

2. ელექტროძრავის მუშაობის მახასიათებლები

ანიბალ ტ. დე ალმეიდა

სისტემებისა და რობოტოტექნიკის ინსტიტუტი-
კოიმბრას უნივერსიტეტი



განხილული საკითხები

- სიჩქარე
- მატრუნის მომენტი
- დატვირთვის ძირითადი ტიპები
- დატვირთვის კოეფიციენტი



ასინქრონული ძრავების სიჩქარე და სრიალი

$$\text{სინქრონული სიჩქარე - rpm-ბრუნნი წუთში} = \frac{\text{გამოყენებული ძაბვის სიხშირე [ჰერცი] X 60}{\text{პოლუსის წყვილთა რაოდენობა}}$$

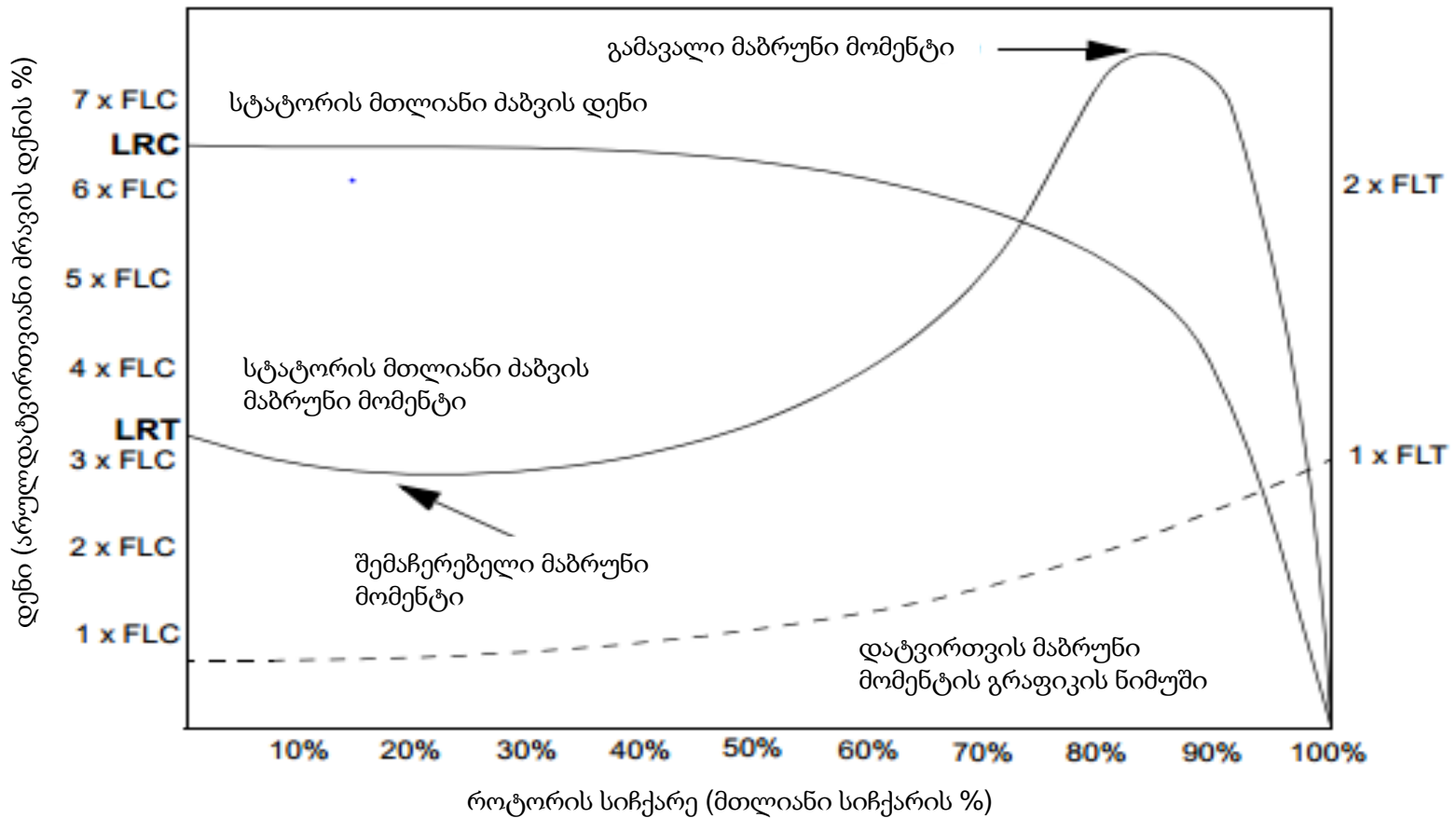
$$\text{სრიალი - rpm-ბრუნნი წუთში} = \text{სინქრონული სიჩქარე - rpm-ბრუნნი წუთში} - \text{დამყარებული სიჩქარე - rpm-ბრუნნი წუთში}$$

$$\text{სრიალი - \%} = \frac{\text{სინქრონული სიჩქარე} - \text{დამყარებული სიჩქარე}}{\text{სინქრონული სიჩქარე}} \times 100$$

ძრავის სიჩქარე

- n – ბრუნის წუთში (RPM)
- ω – კუთხური სიჩქარე (რადიანები/s)
 $\omega = 2\pi f$
- f – სიხშირე (Hz - ჰერცი)

სამეაზიანი ცვლადი დენის ასინქრონული ძრავის მარბრუნი მომენტის ამსახველი გრაფიკი



მარბრუნი მომენტი (არულდატვირთვიანი ძრავის მარბრუნი მომენტის%)

LRC – როტორის დაბლოკილი დენი, LRT- დაბლოკილი როტორის გრაფიკი, FLC- სრული დატვირთვის დენი, FLT- სრული დატვირთვის მარბრუნი მომენტი

ძრავის მაბრუნნი მომენტი

მაბრუნნი მომენტი $[N.m] = \frac{\text{სიმძლავრე [W]}}{\text{სიმძლავრე [რად/s]}}$

მაბრუნნი მომენტი $[N.m] = \frac{\text{სიმძლავრე [W]}}{2\pi \times \text{სიმძლავრე [rps]}}$

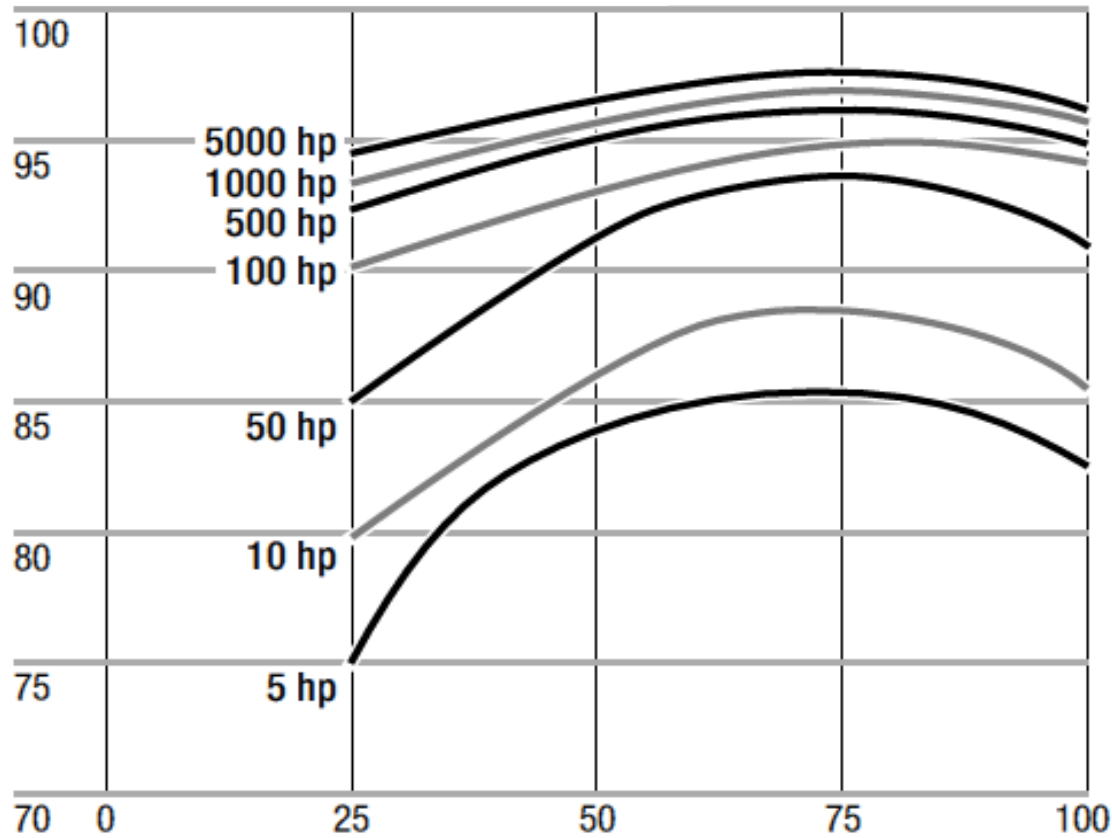
მაბრუნნი მომენტი $[N.m] = \frac{\text{სიმძლავრე [W]}}{2\pi \times \text{სიმძლავრე [rps]} / 60}$

ძრავის მახრუნნი მომენტი

- **საწყისი, სასტარტო მახრუნნი მომენტი** –სიჩქარის გარეშე, ნულ სიჩქარეზე წარმოებული მახრუნნი მომენტი. თუ ძრავას დატვირთვის ატანა და სტარტი უჭირს (მაღალინერციული დატვირთვა), ზოგჯერ უპირატესობას ანიჭებენ ძრავას მაღალი, ძლიერი სასტარტო მახრუნნი მომენტით.
- **შემაჩერებელი მახრუნნი მომენტი** – ის მინიმალური მახრუნნი მომენტი, რომელიც უძრავი მდგომარეობიდან სამუშაო სიჩქარემდე განხორციელებული აჩქარებით იწარმოება. შესაძლოა, ამას გადამწყვეტი მნიშვნელობა ჰქონდეს ისეთ დროს, როდესაც სიმძლავრე აუცილებელია დროებითი ბარიერების გადასალახად იქამდე, ვიდრე სამუშაო დონის გამავალ სიმძლავრედ ჩამოყალიბდება.
- **გამრღვევი მახრუნნი მომენტი** – ძრავის ჩაქრობამდე.
- **სრული დატვირთვის (ასევე მამუხრუჭებელი) მახრუნნი მომენტი** –სრული დატვირთვის სიჩქარით წარმოებული მახრუნნი მომენტი, რომელიც ძრავას ნომინალურ გამავალ სიმძლავრეს ანიჭებს. მახრუნნი მომენტის დაწყებასთან ერთად, სიჩქარე გამომშვები ფირმის მიერ მითითებულ ნომინალურ სიმძლავრეს უტოლდება.

ეფექტურობა დატვირთვის მიმართებაში

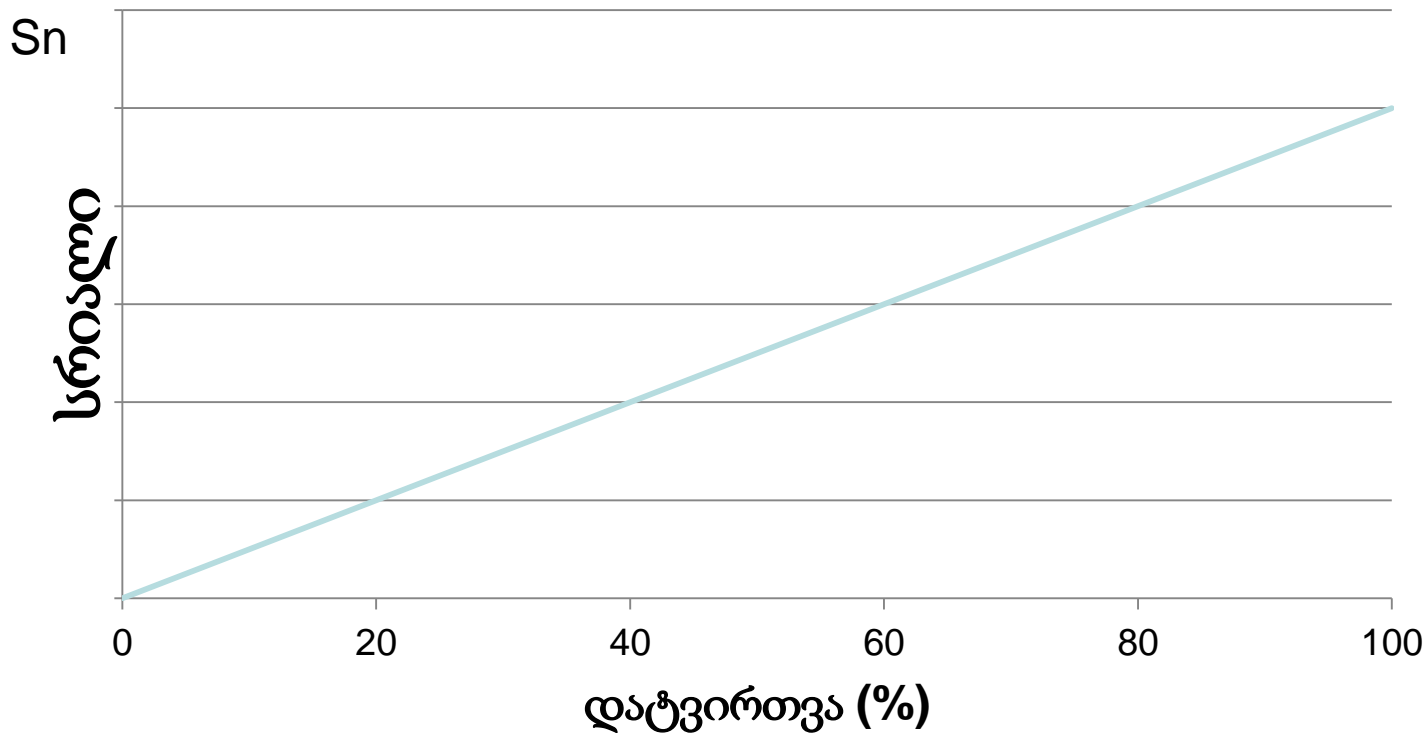
ეფექტურობა პროცენტებში



ნომინალური ეფექტურობა პროცენტებში

hp - ცხენის ძალა

ძრავის სრიალის ცვლილება დატვირთვისთან ერთად $V=V_n$



შენიშვნა - სიმძლავრის მუდმივი დატვირთვის დროს, სრიალი მნიშვნელოვნად, ინვერსიულად იცვლება (ძაბვასთან)²ერთად. მაგ.: ძაბვის 5%-იანი ზრდა სრიალის დაახლოებით 10%-იან შემცირებას განაპირობებს

დატვირთვის მახასიათებლები

$T=f(w)$ -ის თვალსაზრისით, დატვირთვის სამი ძირითადი სახეობა არსებობს:

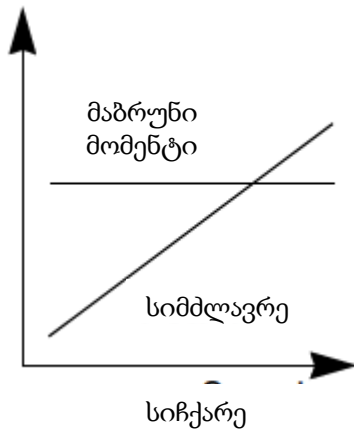
- ცვლადი მახრუნი მომენტი
- მუდმივი მახრუნი მომენტი
- მუდმივი ცხენის ძალა

დატვირთვის ცვალებადობის მხრივ, დატვირთვა შესაძლოა იყოს შემდეგი:

- ციკლური დატვირთვა.
- მუდმივი დატვირთვა

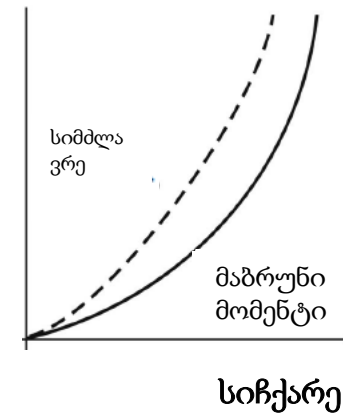
დატვირთვის ტიპები

მუდმივი მარბუნნი მომენტი/ ცვლადი სიჩქარე



მაგ.: ხრახნული კომპრესორი, კონვეირები და მკვებავი სადენები

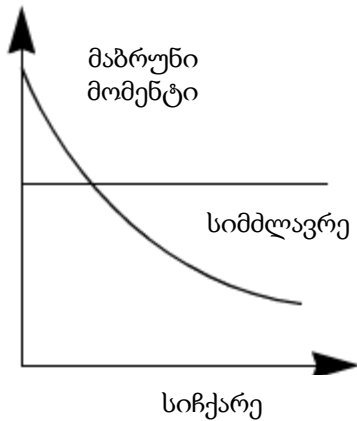
ცვლადი მარბუნნი მომენტი/ ცვლადი სიჩქარე



მაგ.: ცენტრიდანული ტუმბოები, ვენტილატორები

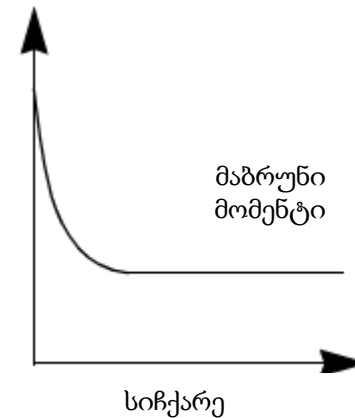
დატვირთვის ტიპები

ცვლადი მატრუნი მომენტი/ მუდმივი სიმძლავრე



მაგ.: წევის ამძრავები, კოჭები, საგლინავი საამქროები

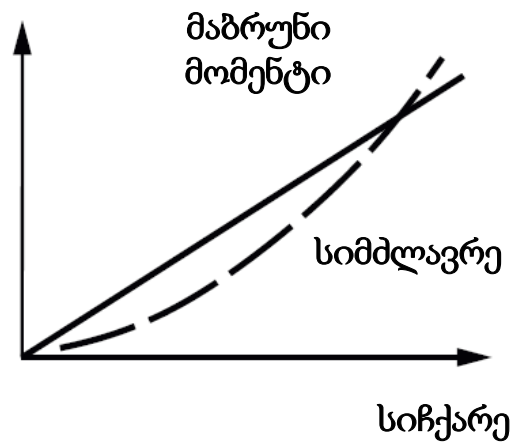
პირდაპირი გაშვების გამრღვევი მატრუნი მომენტი/ მუდმივი მატრუნი მომენტი



მაგ.:გამოსაწნევი დანადგარი, ხრახნული ტუმბოები

დატვირთვის ტიპები

წრფივი მარუნნი მომენტი / სიმძლავრე $\sim n^2$



მაგ.: კალანდრები ბლანტსითხიანი ქუროთი, მიქსერები, დაბალი სიხშირის დენი

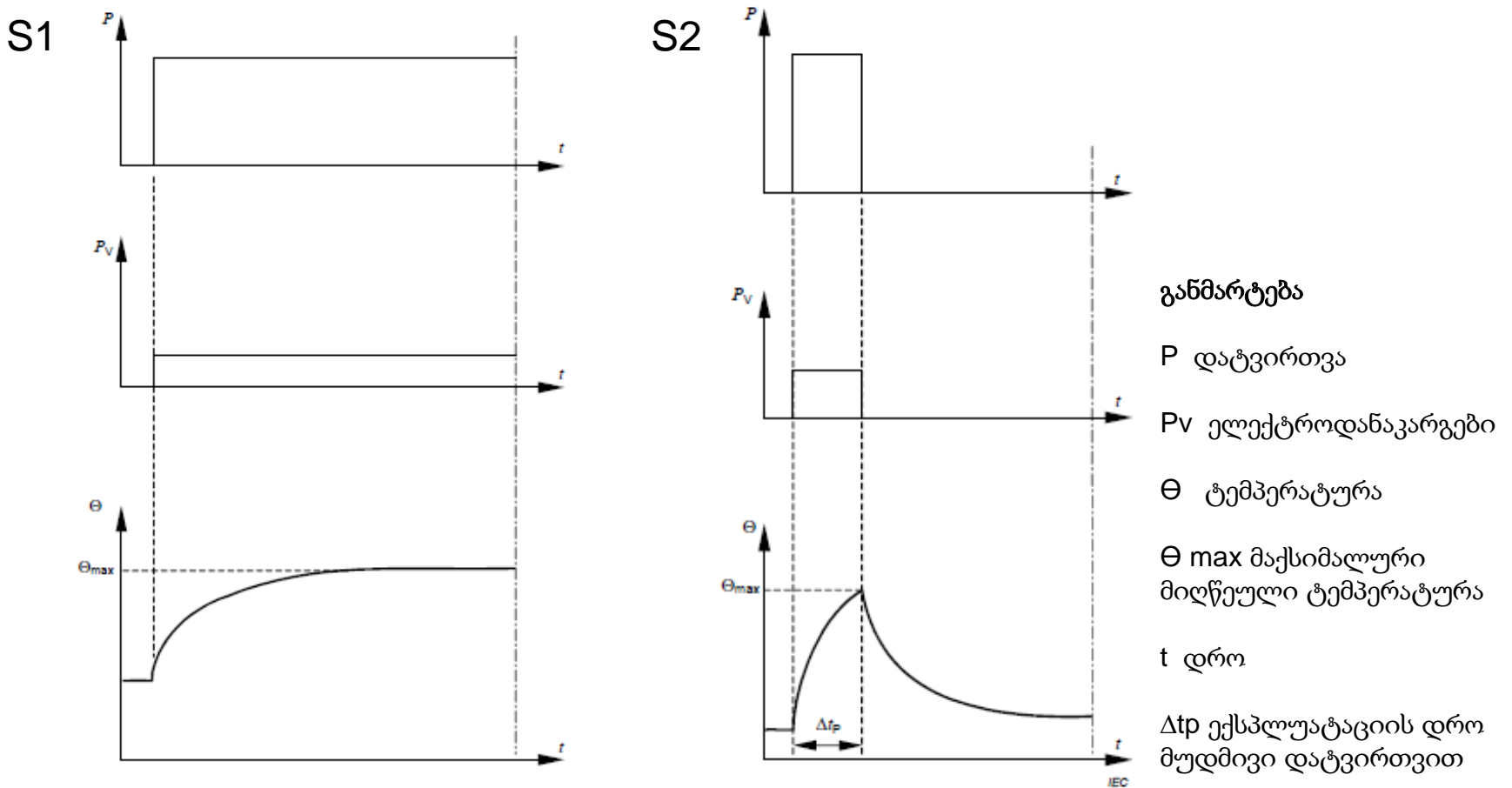
დატვირთვის კოეფიციენტები (IEC (საერთაშორისო ელექტროტექნიკური კომისია) რეიტინგი - IEC 60034-1)

| ნომ. | დატვირთვის კოეფიციენტის ტიპი | აღწერა |
|------|---|---|
| S1 | მუდმივი ექსპლუატაცია | თერმული ეკვილიბრიუმის მისაღწევად საკმარისი ხანგრძლივობით, მუდმივი დატვირთვით მუშაობა/ექსპლუატაცია |
| S2 | მცირეხნიანი დაყოვნება | მუდმივი დატვირთვით მუშაობა/ექსპლუატაცია მოცემულ დროში, რომელიც ნაკლებია თერმული ეკვილიბრიუმის მიღწევისათვის საჭირო დროზე და შესვენება მოსდევს, მისი საშუალებით კი მოწყობილობა აღწევს გამაგრებელი სითხის მსგავს ტემპერატურას (კელვინის მედეგობა 2) |
| S3 | წყვეტილი, მონაცვლეობითი პერიოდული დატვირთვა | იდენტური დატვირთვის პერიოდები, რაც გულისხმობს მუშაობას/ექსპლუატაციას გარკვეული დატვირთვით და შემდგომ - შესვენებას (ელექტრობასთან (ქსელთან) კავშირის გარეშე). ამგვარი დატვირთვის შემთხვევაში, სასტარტო დენი მნიშვნელოვან გავლენას არ ახდენს ტემპერატურის მატებაზე. |
| S4 | წყვეტილი დატვირთვა მაღალი გაშვების მატრუნი მომენტით | იდენტური დატვირთვის პერიოდები, რომელთაგანაც თითოეული მნიშვნელოვანი სასტარტო, მუდმივი დატვირთვისა და შესვენების ეტაპისგან შედგება. |
| S5 | წყვეტილი დატვირთვა მაღალი გაშვების მატრუნი მომენტით და ელექტრული მუხრუჭით | იდენტური დატვირთვის პერიოდები გულისხმობს სასტარტო და მუდმივი დატვირთვის პერიოდს, რასაც მოსდევს სწრაფი ელექტრული პაუზისა და შესვენების პერიოდი. |
| S6 | პერიოდული დატვირთვა უწყვეტი ფუნქციონირებით | იდენტური დატვირთვის კოეფიციენტის პერიოდები, რომელთაგანაც თითოეული შედგება სრული დატვირთვით და ნულოვანი დატვირთვით მუშაობის/ექსპლუატაციის ეტაპისგან. შესვენების პერიოდი არ გვხვდება ამ შემთხვევაში. |

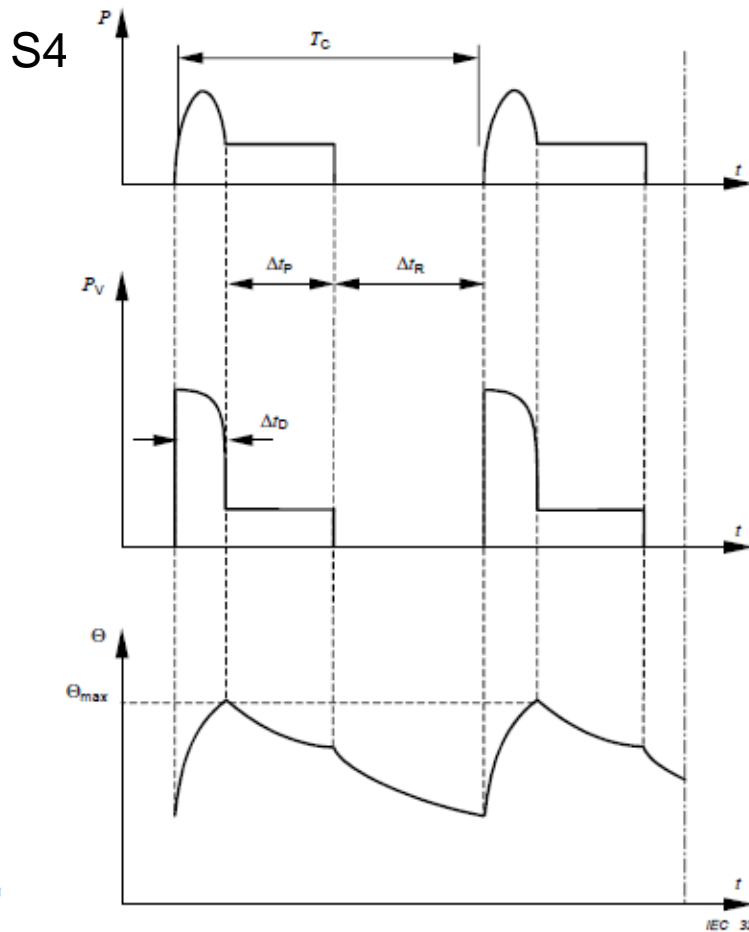
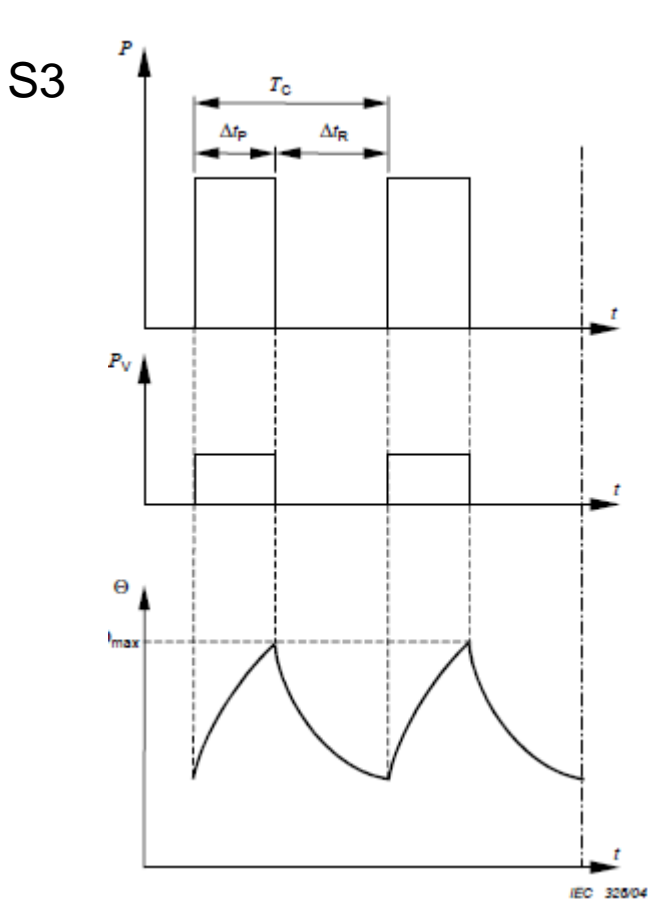
დატვირთვის კოეფიციენტები (IEC (საერთაშორისო ელექტროტექნიკური კომისია) რეიტინგი - IEC 60034-1)

| ნომ. | დატვირთვის კოეფიციენტის ტიპი | აღწერა |
|------|---|--|
| S7 | უწყვეტი ფუნქციონირების, პერიოდული დატვირთვა ელექტრული მუხრუჭით | იდენტური დატვირთვის პერიოდები გულისხმობს სასტარტო და მუდმივი დატვირთვის ეტაპებს, რასაც სწრაფი ელექტრული პაუზისა და შესვენების პერიოდი მოსდევს. |
| S8 | უწყვეტი ფუნქციონირების პერიოდული კოეფიციენტი დატვირთვისა და სიჩქარის ცვლილებასთან ერთად | იდენტური დატვირთვის პერიოდები, რომლებიც გულისხმობს მუდმივი დატვირთვით მუშაობას ბრუნვის წინასწარგანსაზღვრული სიჩქარის შესაბამისად, რასაც მოსდევს მუშაობის/ექსპლუატაციის ერთი ან მეტი პერიოდი სხვა მუდმივ სიჩქარეზე, ბრუნვის განსხვავებული სიჩქარის შესაბამისად (მაგ.: დატვირთვა). შესვენების ეტაპი ამ შემთხვევაში არ გვხვდება. დატვირთვის პერიოდი სითბური ეკვილიბრიუმის მისაღწევად მეტისმეტად ხანმოკლეა. |
| S9 | კოეფიციენტი არაპერიოდული დატვირთვითა და სიჩქარის ცვალებადობით | ასეთი ტიპის დატვირთვის კოეფიციენტი როცა გვხვდება, ზოგადად, დატვირთვა და სიჩქარე არაპერიოდულად იცვლება და ეს ხდება ნებადართულ ფარგლებში. ასეთ დროს ხშირია ზედმეტი დატვირთვის შემთხვევები, რამაც, შესაძლოა, მთლიან, სრულ დატვირთვასაც გადააჭარბოს. |
| S10 | კოეფიციენტი წყვეტილი მუდმივი დატვირთვითა და სიჩქარით | პერიოდი, რომელიც დატვირთვის (ან ეკვივალენტური დატვირთვის) დისკრეტული, წყვეტილი სიდიდეების სპეციფიკური რაოდენობისგან, ანდა, თუ ეს შესაძლებელია, სიჩქარისგან შედგება. დატვირთვის/სიჩქარის ყოველი კომბინაციის შენარჩუნება საკმარისი დროით ხდება იმისთვის, რომ მოწყობილობამ სითბური ეკვილიბრიუმის მიღწევა შეძლოს. დატვირთვის მინიმუმი, რომლის დროსაც კოეფიციენტი შესაძლოა, ნულის ტოლი იყოს (ნული დატვირთვა, ენერჯის გათიშვა ან შესვენება). |

დატვირთვის კოეფიციენტები (IEC (საერთაშორისო ელექტროტექნიკური კომისია) რეიტინგი - IEC 60034-1)

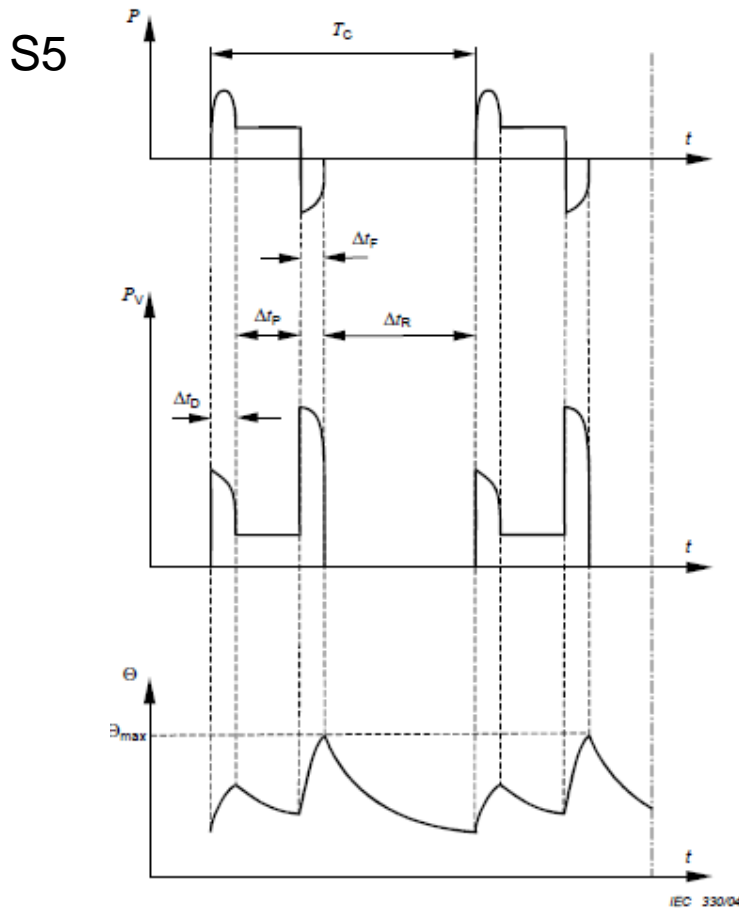


დატვირთვის კოეფიციენტები (IEC (საერთაშორისო ელექტროტექნიკური კომისია) რეგინგი - IEC 60034-1)



- განმარტება
- P დატვირთვა
- Pv ელექტროდანაკარგები
- Θ ტემპერატურა
- Θ max მაქსიმალური მიღწეული ტემპერატურა
- t დრო
- ΔtP ექსპლუატაციის დრო მუდმივი დატვირთვით

დატვირთვის კოეფიციენტები (IEC (საერთაშორისო ელექტროტექნიკური კომისია) რეიტინგი - IEC 60034-1)



განმარტება

P დატვირთვა

P_v ელექტროდანაკარგები

Θ ტემპერატურა

Θ_{max} მაქსიმალური მიღწეული ტემპერატურა

t დრო

Δt_p ექსპლუატაციის დრო მუდმივი დატვირთვით

ციკლური ხანგრძლივობის ფაქტორი $= (\Delta t_D + \Delta t_p + \Delta t_F)$

t_{tc}

T_c - დატვირთვის ერთი ციკლის დრო

Δt_D - დაწყების/აჩქარების დრო

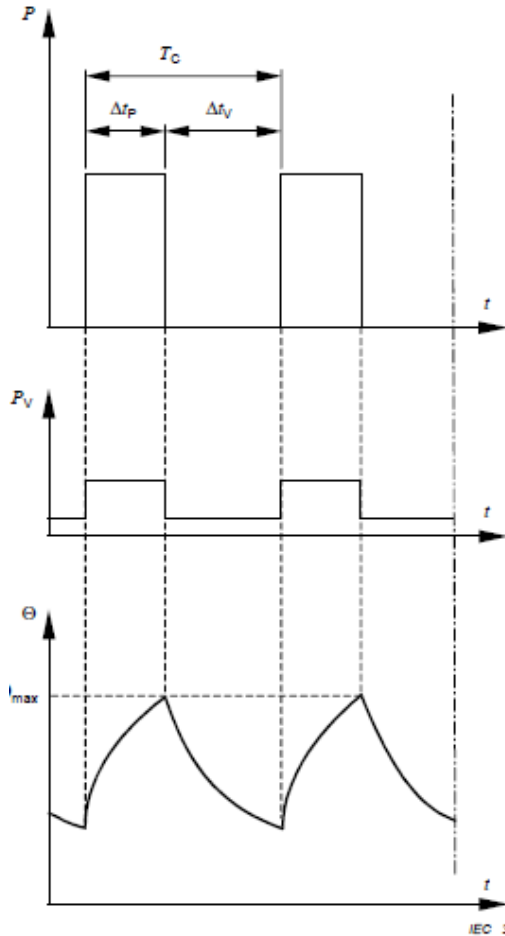
Δt_p - ექსპლუატაციის დრო მუდმივი დატვირთვით

Δt_F - ელექტრომუხრუჭის დრო

Δt_R - ენერჯის გაშვებისა და შეჩერების დრო

დატვირთვის კოეფიციენტები (IEC (საერთაშორისო ელექტროტექნიკური კომისია) რეიტინგი - IEC 60034-1)

S6



IEC 331/04

განმარტება

P დატვირთვა

Pv ელექტროდანაკარგები

Θ ტემპერატურა

Θ max მაქსიმალური მიღწეული ტემპერატურა

ციკლური ხანგრძლივობის ფაქტორი $= (\Delta t_D / \Delta T_c)$

t დრო

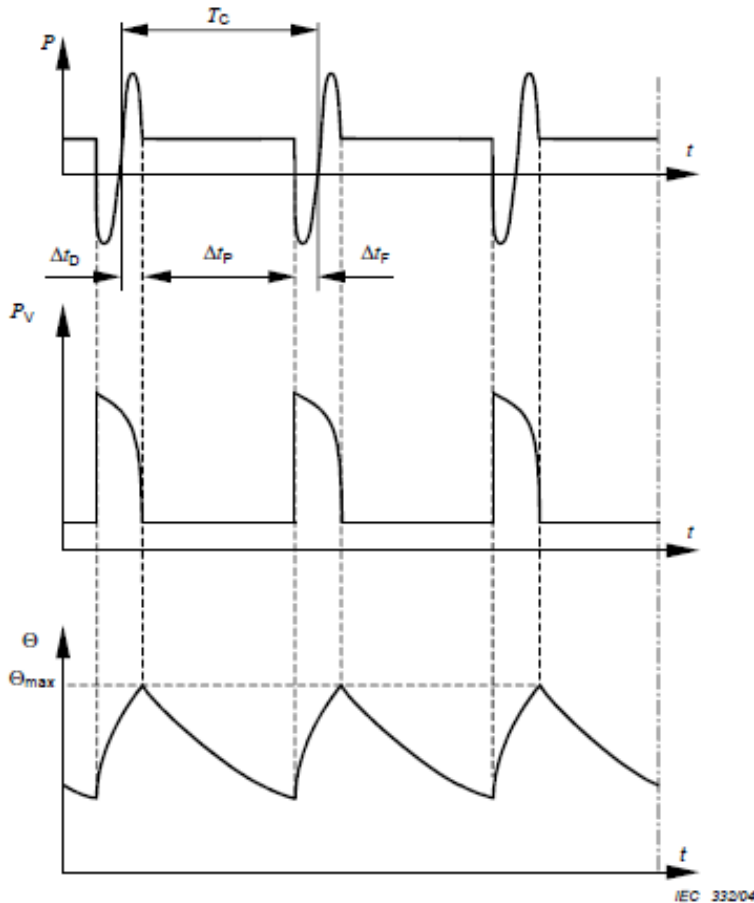
Tc - დატვირთვის ერთი ციკლის დრო

Δtp - ექსპლუატაციის დრო მუდმივი დატვირთვით

Δtv - ექსპლუატაციის დრო დატვირთვის გარეშე

დატვირთვის კოეფიციენტები (IEC (საერთაშორისო ელექტროტექნიკური კომისია) რეიტინგი - IEC 60034-1)

S7



განმარტება

P დატვირთვა

P_v ელექტროდანაკარგები

Θ ტემპერატურა

Θ_{max} მაქსიმალური მიღწეული ტემპერატურა

ციკლური ხანგრძლივობის ფაქტორი = 1

t დრო

T_c - დატვირთვის ერთი ციკლის დრო

Δt_D - დაწყების/აჩქარების დრო

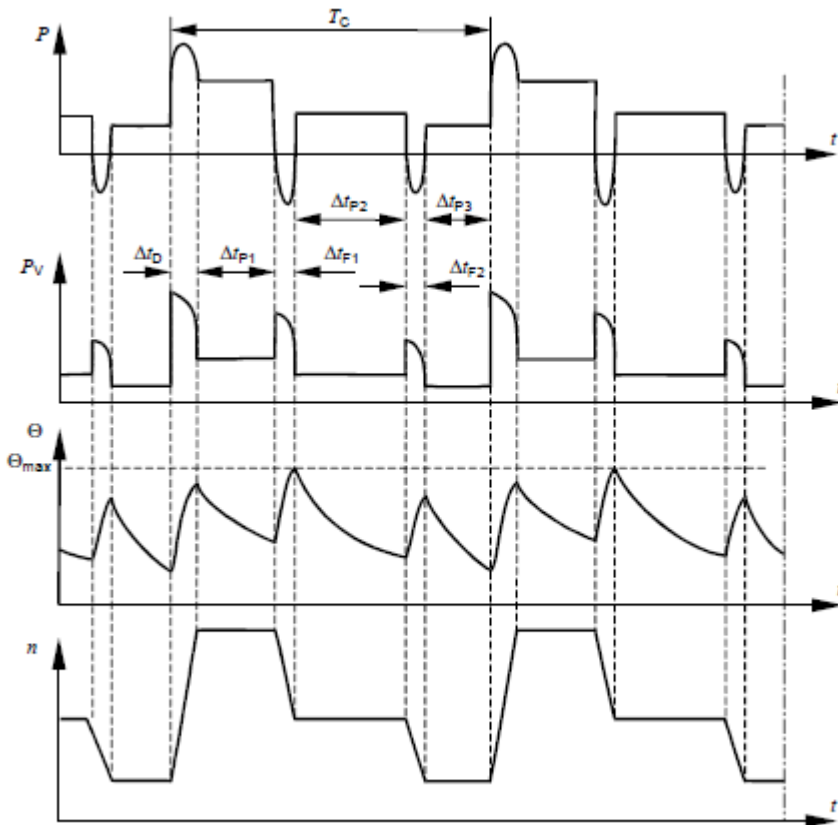
Δt_p - ექსპლუატაციის დრო მუდმივი

დატვირთვით

ΔF - ელექტრომუხრუჭის დრო

დატვირთვის კოეფიციენტები (IEC (საერთაშორისო ელექტროტექნიკური კომისია) რეიზინგი - IEC 60034-1)

S8



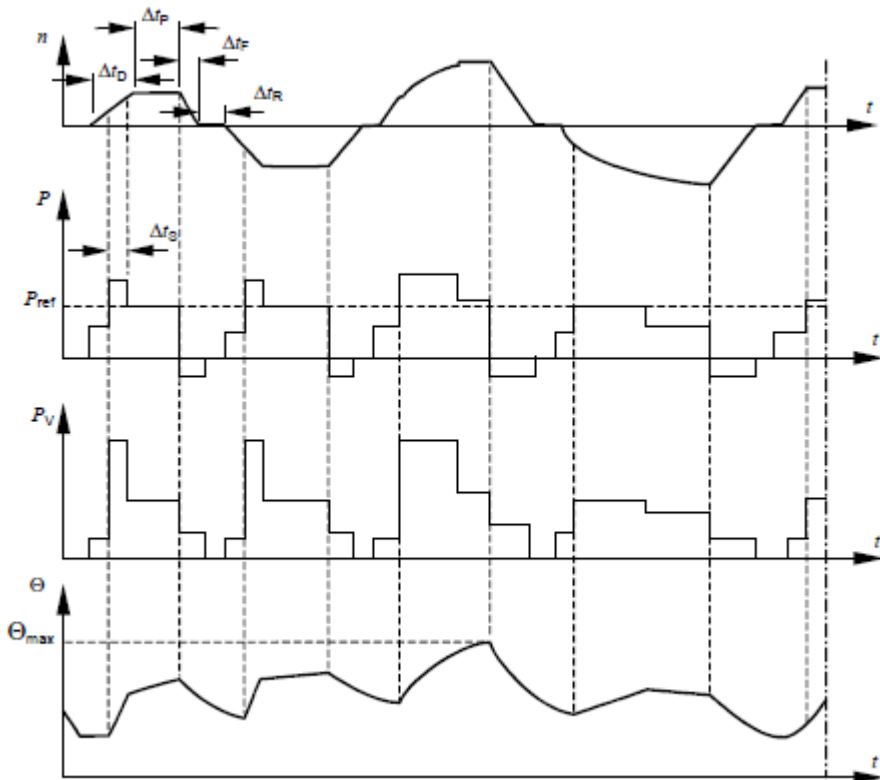
ციკლური ხანგრძლივობის ფაქტორი $(\Delta t_D + \Delta t_{P1})/T_C; (\Delta t_{F1} + \Delta t_{P2})/T_C; (\Delta t_{F2} + \Delta t_{P3})/T_C$

განმარტება

- P დატვირთვა
- Pv ელექტროდანაკარგები
- Θ ტემპერატურა
- Θ max მაქსიმალური მიღწეული ტემპერატურა
- n სიჩქარე
- T დრო
- t დრო
- Tc - დატვირთვის ერთი ციკლის დრო
- ΔtD - დაწყების/აჩქარების დრო
- Δtp - ექსპლუატაციის დრო მუდმივი დატვირთვით (P1, P2, P3)
- ΔtF - ელექტრომუხრუჭის დრო (F1, F2)

დატვირთვის კოეფიციენტები (IEC (საერთაშორისო ელექტროტექნიკური კომისია) რეიტინგი - IEC 60034-1)

S9

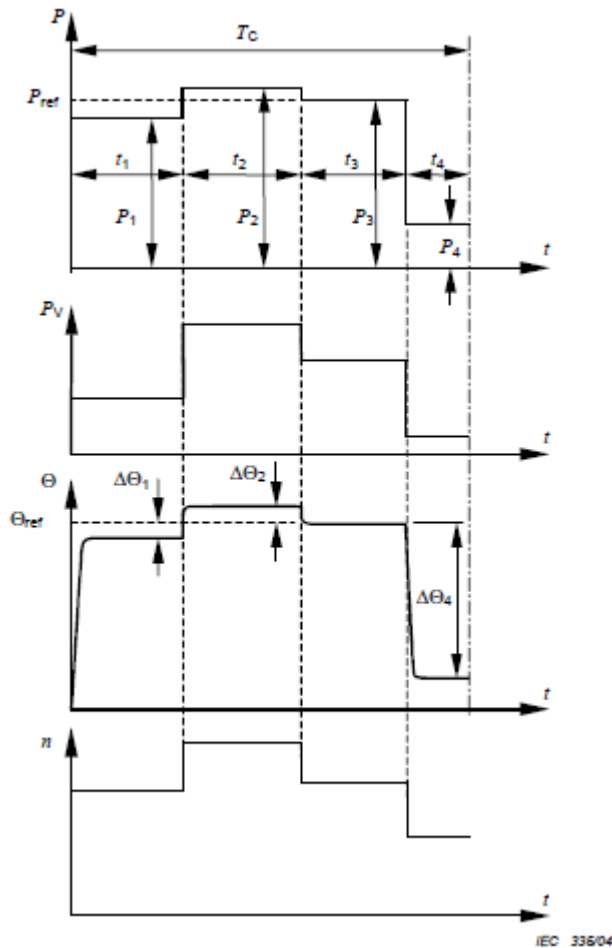


განმარტება

- P დატვირთვა
- P_{ref} ათვლის დატვირთვა
- P_v ელექტროდინამიკური დატვირთვა
- θ ტემპერატურა
- θ_{max} მაქსიმალური მიღწეული ტემპერატურა
- n სიჩქარე
- t დრო
- Δt_D დაწყების/აჩქარების დრო
- Δt_P ექსპლუატაციის დრო მუდმივი დატვირთვით
- Δt_F ელექტრომუხრუჭის დრო
- Δt_R ენერჯის გაშვებისა და შეჩერების დრო
- Δt_S დასაშვებზე მეტი დატვირთვის დრო

დატვირთვის კოეფიციენტები (IEC (საერთაშორისო ელექტროტექნიკური კომისია) რეიტინგი - IEC 60034-1)

S10



განმარტება

P დატვირთვა

P_{ref} ათვლის დატვირთვა

P_v ელექტროდანაკარგები

Θ ტემპერატურა

Θ_{max} მაქსიმალური მიღწეული ტემპერატურა

n სიჩქარე

t დრო

Δt_D დაწყების/აჩქარების დრო

Δt_p ექსპლუატაციის დრო მუდმივი დატვირთვით

Δt_F ელექტრომუხრუჭის დრო

Δt_R ენერჯის გაშვებისა და შეჩერების დრო

Δt_S დასაშვებზე მეტი დატვირთვის დრო



გმადლობთ