lielākas iespējas dzinēju efektivitātē. Rūpnīcās zobveida V-siksna nodrošina par 0,4-10% lielāku efektivitātes pieaugumu nekā standarta gludās V-siksna. Tomēr, lietojot zobveida siksna, ir parādījušās arī dažas problēmas, kas skar dzinēja ātruma saskaņošanu ar darba mašīnas slodzi. Šīs ierīces arī samazina aizsardzību no jaudas pārsniegšanas, ko nodrošināja siksna slīdēšana.

## Darbība un ekspluatācija

Pareiza dzinēju sistēmu darbība un ekspluatācija dod lielu labumu, ieskaitot zemākas lietošanas izmaksas, mazāk neplānotas dīkstāves un paildzinātu iekārtu lietošanas ilgumu. Lielākai daļai industriālo dzinēju sistēmu tipu pareiza ekspluatācija nozīmē nepārtrauktu ciklu, kurš sastāv no apskates, diagnožu noteikšanas, apkāpes un remonta. Kamēr enerģijas iespējamie ietaupījumi ir būtiski saistībā ar visu komponentu pareizu ekspluatāciju, tie ir īpaši augsti situācijās ar saspīestā gaisa sistēmām (skat. Tabulu 2).

Tabula 2. Dzinēju sistēmu ekspluatācijas process

Apskate un diagnozes noteikšana	Uzstādīšana, ekspluatācija un remonts
<p><b>Dzinējiem</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nolietoto detaļu, krāsas nobālēšanas, neparastu trokšņu regulāra apsekošana.</li> <li>▪ Vārpstu, sakabes un slodzes atbilstības pārbaude.</li> <li>▪ Dzinēja darbības cikla analīze, lai noteiktu fāzes atbilstību, sprieguma līmeņus, jaudas faktoru.</li> <li>▪ Termografiskā analīze.</li> <li>▪ Jaudas kvalitātes noteikšana</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ieeļļošana.</li> <li>▪ Siksnu un ķēžu spriegošana.</li> <li>▪ Tīrīšana, indīgo vielu un aizsprostojumu likvidēšana.</li> <li>▪ Precīzas secības un vibrāciju analīze uzstādīšanas laikā.</li> </ul>
<p><b>Gaisa kompresoriem</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Izmeklēt noplūdes sūces.</li> <li>▪ Pārbaudīt saspīestā gaisa nepieciešamos priekšnoteikumus bezslodzes stāvoklī, lai noteiktu noplūdes apmērus.</li> <li>▪ Sekot kompresoru gaitai.</li> <li>▪ Noteikt spiedienu vairākos sistēmas punktos, lai atrastu spiediena samazināšanas iespējas sistēmā.</li> <li>▪ Pārskatīt nepieciešamību pēc pneimatiskiem tehniskajiem līdzekļiem.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fiksēt sūces.</li> <li>▪ Uzturēt vēsu, tīru vidi pie ielaides.</li> <li>▪ Regulāri tīrīt un apmainīt filtrus.</li> <li>▪ Pievienot uzkrājumu tvertnes jaudu, lai strādātu pie vienlaicīgas slodzes.</li> <li>▪ Pārbaudīt kontroles vārstus, lai pārlicinātos par to funkcionētspēju.</li> </ul>

## Ekonomiskā analīze

Runājot par ekonomisko analīzi - tai būtu jāietver:

1. kopējos ietaupījumus – tie var rasties gan no ražošanas uzlabojumiem, gan no elektrības ietaupījumiem;
2. paredzēto izmaksu novērtējums, iekļaujot:
  - pamatiekārtas;
  - tehnoloģisko apstrādi un konstrukciju;
  - uzstādīšanu;
3. elektrozapgādes uzņēmumu atlaides un atvieglojumi;
4. aprēķinus par parasto atmaksāšanās periodu. Šis ir laiks, kas paredzēts projekta sākuma izmaksu, kas ir tūrās projekta izmaksas bez jebkādām atlaidēm vai atvieglojumiem, atmaksāšanai ar kopējiem gala ietaupījumiem. To var izteikt ar vienādojumu:

$$\text{Laiks (gados)} = \frac{(\text{Projekta izmaksas}) - (\text{Elektroapgādes uzņēm. atlaides un atvieglojumi})}{\text{Vidējie kopējie ietaupījumi gadā}}$$

## DOS sistēmas piemēri Latvijā

Latvijā tiek veikta elektrodzinēju sistēmu modernizācija, pārsvarā turbomehānismu piedziņās uzstādot tikai frekvences pārveidotājus ātruma regulēšanai. Mazāk tiek veikta visas piedziņas nomainīšana (dzinējs, mehānisms, regulators).

Kā piemēru apskatīsim katlu mājas siltumkatla ūdens sūkņa piedziņas modernizāciju izmantojot frekvenču pārveidotāju. Katlu mājas ūdens barošanas sūkņa ražību regulē automātiski, kontrolējot ūdens līmeni katlā ar elektriski vadāma ventiļa palīdzību. Ja ventīlis ir atvērts, tad sūkņa ražība ir 90 m<sup>3</sup>/st ar spiedienu pie sūkņa 180 m, un dzinēja noslodzi: P=26 kW. Ja ventīlis ir aizvērts, tad sūkņa ražība ir 0 m<sup>3</sup>/st un spiediens sūknī 240 m, dzinēja noslodze P=17,9 kW.

Modernizācijas laikā tika uzstādīts frekvences pārveidotājs, ar kura palīdzību regulē sūkņa ātrumu un ventīlis ir visu laiku atvērts. Tas deva elektroenerģijas patēriņa samazināšanos par 30%, kas sastāda 51364 kWh gadā. Jaunās iekārtas atmaksāšanas laiks ir 0,8 gadi.

Rīgas piena kombinātā tika veikta trīs sūkņu piedziņu modernizācija, uzstādot frekvences pārveidotājus un optimizējot vadības shēmu. Notekūdeņu attīrīšanas stacijā "ieslēgšanas-izslēgšanas" metode tika izvietota ar sūkņa Nr.1 plūstošu ātruma regulēšanu. Piena dzēsēšanas sistēmā "ledus" ūdens sūknim Nr.2 ventīlis cauruļvadā tika pilnībā atvērts un sāka regulēt sūkņa griešanas ātrumu.

Tas pats tika veikts arī rūpnīcas siltumkatla sūknim Nr.25.

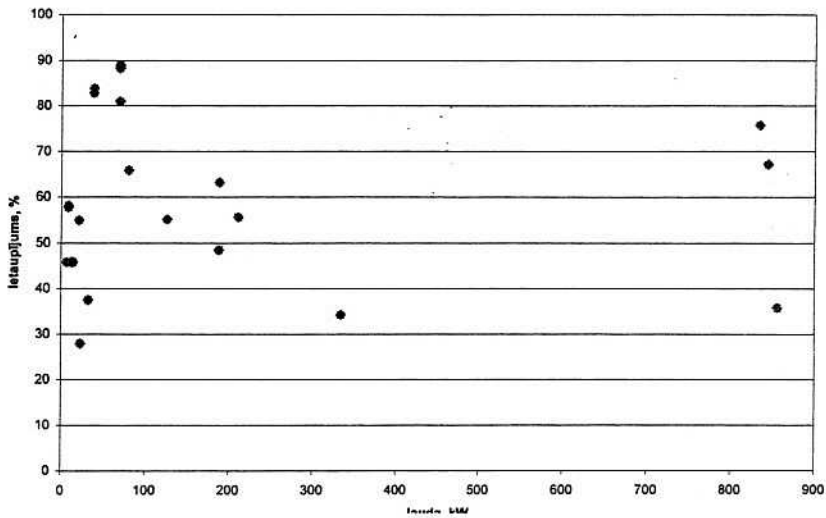
Tabulā 3. Elektroenerģijas patēriņš un izmaksas gadā

Objekts	Elektroenerģijas pat.gadā (kWst)		Elektroenerģijas izmaksas gadā (Ls)		Iekonomēts	
	Pirms rekonstrukcijas	Pēc rekonstrukcijas	Pirms rekonstrukcijas	Pēc rekonstrukcijas	El.enerģija (kWst)	Nauda (Ls)
Notekūdeņu sūknis Nr.1	70664	8244	2119	247	62420	1872
"0" ūdens sūknis Nr.2	154176	89972	4625	2699	64204	1926
Siltumkatla sūknis Nr.25	157680	62093	4730	1863	95587	2867
Kopā	382520	160309	11474	4809	222211	6665

Kopējās izmaksas trīs dzinēju sistēmu modernizācijā sastādīja 9958 Ls un atmaksāšanas laiks ir 1,5 gadi.

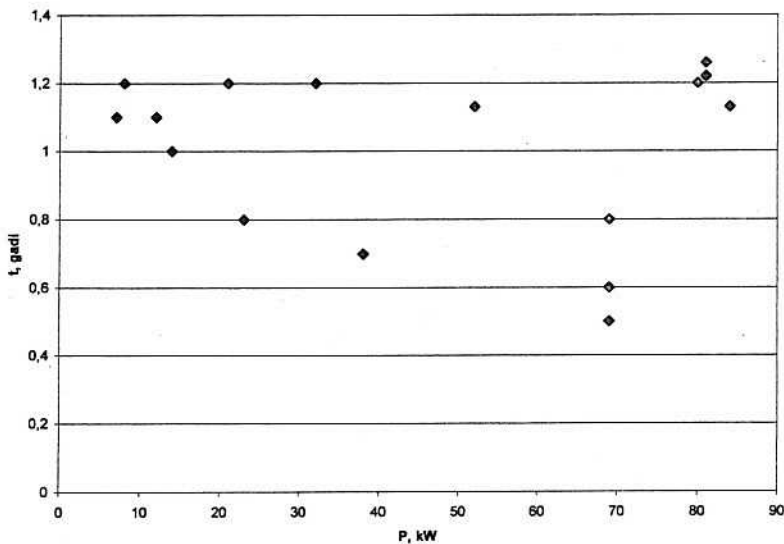
Modernizācijas rezultātā uzņēmums vēl ieguva papildus labumus, jo "ledus" ūdens tvertnē līmenis tik uzturēts 10 reizes precīzāk (mazākas spiediena svārstības) un piena

ražošanas kvalitāte ir augstāka. RTU EEF Industriālās elektronikas un elektrotehnikas institūts sadarbībā ar Latvijas Tehnoloģisko Parku veica vairāk kā 100 elektropiedziņu darbības novērtējumus dažādos uzņēmumos. 4.att. ir parādīts aprēķinātais elektroenerģijas ietaupījums % dažādas jaudas sūkņiem.



4.attēls. Aprēķinātais elektroenerģijas ietaupījums % dažādas jaudas sūkņiem

Te redzams, ka iespējams ietaupīt no 30% līdz pat 88% no patērētas elektroenerģijas. Tika veikta arī frekvences pārveidotāju ieviešanas atmaksāšanas laika analīze.



5.attēls. Plānotais atmaksāšanas laiks frekvences pārveidotāju ieviešanai sūkņu piedziņās no 5 kW līdz 100 kW

5.att. ir parādīti 16 gadījumi, kad veiktās investīcijas var tikt nosegtas ātrāk par 14 mēnešiem.

Par sekmīgu ražošanas procesa modernizāciju tiek uzskatīts atmaksāšanās laiks 3-5 gadi.

## **Secinājums**

Elektrisko dzinēju sistēmu darbības optimizācijas serviss ir pasākumu kopa līdzekļu ietaupīšanai un ražošanas kvalitātes uzlabošanai.

Pasaules attīstīto valstu pieredze rāda izcilus rezultātus elektrisko dzinēju sistēmu darbības optimizācijas servisa pielietošanā. Latvijas apstākļos šī metode var dot kopumā elektroenerģijas ietaupījumus 15-20% apjomā, kas būtiski samazinātu mūsu atkarību no ārzemju enerģijas piegādātājiem un to cenu politikas.

Dotie pētījumi parāda frekvences pārveidotāju uzstādīšanas efektivitāti, kā arī iesaka vairāk uzmanības veltīt tieši sistēmu darbības optimizācijas servisa metodes pielietošanai uzņēmumos.

## **Literatūra**

1. Philip A. Jallouk, Ph.D. Charles D. Liles  
Industrial Electric Motor Drive Systems – Netherlands  
CADDET Analyses Series No. 24 – CADDET Energy Efficiency 1998.
2. Energy saving of a pump drive. Soft Save ABB Industry OY, Drives, 1995.
3. L.Ribickis, A.Galkina. Elektroenerģijas taupīgas lietošanas metodes. Rīga, LTP, 1998,109 lpp.

**Alīna Galkina**, M.Sc.Eng, Ph. D. student  
Riga Technical University, Institute of Industrial Electronics and Electrical Engineering  
Address: Kalku 1 –310, LV 1050, Riga, Latvia  
Phone: +3717089389, Fax: +371 7820378  
E-Mail: [Galkina@adm.rtu.lv](mailto:Galkina@adm.rtu.lv)

**Leonids Ribickis**, Prof., Dr.Hab.Sc.Eng  
Riga Technical University, Institute of Industrial Electronics and Electrical Engineering  
Address: Kalku 1 – 214, LV 1050, Riga, Latvia  
Phone: +371 7089415, Fax: +371 7820094  
E-Mail: [ribickis@adm.rtu.lv](mailto:ribickis@adm.rtu.lv)

**Edvīns Blumbergs**, Docent  
Riga Technical University, Institute of Industrial Electronics and Electrical Engineering  
Address: Kronvalda blvd. 1 – 317, LV 1007, Riga, Latvia  
Phone: +371 7089918

**Marika Rasupe**, B.Sc.Eng., M.Sc.student

Riga Technical University, Institute of Power Engineering  
Address: Kronvalda blvd. 1, LV 1007, Riga, Latvia  
Phone: +371 7089901

***A.Galkina, L.Ribickis, E.Blumbers, M.Rasupe. Elektrisko dzinēju sistēmu darbības optimizācijas serviss***

*Dots elektrisko dzinēju sistēmu darbības optimizācijas servisa sastāvdaļu apraksts. Parādīta frekvences pārveidotāju pielietojšanas efektivitāte. Analizēta to ieviešanas pieredze Latvijā. Doti elektroenerģijas ietaupījumu un investīciju atmaksāšanas laiku piemēri pie dažādām jaudām.*

***A.Galkina, L.Ribickis, E.Blumbers, M.Rasupe. Performance optimization service of electrical motor systems***

*There is given an outline of performance optimization service of electrical motor systems. An efficiency of application of frequency converters is shown. An analysis of experience in Latvia is done. There are given samples of energy savings and investment payback time at different power rates.*

***А.Галкина, Л.Рыбицкий, Э.Влумберг, М.Расупе. Сервис оптимизации работы систем электрических двигателей***

*Описаны составляющие сервиса оптимизации работы систем электрических двигателей. Показана эффективность применения преобразователей частоты. Дан анализ опыта их внедрения в Латвии. Представлены примеры энергосбережения и окупаемости инвестиций при разных мощностях.*