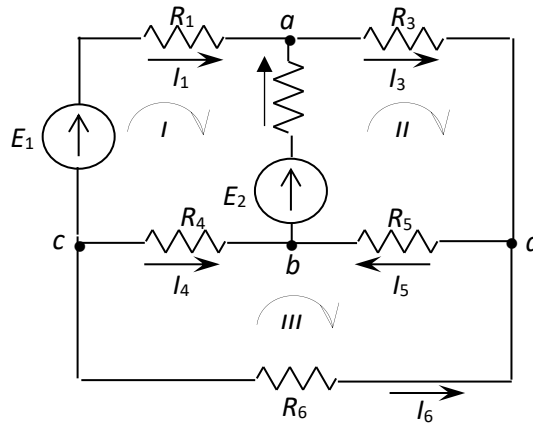


1. კირხჰოფის კანონებით რთული წრედების ანგარიში. დაწერეთ თეორია.

რთული წრედის ანგარიშის მეთოდები. კირხჰოფის კანონები

პრაქტიკაში ხშირად გვხვდება რთული კონფიგურაციის წრედები, რომლებიც არა ერთს, არამედ კვების რამდენიმე წყაროს შეიცავენ. ასეთ წრედებს რთულ წრედებს უწოდებენ. მათ დასახასიათებლად საჭიროა რამოდენიმე განმარტების შემოტანა. კერძოდ:

შტო ეწოდება წრედის ნაწილს, რომელიც მიმდევრობით შეერთებული ელემენტებისაგან შედგება. ცხადია, მის ყველა ელემენტში ერთი და იგივე დენი უნდა გადიოდეს. შტო შეიძლება იყოს **აქტიური** ან **პასიური**. თუკი შტო კვების წყაროს შეიცავს (ე.მ.ძ.), იგი აქტიურია, წინააღმდეგ შემთხვევაში — პასიური. ცალკეულ შემთხვევაში შტო შეიძლება შეიცავდეს მხოლოდ ერთ ელემენტს.



კვანძი ეწოდება სამი ან უფრო მეტი შტოს გადაკვეთის ადგილს, ხოლო **კონტური** წარმოადგენს შტოების ერთობლიობას, რომელიც ჩაკეტილ წრედს ქმნის. კონტური შეიძლება იყოს **დამოკიდებული** ან **დამოუკიდებელი**. კონტური დამოუკიდებელია თუკი იგი ერთ აქტიურ შტოს მაინც შეიცავს.

რთული წრედების საანგარიშოდ ომის კანონებთან ერთად იყენებენ კირხჰოფის კანონებს. კირხჰოფის ორი ძირითადი კანონი არსებობს: პირველი კანონი სამართლიანია კვანძებისათვის და იგი ასე გამოითქმება: კვანძში შემავალი დენების ალგებრული ჯამი უდრის ნულს და ასე ჩაიწერება $\sum I = 0$

თუკი პირობითად, კვანძში შემავალ დენებს მივიჩნევთ დადებითად, ხოლო გამომავალს უარყოფითად, მაშინ *a* კვანძისათვის პირხოფის I კანონი შემდეგნაირად ჩამოყალიბდება: $I_1 + I_2 - I_3 = 0$ ანალოგიურად შეიძლება ჩაიწეროს ეს კანონი სხვა კვანძებისათვის.

კირხჰოფის მეორე კანონი სამართლიანია კონტურებისათვის და იგი ასე ჩამოყალიბდება. ყოველ შეკრულ კონტურში მოქმედი ე.მ. ძალების ალგებრული ჯამი ამ კონტურის უბნებზე მოქმედი ძაბვის ვარდნათა ალგებრულ ჯამის ტოლია.

$$\sum E = \sum IR$$

თუკი კონტურის შემოვლის დადებით მიმართულებად პირობით მივიღებთ საათის ისრის მიმართულებას, მაშინ პირველი კონტურისათვის კირხჰოფის მეორე კანონი ასე ჩაიწერება:

$$E_1 - E_2 = R_1 I_1 - R_2 I_2 - R_4 I_4$$

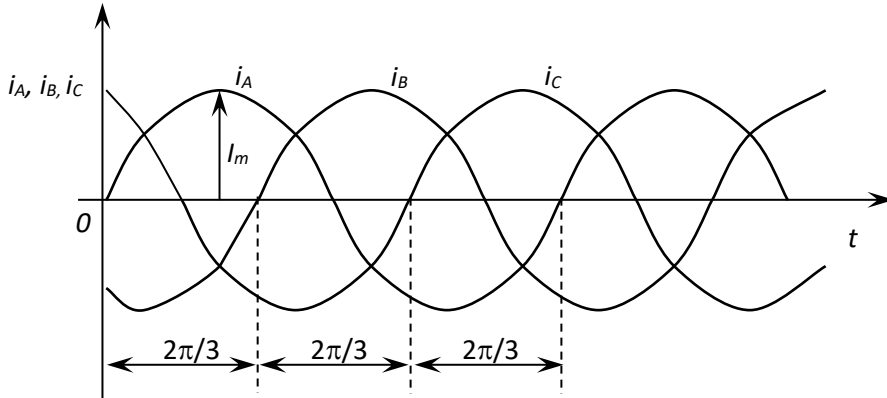
ანალოგიურად შეიძლება ჩაიწეროს II კანონი დანარჩენი კონტურებისათვისაც.

3. სამფაზა სისტემის ვარსკვლავური შეერთება (დაწერეთ თეორია).

ცვლადი დენის სამფაზა წრედები

სამფაზა წრედები წარმოადგენენ ცვლადი დენის მრავალფაზა სისტემების კერძო შემთხვევას. მრავალფაზა კი ისეთ სისტემებს ეწოდება, რომლებიც გენერირებული არიან ერთი კვების წყაროდან და გააჩნიათ ერთი და იგივე სიხშირე. სამფაზა სისტემა შედგება შემდეგი ძირითადი ნაწილებისაგან: სამფაზა გენერატორი, გადაცემის სამფაზა ხაზი და ელექტრული მომხმარებელი, რომელიც შეიძლება იყოს როგორც სამფაზა, ასევე ცალფაზა.

სამფაზა გენერატორი თავის მომჭერებზე წარმოქმნის სამ ე.მ.დ.-ს, რომლებიც სიდიდით ერთმანეთის ტოლი, ხოლო ფაზით ერთმანეთის მიმართ 120° -ით არიან დაძრული. თუ ამ მომჭერებთან მივაერთებთ სამფაზა მომხმარებელს, მაშინ სისტემაში გაივლის სამფაზა დენი. სამფაზა სისტემის ფაზებში გამავალი დენები სიდიდით ერთმანეთის ტოლი არიან, ხოლო დროში ერთმანეთის მიმართ 120° -ით ანუ $\frac{2\pi}{3}$ -ით დაძრულნი.

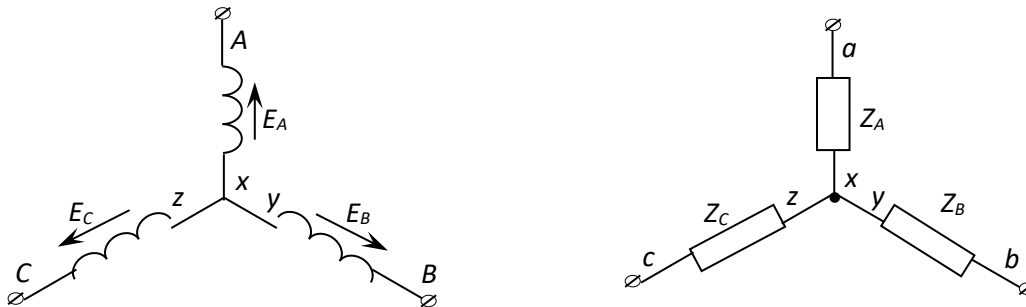


ნახაზზე მოცემულ სამფაზა დენების სინუსოიდებს შემდეგი ტრიგონომეტრიული ჩანაწერები შეესაბამება.

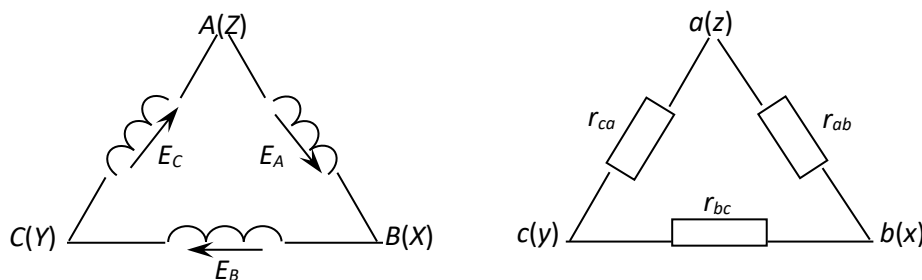
$$i_A = I_{m_A} \sin \omega t, \quad i_B = I_{m_B} \sin(\omega t - \frac{2}{3}\pi) \quad i_C = I_{m_C} \sin(\omega t - \frac{4}{3}\pi) = I_{m_C} \sin(\omega t + \frac{2}{3}\pi)$$

სამფაზა სისტემის ფაზები ორგვარად შეიძლება იქნენ შეერთებული, კერძოდ, განასხვავებენ: ვარსკვლავურ და სამკუთხედურ შეერთებებს.

ვარსკვლავური შეერთების დროს ფაზების ბოლოები ერთ წერტილში არიან გაერთიანებული. ამ წერტილს ნეიტრალურ წერტილს უწოდებენ.



სამკუთხედური ისეთ შეერთებას ეწოდება, რომლის დროსაც საერთო წერტილებში გაერთიანებული არიან შემდეგი მომჭერები: $B(X)$, $C(Y)$, $A(Z)$.



სამფაზა წრედებში — ფაზური დენი ეწოდება გენერატორის ან დატვირთვის ფაზებში გამავალ დენს.

ბაზური დენი ეწოდება გენერატორის და დატვირთვის შემაერთებელ სამფაზა ხაზის სადენებში გამავალ დენს.

ფაზური ძაბვა ეწოდება ძაბვას, რომელიც მოდებულია ფაზის საწყის და ბოლო წერტილებს შორის. ვარსკვლავური შეერთების დროს ფაზური ძაბვა იგივეა, რაც ძაბვა ფაზის საწყისსა და ნეიტრალურ წერტილებს შორის, ან კიდევ, საწყისსა და ნეიტრალურ სადენს შორის.

ბაზური ძაბვა ეწოდება ძაბვას, რომელიც მოდებულია ფაზების საწყის წერტილებს შორის.

ნეიტრალური სადენი ეწოდება სადენს, რომელიც აერთებს გენერატორის და დატვირთვის ნეიტრალურ წერტილებს.

ვარსკვლავური შეერთების დროს: $I_b = I_g$ $U_b = \sqrt{3}U_g$

ხოლო სამკუთხედური შეერთების დროს: $U_b = U_g$ $I_b = \sqrt{3}I_g$

ნეიტრალური სადენების დანიშნულებაა მასიმეტრირებული გავლენა მოახდინოს დატვირთვის ძაბვებზე. ვინაიდან ნეიტრალური სადენის როლი ასეთი მნიშვნელოვანია, და მისი გაწყვეტა გამოიწვევს ძაბვების მაქსიმალურ დამახინჯებას დატვირთვაზე, ყოვლად დაუშვებელია ნეიტრალურ სადენში დნობადი მცველის ან ამომრთველის ჩაყენება.

სამფაზა წრედის აქტიური სიმძლავრე: $P = \sqrt{3}UI \cos \phi$ (ვტ),

რეაქტიული სიმძლავრე: $Q = \sqrt{3}UI \sin \phi$ (ვარ),

ხოლო სამფაზა სრული სიმძლავრე: $S = \sqrt{3}UI$ (ვა)

2. სინუსოიდალური დენის წრედი იდეალური რეზისტორული ელემენტით, რეზისტორული ელემენტის წრედის სიმძლავრე (დაწერეთ თეორია).

სინუსოიდური დენის უმარტივესი წრედი იდეალური

რეზისტორული (აქტიური) ელემენტით

ვთქვათ, მოცემულია წრედი, რომელიც შეიცავს მხოლოდ რეზისტორულ ელემენტს და მასზე მოდებულია სინუსოიდური ძაბვა: $u = U_m \sin(\omega t + \psi_u)$

განვიხილოთ ასეთი წრედის სახასიათო რეჟიმები.

წრედში გამავალი დენი შეიძლება განვსაზღვროთ ომის კანონის საფუძველზე მყისა მნიშვნელობებისათვის

$$i = \frac{u}{r} = \frac{U_m}{r} \sin(\omega t + \psi_u)$$

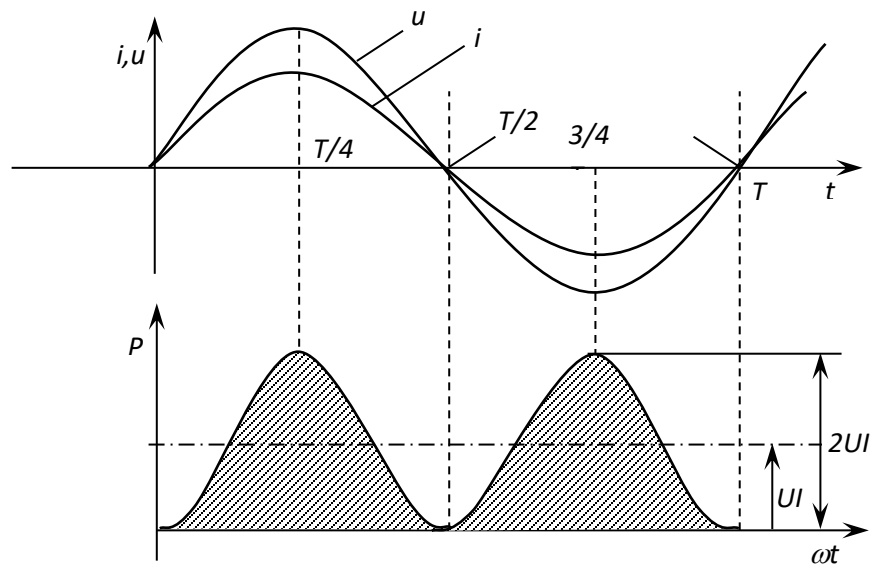
აღვნიშნოთ სიდიდე $\frac{U_m}{r} = I_m$, მაშინ $i = I_m \sin(\omega t + \psi_i)$

მიღებული გამოსახულებიდან შეიძლება დავადგინოთ ორი რამ:

1. რეზისტორული ელემენტის წრედში, ძაბვის სინუსოიდა ფაზით ემთხვევა დენის სინუსოიდას.

$$\psi_i = \psi_u$$

გრაფიკულად ეს შეიძლება შემდეგნაირად გამოისახოს:



2. დენის მაქსიმუმი ძაბვის მაქსიმუმთან დაკავშირებულია გამოსახულებით:

$$I_m = \frac{U_m}{r}$$

ეს გამოსახულება ფაქტობრივად წარმოადგენს ომის კანონს რეზისტორული ელემენტის წრედისათვის, ჩაწერილს დენისა და ძაბვის ამპლიტუდური მნიშვნელობებისათვის. თუკი მის ორივე ნაწილს $\sqrt{2}$ -თან შევაფარდებთ, მივიღებთ იგივე ომის კანონს, ჩაწერილს დენისა და ძაბვის მოქმედი მნიშვნელობებისათვის.

ომის კანონი რეზისტორული ელემენტის წრედისათვის შეიძლება კომპლექსური ფორმითაც ჩაიწეროს:

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{r};$$

სადაც $\dot{I} = I e^{j\psi_u}$ არის დენის კომპლექსური მნიშვნელობა, ხოლო $\dot{U} = r I e^{j\psi_u}$ — ძაბვის კომპლექსური მნიშვნელობა.

აღნიშნული კომპლექსური ტოლობის საფუძველზე შეიძლება ავაგოთ ვექტორული დიაგრამა, საიდანაც ჩანს, რომ რეზისტულემენტიან წრედში ძაბვის და დენის ვექტორები ერთმანეთს ფაზით ემთხვევიან.

რეზისტულემენტიანი წრედის მყისა სიმძლავრე ძაბვისა და დენის მყისა მნიშვნელობების ნამრავლის ტოლია.

$$P = u \cdot i = U_m I_m \sin^2(\omega t + \psi_u) = U_m I_m \frac{1 - \cos 2(\omega t + \psi_u)}{2}$$

საიდანაც მარტივი გარდაქმნების შედეგად მივიღებთ:

$$P = UI - UI \cos 2(\omega t + \psi_u)$$

ვიპოვოთ აქტიური დატვირთვის მქონე წრედის საშუალო სიმძლავრე

$$P_{\text{საშ}} = \frac{1}{T} \int_0^T P dt = \frac{1}{T} \int_0^T (UI - UI \cos 2(\omega t + \psi_u)) dt = rI^2 = UI.$$

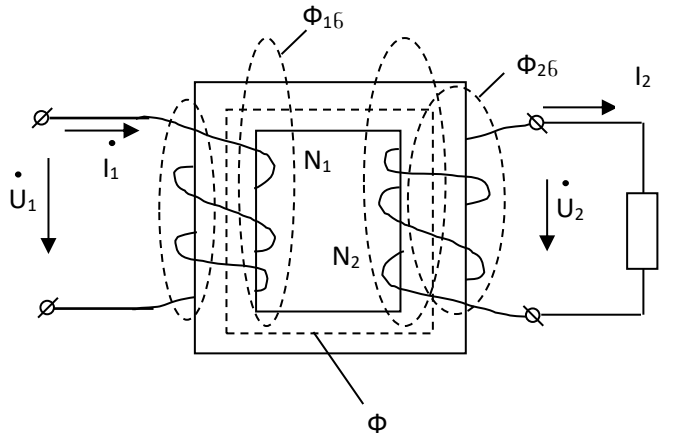
ამრიგად, რეზისტულემენტიანი წრედის საშუალო სიმძლავრე მისი აქტიური სიმძლავრის ტოლი ყოფილა. აქტიური სიმძლავრის საზომი ერთეულებია ვტ, კვტ, მგვტ და ა.შ.

რეზისტულემენტიანი წრედის მყისა სიმძლავრის გრაფიკიდან, ჩანს, რომ რეზისტულ-ელემენტიანი წრედის სიმძლავრე არასოდესაა უარყოფითი, რაც იმაზე მიუთითებს, რომ ასეთ წრედში ადგილი აქვს სიმძლავრის განუწყვეტლივ გაცემას და მყისა სიმძლავრე პულსირებს საშუალო სიმძლავრის ფარგლებში 0-დან საშუალო სიმძლავრის გაორკეცებულ მნიშვნელობამდე.

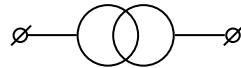
4. ტრანსფორმატორები, მათი მუშაობის პრინციპი, მუშაობის რეჟიმები.

ტრანსფორმატორები, მოწყობილობა, მოქმედების პრინციპი

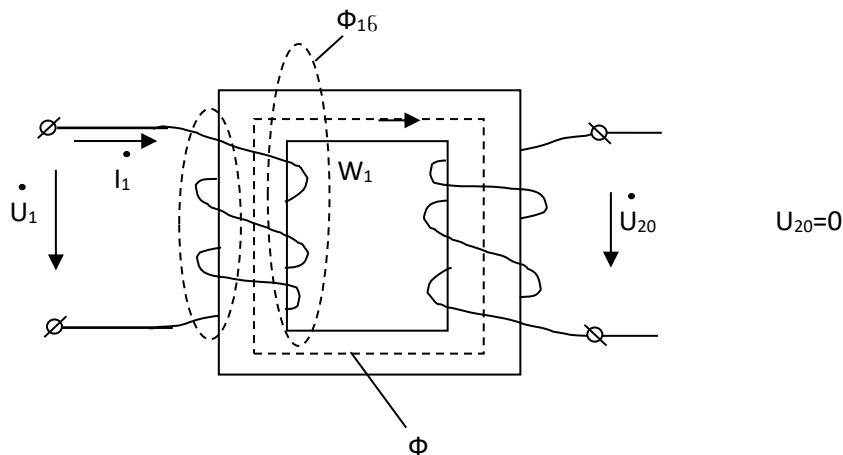
ტრანსფორმატორი ეწოდება ელ. აპარატს, რომელიც ერთი სიდიდის ცვლად ძაბვას გარდაქმნის მეორე სიდიდის ცვლად ძაბვად სიმძლავრისა და სიხშირის შეუცვლელად.



კონსტრუქციული თვალსაზრისით ტრანსფორმატორი წარმოადგენს მაგნიტოგამტარს, რომელზედაც მოთავსებულია ორი გრაგნილი. ერთი გრაგნილი, რომლის ხვიათა რიცხვი არის ω_1 მიერთებულია ქსელთან. ამ გრაგნილს პირველად გრაგნილს უწოდებენ, ხოლო მცირე გრაგნილს, რომლის ხვიათა რიცხვიცაა ω_2 მიაერთებენ დატვირთვას და მას მეორად გრაგნილს უწოდებენ. ჩანაცვლების სქემაზე ტრანსფორმატორი შემდეგნაირად აღინიშნება



ტრანსფორმატორის უქმი სვლის რეჟიმში უწოდეს ისეთ რეჟიმს, რომლის დროსაც პირველადი გრაგნილი ჩართულია ქსელში, ხოლო მეორადი გრაგნილი გახსნილია და მეორადი დენი ნულის ტოლია ე.ი. $I_2 = 0$. რადგან უქმი სვლის რეჟიმში პირველადი გრაგნილი ქსელშია ჩართული, მასში გადის დენი, რომელსაც უქმი სვლის დენს უწოდებენ. ეს დენი არ არის დიდი. იგი ტრანსფორმატორის მაგნიტოგამტარში პირველადი გრაგნილის გარშემო ქმნის ძირითად ნაკადს Φ -ს და ამასთან ერთად ფანტკის ნაკადს Φ_n -ს, რომელიც ჰაერის საშუალებით იკვრება. ძირითადი ნაკადი პირველად და მეორად გრაგნილებში აღძრავს ელექტრომაგნიტურ ძალებს E_1 და E_2 ძალებს, რომლებიც ტოლი არიან.



$$E_1 = 4,44f\omega_1\Phi_m$$

$$E_2 = 4,44f\omega_2\Phi_m$$

ორივე ეს ნაკადი იქმნება ერთი და იმავე დამამაგნიტებელი ძალის მიერ

$$\dot{F} = \omega_1 \dot{I}_0$$

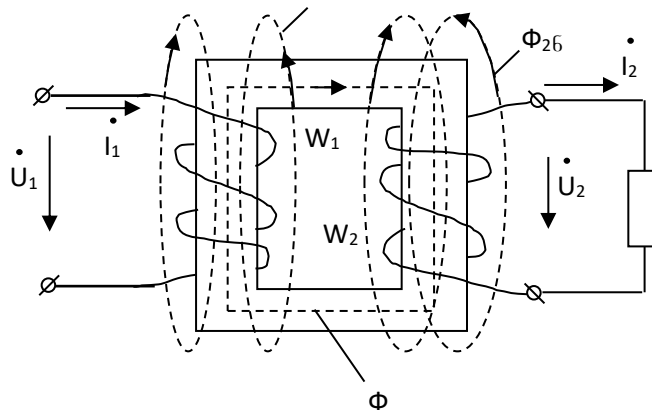
აღნიშნულ გამოსახულებებში f ქსელის დენის სიხშირეა, Φ_m – ძირითადი მუშა ნაკადის ამპლიტუდური მნიშვნელობა, ხოლო ω_1 და ω_2 , შესაბამისად, პირველადი და მეორადი გრაგნილების ხვიათა რიცხვები.

თუკი ყურადღებით დავუკვირდებით ე.მ.ძ-ს გამოსახულებებს, შეიძლება დავადგინოთ ტრანსფორმატორის მოქმედების პრინციპი. კერძოდ, მათი შედარებიდან ჩანს, რომ ე.მ.ძ იქ არის მეტი, სადაც მეტია ხვიათა რიცხვი.

ამრიგად, ხვიათა რიცხვებს შორის სასურველი თანაფარდობის შერჩევით შეგვიძლია მივიღოთ ჩვენთვის სასურველი ე.მ.ძ. მეორად გრაგნილზე, თუკი პირველადი ე.მ.ძ მოცემულია. აღვნიშნოთ თანაფარდობა გრაგნილების ხვების რიცხვებს შორის k -თი. $k = \frac{E_1}{E_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2}$

ამ თანაფარდობას ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტს უწოდებენ და იგი ტრანსფორმატორის უმნიშვნელოვანესი პარამეტრია. თუ გავითვალისწინებთ იმას რომ ე.მ.ძ ძაბვის ერთსახელა სიდიდეადა უგულებელვყოფთ ძაბვის ვარდნას პირველად და მეორად გრაგნილებში, მაშინ ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი შეიძლება წარმოვიდგინოთ, როგორც პირველადი და მეორადი ძაბვის თანაფარდობა. $k = \frac{U_1}{U_2}$

ჩვენი მსჯელობიდან ჩანს, რომ იმისდამიხედვით თუ როგორი თანაფარდობაა პირველად და მეორად ხვებს შორის, შეიძლება არსებობდეს ძაბვის ამამალელებელი და ძაბვის დამადაბლებელი ტრანსფორმატორები კერძოდ თუკი $\omega_1 > \omega_2$ გვექნება ძაბვის დამადაბლებელი ტრანსფორმატორი, ხოლო თუკი $\omega_1 < \omega_2$, მაშინ – ძაბვის ამამალელებელი ტრანსფორმატორი.



თუკი ტრანსფორმატორის მეორად გრაგნილთან მივუერთებთ ელ. დატვირთვას, მაშინ უკვე დენი გაივლის მის მეორად გრაგნილში.

ვანტვის ნაკადი ამჯერად იარსებებს, როგორც პირველად გრაგნილთან, ასევე მეორად გრაგნილთანაც. რაც შეეხება პირველად დენს, იგი მკვეთრად გაიზრდება, რაც იმაზე მიანიშნებს, რომ ტრანსფორმატორის მეორადი გრაგნილიდან ადგილი აქვს სიმძლავრის გაცემას.