

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

USE OF SERAPHIL TYPE FUNCTIONS FOR DETERMINATION OF DRIVE'S ENERGETICAL INDICES OF CENTRIFUGAL PUMPS UNDER CONDITIONS OF OUT COMING DATA DEFICIT

SERAPHĪLA TIPA FUNKCIJU IZMANTOŠANA CENTRBĒDZES SŪKŅU ASINHRONĀS PIEDZIŅAS ENERĢĒTISKO RĀDĪTĀJU NOTEIKŠANAI IZEJAS DATU DEFICĪTA APSTĀKĻOS

L.Ribickis, S.Petrovs, A.Galkina

Atslēgas vārdi: Asinhronais dzinējs, centrālās sūkņa, parametru noteikšana

Ievads

Visplašāk izmantotās elektriskās mašīnas ir asinhronie dzinēji (AD). Dzinēju pozitīvās īpašības ir konstrukciju vienkāršība, drošība ekspluatācijā un augsts lietderības koeficients (LK). Rīgas ūdenssūkņu stacijās turbomehanismu piedziņās, pie kā pieder centrālās sūkņa (CS), pārsvarā izmanto īsslēgtos AD ar jaudas diapazonu no 4,5 kW līdz 300 kW.

Asinhroniem dzinējiem var izdalīt sekojošas priekšrocības salīdzinot ar cita tipa elektriskām mašīnām: unificētu seriālu dzinēju pielietošana ekspluatācijā; dzinēju ģeometriskā līdzība; augsti mehānizētas ražošanas iespējas; darba raksturlīkņu optimizācijas tipveida metodika.

Atzīmētās priekšrocības atvieglo AD enerģētiskās efektivitātes analīzes veikšanu. Pie tam AD darba raksturlīknēm, kas ir izteiktas relatīvās vienībās, jo ir ģeometriskā līdzība un unificēta projektēšanas metodika, relatīvo vienību izklāde nebūs tik būtiskas pirmā pielīdzinājumā. Tāpēc dažādu jaudu AD darba raksturlīknes relatīvās vienības praktiski izskatās vienādas.

Tehniskā literatūrā plašāk izmanto I_1 , M_2 , n_2 , η , $\cos\varphi_1$ atkarību no lietderīgās mehāniskās jauda P_2 , ja ir nemainīgs līnijas spriegums U_1 un pastāvīga tīkla frekvence f_1 .

Šeit I_1 - AD statora līnijas strāva; M_2 - griezes moments uz vārpstas; n_2 - AD griešanas ātrums; η - dzinēja lietderības koeficients (LK).

Doto darba raksturlīkņu konstruēšanai ir nepieciešami AD eksperimentālo pētījumu dati.

Sarežģītāks uzdevums CS-AD enerģētiskās efektivitātes noteikšanā parādās tad, kad trūkst informācija par lietderīgo mehānisko jaudu P_2^* , sakarā ar izejas datu deficītu. Šādu uzdevumu atrisināšana ir aktuāla ilgstoši ekspluatācijā esošo elektroiekārtu darbības efektivitātes noteikšanai un dotajā darbā ir parādīta aprēķinu metodika, kas balstās uz seraphila funkciju izmantošanu.

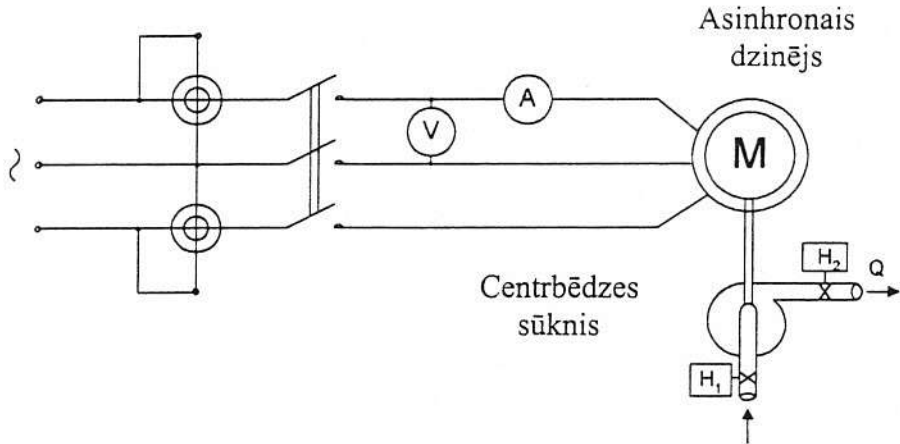
Metodes apraksts

Parasti sūkņu stacijās ir uzstādīti voltmetri, ampermetri un elektriskās enerģijas skaitītāji ar kuru palīdzību iegūst izejas parametrus energouzskaitēi. 1. attēlā ir parādīta CS-AD piedziņas spēka shēma nepieciešamā mērāparatūra, kas vajadzīgo datu iegūšanai iekārtas energoefektivitātes rādītāju aprēķinam pēc tālāk izklāstītās metodes. Zinot statora strāvu un izmantojot dzinēju universālās raksturlīknes (2.attēls), var noteikt attiecinātās vienības dzinēja lietderīgo mehānisko jaudu uz vārpstas, lietderības koeficientu un slodzes lenķi:

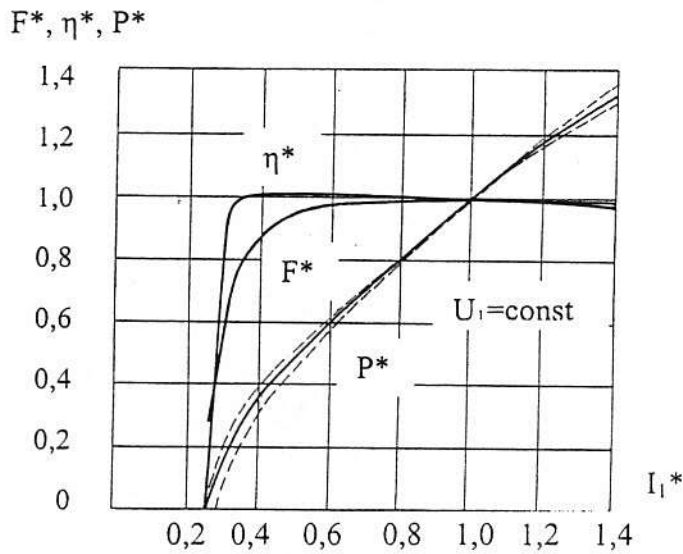
$$\left. \begin{matrix} F^* \\ \eta^* \\ P^* \end{matrix} \right\} = f(I_1^*),$$

$$\text{kur } F^* = \frac{\cos \varphi_1}{\cos \varphi_{1\text{nom}}}; \quad \eta^* = \frac{\eta}{\eta_{\text{nom}}}; \quad P_2^* = \frac{P_2}{P_{2\text{nom}}}.$$

Pie tam $\cos \varphi_{1\text{nom}}$ - slodzes leņķa kosinusa nominālā vērtība;
 $\eta_{\text{nom}}, P_{2\text{nom}}$ - LK un lietderīgās mehāniskās jaudas nominālā vērtība.



1. attēls. Centrbēdzes sūkņu piedziņas enerģētisko rādītāju noteikšanai nepieciešamo mēraparātu slēguma shēma



2. attēls. Dzinēju universālās raksturlīknes

Aprēķina piemēram izmantojam asinhrono dzinēju ar jaudu 160 kW, kura darba raksturlīknes ir zināmas. Lai analītiski izteikt attiecības F^* , η^* , P_2^* kā funkcija no statora strāvas, tās vajag aproksimēt. Bet AD energoslodzes noteikšanai ir pietiekami aproksimēt attiecību $P_2^* = f(I_1^*)$. Aproksimācijas metode, kuru pielieto AD elektromagnētisko parādību analīzē [1] un inventora sprieguma harmoniskā analīzē [2] balstās uz SERRAPHIL funkcijas izmantošanas. Šeit divas spoguļveidā attēlotas zāgveida funkcijas ar trulām galotnēm ir nobīdītas viena attiecīgi pret otru par pusperiodu. Seraphīla funkcijas (3.a. attēls) matemātiskais apraksts ir sekojošs:

$$\text{Ser}(\alpha) = \frac{2}{\pi} \arctg \frac{A \sin \alpha}{1 + A \cos \alpha};$$

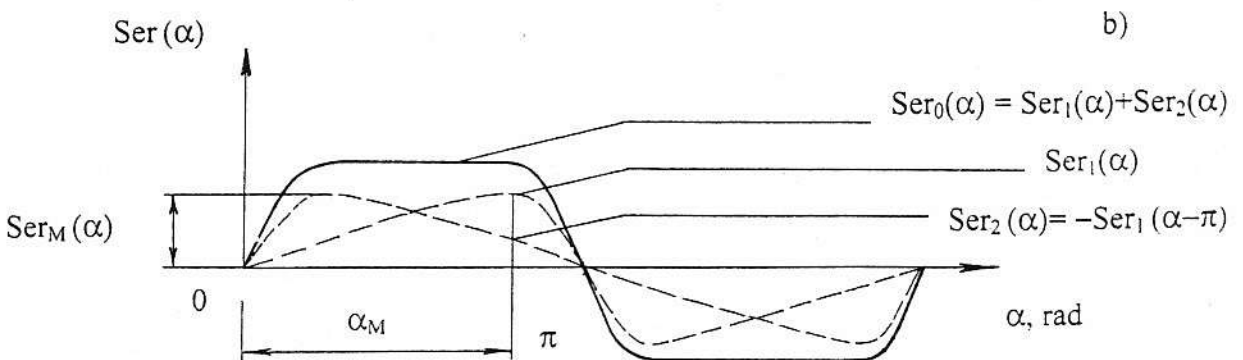
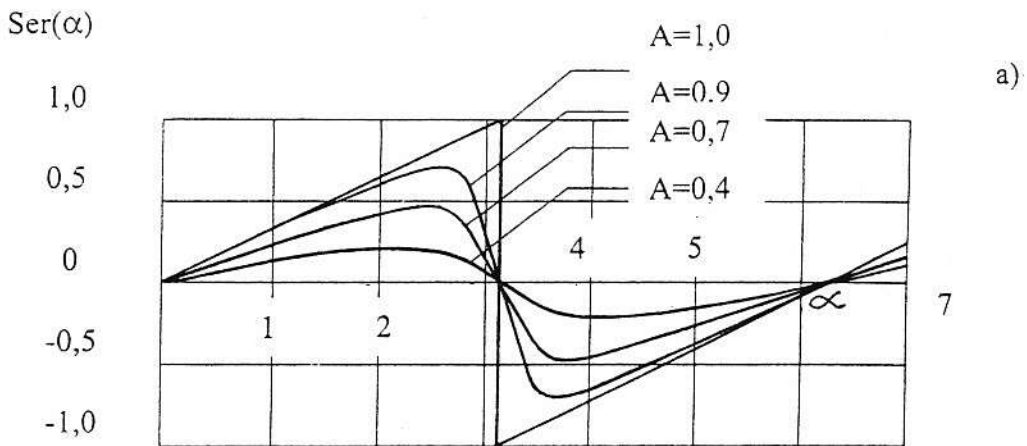
kur A - zāgveida funkcijas koeficients, kurš atkarīgs no cietības un ir sekojošās robežās $0 < A \leq 1$;

α - abscisu ass koordinātes leņķis, kura tekošā vērtība izteikta radiānos.

3.b. attēlā parādīta iespēja sintezēt periodisku funkciju $\text{Ser}_0(\alpha)$ ar divu citu funkciju $\text{Ser}_1(\alpha)$ un $\text{Ser}_2(\alpha)$ summu, un matemātiski to izsaka sekojoši:

$$\text{Ser}_1(\alpha) = \frac{\text{Ser}_M(\alpha_M)}{\alpha \text{ctg}(\alpha - \alpha_M)} \arctg \frac{A \sin \alpha}{1 + A \cos \alpha} \quad (1)$$

$$\text{Ser}_2(\alpha) = -\text{Ser}_1(\alpha - \pi) = -\frac{\text{Ser}_M(\alpha_M)}{\alpha \text{ctg}(\alpha - \alpha_M)} \times \alpha \text{ctg} \frac{A \sin(\alpha - \pi)}{1 + A \cos(\alpha - \pi)} \quad (2)$$



3. attēls. Seraphīla funkcijas iespēja sintezēt periodisku funkciju $\text{Ser}_0(\alpha)$ ar divu citu funkciju $\text{Ser}_1(\alpha)$ un $\text{Ser}_2(\alpha)$ summu.

Kur $Ser_M(\alpha)$ ir funkcija ar maksimālo amplitūdas vērtību.
 Koeficientu A aprēķina ņemot vērā funkciju maksimuma nosacījumu
 $Ser_1(\alpha) = Ser_2(\alpha) = Ser_M(\alpha)$:

$$\frac{d\{Ser_1(\alpha)\}}{d\alpha} = 0.$$

Pie tam

$$\frac{2}{\pi} \times \frac{A(A + \cos \alpha)}{[1 + A(A + 2 \cos \alpha)]} = 0,$$

$$A = -\cos \alpha_M.$$

Amplitūdas vērtību seraphīla tipa funkciju radiānas aprēķina kā

$$Ser_M(\alpha) \Big|_{\alpha=\alpha_M} = \frac{2}{\pi} \times arctg(-ctg \alpha_M)$$

Izteiksmes (1) un (2) var tikt pārveidotas arī Furjē rindā fiziskam lielumam. Tā, piemēram, periodiskām funkcijām $U_{1ser}(\alpha)$ un $U_{2ser}(\alpha)$ kurām ir maksimāla vērtība U_M un reāla fiziska mērvienība, izvirzīšana Furjē rindā ir sekojoša:

$$U_{1ser}(\alpha) = \frac{U_M}{arctg(-ctg \alpha_M)} \sum_{v=1,2,\dots}^{\infty} (-1)^{v-1} \frac{A^v}{v} \sin v\alpha, \quad (3)$$

$$U_{2ser}(\alpha) = \frac{-U_M}{arctg(-ctg \alpha_M)} \sum_{v=1,2,\dots}^{\infty} (-1)^{v-1} \frac{A^v}{v} \sin(v(\alpha - \pi)). \quad (4)$$

Sintēzes rezultātā no formulām (3) un (4) rodas izteiksme, kura raksurojas ar pārskaitļu harmoniku trūkumu:

$$U_{0ser}(\alpha) = \sum_{v=1}^{\infty} \frac{2A^v}{v} \times \frac{U_M}{arctg(-ctg \alpha_M)} \sin \frac{v\pi}{2} \sin v\alpha \quad (5)$$

Formula (5) dod iespēju analizēt periodiski nesinusoidālas līknes $Ser_0(\alpha)$, kuras parādīta 3.b. attēlā, harmonisko sastāvu.

Metodes pielietošana

Sakarā ar uzdevumu, eksperimentālo līkni $P_2^* = f(I_1^*)$ vajag izteikt ar vairākām funkcijām, kur katra no tām, vai vismaz viena, var tikt aproksimēta ar zināmām SERRAPHIL tipa funkcijas izteiksmēm.

4. attēlā parādīti grafiki $P_2^*(I_1^*)$, $P_0^*(I_1^*)$ un $P_{2ser}^*(I_1^*)$, pie kam relatīvās jaudas $P_{2ser}^*(I_1^*)$ seraphīla tipa funkciju aprēķina grafiski, ja no $P_2^*(I_1^*)$ atņem taisnes papildfunkciju $P_0^*(I_1^*)$, kura ir taisne un šķērso punktus ar koordinātēm $[I_0^*; 0]$ un $[1, 1]$. Taisne $P_0^* = f(I_1^*)$ abscisu asi šķērso punktā ar koordinātēm $[0; \frac{-I_0^*}{1 - I_0^*}]$. Strāvas I_0^* vērtība ir vienāda ar dzinēja magnetizēšanas strāvu relatīvās vienībās. Izmantojot funkcijas $P_{2ser}^*(I_1^*)$ attēlu var grafiski aprēķināt tā amplitūdes vērtību P_{2M}^* un lenķi α_M , kuru var izteikt grādos:

$$\alpha_M = \frac{180^\circ I_M^*}{1 - I_0^*},$$

kur I_M^* - strāvas I_1^* vērtība, kas atbilst P_{2M}^* vērtībai, pie nosacījuma, ka koordinātu sākums strāvai I_M^* nobīdīts punktā ar koordināti 1,0 abscisu asī.

Leņķa α_1 tekošo vērtību var noteikt kā:

$$\alpha_1 = \frac{180^\circ(1 - I_1^*)}{1 - I_0^*}$$

Izmantojot grafoanalītiskos aprēķinus, kopējās izteiksmes ir sekojošas:

$$P_0^* = \frac{I_1^*}{1 - I_0^*} - \frac{I_0^*}{1 - I_0^*} = \frac{1(I_1^* - I_0^*)}{1 - I_0^*}, \quad (6)$$

$$P_{2ser}^* = \frac{P_{2M}^*}{\alpha \operatorname{ctg}(-\operatorname{ctg}\alpha_M)} - \frac{A \sin \alpha_1}{1 + A \cos \alpha_1} \quad (7)$$

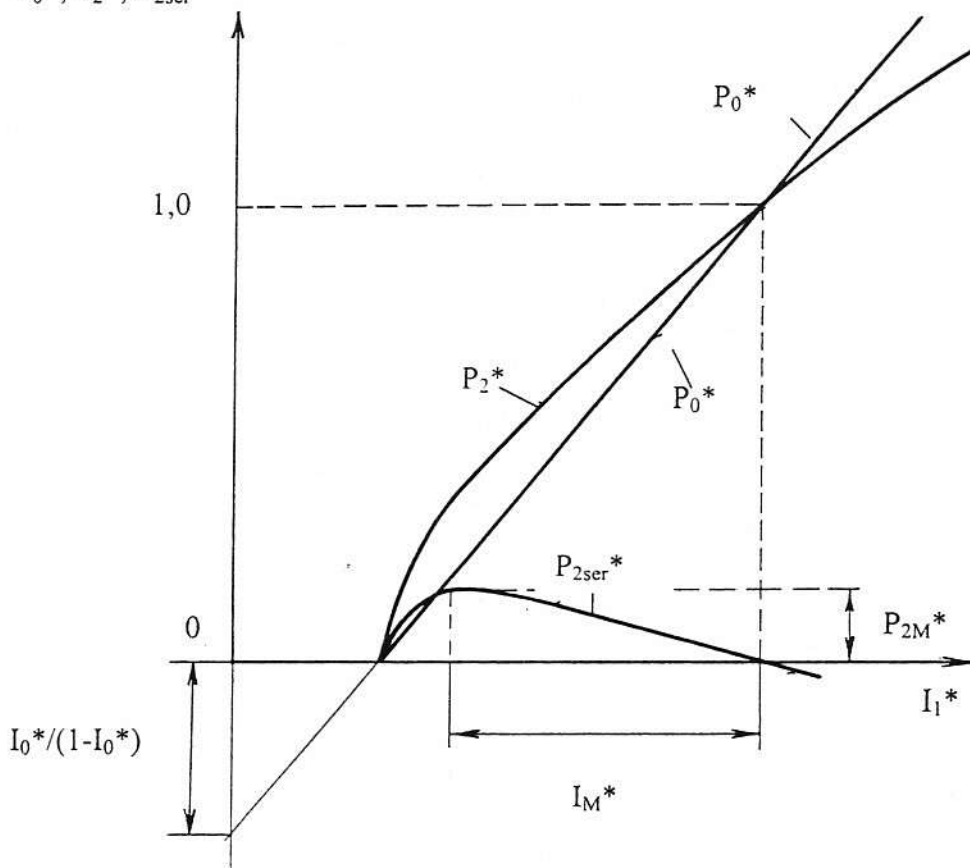
Veicam skaitlisko aprēķinu AD-CS ar 160 kW nominālo jaudu.

$$I_0^* = 0,24; \quad I_M^* = 0,6; \quad \alpha_M = 142,1^\circ; \quad A = 0,789;$$

$$P_{2M}^* = 0,156; \quad \operatorname{arctg}(-\operatorname{ctg}\alpha_M) = 52,1^\circ; \quad \alpha_1 = 237^\circ(1 - I_1^*);$$

$$P_1^* = 1,32 (I_1^* - 0,24)$$

P_0^*, P_2^*, P_{2ser}^*



4. attēls. Seraphīla tipa funkcijas grafiki $P_2^*(I_1^*)$, $P_0^*(I_1^*)$ un $P_{2ser}^*(I_1^*)$.

AD ar nominālo jaudu, kas atšķiras no 160 kW vērtības, funkcijas $P_2^* = f(I_1^*)$ noteikšanai vajadzīga koreģējošā taisne, kas uzdots kā izteiksme:

$$P_{kor}^* = (1 - I_1^*)(4,75 P_{2nom} - 0,076), \quad (8)$$

kur P_{2nom} - nominālā mehāniskā jauda sekojošā diapazonā

$$4,5 \text{ kW} \leq P_{2nom} \leq 300 \text{ kW}.$$

Korekcija uz lielākas, vai mazākas jaudas pusi no $P_{2nom}=160$ kW raksturlīknes $P_2^*(I_1^*)$ parādīta 2. attēlā pārtraukto līniju veidā.

Zinot statora strāva I_1^* un AD nominālo jaudu P_{2nom} , var pietiekami lielā jaudas diapazonā ar augstu precizitāti analītiski aproksimēt līkni $P_2^*=f(I_1^*)$. Summējot formulas (6), (7) un (8) iegūstam:

$$P_2^* = P_0^* + P_{2ser}^* + P_{kor}^* = 1,32(I_1^* - 0,24) + \arctg \frac{0,789 \sin(237^\circ(1 - I_1^*))}{1 + 0,789 \cos(237^\circ(1 - I_1^*))} + (1 - I_1^*)(4,75 \cdot 10^{-4} P_{2nom} - 0,0076) \quad (9)$$

1. tabulā salīdzināšanai parādīti dati, lai noteikt funkciju $P_2^*=f(I_1^*)$ izmantojot formulu (9) un darba raksturlīknes AD ar jaudu 160 kW. Rezultāti dod iespēju secināt ka relatīvā kļūdu aproksimācijai pēc formulas (9) nēpārsniedz 2,67%, kas praksē ir pieņemams.

Tabula 1

I_1^*	α_1 , grad	P_{2ser}^*	P_0^*	P_2^*	
				pēc formulas (9)	pēc darba raksturlīkniem
0,24	180	0	0	0	0
0,325	160	0,139	0,112	0,251	0,25
0,515	114,9	0,141	0,363	0,504	0,50
0,73	64	0,0834	0,647	0,73	0,75
0,9	23,7	0,0312	0,871	0,902	0,902
1,0	0	0	1,0	1,0	1,0
1,28	-66,4	-0,086	1,37	1,28	1,25

Kā redzams no 2. attēla AD stabila darba diapazonā $0,4 \leq I_1^* \leq 1,28$ LK vērtību bez lielas kļūdas var pieņemt līdzīgu nominālai vērtībai:

$$\eta^* = \eta / \eta_{nom} \cong 1,0$$

Šajā gadījumā slodzes leņķa relatīvo vērtību var noteikt pēc formulas:

$$F^* = \frac{\cos \varphi}{\cos \varphi_{nom}} = \frac{P_2^*}{\eta^* I_1^*} \approx \frac{P_2^*}{I_1^*}.$$

Centrbēdzes sūkņa piedziņas energoefektivitātes noteikšana

Ja uzskatam, ka mehāniskā jaudu $P_2 = P_2^* P_{2nom}$ tiek pievadīta centrālās sūkņa, tad CS lietderības koeficients var aprēķināt pēc formulas:

$$\eta^{(s)} = \frac{\gamma Q H}{3,6 \times 10^6 P_2},$$

kur γ - darba šķidrums īpatsvars, ūdenim $\gamma = 9810 \text{ N/m}^3$ pie blīvuma

$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$;

Q - ūdens patēriņš (padeve), m^3/h ;

H - ūdens spiediens, m

Izsakot mehānisko jaudu kW, ūdens sūkņa LK aprēķina formula ir sekojoša:

$$\eta^{(s)} = \frac{2,725 \times 10^{-3} QH}{P_{2nom}} \quad (10)$$

Sūkņa LK aprēķins te ir iespējams, ja eksperimentāli, vai pēc funkcijas $P_2^* = f(I_1^*)$ aproksimācijas rezultātiem ir noteikta jauda P_2 un ja ir zināmi patēriņa Q un spiediena H lielumi.

Tehniskā datu bāze [3] par Rīgas pilsētas ūdenssūkņu staciju agregātu darbību liecina, ka daudzās stacijās nevar iegūt informāciju par reālo ūdens patēriņu laika vienībā. Ir tikai dati par ūdens spiediena H vērtību un diennakts ūdens patēriņu. Bet diennakts laikā staciju aktīvā slodze nav pastāvīga. Tāpēc noteikt ūdens pateriņa Q precīzo vērtību laika vienība var tikai netieši.

Bet tāds aprēķins neļauj operatīvo novērtēt sūkņu iekārtas LK. To var veikt aproksimējot sūkņa raksturlīkni $H=f(Q)$, kura ir atšķirīga katram sūkņu tipam. Tātad zinot H , var noteikt Q lielumu, bet jāņem vērā, ka raksturlīkni ietekmē skrejrata diametrs, kas ekspluatācijas laikā samazinās.

Visi šie apstākļi padara sarežģītāku ūdens pateriņa Q noteikšanu. Funkcijas $H^* = f(Q^*)$ triviālie aproksimācijas aprēķini relatīvās vienībās nedod apmierinošus rezultātus. Informācijas deficīta apstākļos visumā labus rezultātus dod funkcijas $Q^* = f(Q^*/\eta^{*(s)})$ aproksimācija.

$$\text{Šeit } Q^* = \frac{Q}{Q_{nom}}; \quad \eta^{*(s)} = \frac{\eta^{(s)}}{\eta^{(s)}_{nom}}; \quad \frac{Q^*}{\eta^{*(s)}} = \frac{367 P_2 \eta^{(s)}_{nom}}{H Q_{nom}},$$

kur Q_{nom} un $\eta^{(s)}_{nom}$ - ūdens patēriņa un sūkņa LK nominālās vērtības.

Centrbēdzes sūkņu jaudas diapazonā $N_{nom} = 3,5 + 50$ kW aproksimāciju var izteikt ar sekojošo funkciju:

$$Q^* = Q_0^* + \Delta^*$$

$$\text{kur } Q_0^* = 0,67 \left(\frac{Q^*}{\eta^*} - 0,4 \right) + 0,03 \alpha \text{ctg} \frac{0,38 \sin \left[69^\circ \left(3 - \frac{Q^*}{\eta^*} \right) \right]}{1 + 0,38 \cos \left[69^\circ \left(3 - \frac{Q^*}{\eta^*} \right) \right]};$$

$$\Delta^* = -1,1 \cos \left[\left(1 - \frac{Q^*}{\eta^*} \right) 35^\circ \right] \left[1 - \frac{Q^*}{\eta^*} \right] \sin \left[106^\circ \left(1 - \frac{N_{nom}}{18,5} \right) \right].$$

Kā redzams no pēdējās formulas Δ^* vērtība ir atkarīga no funkcijas $Q^* = f(Q^*/\eta^{*(s)})$ izkļedes, ko ietekmē sūkņa nominālā jauda.

Pēc Q^* noteikšanas var aprēķināt sūkņa LK:

$$\eta^{(s)} = \frac{2,725 \times 10^{-3} Q^* Q_{nom} H}{P_2^* P_{2nom}}$$

Ievērojot to, ka AD statora strāvas relatīvo vērtību diapazonā $I_1^* = 0,6 + 1,0$ asinhronā dzinēja LK praktiski ir nemainīgs un tuvu savai nominālai vērtībai, var noteikt kopējo LK sūkņu iekārtai:

$$\eta_{|I_1^*=0,6-1,0} = \eta^{(AD)} \eta^{(s)} \approx \eta^{(AD)}_{nom} \eta^{(s)}$$

Metodes pielietojanas piemēri

Izmantojot izstrādāto aprēķinu metodi tika noteikti AD-CS iekārtu energoslodzes rādītāji. Tabulā 2 ir doti šo sūkņu iekārtu atsevišķo elementu (AD un CS) nominālie rādītāji, bet tabulā 3 parādīti mērījumu dati (I_1 , H_1 , H_2 , Q) un aprēķinu rezultāti Rīgas pilsētas ūdenssūkņu stacijās. Analizējot dotos rezultātus, var pateikt, ka spiediena paaugstināšanas staciju Nr.9 un Nr.33 iekārtām ir slikti enerģētiskie rādītāji, jo $LK=0,4$, tajā pašā laikā ūdens ieguves sūkņu staciju (artēziskās akas) Nr.29 un Nr.30 iekārtās LK ir katastrofāli zems - $LK=0,09$ un $0,11$. Tas vēlreiz apliecina ka "droselēšanas" regulēšanas metode, t.i.. aizbīdņa stāvokļa izmaiņa ūdensvada caurulē ir ļoti neefektīva. Visās apskatītās stacijās ir jāizmanto centrālās sūkņu ātruma regulēšanas metodi, kas ļautu palielināt kopējo iekārtas lietderības koeficientu.

Secinājumi

Sērījveida asinhronā dzinēja lietderīgo jaudu bez precīzas informācijas par slodzes momentu un griešanas ātrumu var noteikt izmantojot AD statoru strāvas I_1 un aproksimējot funkciju $P_2^* = f(I_1^*)$ relatīvās vienības.

Sērījveida asinhrono dzinēju lietderības koeficientu statora strāvas relatīvo vienību diapazonā $I_1^* = 0,6 \div 1,0$ var pieņemt līdzīgu nominālai vērtībai.

Centrbēdzes sūkņu iekārtām ar jaudu no 3,5 kW līdz 50 kW informācijas deficīta apstākļos par ūdens padeves lielumu Q šo vērtību var noteikt aproksimējot funkciju $Q^* = f(Q^*/\eta^{*(s)})$ relatīvās vienībās.

Centrbēdzes sūkņa asinhronās piedziņas patērētās jaudas samazināšanu un visas iekārtas LK palielināšanu var panākt uzstādot sūkni ar augstāku LK un izmantojot pusvadītāju pārveidotāju, kas nodrošina plūstošu ātruma regulēšanu.

Literatūra

1. Turban K.A. Schwingungen mit serraphilen Kurvenformen// Elektrotechnische Zeitschrift.- A, Bd.97. - 1976. - p. 350 - 357.
2. Ribickis L.S., Ivbulis U.V., Grēivulis J.P., Petrovs S.S. Static Kraemer Drive with Specially Designed Voltage Inverter // 4th European Conf. on Power Electronics. - 1991: Proc. - Florence (Italy). - 1991. - Vol.2. - p. 301 - 305.
3. Ribickis L., Baumanis H. Rīgas pilsētas pašvaldības uzņēmuma "Ūdensapgāde un kanalizācija". Ūdensapgādes sūkņu staciju datu bāze, Rīga, AB&RTU, 1993.g., 200 lpp.

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

Sergejs Petrovs, Dr.Hab.Sc.ing
Riga Technical University, Electrical Drives Department
Address: Kalku 1 –310, LV 1050, Riga, Latvia
Phone: +371 7089389, Fax: +371 7820378

Alina Galkina, M.Sc.ing
Riga Technical University, Electrical Drives Department
Address: Kalku 1 –310; LV 1050, Riga, Latvia
Phone: +371 7089389, Fax: +371 7820378
E-Mail: Galkina@adm.rtu.lv

Ribickis L., Petrovs S., Galkina A. Seraphīla tipa funkciju izmantošana centrālās sūkņu asinhronās piedziņas enerģētisko rādītāju noteikšanai izejas datu deficīta apstākļos.

Raksts satur informāciju par seraphīla tipa funkciju izmantošanu, kas atvieglo AD enerģētiskās efektivitātes analīzes veikšanu ūdenssūkņu stacijās.

Pārādīta aprēķina metodika, kas balstās uz seraphīla funkciju izmantošanu.

Ribickis L., Petrovs S., Galkina A. Use of seraphil type functions for determination of drive's energetical indices of centrifugal pumps under conditions of out coming data defici .

Thesis includes the information about use of seraphila type functions, that facilitates analyse of AD energetical efectivity in waterpump stations.

There is described the methodology of calculations, that is based on use of seraphila functions.

Рыбицкий Л., Петров С., Галкина А. Использование серафил типа функций для определения энергетической загрузки асинхронных двигателей в насосных агрегатах при дефиците исходных данных.

Статья содержит информацию об использовании функции типа серафил, которые облегчают анализ энергетической эффективности АД на водонапорных станциях.

Показан метод расчета, который основан на использовании функций типа серафил.