



7. ძრავის შერჩევა

ანიბალ ტ. დე ალმეიდა

ძრავის შერჩევა

ეფექტური ძრავის შერჩევა პრაქტიკული გამოყენებისთვის

გასათვალისწინებელი ფაქტორები:

- ამყობი დატვირთვის მექანიკური მოთხოვნები.
- ძრავის ეფექტურობის კლასიფიკაცია.
- ელექტროდისტრიბუციის სისტემა.
- ფიზიკური და გარემო საკითხები.

ამ მახასიათებლების შეფასებით მომხმარებელს საშუალება ეძლევა პრაქტიკული გამოყენებისთვის ყველაზე შესაფერისი ძრავის ტიპი აირჩიოს (ცვლადი დენისა თუ მუდმივი დენის; ერთფაზიანი; სამფაზიანი; სიმძლავრის; მონტაჟისა და ა.შ. მიხედვით)

ასინქრონული ძრავის შერჩევა

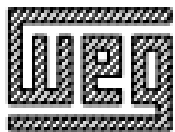
EC-ის დიზაინი - N

IEC-ის დიზაინი - H

IEC 60034-12 (2002) და
NEMA MG-1 (2011)

კლასიფიკაცია	საწყისი მაბრუნო მომენტი (მინიმალური დატვირთვის მაბრუნო მომენტის %)	გამრღვევი მაბრუნო მომენტი (მინიმალური დატვირთვის მაბრუნო მომენტის %)	საწყისი დენი	სრიალი	ჩვეულებრივი გამოყენება
კონსტრუქცია B ნორმალური საწყისი მაბრუნო მომენტი და ნორმალური საწყისი დენი	100-200%	200-250%	ნორმალური	<5%	ვენტილატორები, კომპრესორები და ცენტრიდანული ტუმბოები, როდესაც საწყისი მაბრუნო მომენტის მოთხოვნები შედარებით დაბალია.
კონსტრუქცია C მაღალი მაბრუნო მომენტი და ნორმალური საწყისი დენი	200-250%	200-250%	ნორმალური	<5%	კონვეიერები, საზღელი მოწყობილობები, ქვასამსხვრევეები, მიქსერები, დგუშოანი ტუმბოები და ა.შ., როდესაც დატვირთვის ქვედა საწყისია საჭირო.
კონსტრუქცია D მაღალი საწყისი მაბრუნო მომენტი და მაღალი სრიალი	275%	275%	დაბალი	>5%	პიკური დატვირთვები, მქნევართვალანი დატვირთვები, როგორცაა სახერტელა, მაკრატლები, ლიფტები, გამწოვი ვენტილატორები, ჯა ლამბრები, სანავთობე ჭის სატუმბი და საქაჩი მოწყობილობები.

ასინქრონული ძრავის ეტიკეტი

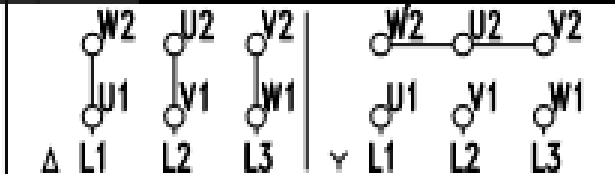


W22 Premium IE3



~ 3 315S/M-04		IP55	INS CL F	ΔT 80 K	S1	SF1.00	AMB 40°C			
V	Hz	kW	RPM	A		PF	Eff	100%	75%	50%
380 Δ / 660 Y	50	185	1485	332 / 191		0.88	IE3	96.3	96.3	95.9
400 Δ / 690 Y				318 / 184		0.87		96.5	96.3	95.8
415 Δ / -				310 / -		0.86		96.2	95.8	95.0
460 Δ / -	60	1790	284 / -		0.85					

→ 6319-C3(45g)
 → 6316-C3(34g)
MOBIL POLYREX EM
 11000 h



NEMA Eff 96.2% 250HP 460 V 60Hz 1790 RPM
 284 A PF0.85 Des A Code H SF1.15 CC029A
 Alt 1000 m.a.s.l. 1259 kg

ასინქრონული ძრავის შერჩევა

- ელ.ფაზური როტორიანი ასინქრონული ძრავები პრაქტიკაში ზოგჯერ კარგად გამოდგება (250 კვტ-ზე მეტი) რადგან როტორის წრედის წინააღობა შესაძლოა სასურველი ასამუშავებელი ან საექსპლუატაციო თვისებების უზრუნველყოფით შეიცვალოს
- გაცილებით ძვირია და მეტ ტექნიკურ მომსახურებას საჭიროებს

სინქრონული ძრავის შერჩევა

სიჩქარე:

- სინქრონული ძრავები სინქრონული სიჩქარით უპრობლემოდ ფუნქციონირებენ. მათი შერჩევა მაშინ არის რეკომენდებული, თუ გადაძებებული სისწრაფაა საჭირო.

სიმძლავრის ფაქტორის კორექტირება:

- მექანიკური სიმძლავრის მიწოდების დროს სინქრონულ ძრავებს სუსტი სისტემური სიმძლავრის კორექტირების მიზნით, რეაქტიული სიმძლავრის წარმოება შეუძლიათ. რეაქტიული სიმძლავრის მიწოდებისას, ისიც შეიძლება ითქვას, რომ ისინი სიმძლავრის მოწინავე ფაქტორით ფუნქციონირებენ.

მცირე საექსპლუატაციო ხარჯები:

- სინქრონული ძრავები ხშირად ასინქრონულ ძრავებზე ენერგოეფექტურია, განსაკუთრებით, მაშინ, როდესაც საქმე დიდ ცხენის ძალას ეხება (1000 ცხენის ძალაზე მეტი).

მუდმივი დენის ძრავის შერჩევა

- მუდმივი დენის ძრავებზე არჩევანს ხშირად აკეთებენ იმ დროს, როდესაც სიჩქარის ზუსტი კონტროლია საჭირო, რადგანაც მუდმივი დენის სიჩქარის მართვა და კონტროლი მარტივი და შედარებით იაფია. ის გაცილებით დიდი მასშტაბით მოქმედებს, ვიდრე - ცვლადი დენის კონტროლის სისტემები.
- ძალიან მაღალი მარბუნის მომენტისა და/ან მარბუნის მომენტის გადაჭარბებული შესაძლებლობების საჭიროებისას ხშირად მუდმივი დენის ძრავებს ირჩევენ.
- ისინი ბატარეით მომუშავე მოწყობილობის გამოყენებისასაც გამოდგება.

მუდმივი დენის ძრავის შერჩევა

მუდმივი დენის ძრავის უარყოფითი მხარეები

- საწყისი ფასი მაღალია
- მაღალი საექსპლუატაციო და ტექნიკური მომსახურების ხარჯები კოლექტორისა და ჯაგრისული კბილანის დამსახურებით
- ფეთქებადსაშიშ და საფრთხის შემცველ პირობებში ვერ ფუნქციონირებს, რადგანაც ჯაგრისი ნაპერწკლებს ყრის (კოლექტორის გაფუჭების რისკი)
- ცვლადი დენის ძრავების კონტროლის მსგავსი შესაძლებლობები გაცილებით უპირატესია

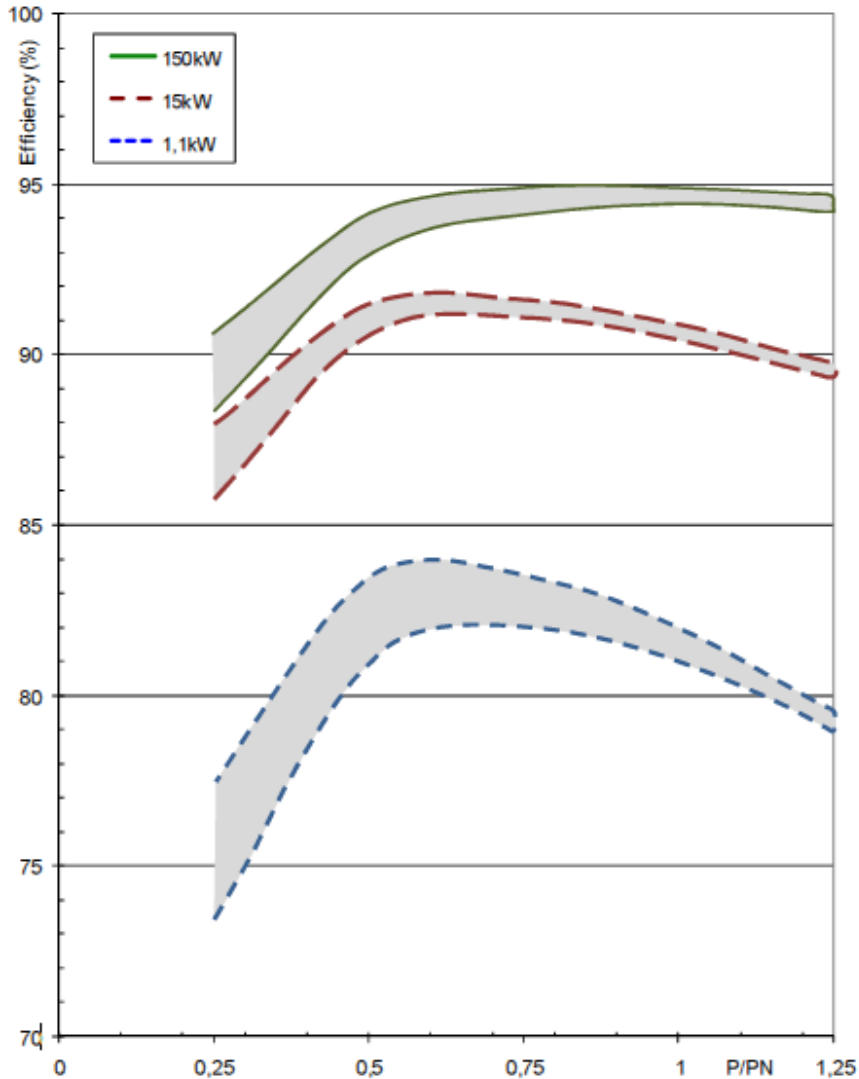
ერთფაზიანი ძრავის შერჩევა

ტიპი	ტიპიური ბრუნის წუთში (RPM)	საწყისი მაბრუნე მომენტი - ანუ სრული დატვირვის მაბრუნე მომენტის პროცენტი	შედარებითი ეფექტურობა	ტიპიური, ჩვეულებრივი გამოყენება პრაქტიკაში
დაშტრიხული პოლუსი	1050, 1550, 3000	ძალიან დაბალი 50-100%	დაბალი	მცირე, მუდმივძრავიანი ვენტილატორები და გამწოვები
მუდმივი გაპობის ელ.კონდენსატორი (PSC)	825, 1075, 1625	დაბალი 75-100%	საშუალო	მუდმივძრავიანი ვენტილატორები და გამწოვები
გაპობილი ფაზა	1140, 1725, 3450	დაბალიდან საშუალომდე 130-170%	საშუალო	ღვედიანი ამძრავისა და მუდმივდენიანი ამძრავის ვენტილატორები და გამწოვები, მცირე ხელსაწყოები, ცენტრიდანული ტუმბოები და მოწყობილობები
კონდენსატორის სტარტი	1140, 1725, 3450	საშუალოდან მაღლამდე 200-400%	საშუალოსა და მაღალს შორის	ტუმბოები, კომპესორები, ხელსაწყოები, კონვეიერები, ფერმის აღჭურვილობა და სამეწარმეო საქმიანობისთვის საჭირო ვენტილატორები

დატვირთვა

ძრავების ზომის მიხედვით შერჩევა უნდა მოხდეს ექსპლუატაციაში გაშვებული დატვირთვის სიჩქარისა და მატრუნი მომენტის მოთხოვნების ხელშეწყობის მიზნით. დატვირთვის ტიპების კლასიფიცირება სხვადასხვა დატვირთვების ციკლებადაა შესაძლებელი, რომლებიც ექსპლუატაციის დროსა და დატვირთვის ვარიანტებს აღწერს.

- *თუ გათვალისწინებულია არსებული ძრავის შეცვლა, ძრავაში შემავალი სიმძლავრის პერიოდული მონიტორინგის საშუალებით მისი ოპტიმალური ზომა განისაზღვრება. იაფიანი ბატარეით უზრუნველყოფილი მოწყობილობა დატვირთვას წარმატებით ართმევს თავს.*



ეფექტურობა დატვირთვის მიმართ

IEC 60034-31

სტარტი და გაჩერება

სტარტისა და გაჩერების სიხშირე

- ხშირი სტარტის შემთვევაში გრაგნილისა და ბირთვის ტემპერატურა ძრავისას არ უნდა აჭარბებდეს (დატვირთვის ტიპები განსაზღვრულია IEC 60034-1 სტანდარტში)

საწყის მაბრუნ მომენტთან დაკავშირებული მოთხოვნა

- განსაკუთრებული ყურადღება მიაქციეთ მაღალინერციულ დატვირთვის რათა უზრუნველყოთ ძრავის საწყისი მაბრუნის მომენტის შესაბამისობა.

შეზღუდვები აჩქარების მხრივ

- უზრუნველყავით, რომ დატვირთვით მომუშავე ძრავამ სრულ სიჩქარეს მიაღწიოს და მეტისმეტი დატვირთვის შემთხვევაში თავიდან აიცილოს ავტომატური ამორთვა ი. მისგან საპირისპიროდ, ზოგიერთი ტიპის დატვირთვა საჭიროებს აჩქარებას სრული სიჩქარის მიღწევამდე, მაგალითად, კონვეიერის ღვედი - ცვლადი სიჩქარის ამძრავი შესაძლოა მიზანშეწონილი იყოს ამის მისაღწევად და დაბალი დენის შესანარჩუნებლად სტარტის განმავლობაში.

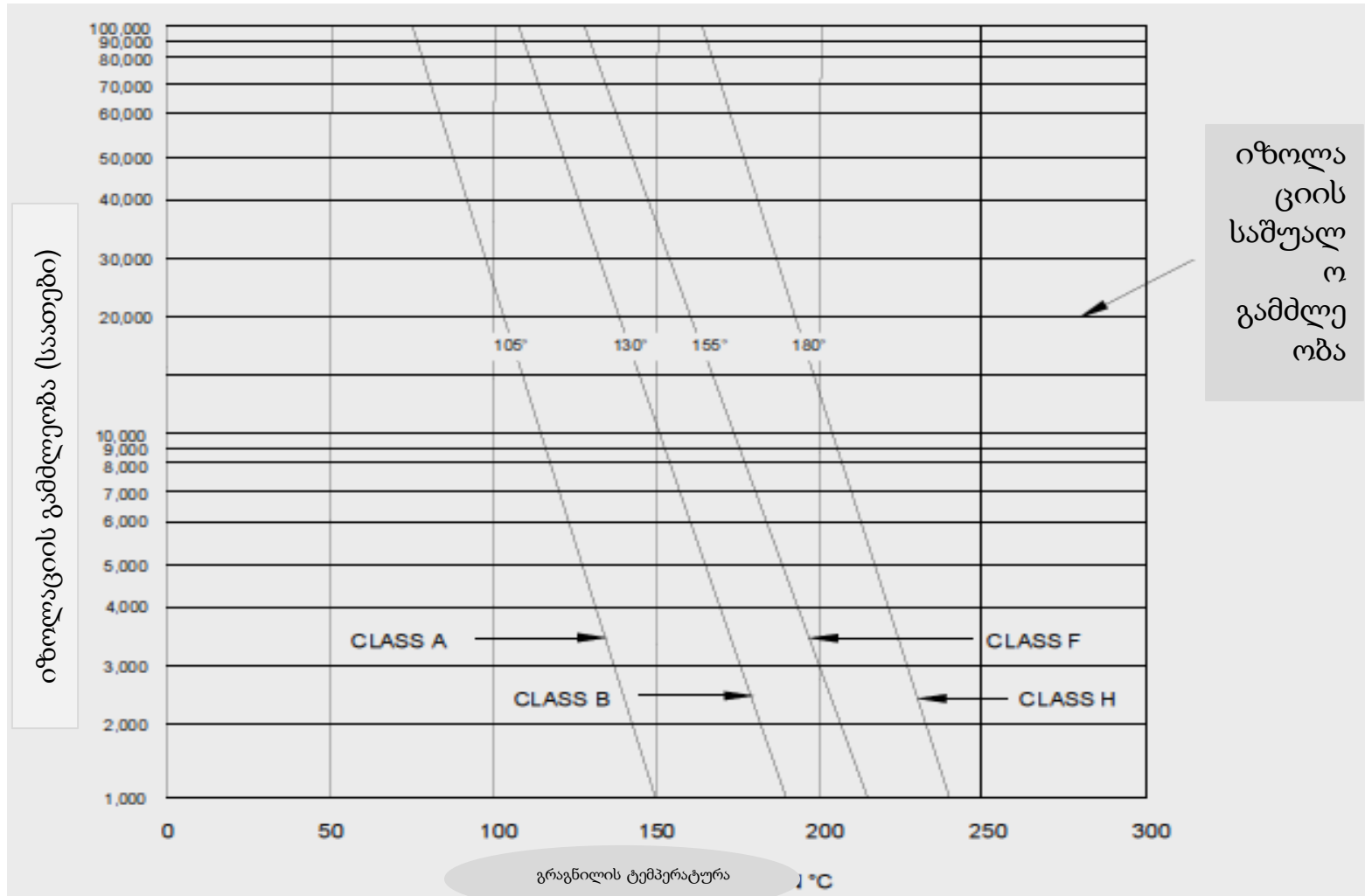
ექსპლუატაციის ტემპერატურა

IEC 60085 სტანდარტში მოცემულია ექსპლუატაციის მაქსიმალური ტემპერატურა ყოველი თერმული კლასისთვის

საიზოლაციო სისტემების თერმული კლასები	A	E	B	F	H
ექსპლუატაციის მაქსიმალური ტემპერატურა(°C)	105	120	130	155	180

გარემოს ტემპერატურა წარმოადგენს ჰაერის ტემპერატურას ძრავის გარშემო. ექსპლუატაციის მაქსიმალური ტემპერატურა წარმოადგენს ცხელი წერტილის დასაშვებ ტემპერატურის მაქსიმუმ გრაფიკში (საიზოლაციო სისტემის მინიმალური ტემპერატურა)

იზოლაციის გამძლეობა ტემპერატურის მიმართ



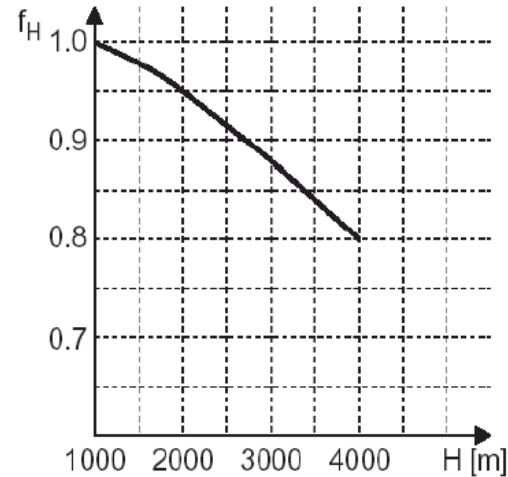
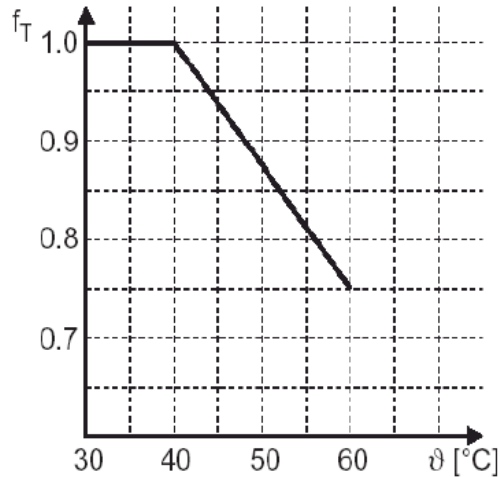
სერვის ფაქტორი

- ძრავის სერვის ფაქტორი აღნიშნავს მექანიკური სიმძლავრის გასვლის ნიშნულს ხანგრძლივად. 1.0-ზე მაღალი სერვის ფაქტორი პიკური სიმძლავრის მოთხოვნის ზღვრის დაწესების საშუალებას იძლევა მომდევნო, უფრო დიდი ზომის ძრავის შერჩევის გარეშე.
- ძრავას, რომელიც მუდმივად მუშაობს და სერვის ფაქტორი 1-ზე მაღალი აქვს, გამძლეობის მხრივ დაბალი მოლოდინებით ხასიათდება (იზოლაცია და საკისრები).
- ჩვეულებრივ, ძრავის ეფექტურობა სერვის ფაქტორის ნიშნულზე ექსპლუატაციის დროს მცირდება .

ძრავის მდგომარეობის გაუარესება

40° C-ზე მაღალი და 60° C-ზე დაბალი
ტემპერატურა

1000 მეტრზე მეტ სიმაღლეზე



$$P_{Nred} = P_N \cdot f_T \cdot f_H$$

ენერჯის დაზოგვის სტრატეგიები

ძრავა გაფუჭებამდე შეცვალეთ

ზოგჯერ, ძრავის რაც შეიძლება სწრაფად ამუშავების მიზნით, ისეთი გადაწყვეტილებები მიიღება, რომელიც მხოლოდ მოკლევადიან მიზანს აკმაყოფილებს და ნეგატიურად მოქმედებს გრძელვადიან ეფექტურობასა და ძრავის გამძლეობაზე. ამ სახის შეფასების განხორციელებისას, სასარგებლო და მომგებიანია მომუშავე ძრავების შეცვლა სწორად განსაზღვრული, უფრო ეფექტური ძრავებით.

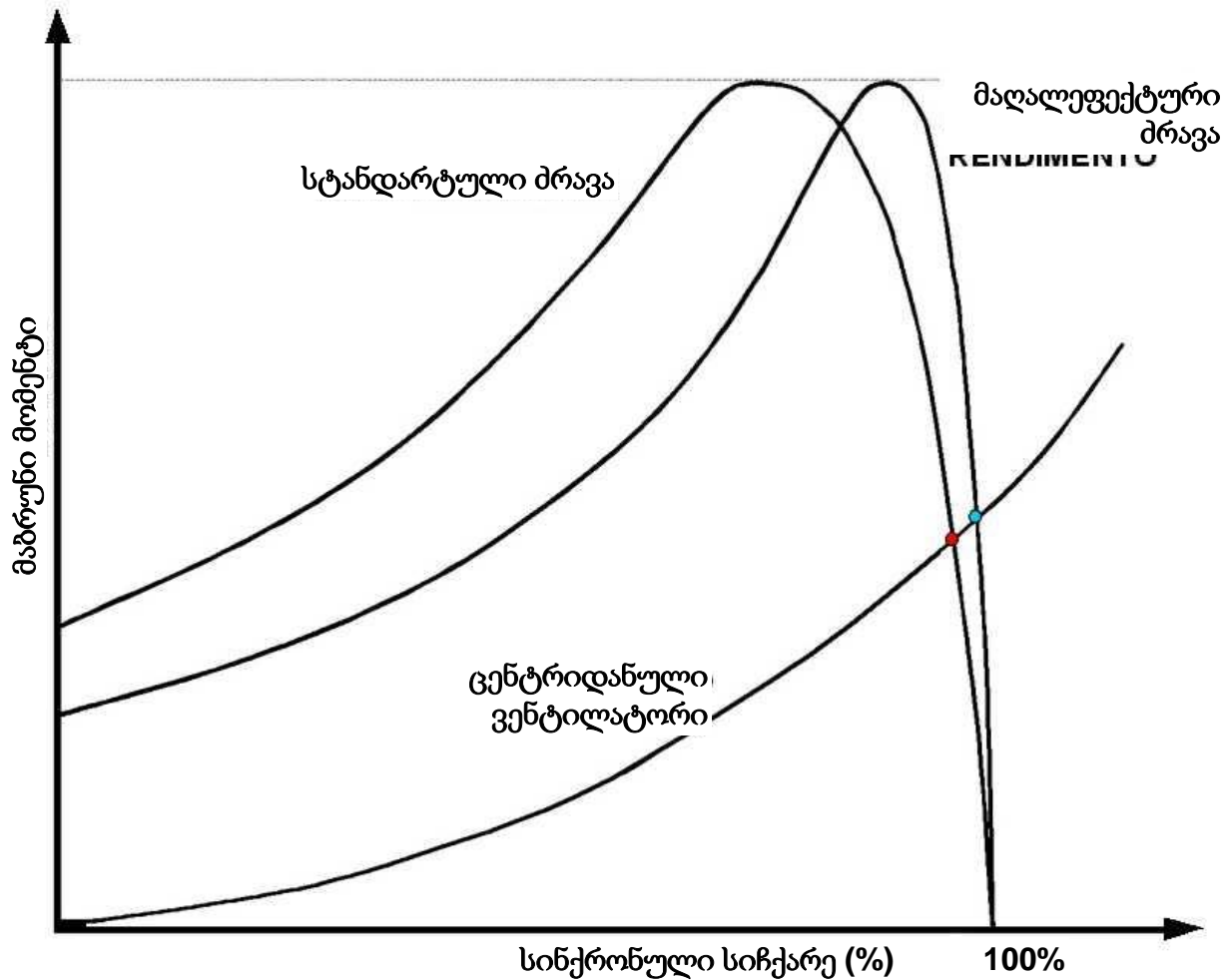
ენერჯის დაზოგვის სტრატეგიები

ძრავის ექსპლუატაციის სიჩქარის შესაბამისობა

ზოგადად, მაღალეფექტურ ძრავებს მაღალი საექსპლუატაციო სიჩქარე აქვს, ე.ი. დაბალეფექტურ ძრავებთან შედარებით ნაკლები სრიალი. საშუალოდ, სრიალი მცირდება დაახლოებით 20-30%-ით მაღალეფექტური იგივე მინიმალური გამავალი სიმძლავრის ძრავების მომდევნო კლასზე.

როტაციულ მოწყობილობათა უმრავლესობისთვის, სიმძლავრის ხარჯი პროპორციულია როტაციული (ბრუნვის) სიჩქარის კუბთან. მაგალითად, ექსპლუატაციის სიჩქარის 2%-იანმა ზრდამ შესაძლოა 8%-ით გაზარდოს სისტემის დაძვრისთვის საჭირო სიმძლავრე. ამან კი, შესაძლოა, ადვილად შეცვალოს ის დანაზოგები, რომელიც ერთი ძრავის უფრო მაღალეფექტური ძრავით შეცვლით არის მოსალოდნელი.

შედარებით მაღალი ეფექტურობის ძრავის საექსპლუატაციო სიჩქარის შესაბამისობა



ძრავის ზომის შეზღუდვა

სწორად განსაზღვრეთ ძრავის ზომები თქვენი პრაქტიკული მიზნის შესაბამისად

ძრავის ეფექტურობა საკმაოდ მუდმივობას ინარჩუნებს დაახლოებით 50%-იან მინიმალურ დატვირთვამდე, რომლის ქვემოთაც სწრაფად ითიშება. შესაბამისი ზღვარი სიფრთხილით უნდა განისაზღვროს, თუმცა, გადამეტებაც არ ივარგებს. ძრავის ზომა უნდა შეირჩეს მოსალოდნელი პიკური დატვირთვის შესაბამისად. დიდი ზომის ძრავებმა შესაძლოა, ხარჯების მნიშვნელოვანი ზრდა გამოიწვიოს, რადგანაც ყველა ელექტრონაწილი ძრავის მონაცემებს უნდა შეესაბამებოდეს.

ძრავის ზომის შერჩევა

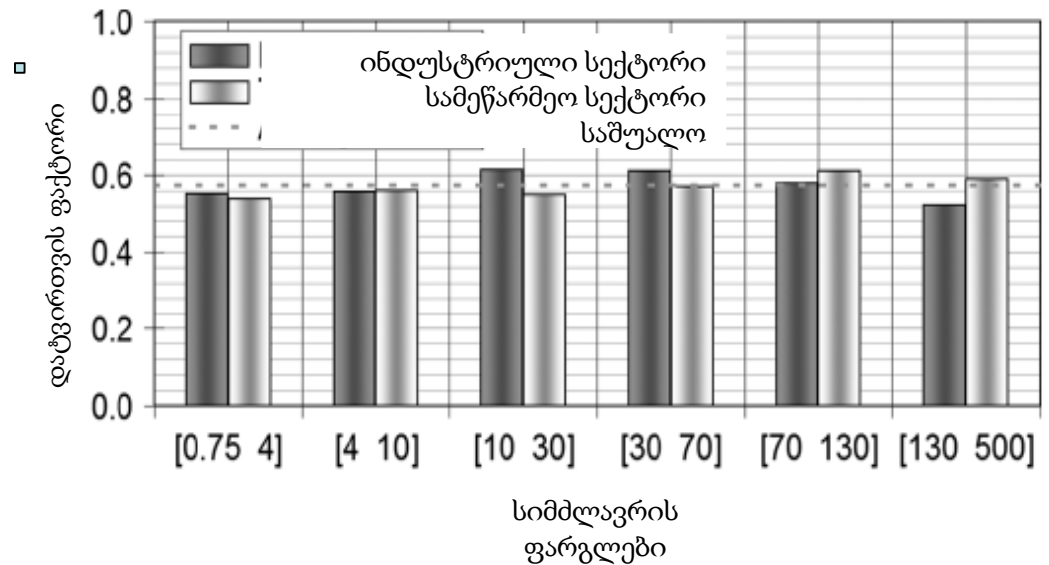
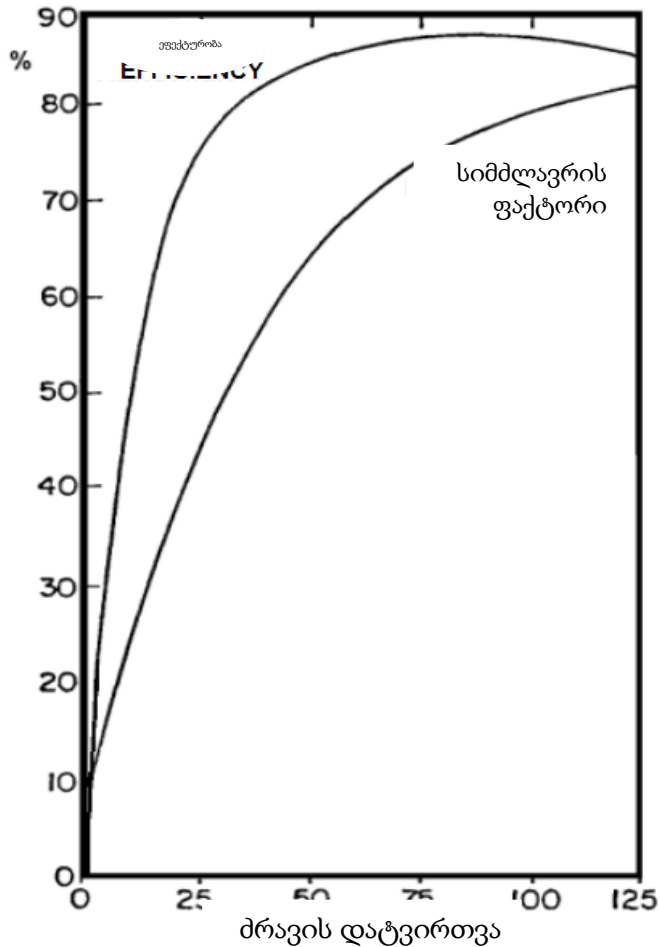
სწორად განსაზღვრეთ ძრავის ზომები თქვენი პრაქტიკული მიზნის შესაბამისად

იმის გამო, რომ შედარებით ეფექტური ძრავები დაბალ ტემპერატურას მოიხმარენ, მათ, როგორც წესი, ზედმეტი დატვირთვის ატანის მაღალი უნარი აქვთ, ვიდრე - სტანდარტულ ძრავებს. შესაბამისად, ძრავის გადამეტებული ზომა ნაკლებად საჭიროა ხანდახან აღმოცენებული პიკური სიმძლავრის საჭიროების გამო და ნამდვილად არ არის ეფექტური ხარჯების მხრივ.

ზომების გადაჭარბება

უარყოფითი მხარეები:

- მაღალი ფინანსური ხარჯი (ძრავა, სასიგნალო და დაცვის მოწყობილობა);
- ძრავის დაბალი ეფექტურობა და სიმძლავრის ფაქტორი;



სიმძლავრის საშუალო ფაქტორი სიმძლავრის ფარგლების გადმოსახედიდან, ინდუსტრიულ და მესამე კატეგორიის სექტორში, ევროკავშირში, 2000 წ.

სავარჯიშო – მექანიკური ძრავის დატვირთვის გამოთვლა

მიახლოებითი დატვირთვის გამოთვლა ძრავის სიჩქარესა და ძაბვაზე დაყრდნობით

მონაცემები:

ძრავის ნომინალური კვტ = 30 kW

ნომინალური ამპერი = 55 A

ნომინალური ძაბვა = 400 V

მონაცემებში აღნიშნული ეფექტურობა = 92%

მონაცემებში აღნიშნული სიჩქარე = 1440 rpm

გაზომილი, აღრიცხული მონაცემები

გაზომილი სიჩქარე = 1460 rpm

შემავალი დატვირთვის დენი = 33 A

ექსპლუატაციაში მყოფი ძაბვა = 415 V

შემავალი სიმძლავრე = 20 kW

სავარჯიშო – ძრავის დატვირთვის გამოთვლა

შემავალი სიმძლავრის მეთოდის გაზომვის მიხედვით

ნომინალური შემავალი სიმძლავრე = $30 / 0,92 = 32,6$

დატვირთვა = $20 / 32,6 = 0,61$

შენიშვნა : მეთოდის სიზუსტე მცირდება მაშინ, როდესაც დატვირთვა 40%-ზე ნაკლებია, რადგანაც ეფექტურობა მკვეთრად ეცემა ამ სიდიდის ქვემოთ

სავარჯიშო – ძრავის დატვირთვის მიახლოებითი გამოთვლა

სიჩქარის გაზომვის მიხედვით:

სინქრონული სიჩქარე = $60 \times 50/2 = 1500$ rpm

სრიალი = სინქრონული სიჩქარე –rpm-ში გაზომილი სიჩქარე,

= $1500 - 1460 = 40$ rpm

$$\text{დატვირთვა (\%)} = \frac{\text{სრიალი}}{(S_{\text{სინქ}} - S_{\text{მონაცემები}}) \times \left(\frac{V_n}{V_{\text{გაზომილი}}}\right)^2} \times 100$$

$$\text{დატვირთვა (\%)} = \frac{40}{(1500 - 1440) \times \left(\frac{415}{400}\right)^2} \times 100 = 61,9\%$$

შენიშვნა: ეს მეთოდი გამოირჩევა დიდი შეცდომებით დიდი ძრავების შემთხვევაში, რადგან მათი სრიალის დონე უფრო ნაკლებია

სავარჯიშო – ძრავის დატვირთვის მიახლოებითი შეფასება

სიჩქარის გაზომვის მიხედვით:

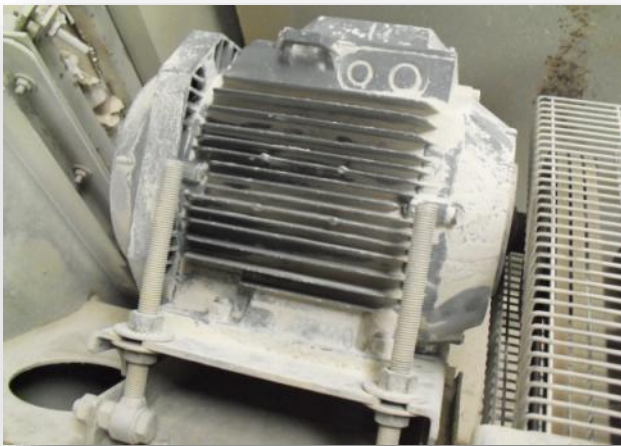
$$\text{დატვირთვა (\%)} = \frac{V_{\text{გაზომილი}} \times I_{\text{გაზომილი}}}{V_{\text{ნომინალური}} \times I_{\text{ნომინალური}}}$$

$$\text{დატვირთვა (\%)} = \frac{415 \times 33}{400 \times 55} = 0,623$$

შენიშვნა: ამ მეთოდის დროს შემჩნეულია უფრო დიდი შეცდომები
50% -ზე ნაკლები დატვირთვის შემთხვევაში, რადგანაც სიმძლავრის ფაქტორი იკლებს

საკითხის შესწავლა - სუპერ-პრემიუმ მოდერნიზება

მოდერნიზების მაგალითად შესაძლოა მოვიყვანოთ IEO კლასის ეკვივალენტი, 5,5 კვტ-იანი, 4-პოლუსიანი ასინქრონული ძრავის (რომელიც ვენტილატორს ამუშავებდა სამეწარმეო ობიექტზე) ჩანაცვლება IE4 კლასის LSPM-ით.



(ა) IE0 SCIM



(ბ) IE4 LSPMSM

შესაცვლელი და შეცვლილი ძრავების ფოტოები: (ა) ბრენდი A, 132S, IP55, Cl. F, 5.5 კვტ., 380-420V, 11.5 A, 1450 ბრ/წთ, სფ=0.83, ეფექტ.=83.2% (IE0/EFF3 კლასი); (ბ) ბრენდი B, 132S, IP55, Cl. F, 5.5 კვტ, 380-420V, 9.34 A, 1500 ბრ/წთ, სფ=0.93, ეფექტ.=92.5% (IE4 კლასი).

მიმოხილვა SCIM და LSPM ძრავის ეფექტურობის შესაფასებლად

	შეცვლამდე	შეცვლის შემდეგ
ძრავის ტიპი	SCIM	LSPM
ეფექტურობის კლასი	IE0/EFF3	IE4
ნომინალური ეფექტურობა	83.2%	92.5%
ნომინალური სიმძლავრე	5.5 kW	5.5 kW
ნომინალური ძაბვა	400 V, 50 Hz	400 V, 50 Hz
ნომინალური დენი	11.5 A	9.34 A
ნომინალური სიმძლავრის ფაქტორი	0.83	0.93
ნომინალური სიჩქარე	1450 r/min	1500 r/min
რეალური ძაბვა	≈ 400 V	≈ 400 V
რეალური დენი	≈ 7,5 A	≈ 5,5 A
რეალური სიმძლავრის ფაქტორი	0,75	0,90
რეალური შემავალი სიმძლავრე	3750 W	3500 W
რეალური მიახლოებითი სიმძლავრე	5100 VA	4000 VA
არსებული სიჩქარე	1472 r/min	1500 r/min
გამოთვლილი დატვირთვა	< 57%	< 59%

პირველი ძრავა ჭარბი ზომის იყო (დატვირთვა 57%-ზე ნაკლები ჰქონდა) და, შესაბამისად, 4 კვტ LSPM საკმარისი იქნებოდა მის გამოსაყენებლად, თუმცა, მომხმარებელმა ნომინალური სიმძლავრის შენარჩუნება გადაწყვიტა. უფრო მეტიც, რადგანაც ახალ 5.5 კვტ-იან LSPM -ს 60%-ზე ნაკლები დატვირთვა აქვს, მას შეუძლია, ეფექტურობისა და სიმძლავრის ფაქტორის მიხედვით ძაბვის რეგულაციით ისარგებლოს.

დანაზოგები და სარგებელი

$$\text{ელექტროენერჯის დანაზოგები } [\text{კვტ.სთ/წელი}] = Hr \times LF \times \left(\frac{P}{\eta_1} - \frac{P}{\eta_2} \right)$$

განსხვავება ახალი ძრავის ხარჯის მხრივ (აშშ დოლარი)

მარტივი სარგებელი

$$= \frac{\text{ელექტროენერჯი } S(\text{კვტ.სთ/წელი}) \times \text{ელექტროენერჯის ღირებულება (აშშ დოლარი/კვტ.სთ)}}{\text{ს დანაზოგები}}$$

Hr – წლიური საექსპლუატაციო საათების რაოდენობა

LF – დატვირთვის ფაქტორი

P – ძრავის მექანიკური გამავალი სიმძლავრე

η – ძრავის ეფექტურობა

დანაზოგები და სარგებელი

$$\begin{aligned} & \text{ელექტროენერჯის} \quad \left[\text{კვტ.სთ/წელი} \right] = 4000 \times 0.59 \times \left(\frac{5.5}{0.832} - \frac{5.5}{0.925} \right) \\ & \text{დანაზოგები} \\ & = 1557.6 \text{ kWh/year} \end{aligned}$$

$Hr - 4000$ საათი

$LF - 0,59$

$P - 5.5$ კვტ

$\eta_1 - 83.2\%$

$\eta_2 - 92.5\%$

$$\begin{aligned} & \text{მარტივი სარგებელი} = \frac{\$300}{1557.6 \times \$0,10} \\ & = 1.92 \text{ years} \end{aligned}$$