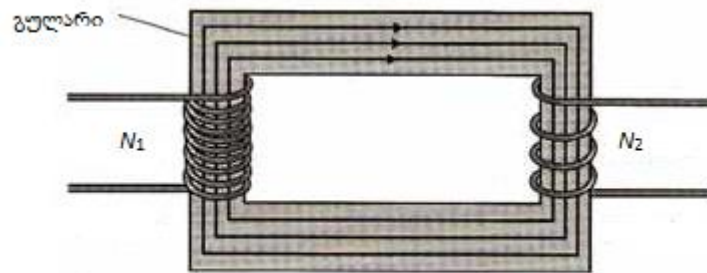


## ავთანდილ შურღაია

### ცვლადი დენი. ელექტრომაგნიტური ტალღები.

ცვლადი დენის გადაცემა დიდ მანძილებზე დაკავშირებულია ენერგიის დანაკარგებთან. მისი შემცირების მიზნით იყენებენ ტრანსფორმატორს, რომლის საშუალებითაც ხდება გადამცემ ხაზებში დენის შემცირება და გადასაცემი ძაბვის მნიშვნელოვნად გაზრდა. უშუალოდ მომხმარებლისთვის მიწოდების წინ კი ძაბვას ამცირებენ და დენს ზრდიან.

ტრანსფორმატორი წარმოადგენს რკინის გულარს, რომელზეც დახვეულია ორი კოჭა, ორი სხვადასხვა ხვიათა რიცხვის მქონე გამტარი (იხ. ნახ.1)



ნახ. 1. ცვლადი მაგნიტური ნაკადი მეორად ხვლებში აღძრავს ინდუქციის ემძ

პირველადი კოჭა (ხვიათა რიცხვი  $N_1$ ) მიერთებულია ცვლადი ძაბვის წყაროსთან, რის გამოც ხვლებში გაივლის ცვლადი დენი. ცვლადი დენის მიერ აღძრული ცვლადი მაგნიტური ნაკადი რკინის გულარში აღძრავს მაგნიტურ ველს, რომელიც აგრეთვე განჭოლავს მეორად კოჭას (ხვიათა რიცხვი  $N_2$ ) და აღძრავს ინდუქციის ემძ-ს. ძაბვის ასამაღლებლად იყენებენ ტრანსფორმატორს, რომელშიც  $N_1 < N_2$ , ხოლო ძაბვის დასადაბლებლად პირიქით -  $N_1 > N_2$ . რკინის გულარის დანიშნულება არის ის, რომ მან უნდა უზრუნველყოს მეორადი კოჭას გამჭოლი ინდუქციის ნაკადის მაქსიმალურობა. გარდა ამისა, გულარი, როგორც წესი, მზად-დება ერთმანეთისგან იზოლირებული რკინის ფირფიტებისგან, რათა შემცირდეს პარაზიტული, ე.წ. ფუკოს დენები, რაც იწვევს ელექტრული ენერგიის დანაკარგებს. პირველად და მეორად ხვლებში გამტარის ბოლოებზე აღძრული ინდუქციის ემძ შესაბამისად ტოლია

$$U_1 = -N_1 \frac{d\Phi}{dt}, \quad U_2 = -N_2 \frac{d\Phi}{dt}. \quad (1)$$

სადაც  $d\Phi/dt$  არის ერთ ხვიის გამჭოლი ინდუქციის ნაკადის ცვლილების სისწრაფე. აქედან

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1}. \quad (2)$$

იდეალური ტრანსფორმატორისთვის ენერგიის დანაკარგი ნულს უტოლდება. ამ დროს  $I_1 U_1 = I_2 U_2$ . ამ ტოლობის გათვალისწინებით

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2}. \quad (3)$$

დიდ მანძილებზე ელექტროენერგიის გადაცემის დროს ენერგიის დანაკარგი არის  $P = I^2 R$ . მის შესამცირებლად, ცხადია, საჭიროა გადამცემ ხაზებში დენის შემცირება, რაც ძაბვის ამამალლებელი ტრანსფორმატორის საშუალებით ხორციელდება.

**კონდენსატორის განმუხტვა:**  $C$  ტევადობის კონდენსატორი, რომლის ფირფიტებს შორის ძაბვა არის  $U_0$ , მიერთებულია მიმდევრობით  $R$  წინაღობასთან. აღწერეთ კონდენსატორის განმუხტვის პროცესი, გამოიყვანეთ მუხტისა და დენის დროზე დამოკიდებულების ფორმულები.

დამუხტული კონდენსატორი, რომელიც მიერთებულია  $R$  წინაღობასთან, დაიწყებს განმუხტვას. წრედში გაივლის დენი, რომელიც ტოლია მუხტის ცვლილების სისწრაფის მინუს ნიშნით (კონდენსატორის მუხტი მცირდება):

$$I = -\frac{dq}{dt}.$$

რადგან დროის ნებისმიერ მომენტში ძაბვის ვარდნა კონდენსატორზე და  $R$  წინაღობაზე ტოლია

$$U_C = U_R, \quad \Rightarrow \quad \frac{q}{C} = IR.$$

ეს უკანასკნელი ჩაიწერება შემდეგი დიფერენციალური განტოლების სახით

$$\frac{dq}{dt} = -\frac{1}{RC} q.$$

ამ განტოლების ამოხსნა არის ექსპონენციალური ფუნქცია. თუ აღვნიშნავთ კონდენსატორის საწყის მუხტს  $q_0$ , მაშინ ამოხსნას შემდეგი სახე ექნება:

$$q = q_0 e^{-\frac{t}{RC}}.$$

ასეთივე ექსპონენციალური ხასიათი ექნება დენს:

$$I = \frac{q_0}{RC} e^{-\frac{t}{RC}} = \frac{U_0}{R} e^{-\frac{t}{RC}}.$$

აქვე აღვნიშნავთ, რომ  $\tau = RC$  არის დრო, რომლის განმავლობაში კონდენსატორის მუხტი  $e$ -ჯერ მცირდება. ექსპონენციალური ხასიათი (თუ მკაცრად ვიმსჯელებთ) მოწმობს, რომ კონდენსატორის განმუხტვა გრძელდება უსასრულოდ, თუმცა მისი პრაქტიკული განმუხტვა ხდება სასრული დროის განმავლობაში. უსასრულოდ დიდი დრო სჭირდება ნარჩენი მცირე მუხტის განულებას.

**ტრანსფორმატორი:** ტრანსფორმატორში პირველადი კოჭას ხვეების რიცხვი ტოლია 500-ის, ხოლო მეორადი კოჭას ხვეების რიცხვი 200-ის. იპოვეთ დენი მეორად კოჭაში, თუ ტრანსფორმატორის მქვ არის 70%, ხოლო დენი პირველად კოჭაში 6ა.

რადგან ადგილი აქვს დანაკარგებს მეორად კოჭაში

$$P_2 = 0.7P_1,$$

რაც ნიშნავს, რომ

$$\frac{I_2}{I_1} = 0.7 \frac{U_1}{U_2}$$

(2) ტოლობის გათვალისწინებით

$$\frac{I_2}{I_1} = 0.7 \frac{N_1}{N_2}.$$

აქედან მივიღებთ  $I_2 = 10.5$ ა.

**ელექტრული ენერგიის გადაცემა:**  $P_0 = 300$ მგვ. ელექტრული ენერგიის გადაცემა ხდება  $U = 80$ კვ. ძაბვის ქვეშ. ელექტრული ენერგია გადაიცემა კაბელით, რომლის წინაღობა არის 5ომი. იპოვეთ ენერგიის დანაკარგი პროცენტებში.

ენერგიის დანაკარგი გამოსახული პროცენტებში იქნება

$$k = \frac{I^2 R}{P_0} \cdot 100\%.$$

დენის ძალა ტოლია

$$I = \frac{P_0}{U}.$$

ამიტომ

$$k = \frac{P_0}{U^2} R \cdot 100\% = 23.44\%.$$

დანაკარგის შემდგომი შემცირება შეიძლება ძაბვის შემდგომი გაზრდით, ანუ მეორადი კოჭას ხვეების რიცხვის გაზრდით. მაგალითად, თუ გვსურს დანაკარგის 15%-მდე შემცირება, მაშინ მეორად კოჭაში ძაბვა უნდა იყოს

$$U = \sqrt{\frac{P_0}{0.15}} R = 100 \text{კვ}.$$

**ტრანსფორმატორი ქსელში:** დამადაბლებელი ტრანსფორმატორი ჩართულია  $U_1 = 120$ ვ ძაბვის ქსელში. მეორადი კოჭას წინაღობა ტოლია  $r = 1.2$  ომის. მასში გამავალი დენი  $I = 5$ ა.

იპოვეთ მეორად კოჭასთან მიერთებული  $R$  დატვირთვის წინაღობა და ძაბვა  $U$  ტრანსფორმატორის მეორადი კოჭას მომჭერებზე ამ დროს. ტრანსფორმატორის პირველადი და მეორადი კოჭების ხვიათა რიცხვების შეფარდება (ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი)  $k = 10$ .

მეორადი კოჭას თავისუფალ ბოლოებზე (დატვირთვის გარეშე) ძაბვა ტრანსფორმაციის კოეფიციენტით განისაზღვრება:

$$U_2 = \frac{U_1}{k}.$$

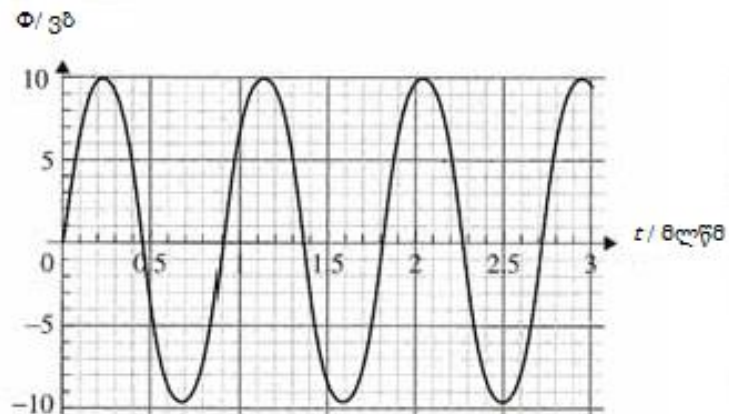
მეორად კოჭასთან დატვირთვის მიერთების შემდეგ ძაბვის ვარდნა ხდება როგორც კოჭას  $r$  წინააღობაზე, ასევე  $R$  გარე დატვირთვაზე. ამიტომ ძაბვის ვარდნა გარე დატვირთვაზე ტოლი იქნება

$$U = U_2 - Ir = \frac{U_1}{k} - Ir = 6\text{ვ}.$$

გარე დატვირთვის წინააღობა

$$R = \frac{U}{I} = 1.2\text{ომი}.$$

**ინდუქციის ემძ.** ნახ. 2-ზე მოცემულია გამტარი ჩარჩოს გამჭოლი ინდუქციის ნაკადის ცვლილების გრაფიკი დროში. იპოვეთ ინდუქციის ემძ ეფექტური მნიშვნელობა.



ნახ. 2

ინდუქციის ემძ ეფექტური მნიშვნელობის საპოვნელად გვჭირდება ინდუქციის ემძ ამპლიტუდის პოვნა. მისი პოვნა შესაძლებელია ორი გზით. პირველი გზა: ინდუქციის ემძ წარმოადგენს ინდუქციის ნაკადის ცვლილების სისწრაფეს მინუს ნიშნით:

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt}$$

ჩვენერთ გაანტოლება, რომელიც შეესატყვისება მოცემულ გრაფიკს და შემდეგ ავიღოთ მისი წარმოებული დროით. გრაფიკიდან ჩანს, რომ ინდუქციის ნაკადის ცვლილების ამპლიტუდა არის  $\Phi_0 = 10$  ვბ, ხოლო პერიოდი  $T = 9 \cdot 10^{-4}$  წმ. ამიტომ საძიებელი გაანტოლება იქნება

$$\Phi = 10 \sin \frac{2\pi}{9 \cdot 10^{-4}} t.$$

ახლა

$$\mathcal{E} = -10 \cdot \frac{2\pi}{9 \cdot 10^{-4}} \cos \frac{2\pi}{9 \cdot 10^{-4}} t.$$

ინდუქციის ემპ ამპლიტუდა

$$\mathcal{E}_0 = \frac{20\pi}{9 \cdot 10^{-4}} \approx 70 \text{ კვ}, \text{ ხოლო } \mathcal{E}_{\text{ფ}} = \frac{\mathcal{E}_0}{\sqrt{2}} \approx 49.5 \text{ კვ}.$$

მეორე გზა მდგომარეობს შემდეგში: რადგან ინდუქციის ემპ არის ინდუქციის ნაკადის წარმოებული დროით, ინდუქციის ემპ მაქსიმალურ მნიშვნელობას დროის იმ მომენტში აღწევს, როდესაც ინდუქციის ნაკადი ნულის ტოლია. ამავე დროს ინდუქციის ემპ დროის ნებისმიერ მომენტში წარმოადგენს ინდუქციის ემპ გრაფიკის მხედის დახრილობის კოეფიციენტს. ამიტომ  $\mathcal{E}_0$  ტოლი იქნება მხედის დახრილობის კოეფიციენტის, მაგალითად,  $t = 0.9$  მლწმ-სთვის. ნახაზიდან ჩანს, რომ ეს კოეფიციენტი მიახლოებით ტოლია  $7/0.0001 = 70$  კვ.

**ელექტრომაგნიტური ტალღის სიგრძე:** რხევითი კონტურის კოჭაში დენი იცვლება  $\Delta I = 1$  ა-ით  $\Delta t = 0.6$  წმ-ის განმავლობაში. ამ დროს კოჭაში აღიძვრება ინდუქციის ემპ, რომელიც ტოლია  $\mathcal{E} = 2 \cdot 10^{-3}$  ვ. რისი ტოლი იქნება ასეთი კონტურის მიერ გამოსხივებული ელექტრომაგნიტური ტალღის სიგრძე, თუ კონდენსატორის ტევადობა  $C = 14.16$  ფ.

ელექტრომაგნიტური ტალღა ვაკუუმში ვრცელდება სინათლის სიჩქარით. ტალღის სიგრძე ტოლი იქნება

$$\lambda = cT,$$

სადაც  $c = 3 \cdot 10^8$  მ/წმ არის ტალღის სიჩქარე, ხოლო  $T$  მისი პერიოდი. პერიოდი გამოითვლება ფორმულით:

$$T = 2\pi\sqrt{LC}.$$

ამ ფორმულაში უცნობია კოჭას ინდუქტივობა, რომლის გამოსათვლელად ამოცანაში მოცემულია ინდუქციის ემპ. ამ უკანასკნელის სიდიდე ტოლია

$$\mathcal{E} = L \frac{\Delta I}{\Delta t}. \quad \text{აქედან } L = \frac{\mathcal{E} \Delta t}{\Delta I}.$$

ტალღის სიგრძის გამოსათვლელად მივიღებთ ფორმულას:

$$\lambda = 2\pi \sqrt{C \frac{\varepsilon \Delta t}{\Delta I}} = 2450\text{\AA}.$$