

ISSN 1407 – 7345

RĪGAS TEHNISKĀS UNIVERSITĀTES
ZINĀTNISKIE RAKSTI

SCIENTIFIC PROCEEDINGS
OF RIGA TECHNICAL UNIVERSITY

4. SĒRIJA

**ENERĢĒTIKA
UN ELEKTROTEHNIKA
POWER AND ELECTRICAL
ENGINEERING**

1. SĒJUMS

IZDEVNIECĪBA "RTU", RĪGA 2000

ELEKTROPIEDZIŅAS DARBĪBAS OPTIMIZĀCIJAS SERVISS

ELECTRICAL DRIVES PERFORMANCE OPTIMISATION SERVICE

A.Galkina, L.Ribickis

Atslēgas vārdi: turbomehānisma piedziņa, ātruma regulēšana, frekvences pārveidotājs

Ievads

Elektriskie dzinēji pārvērš elektroenerģiju mehāniskā rotācijas enerģijā. Vērtības radošo darba procesu un izejvielu pārvietošanu veic mehānisms, kas savienots ar dzinēju. Tādējādi, jēdziens "piedziņa" ir noteicošais, lai saprastu, kā uzlabot enerģijas izmantošanas efektivitāti. Šī piedziņa var būt gan tik vienkārša kā urbjašīnai, gan tik komplicēta kā rafinēšanas fabrikas sūknēšanas sistēmai.

Lielākie potenciālie enerģijas ietaupījumi jebkurā piedziņā rodas no uzlabojumiem tehnoloģiskā procesa sistēmā, t.i., no iekārtu konstrukcijas un pielietojuma lejup no dzinēja. Atsevišķu sastāvdaļu efektivitātes paaugstināšana noved pie pieticīgākiem ietaupījumiem. Rezultātā, izpildes optimizācija fokusējas, pirmkārt, uz procesa gaitā radušos zaudējumu samazināšanu, tad uz jaunu komponentu un vadības stratēģiju izvēli, lai tās saderētu ar jauno procesa slodzi.

Tā būtu ideālā situācija. Reālā pasaule ir tāda, ka rūpnīcas ne tik sistemātiski maina ražošanas iekārtas. 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. Dzinēji attīsta daudz lielākas vai mazākas slodzes, vai mainīgākas par tām, kas sākumā paredzētas. Tāpēc pirmais solis piedziņas darbības optimizācijā ir procesa slodzes raksturojums, nosakot tās lielumu, ilgumu un mainīgumu laikā un gadalaikā.

Tas ir pārsteidzoši, ka daudzi rūpnīcu vadītāji ir atzinuši, ka šis solis viens pats noved pie nozīmīgiem enerģijas ietaupījumiem, ieviešot ātrus uzlabojumus neefektīvas darbības vadības iekārtām, vai ka būtu iespējams uz ilgāku laiku izslēgt dažas piedziņas sistēmas. Pieņemot, ka nav nekādu ātru uzlabojumu, un nav iespējama visaptveroša procesa rekonstrukcija, ir nepieciešams samazināt pastāvošajās iekārtās esošos zaudējumus. Sūkņi, ventilatori un c. optimāli efektīvi darbojas tikai šaurā plūsmas un spiediena diapozonā, un ir svarīgi, lai tie darbotos šajā diapozonā. Dažās sistēmās slodzes kontrolei ir liela nozīme, bet lielākie uzlabojumi biežāk tiek sasniegti saskaņojot dzinēja gabarītus ar faktisko slodzi. Piedziņas sistēmas efektivitāte strauji krītas, ja dzinēji strādā zem 40% no pilnās slodzes. Vajadzētu samazināt arī enerģijas zudumus piedziņas sajūgos un reduktoros.

Piedziņas darbības optimizācijas piemērs

Apskatot elektropiedziņas darbības optimizācijas servisu kā piemēru ņemsim vienu Lielbritānijas uzņēmumu, kur tērauda iegūšana un pastāvīga liešana notiek galvenajā rūpnīcas ražošanas cehā, kur izgatavo nerūsošā tērauda plātnes tālākai velmēšanai un apstrādāšanai. Noteiktu emisiju iegūšana un tīrīšana kausēšanas cehā ietver augstas enerģijas izmaksas sakarā ar liela spiediena plūsmām, kuras ir jāpielāgo. 1982.gadā Britu Tērauda Tehnoloģiskais Departaments ieviesa obskurācijas mērītāju, kas novērš dūmu koncentrāciju, kas rodas uz kausēšanas cehu jumtu

pārsegiem. Doma bija lietot šo mērītāju rādījumus, lai pielāgotu ražošanas sistēmas nepieciešamo plūsmu tā, lai dūmu likvidēšanai tiktu izmantots mazākais enerģijas apjoms. Kad tas tika pielietots savienojumā ar vārstiem, kas kontrolē gaisa plūsmu, tika iegūts enerģijas ietaupījums apmēram 1GWst/gadā. Lai sasniegtu pat lielākus enerģijas ietaupījumus, tika ieteikts, ka obskurācijas rādītāju signālu varētu izmantot savienojumā ar mainīga-ātruma piedziņām (VSD), kuras būtu jāuzstāda diviem ventilatoriem.

Sistēmas pieeja ir izvēlēta metode analizējot iekārtu darbību saistībā ar efektīvākas enerģijas izmantošanu. Te varētu būt jau zināmi vajadzīgie pārveidojumi, lai uzlabotu enerģijas izmantošanas efektivitāti, bet ir jāizvēlas speciāla pieeja.

Darbības Optimizācijas Servisa Metode

Uzdevumu veikt enerģijas efektivitātes uzlabošanas projektu no koncepcijas izstrādes līdz tās ieviešanai un īstenošanai sauc par darbības optimizācijas servisu (DOS).

Daudzu ventilatoru un sūkņu piedziņu darbību var uzlabot ar DOS metodi un sistēmas atjaunošanu. Daži no izplatītākajiem DOS enerģijas ietaupīšanas paņēmieniem ir sekojoši:

- mehānisko vārstu droselēšanas iekārtu un demferu aizvietošana ar dzinēja ātrumu regulējošām ierīcēm, piemēram, kā VSD (regulējama ātruma piedziņa);
- augstas efektivitātes dzinēju, ventilatoru un sūkņu pielietošana;
- precīza aparatūras savietošana pēc parametriem;
- plūsmas ieplūdes un izplūdes ceļa pārveidošana, lai samazinātu spiediena zudumus;
- vajadzīgās ekspluatācijas tehnikas piemērošana, lai celtu sistēmas ražību.

Laika gaitā sistēmas mēdz novirzīties no tajās uzstādītajiem optimālās darbības rādītājiem vairāku iemeslu dēļ. Izmaiņas iekārtās, saražotās produkcijas daudzums, darbības vide un, piemēram, darbības laika intervāli var likt sistēmām funkcionēt, nesasniedzot optimālos rādītājus. Neefektīva darbība lieki tērē enerģiju, resursus un naudu. Novērtējums ar DOS metodi var parādīt, ka vajadzīgās ražošanas prasības var daudz efektīvāk sasniegt pāroptimizējot sistēmas darbību.

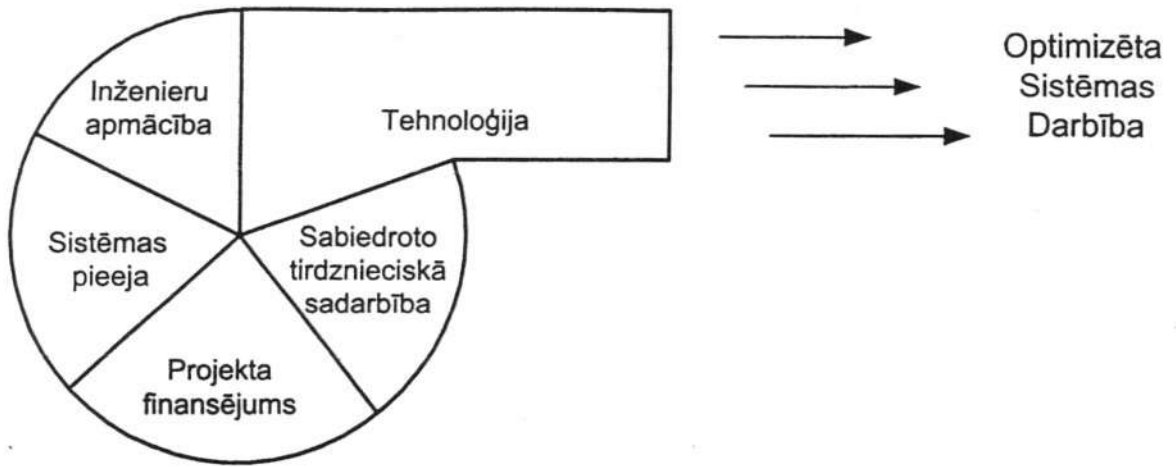
DOS metode uzsver sistēmas pieeju, kas aplūko dzinēju, piedziņas iekārtas, pārvades sistēmu un regulēšanas mehānismus visus kopā, nevis atsevišķu sastāvdaļu līmenī. Tas atļauj ekspluatācijas personālam un vadībai viegli saprast uzlabojumu iespēju procesu, un nodrošina, lai inženieris, kurš ir atbildīgs par uzraudzību pētījumu gaitā, varētu pārliecināties par uzlabojumu izvēles tehnisko un finansiālo piemērotību kompānijai.

DOS tehnisko iespēju izpētes rekomendācijas ir nozīmīgas ne tikai enerģijas taupīšanas dēļ, bet arī izsauc ražošanas procesa uzlabojumus un paver iespējas vairāk apmierināt pircēju vajadzības. Samazinot kopējās ražošana un ekspluatācijas izmaksas, nodrošinot lielāku elastību ražojumos un palielinot procesa drošumu, šī pieeja veicina biznesa konkurētspējas celšanos.

Darbības Optimizācijas Servisa elementi

1. attēlā ir parādīti DOS elementi. Dažādi uzņēmumi, ieskaitot energoapgādes uzņēmumus, energoservisa kompānijas, iekārtu ražotājus un lietotājus, atzīst sekojošus etapus:

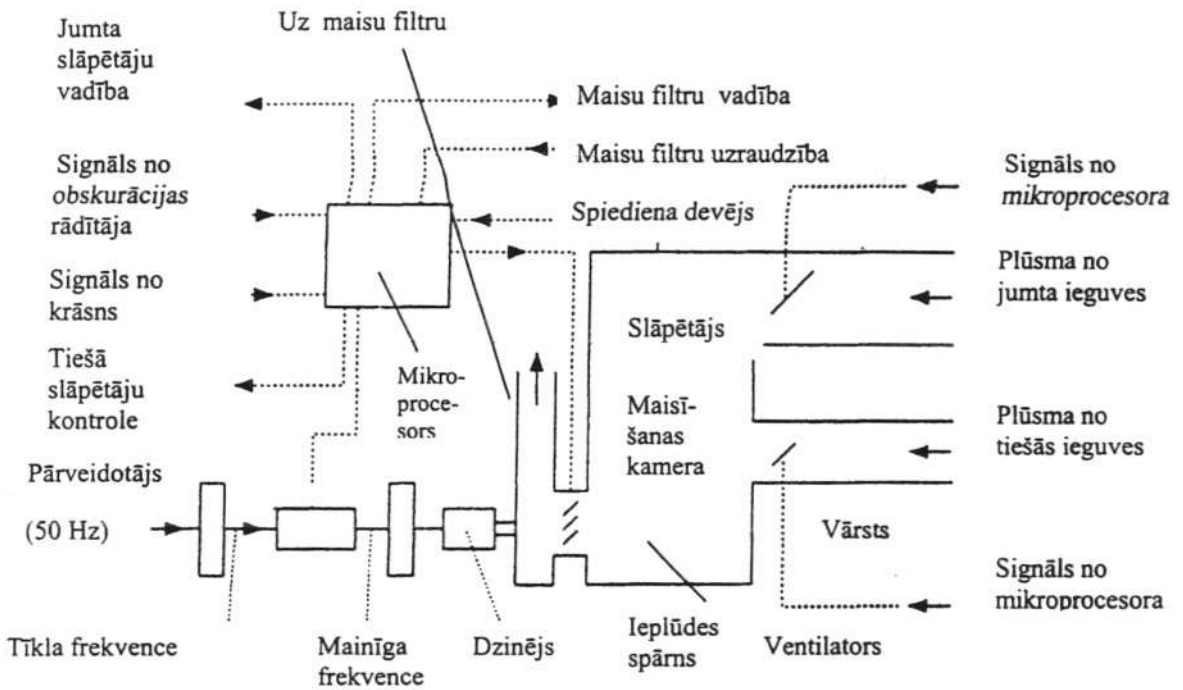
- 1) sistēmas pieeja un metode;
- 2) tehnoloģiskā apmācība un atbalsts projektam;
- 3) projekta finansējums;
- 4) sabiedroto tirdznieciskā sadarbība;
- 5) tehnoloģija: ventilatoru, sūkņu un gaislaides iekārtu pārveidošana (jaunu iekārtu uzstādīšana vai esošo remonts).



1. attēls. Darbības optimizācijas servisa elementi.

Optimizētās elektropiedziņas darbības raksturojums

Attēlā 2. ir parādīta izmantotā vadības sistēma.



2.attēls.

Šeit, lai iestādītu vārstu pozīcijas un dotu signālu uz VSD, tiek izmantots mikroprocesors. Obskurācijas rādītāju signāli sākumā tika izmantoti vārstu pozīciju uzstādīšanas izvadīšanas

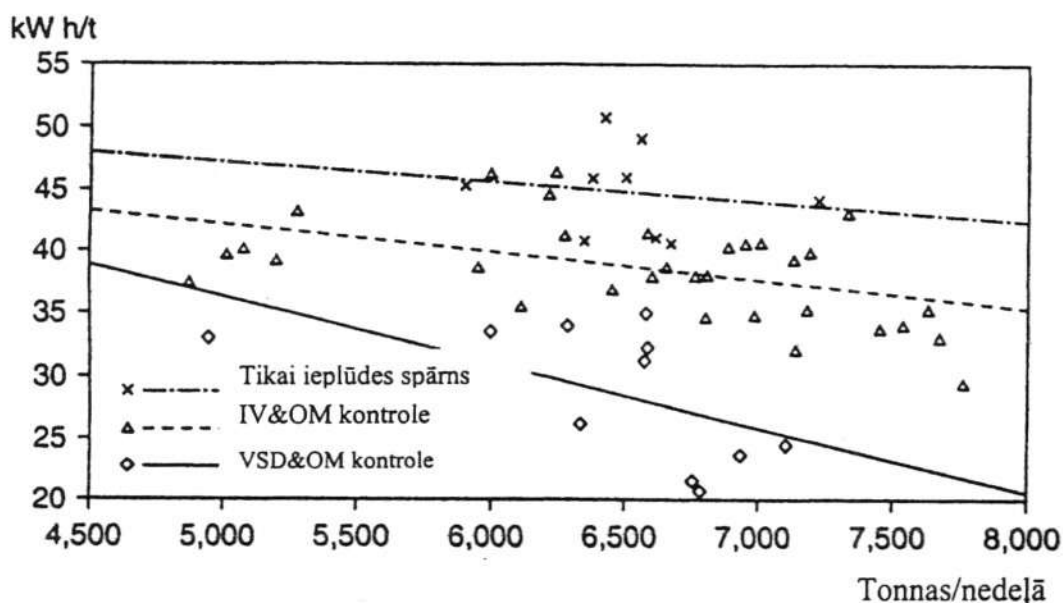
cauruļvados attiecīgi pret skursteņos esošo dūmu daudzumu. Tas pierādīja, ka, ja krāsns jebkāda iemesla dēļ tiek apturēta, izvadīšana var tikt ieregulēta uz ļoti zemiem līmeņiem.

Enerģijas ietaupījumu novērtējums

Kamēr jaunā sistēma tika uzstādīta un tika atrasti un novērsti visi defekti, pārmaiņas sistēmas cauruļvados un paaugstināta ražošanas noveda pie izvades sistēmas palielināšanas. Tā rezultātā ir bijuši ražošanas periodi, kad divi ar VSD aprīkoti ventilatori darbojas ar fiksētu (pilnu) ātrumu, un gadījumi, kad trešais ventilators, kas var darboties tikai fiksētā ātrumā, ir ieslēgts. Tādējādi, arhīva datus par enerģijas patēriņu nevarēja izmantot salīdzināšanas nolūkā. Tā vietā, periodus, kad sistēma darbojās fiksētā ātrumā, salīdzināja ar periodiem, kad lietošanā bija VSD.

Relatīvā enerģijas izmantojuma salīdzinājums pie trīs ventilācijas regulēšanas metodēm ir parādīts attēlā 3. Gadījums kad tiek izmantota tikai ievades vārsta vadība, aptuveni atbilst bāzes situācijai, un parāda, ka nepieciešams vislielākais elektrības patēriņš mērot kWh uz tonnu tērauda. Otrajā regulēšanas veidā obskurācijas rādītāji ir izmantoti ievades vārstu vadībai, bet ventilatori joprojām tiek darbināti ar pilnu ātrumu. Ir atzīmējams enerģijas patēriņa kritums. Visefektīvākā darbības metode ir, kad piedziņa tiek darbināta ar ātruma regulēšanu VSD, ko nosaka sajaukšanās kameras spiediens.

No šīm trim metodēm iegūto enerģijas ietaupījumu salīdzinājums rāda, ka optimālas darbības scenārija rezultātā ir iegūstams 37% enerģijas patēriņa kritums salīdzinājumā ar bāzes situāciju.



3.attēls. Gaisa plūsmu regulēšanas metožu salīdzinājums.

Ekonomiskā analīze un atmaksāšanās periods

Ar šo projektu saistītās kopējās izmaksas ir dotas Tabulā 1. Potenciālie izmaksu ietaupījumi un parastie atmaksāšanās periodi ir parādīti Tabulā 2. Pirmā tabulas sleja parāda ietaupījumus, kas saistīti vienīgi ar obskurācijas rādītāju uzstādīšanu un to signāla lietošanu ievades vārstu vadībai.

Atmaksas periods ir mazāks par četriem mēnešiem un lielā mērā ir izskaidrojams ar relatīvi zemajām kopējām izmaksām.

Tabula 1. Kopējās izmaksas saistībā ar šiem uzlabojumiem (parādītas angļu mērciņās).

Mainīga ātruma piedziņas	= £ 356,077
Obskurācijas rādītāji	= £ 20,000
Kopā	= £ 376,077
Pārējās izmaksas: Iespēju un konstrukcijas pētījums	= £ 8,264
Tādējādi: Kopējās projekta izmaksas	= £ 384,341

Tabula 2. Enerģijas un izmaksu ietaupījumi un parastais atmaksāšanās periods dažādiem variantiem.

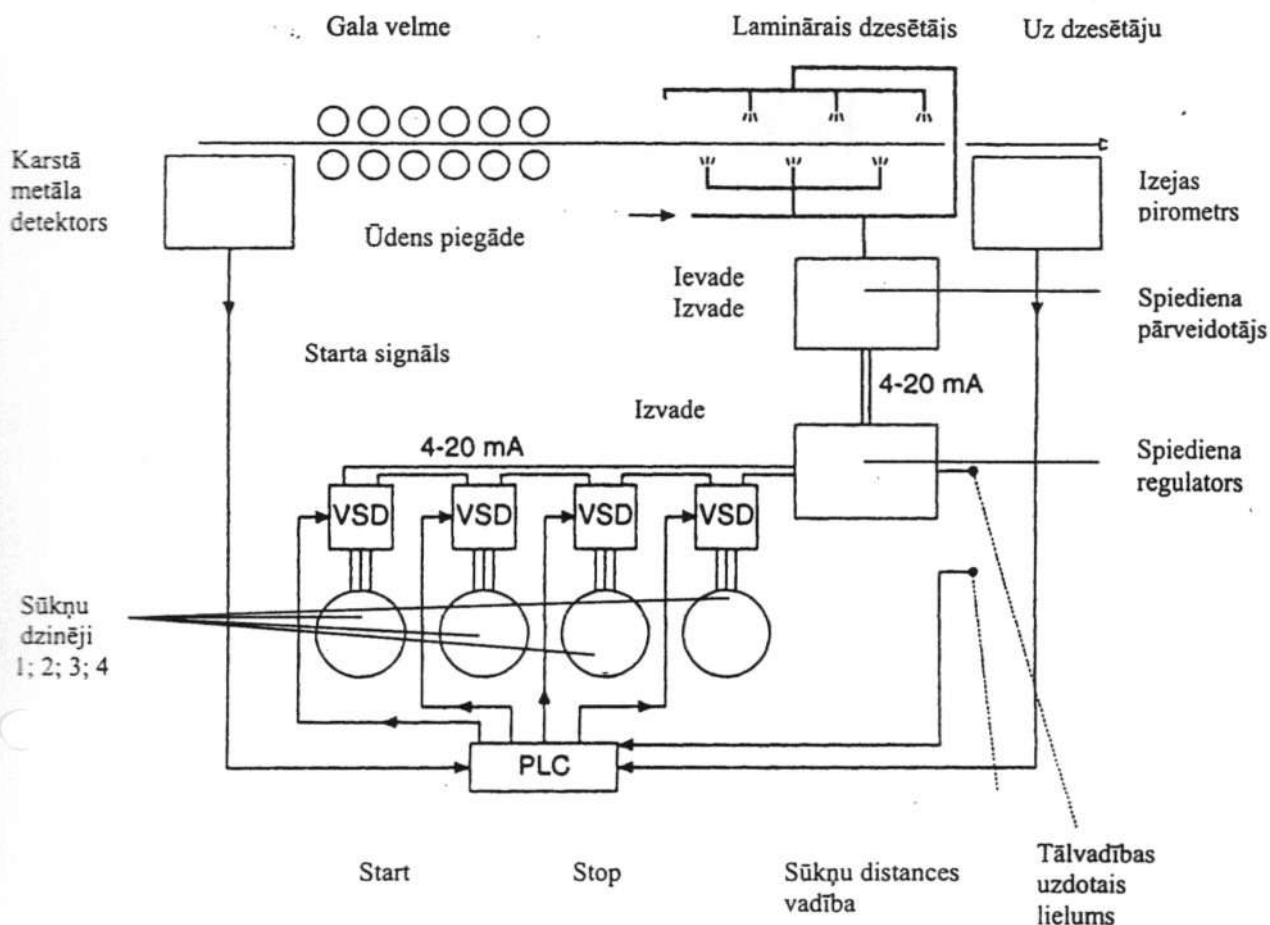
	Ievades vārsta un obskurācijas rādītāju vadība	Mainīga ātruma piedziņas vadība	Mainīgs ātrums ar obskurācijas rādītāju vadību
Kopējās izmaksas, £	20,000	364,341	384,341
kWh/t ietaupījums	6.67	9,96	16,63
kWh/gadā ietaupījums (ņemot 333,600 t/gadā)	2,230,000	3,320,000	5,550,000
Izmaksu ietaupījums £/gadā (par pamatu ņemot £ 0.03/kWh)	66,900	99,600	166,500
Parastais atmaksas periods (gados)	0.30	3.66	2,31

Izmantojot papildus 361,341 mērciņas, rezultātā rodas papildus enerģijas ietaupījumi, kā parādīts otrajā slejā, lai gan ar ievērojami ilgāku atmaksas periodu.

Abu pārmaiņu kopīgais efekts ir dots trešajā slejā, kur tiek gaidīts parasts 2,31 gadu atmaksas periods. Šī trešā sleja parāda šeit īstenoto optimizācijas projektu.

Optimizētā sistēma

Lai gan četri sākotnējie sūkņi tika atzīti esam pietiekami labā stāvoklī, lai tiktu paturēti, dzinēji tādi nebija. Frekvences pārvedotāju pievienošana vecākiem dzinējiem – īpaši tiem, kuri darbojās ar pilnu jaudu, varēja izraisīt problēmas. Šādos apstākļos tie bija jūtīgi pret sakaršanu no paaugstinātām harmoniskajām, ko radīja VSD. Tādēļ tie tika nomainīti pret jauniem dzinējiem, daudz piemērotākiem lietošanai ar VSD, un to nominālā jauda bija 210 kW. Uzlabotā sūkņu vadības sistēma ir parādīta attēlā 4.



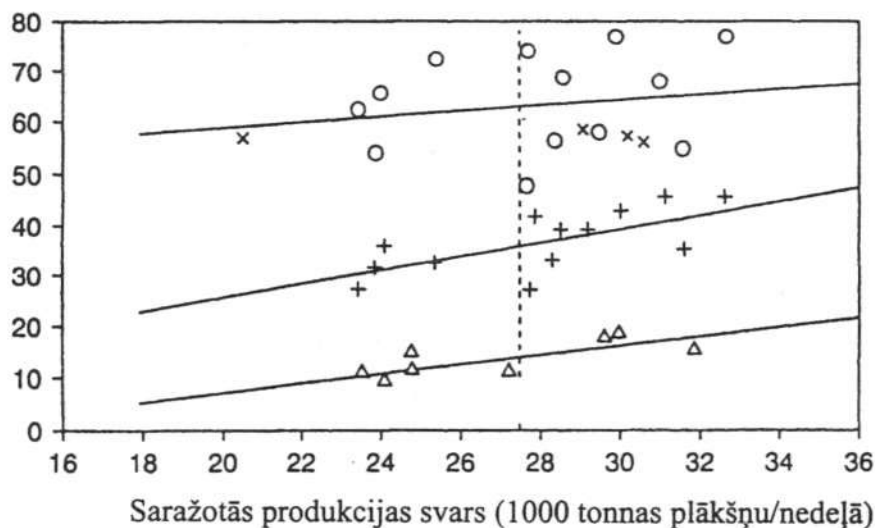
4.attēls. Optimizētā sūkņu vadības sistēma.

Pirmajā fāzē VSD tika uzstādīts kopā ar sūkņu izvēles slēdžiem vadības pultī, lai darbināmo sūkņu skaitu varētu izvēlēties pašrocīgi. VSD tika izmantots tikai dēļ tās vieglās slēgšanas un izslēgšanas iespējām. Sūkņi tika periodiski palaisti no miera stāvokļa līdz pilnam ātrumam, un atpakaļ līdz miera stāvoklim. Sūkņi palika ātslēgti līdz tērauda plāksnes pienākšana tika signalizēta ar karstā metāla detektoru (skat. attēlu 4) gala velmes ieejā. Šis signāls tika lietots, lai izraisītu sūkņa paatrinājumu līdz pilnam ātrumam nākamo 12 sekunžu laikā. Tādējādi pilns sūkņa ātrums un dzesēšanas ūdens plūsma tika sasniegti brīdī, kad priekšējais plāksnes gals atradās pie dzesētāja. Dzesēšanas procesa beigās, izejot plāksnei no velmes, dzesēšana tika pārtaukta līdz nākošās plāksnes pienākšanai. Ja tas tika signalizēts pirms sūkņu pilnīgas apstāšanās, tie tika ieslēgti ar pilnu ātrumu. Visas slēdžu darbības tika veiktas ar programmējamu loģisko kontroleri (PLC). Šādā veidā tika ietaupīta visa tā elektroenerģija, kas iepriekš tika izmantota sūknēšanai arī starplaikos, piemēram, laikā starp plāksnēm, aiztures laikā un starp svētdienas pārbaudēm un velmēšanas sākšanu pirmdienā.

Otrajā fāzē tika uzlaboti pirmās fāzes rezultāti. Darbināmo sūkņu skaits un izvēlētie sūkņu ātrumi tika saskaņoti sakrita ar katras plāksnes dzesēšanas vajadzībām. Papildus, tika novērsta iespēja ūdenim noplūst galvu vietās. PLC tagad izmantoja vienkāršu vadības algoritmu lai saskaņotu mainīgas plūsmas dzesēšanas vajadzības pie nemainīga ātruma. Kad operators izvēlējās, cik no septiņām augšējām un trim apakšējām galvām vajag noteiktai dzesēšanas darbībai, PLC noteica četrus punktus katrai aktīvajai augšējai galvai un trīs punktus katrai aktīvajai apakšējai galvai. Ja summa bija mazāka par 10 punktiem, darbināja tikai vienu sūkni. Ja tā bija no 10-16 punktiem, tad

tika darbināti divi sūkņi, kamēr pie skaita lielāka par 16, tika darbināti visi trīs sūkņi. Ieslēgto, sūkņu ātrums tika palielināts līdz tika sasniegts vēlamais ūdens spiediens. Šo spiedienu varēja mainīt, bet bija arī ierobežojumi. Izlietotā sūknēšanas enerģija salīdzinājumā ar produkcijas svaru un dažādiem iespējamiem darbības veidiem ir parādīta attēlā 5. Nozīmīgi ir ietaupījumi, kas sasniegti ar 1. fāzes un 2. fāzes pārveidojumiem.

Sūkņu enerģijas
patēriņš/nedeļā



- × Dati pirms projekta
- o Nepartraukta sūknēšana (no 1. fāzes datiem)
- + 1. fāzes dati
- ∇ 2. fāzes dati

5. attēls. Sūkņa enerģijas patēriņš salīdzinājumā ar saražoto produkciju fabrikā pie dažādām projekta stadijām.

Enerģijas ietaupījumu novērtējums

1. fāzes un 2. fāzes uzlabojumu rezultātā iegūtie enerģijas ietaupījumi ir parādīti tabulā 3. Katrs datu atskaites punkts, kas ietver vairāku nedēļu apkopotus datus, parāda, ka vidēji 1. fāzes uzlabojumi noved pie 42% izmaksu samazinājuma, kamēr abu fāžu apvienojuma rezultātā ir 76% enerģijas ietaupījums.

Tabula 3. Normalizētā enerģijas izlietojuma un ietaupījumu apkopojums.

	Nepartaukta sūknēšana	Fāze 1	Fāze 2
Izmantojumo sūkņu skaits	3 vai 4	3 vai 4	1, 2 vai 3 (main. ātrums)
Vidējā sūkņu jauda	134 kW	134 kW	107 kW
Enerģijas patēriņš nedeļā	61,912 kWh	35,915 kWh	14,708 kWh
Enerģijas ietaupījums nedeļā	-	25,997 kWh (42%)	47,204 kWh (76%)

Ekonomiskā analīze un atpeļņas periods

Ar ūo projektu saistītās kopējās izmaksas bija £ 214,900. Vienkāršais atmaksāšanās periods, pamatojoties vienīgi uz elektroenerģijas ietaupījumiem, bija 2,3 gadi.

Citi ieguvumi no projekta

Vēl bez elektroenerģijas patēriņa samazinājuma tika iegūti papildus labumi, ko deva modernizācija. Ievērojiet, ka ūo labumu daba ir tāda, ka daži var kļūt redzami tikai pēc vairākiem gadiem:

- četru sūkņu darbināšanas stundu samazinājumam vajadzētu samazināt sūkņa ekspluatācijas izdevumus. No otras puses, ieslēgšanas un izslēgšanas darbību skaita palielinājuma rezultātā sūkņu vāku blīvslēgus ir bijis jānomaina reizi sešās nedēļās nevis tikai reizi sešos mēnešos;
- tiek uzskatīts, ka mazinājušies ūdens zudumi;
- ražojumu kvalitāte, ūķiet, ir uzlabojusies. Ir bijis neliels procentuāls kāpums attiecībā uz veiksmīgi atdzesētajām plāksnēm.

Secinājumi

Elektriskās piedziņas darbības optimizācijas servisa metodes pielietošana rūpnieciskos uzņēmumos dod jūtamus ražošanas izmaksu ietaupījumus, paaugstina ražojumu kvalitāti un mazāk piesārņo apkārtējo vidi.

Literatūra

1. Philip A. Jallouk, Ph.D. Charles D. Liles
Industrial Electric Motor Drive Systems – Netherlands
CADET Analyses Series No. 24 – CADET Energy Efficiency 1998.

Aļina Galkina, M.Sc.ing, Ph. D. student
Riga Technical University, Institute of Industrial Electronics and Electrical Drives
Address: Kalku 1 –310, LV 1050, Riga, Latvia
Phone: +3717089389, Fax: +371 7820378
E-Mail: Galkina@adm.rtu.lv

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

A.Galkina, L.Ribickis. Electrical drives performance optimisation service.

In most industrialised countries, typically some two-thirds of the industrial electrical energy use goes "into" or "through" electrical motor and drive systems. Obviously this represent a huge amount of money. However, a significant saving can be achieved, often with little effort. This fact has been recognised by various countries and a series of initiatives launched to encourage industries to improve the efficiency of their drive systems.

Galkina A., Ribickis L. Elektropiedziņas darbības optimizācijas serviss.

Vairākumā rūpnieciski attīstīto valstu parasti kādas divas trešdaļas no rūpniecībā izmantojamās elektro-enerģijas "iziet caur" elektrisko dzinēju vai piedziņu sistēmām. Tas acīmredzami nozīmē milzīgus patērētās naudas apmērus. Tomēr, ievērojama daļa no patērētās enerģijas netiek izmantota efektīvi; ievērojamus ietaupījumus bieži var sasniegt ar nelielām pūlēm. Dažādas valstis ir pamanījušas šo faktu, un ir uzsākta pasākumu virkne, lai iedrošinātu rūpniecības uzņēmumus uzlabot efektivitāti viņu piedziņu sistēmās.

Галкина А., Рыбицкий Л. Сервис оптимизации работы электропривода.

Во многих промышленно развитых странах обычно две-третьи из промышленно используемой электроэнергии проходит "через" системы электропривода и электромашин. Это очевидно означает огромный объем денег. Однако, весомая часть используемой энергии не используется эффективно; значительную экономию часто можно получить не прикладывая больших усилий. В разных странах заметили этот факт и начата организация мероприятий, что бы обеспечить эффективность электроприводных систем промышленных предприятий.