

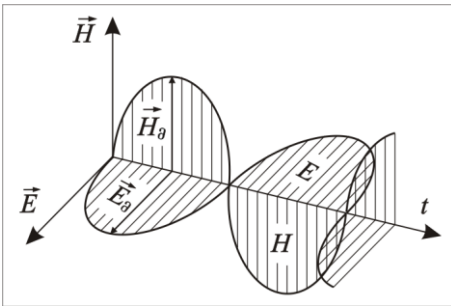
თავი 1. ძირითადი ცნებები და კანონები

1.1. ელემენტარული მუხტის მქონე ნაწილაკები

მათ რიცხვს მიეკუთვნება: **ელექტრონი**, **პროტონი** და **პოზიტრონი**. პირობითად მიღებულია, რომ ელექტრონის მუხტის ნიშანი უარყოფითია, პროტონის და პოზიტრონის კი დადებითი და რიცხობრივად ტოლია $1,6 \cdot 10^{-19}$ კლ (კულონი). ელემენტარული დამუხტული ნაწილაკები განუწყვეტლივ მოძრაობენ და ამის გამო მათ ირგვლივ ყოველთვის არსებობს ელექტრული ველი. თუ ელემენტალურ დამუხტულ ნაწილაკს იძულებით გავაჩერებთ, მაშინ ის შეწყვეტს თავის არსებობას. მაგრამ, ელექტრულ ველს შეუძლია იარსებოს დამუხტული ნაწილაკის გარეშე, რაც დასტურება **ფოტონის** აღმოჩენით, რომელსაც არ გააჩნია მუხტი და რომლის უძრაობის მასა ნულის ტოლია, ხოლო მოძრაობს სინათლის სიჩქარით. (**ფოტონი** წარმოიშვება მოლეკულების, ატომების, იონების და ატომის ბირთვების გადახველისას აღმგზნების მდგომარეობიდან მცირე ენერგეტიკულ მდგომარეობაში).

1.2. ელექტრომაგნიტური ველი

- მატერიის სახეობაა, რომელიც წარმოადგენს სივრცეში ურთიერთობოგონალურად განთავსებულ და ურთიერთდაკავშირებულ ელექტრული და მაგნიტური ველების ერთობლიობას.



ნახ. 1.1.

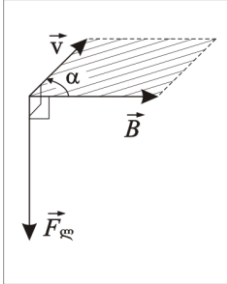
ნახ. 1.1. - ზემოყვანილია ელექტრომაგნიტური ველის გავრცელების გრაფიკული წარმოდგენა.

ცვლადი ელექტრული ველი ქმნის ცვლად მაგნიტურ ველს და ცვლადი მაგნიტური ველი ცვლად ელექტრულ ველს.

ელექტრული ველი შეიქმნება უძრავი მუხტებით. თუ საცდელ მუხტს შევიტანთ ელექტრულ ველში, მაშინ მასზე იმოქმედებს ძალა, რომელიც მუხტის q და ველის დაძაბულობის \vec{E} სიდიდეების ნამრავლის ტოლია, ანუ $\vec{F}_{ელ.} = q \cdot \vec{E}$, სადაც \vec{E} - ელექტრუ-

ლი სიდიდე და ელექტრული ველის ძალური მახასიათებელია. იზომება ამპერი მეტრზე (ა/მ). ამ ძალის ზემოქმედებით იცვლება მუხტის სიჩქარე და მიმართულება ამიტომ მუხტის კინეტიკური ენერჯია იზრდება

მაგნიტური ველი შეიქმნება მოძრავი მუხტებით. თუ მოძრავი მუხტს შევიტანთ მაგნიტურ ველში, მაშინ მასზე იმოქმედებს ძალა, რომელიც მოძრავი q მუხტის სიდიდისა და მისი სიჩქარის \vec{v} პროპორციულია.



მაგნიტური ველის ძალური მახასიათებელია მაგნიტური ინდუქცია \vec{B} , რომელიც SI სისტემაში იზომება ტესლებში (ტლ). ის ელექტრული სიდიდეა და განსაზღვრავს მაგნიტური ველის მხრიდან მოძრავ დამუხტულ ნაწილაკზე მოქმედ ძალას, ანუ

$$\vec{F}_L = q \cdot [\vec{v} \cdot \vec{B}].$$

ნახ.1.2. ამ ძალას **ლორენცის** ძალას უწოდებენ.

** კვლადრატულ ფხიხილებში მოყვანილ ნამრავლს უწოდებენ ვექტორულ ნამრავლს იმიტომ, რომ თვით ვექტორული ნამრავლი ვექტორული სიდიდეა. ის რიცხობრივად მასში შემავალ ვექტორებზე როგორც გვერდებზე აკებულნი პარალელოგრამის ფართობის ტოლია, ხოლო გადაზრდავლებით მიღებული ვექტორი მიმართულია პარალელოგრამის სიბრტყის მართობულად.*

იმ შემთხვევაში, თუ სიჩქარის, მაგნიტური ინდუქციის და ძალის ვექტორების მიმართულებები ერთიერთმართობულია, მაშინ მუხტი ველში იმოძრავებს უდიდესი სიჩქარით.

მაგნიტური ველის ინდუქცია დაკავშირებულია მაგნიტური ველის დაძაბულობასთან ტოლობით $\vec{B} = \mu_a \cdot \vec{H} = \mu_0 \cdot \mu \cdot \vec{H}$, სადაც $\mu_a = \mu_0 \cdot \mu$ აბსოლუტური მაგნიტური შეღწევაა, აბსოლუტური მაგნიტური შეღწევაა, აბსოლუტური მაგნიტური შეღწევაა, აბსოლუტური მაგნიტური შეღწევაა,

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$, ჰნ/მ - მაგნიტური მუდმივა,

μ - გარემოს ფარდობითი მაგნიტური შეღწევაა.

თუ მოძრავი მუხტი მოძრაობს ელექტრომაგნიტურ ველში, მაშინ მასზე მოქმედებს ორი ძალა და

$$\vec{F}_L = \vec{F}_{ელ.} + \vec{F}_{მაგ.} = q \cdot \vec{E} + q \cdot [\vec{v} \cdot \vec{B}].$$

ამ ძალას განზოგადოებულ **ლორენცის** ძალას უწოდებენ.

ცვლადი ელექტრული ველი ქმნის ცვლად მაგნიტურ ველს და ცვლადი მაგნიტური ველი - ცვლად ელექტრულ ველს მხოლოდ მაშინ, როცა ადგილი აქვს მათი ძალური მახასიათებლების \vec{E} - ელექტრული და \vec{H} - მაგნიტური ველების დაძაბულობის

ბულობების სინქარეების ცვლილებას $\Delta \vec{E} / \Delta t \neq 0$ და $\Delta \vec{H} / \Delta t \neq 0$. ამით დასტურდება მათი ურთიერთკავშირი.

ელექტრომაგნიტურ გამოსხივებას კორპუსკულარული და ტალღური ბუნება გააჩნია: ერთის მხრივ მისი ტალღური თვისებებით აიხსნება ინტერფერენციის, დიფრაქციის, პოლარიზაციის მოვლენები, ხოლო მეორეს მხრივ კორპუსკულარული თვისებებს გამოხატავს ფოტონების (ნაწილაკების) ნაკადი, რომლებიც დაბალ სიხშირეებზე გამოავლენენ ტალღურ თვისებებს, ხოლო მაღალზე კი - კორპუსკულარულს.

1.3. მუდმივი და ცვლადი ელექტრული დენი

ელექტრული დენი ეწოდება დამუხტული ნაწილაკების მოწესრიგებულ მოძრაობას.

განსაზღვრის თანახმად **დენის ძალა** უდრის გამტარის განიკვეთის ფართობში გადატანილი მუხტის რაოდენობის შეფარდებას დროის იმ შუალედთან, რა დროშიც ამ მუხტის გადატანა

$$\text{შესრულდა: } I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

ელექტრული დენი სკალარული სიდიდეა.

დენის გავცელების სინქარე არის გამტარში ელექტრული ველის გავრცელების სინქარე და არა ელექტრული მუხტების მოწესრიგებული მოძრაობის სინქარე.

დენის დადებით მიმართულებად პირობითად მიღებულია დადებითი მუხტების მოძრაობის მიმართულება.

სამი სახის ელექტრული დენი: **გამტარობის** (ლითონები, ელექტროლიტები და ნახშირი), **გადატანის** (ვაკუუმში ან კოსმოსში ელექტრონების ან იონების მოძრაობა) და **წანაცვლების** (ცვლადი ელექტრული ველის მოქმედებისას დიელექტრიკის მოლეკულების პოლარიზაცია).

დროში უცვლელ ელექტრულ დენს ეწოდება **მუდმივი დენი**, ხოლო დროში ცვალებად ელექტრულ დენს - **ცვლადი დენი**.

ელექტრული დენი იზომება ამპერებით.

1 ამპერი ეწოდება ისეთ უცვლელ დენს, რომელიც გაივლის რა ვაკუუმში ერთმანეთისგან 1 მ მანძილზე განლაგებულ ორ უსასრულოდ გრძელ და მცირე განიკვეთის ფართობის მქონე პარალელურ გამტარში, ყოველი ერთი მეტრის სიგრძის გამტარებზე გამოიწვევს ზემოქმედებას $2 \cdot 10^{-7}$ ნ მიზიდულობის ძალით.

14. ელექტრომაგნიტური ინდუქცია, ელექტრომამოძრავებელი ძალა, და ძაბვა

როგორც აღვნიშნეთ პ.1.2.-ში ცვლადი მაგნიტური ველი ქმნის ცვლად ელექტრულ ველს და პირიქით. ამ ველის ძალური ხაზები ჩაკეტილია და ამიტომ მათ უწოდებენ **გრიგალურ ველს**. გამტარზე ზემოქმედებით ეს ველი ამჟღავნებს თავს. ის მოქმედებს, როგორც ენერჯის წყარო.

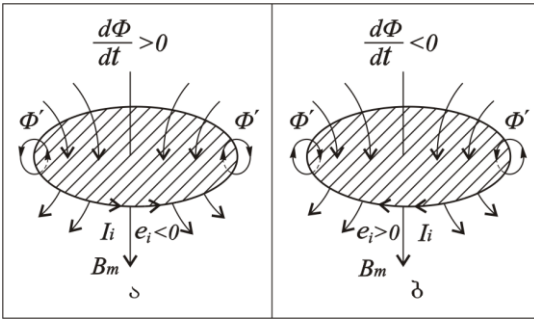
ამ მოვლენას ეწოდება **ელექტრომაგნიტური ინდუქცია**.

კონტურში, რომელიც განთავსებულია გარე ცვლადი ელექტრომაგნიტური ველის მოქმედების არეში, აღიძვრება **ელექტრომამოძრავებელი ძალა (ემძ)**.

ემძ სკალარული სიდიდეა. მის მიერ აღძრული ინდუქციური დენი ემძ-ის მიმართულების თანხვედნილია ანუ ემთხვევა დადებითად დამუხტული ნაწილაკების მოძრაობის მიმართულებას.

დენის წესის თანახმად ემძ ყოველთვის ეწინააღმდეგება გარე ელექტრომაგნიტური ველის გამჭოლი ნაკადის (ამ შემთხვევაში მაგნიტური) ცვლილების სიჩქარეს (იხ ნახ. 1.3).

თუ გარე ველის გამჭოლი ნაკადის სიჩქარე დადებითია, მაშინ გრაგნილში აღიძვრება გარე ველის გაზრდის საწინააღმდე-



ნახ. 1.3.

გო ემძ, რომელიც აღძრავს ინდუქციურებულ დენს და შესაბამის ნაკადს Φ . მისი ძალწირები გარე ველის მიმართულების საპირისპიროდ არიან მიმართული (იხ ნახ. 1.3.ა).

გარე ველის ცვლილების სიჩქარის შემცირებისას აღძრული ემძ ეწინააღმდეგება გარე ველის შესუსტებას და ამიტომ ინდუქციური დენის მიმართულება ქმნის თავის ნაკადს Φ , რომელიც გარე ველის ნაკადის თანხვედნილი მიმართულებისაა (იხ ნახ. 1.3.ბ).

მაგნიტური ძალწირების მიმართულება განისაზღვრება მარჯვენა ხრახნის მქონე **“ზურდის წესით”**.

ველის ორ a და b წერტილებს შორის პოტენციალთა სხვაობას $U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b$ ეწოდება **ძაბვა**.

ხშირად ელექტრული ძაბვას განსაზღვრავენ, როგორც ველის ძალის მიერ a წერტილიდან b წერტილში q მუხტის გადატანაზე შესრულებულ მუშაობით, ანუ $A_{ab} = q \cdot U$

1.5. თვითინდუქცია და ურთიერთინდუქცია

ფარადეი ამტკიცებდა, რომ ჩაკეტილ i -ურ კონტურში ემძის e_i ძალა უდრის მაგნიტური ნაკადის ცვლილების სინქარეს, რომელიც განჭოლავს თვით კონტურით შემოფარგლულ ფართობს.

ანუ $e_i \equiv -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$. ნიშანი მინუსი ითვალისწინებს ემძის მიმართულებას. თუ კონტური შეიცავს W ოდენობის ხვიას, მაშინ ნაკადშემბა ტოლი $\Psi = W \cdot \Phi$ და მაშინ $e_i \equiv -W \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$.

ემძის წარმოშობა ჩაკეტილ კონტურში ელექტრომაგნიტური ინდუქციის კერძო გამოვლენაა. მას ეწოდება **თვითინდუქციის e_L ემძ** რიცხობრივად თვითინდუქციის e_{iL} ადვილად წარმოსადგენია ინდუქციურობის L ცნების შემოტანით. ვინაიდან

$$\Psi = L \cdot I, \text{ მაშინ } e_L \equiv -\frac{\Delta\Psi}{\Delta t} = -L \cdot \frac{\Delta I_j}{\Delta t}.$$

ურთიერთინდუქციის e_M ემძ განპირობებულია ახლოდ მდებარე კონტურებს შორის გამჭოლი ცვლადი ნაკადშემბის არსებობით. ვინაიდან თითოეულ კონტურში (ან ერთში მაინც) ცვლადი დენის გატარებისას აღიძვრება მაგნიტური ნაკადი, მაშინ კონტურებს შორის ადგილი ექნება ნაკადშემბას. ეს გამოიწვევს ურთიერთინდუქციის ემძ e_M აღძვრას, რომელიც რიცხობრივად j კონტურში დენის ცვლილების და კოჭებს შორის **ურთიერთინდუქციის M** ნამრავლის ტოლი იქნება

$$e_M \equiv -\frac{\Delta\Psi}{\Delta t} = -M \cdot \frac{\Delta I_j}{\Delta t},$$

$$\text{მაშინ } e_i = e_L + e_M = -L \cdot \frac{\Delta I_i}{\Delta t} \pm (-M \cdot \frac{\Delta I_j}{\Delta t}) = -L \cdot \frac{dI_i}{dt} \pm (-M \cdot \frac{dI_j}{dt}).$$

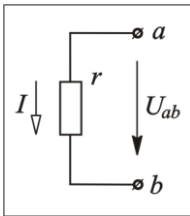
ნიშანი “პლუსი” იწერება ნაკადების თანხვედნილი მიმართულებისას, როცა ემძ ძლიერდება.

1.6. ელექტრული წრედების პასიური ელემენტები

ელექტრული წრედების პასიური ელემენტების რიცხვს მიეკუთვნება რეზისტორი, ინდუქციურობა და ტევადობა.

1.6.1. რეზისტორული ელემენტი, მისი წინააღობა, მოხმარებული სიმძლავრე და ენერჯია

პასიური საზოგადო ელემენტი ეწოდება ელექტრულ წინააღობას (ნახ. 1.4.). ელექტრული წინააღობის დენი I და ძაბვა U_{ab} მის მომჭერებს შორის დაკავშირებულია ომის კანონით:



$$I = \frac{U_{ab}}{R}$$

სადაც R – წინააღობაა. წინააღობა იზომება ომებით (ომი)

წინააღობის შებრუნებულ სიდიდეს g –ს ეწოდება – ელექტრული გამტარობა $g = \frac{1}{R}$.

ნახ. 1.4. გამტარობა იზომება სიმენსებით (სიმ).

რიცხოვრივად წინააღობის სიდიდე დამოკიდებულია არა მარტო გეომეტრიულ ზომებზე, არამედ იმ ნივთიერების თვისებებზე, რომლისგანაც ის არის დამზადებული.

ექსპერიმენტებით დადგენილია, რომ წინააღობა $R = \rho \cdot \frac{\ell}{S}$,

სადაც ρ არის ნივთიერების კუთრი წინააღობა, ომი·მ; ℓ – სიგრძე, მ; S – განიკვეთის ფართობია, მ².

რეზისტორის წინააღობა დამოკიდებულია ტემპერატურაზე

$$R = R_0(1 + \alpha \cdot t), \text{ სადაც } R_0 = \rho_0 \cdot \frac{\ell}{S} - R_0 \text{ და } \rho_0 \text{ გამტარის}$$

და კუთრი წინააღობის სიდიდეებია 0°C –ზე.

მიმდევრობით შეერთებისას წინააღობები იკრიბება და ჯამური წინააღობა უდრის $R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$, ხოლო პარალელური

ლეული სახით შეერთებისას $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$.

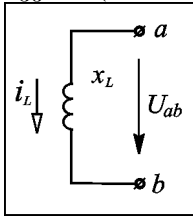
რეზისტორულ წინააღობაში მყისი ენერჯიის სიმძლავრე ტოლია $p = u \cdot i = \frac{u^2}{R} = i^2 \cdot R$, ხოლო $(0 \div t)$ დროის შუალედში გა-

მოყოფილი სითბური ენერგია ჯოულ-დენცის კანონის მიხედ-

$$\text{ვით ტოლია } P = \int_0^t p \cdot dt = \int_0^t u \cdot i \cdot dt = \int_0^t \frac{u^2}{R} \cdot dt = \int_0^t i^2 \cdot R \cdot dt$$

1.6.2. ინდუქციური ელემენტი, მისი წინაღობა, მოხმარებული სიმძლავრე და ენერგია

ინდუქციური ელემენტი წარმოადგენს რაიმე გულარზე ხვიების სახით დახვეულ იზოლირებულ მათეულს, რომელსაც ინდუქციურობის კოჭას უწოდებენ. პირობითად მისი აღნიშვნა მოყვანილია **ნახ. 1.5.**



ნახ. 1.5.

ინდუქციურობის კოჭაში შეიძლება აკუმულაცია მოახდინოს მხოლოდ ელექტრომაგნიტური ენერგიის მაგნიტურმა ენერგიამ.

დროთა განმავლობაში ის განიმუხტება და ამიტომ დიდი ხნით მაგნიტური ენერგიის დაგროვებას ადგილი არ აქვს.

ინდუქციურობის კოჭის მახასიათებელია L ინდუქციურობა (იზომება ჰენრით (ჰნ)), რო-

მელიც ტოლია

$$L = \mu_a \cdot \frac{W^2 \cdot S}{\ell} = \mu_0 \cdot \mu \cdot \frac{W^2 \cdot S}{\ell},$$

სადაც $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$, ჰნ/მ მაგნიტური მუდმივაა,

μ - გარემოს ფარდობითი მაგნიტური შეღწევადობა,

W - კოჭას ხვიათა რიცხვი,

ℓ - კოჭას სიგრძე,

S - განიკვეთის ფართობი, მ².

როგორც ვიცით კოჭაში ცვლადი დენის გატარებისას აღიძვრება თვითინდუქციის ემ ძალა, რომელიც ყოველთვის ეწინააღმდეგება დენის ცვლილებას.

კოჭაში ცვლადი დენის i - ის გასაველეად საჭიროა, რომ მასზე მოქმედი u ძაბვა იყოს რიცხობრივად ემ-ის ტოლი,

მხოლოდ საპირისპირო ნიშნით, ანუ $u = -e_L = L \cdot \frac{di}{dt}$.

ინდუქციური ელემენტის წინაღობა აღინიშნება x_L . მისი მნიშვნელობის სიდიდე დამოკიდებულია ცვლადი დენის ცვლილების სიხშირეზე $x_L = \omega \cdot L$.

ინდუქციურ წინაღობაში მყისი ენერგიის სიმძლავრე ტოლია

$$\mathcal{Q}_L = u \cdot i = L \cdot i \cdot \frac{di}{dt}, \text{ ხოლო } (0 \div t) \text{ დროის შუალედში}$$

მაგნიტური ენერგია ტოლია

$$Q = \int_0^t \mathcal{Q}_L \cdot dt = \int_0^t u \cdot i \cdot dt = \int_0^i L \cdot i \cdot di = \frac{L \cdot i^2}{2} = \frac{\Psi^2}{2 \cdot L}.$$

(ნაკადშეგება $\Psi = L \cdot i$)

იმ შემთხვევაში, თუ ძაბვას და დენს ერთი და იგივე მიმართულებაში (ნიშნები) აქვთ, მაშინ სიმძლავრე დადებითია და ენერგია გროვდება კოჭას მაგნიტურ ველში, საპირისპირო შემთხვევაში კი სიმძლავრე უარყოფითია და დაგროვებული ენერგია უკან უბრუნდება ელექტრულ წრედს.

მაგალითად, როცა ელმავალი ამუხრუჭებს ან დადმართზე მოძრაობს, ენერგია უბრუნდება ქსელს, ვინაიდან ელექტრული დამუხრუჭებისას დენი და ძაბვა საპირისპირო ნიშნებისაა.

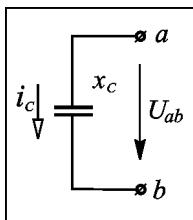
1.6.3. ტევადური ელემენტი, მისი წინაღობა, მოხმარებული სიმძლავრე და ენერგია

ელექტრული წრედის ელემენტს, რომელშიც ელექტრომაგნიტური ენერგიის დაგროვება და აკუმულაცია წარმოებს მხოლოდ ელექტრული ენერგიის სახით - ტევადურ ელემენტი ეწოდება.

ტევადური ელემენტის მახასიათებელია ტევადობა C , რომელიც SI სისტემაში იზომება ფარადებში (ფ).

* CGS(სანტიმეტრი, გრამი, წამი) სისტემაში ტევადობა იზომება **სანტიმეტრებით** (სმ).

ტექნიკურ სქემებში ტევადური ელემენტის მიღებული პირობითი აღნიშვნა მოყვანილია **ნახ. 1.6**. ტევადური ელემენტის თვისებების მიახლოებული მატარებელია კონდენსატორი.



ნახ. 1.6.

უმარტივესი ტევადური ელემენტი წარმოადგენს ორ ურთიერთპარალელურ ფირფიტა - ელექტროდს. მათ შორის მოთავსებულია დიელექტრიკი. ასეთი სახის კონდენსატორის ტევადობა გამოიანგარიშება გამოსახულებით

$$C = \epsilon_a \cdot \frac{S}{d} = \frac{\epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot S}{d}, \text{ სადაც } \epsilon \text{ არის ფარდობითი დიელექტრიკული შეღწევადობა, } \epsilon_0 \text{ - ელექტრული მუდმივა, } S \text{ - ელექტროდებს}$$

შორის ურთიერთგადაფარვის ფართობი, d - ელექტროდებს შორის მანძილი.

თუ კონდენსატორის ფირფიტებს მივაერთებთ ენერჯის წყაროსთან, მაშინ ელექტროდებზე განთავსდება საპირისპირო ნიშნის მუხტები, ხოლო მათ შორის შეიქმნება ელექტრული ველი.

ექსპერიმენტულად დადგენილია, რომ ფირფიტებზე დაგროვებული მუხტი q მოდებული u ძაბვის პროპორციულია, ანუ $q = C \cdot u$.

ცვლადი დენის პირობებში დამუხტული ფირფიტების ნიშნები იცვლება მიწოდებული ენერჯის წყაროს ω სიხშირით.

დენის განსაზღვრიდან ვიცით, რომ

$$i = \frac{dq}{dt} = C \cdot \frac{du}{dt}, \quad \text{მაშინ} \quad u = \frac{1}{C} \int i \cdot dt.$$

მიღებული გამოსახულებიდან კი გამომდინარეობს, რომ კონდენსატორში დენი მხოლოდ მაშინ გაივლის, როცა ადგილი ექნება ძაბვის ცვლილებას, ანუ $du/dt \neq 0$.

ტევადური ელემენტის წინააღობა აღინიშნება x_C . მისი მნიშვნელობის სიდიდე დამოკიდებულია ცვლადი დენის ცვლილების

სიხშირეზე $x_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$.

ტევადურ წინააღობაში მყისი ენერჯის სიმძლავრე ტოლია

$$Q_C = u \cdot i = u \cdot C \cdot \frac{du}{dt}, \quad \text{ხოლო } (0 \div t) \text{ დროის შუალედში მაგნიტური}$$

$$\text{ენერჯია ტოლია } Q = \int_0^t Q_C \cdot dt = \int_0^t u \cdot C \cdot du = \frac{C \cdot u^2}{2} = \frac{q^2}{2 \cdot C}.$$

იმ შემთხვევაში, თუ ძაბვას და დენს ერთი და იგივე მიმართულებები (ნიშნები) აქვთ, მაშინ სიმძლავრე დადებითია და ენერჯია გროვდება კონდენსატორის ელექტრულ ველში, საპირისპირო შემთხვევაში კი სიმძლავრე უარყოფითია და დაგროვებული ენერჯია უკან უბრუნდება ელექტრულ წრედს.

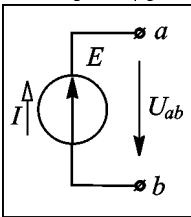
1.7. ელექტრული ენერჯიის წყაროები

ენერჯიის წყაროებს უწოდებენ ხელსაწყოებს, რომლებშიც რაიმე სახის ენერჯია (ქიმიური, თბური, მექანიკური) გამტარებში გარდაიქმნება მოძრავი მუხტების ენერჯიად.

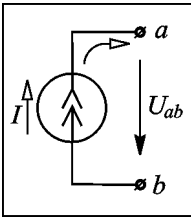
ელექტრული ენერჯიის წყაროებს მიეკუთვნება აქტიური ხაზოვანი ელემენტები:

- ძაბვის წყარო (იდეალური);
- დენის წყარო (იდეალური);
- ემძ წყარო (შიგა წინააღობით) ან გენერატორი.

ძაბვის წყარო (იდეალური). წყაროს ძაბვა არ არის დამოკიდებული მისი I დენის სიდიდეზე და ხასიათდება მისი ელექტრომომძრავებელი ძალით (ემძ) E . პარამეტრების დადებითი მიმართულებები ნაჩვენებია ნახ. 1.7-ზე და $U_{ab}=E$. წყაროს შიგა წინააღობა უდრის ნულს.



ნახ. 1.7.



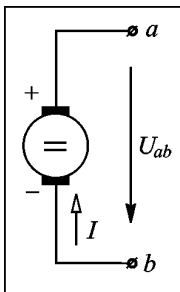
ნახ. 1.8.

დენის წყარო (იდეალური). დენის წყაროს დენი (ნახ. 1.8.) არ არის დამოკიდებული მასზე მოდებულ ძაბვაზე (დენის წყაროს შიგა გამტარობის გადინება უდრის ნულს, დენის წყაროს წინააღობა – უსასრულოდ დიდია).

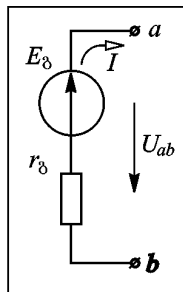
ემძ წყარო (შიგა წინააღობით) ან **გენერატორი** (ნახ. 1.9.ა) შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ ორი სახით, როგორც:

- ძაბვის გენერატორი;
- დენის გენერატორი.

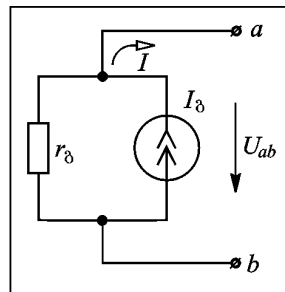
1) ძაბვის გენერატორი - მიმდევრობით შერთული სქემაა, რომელიც შეიცავს გენერატორის შიგა (ან



ა



ბ



ბ

ნახ. 1.9.

შემავალ) წინაღობას r_{∂} , და ძაბვის წყაროს ემძ-ით E_{∂} , რომელიც უქმი სვლის რეჟიმში რიცხობრივად ტოლია U_{ab} (ნახ.1.9.ბ).

2) **დენის გენერატორი** - პარალელურად შერთული სქემაა, რომელიც შეიცავს გენერატორის წინაღობას r_{∂} და გენერატორის დენის წყაროს I_{∂} , რომელიც რიცხობრივად გენერატორის მოკლე ჩართვის დენის ტოლია (ნახ. 1.9.გ).

ძაბვის გენერატორის სქემიდან გადასვლა დენის გენერატორის სქემაზე და შებრუნებით ხორციელდება ფორმულებით

$$I_{\partial} = \frac{E_{\partial}}{r_{\partial}}; \quad E_{\partial} = r_{\partial} \cdot I_{\partial}.$$

1.8. ელექტრული წრედებისათვის მიღებული ტერმინოლოგია [1]

ელექტრული წრედის სქემა არის ელექტრულ წრედის გარფიკული გამოსახულება.

ელექტრული სქემა შეიცავს მასში შემავალი ელემენტების პირობით აღნიშვნას და მათ შორის შეერთებებს.

ელექტრული სქემა შედგება წრედში შემავალი შტოებისა და კვანძებისაგან.

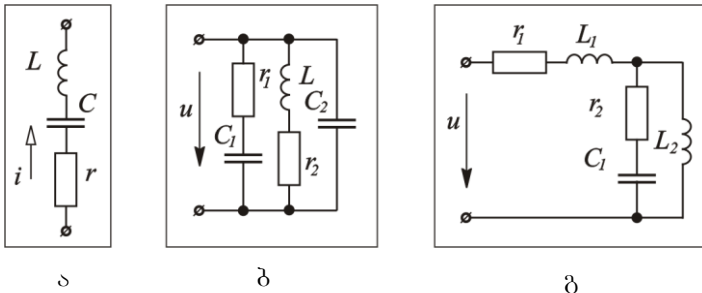
შტო ეწოდება ელექტრული წრედის უბანს, რომელშიც გადის ერთი და იგივე დენი.

კვანძი ეწოდება ელექტრული შტოების შეერთების ადგილს. ეს ადგილი აღინიშნება წერტილით.

წრედის უბანი – ელექტრული წრედის ნაწილია.

მარტივი წრედი – წრედის უბნები შეერთებულია მიმდევრობით, პარალელურად ან შერეულად.

მიმდევრობითი შეერთება (ნახ. 1.10.ა) – ელექტრულ სქემაში შემავალი წრედის ყველა უბანში გადის ერთი და იგივე დენი.



ნახ. 1.10.

პარალელური შეერთება (ნახ. 1.10.ბ) - ელექტრულ სქემაში შემაჯავალი წრედის უბნები მიერთებულია ორ (საერთო) კვანძთან.

მიმდევრობით შეერთებული კვანძები ერთი საერთო კვანძის ტოლფასია, ვინაიდან წერტილების შემამართებელი წინააღმდეგობის ტოლია,

შერეული შეერთება (ნახ. 1.10.გ) – ელექტრული სქემა, რომელიც შეიცავს მიმდევრობით და პარალელურად შეერთებულ წრედების უბნებს.

რთული ელექტრული წრედი არ დაიყვანება მარტივი წრედების ერთობლიობაზე.

ელექტრული წრედის კონტური წარმოადგენს რამდენიმე შტოსაგან შეკრულ გზას.

დამოუკიდებელი კონტური სხვა კონტურებისაგან განსხვავებით შეიცავს ერთ ახალ შტოს მაინც.

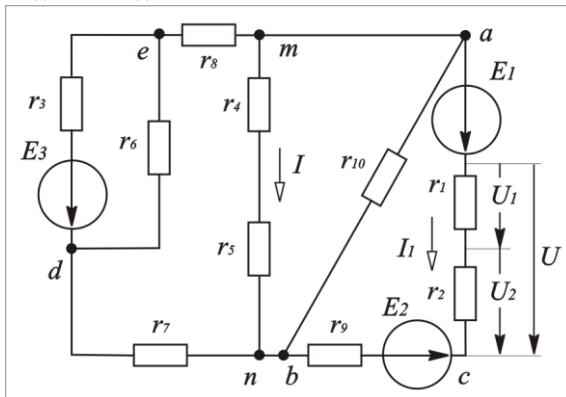
19. ელექტრული წრედების ძირითადი კანონები

19.1. ომის კანონი

ომის კანონი გამოიყენება შტოებისათვის ან ერთკონტურიანი (განშტოებების გარეშე) ჩაკეტილი წრედისათვის. ომის კანონის დაწერისას პირველ რიგში უნდა ავირჩიოთ დენის ნებისმიერად არჩეული დადებითი მიმართულება.

mn შტოსათვის **ნახ. 1.11.**, რომელიც შედგება წინააღმდეგობებისაგან და არ შეიცავს ემმ წყაროებს დენის არჩეული დადებითი მიმართულების გათვალისწინებით *m* წერტილიდან *n* წერტილის

საკენ $I = \frac{\varphi_m - \varphi_n}{r_{mn}} = \frac{U_{mn}}{r_{mn}}$, სადაც φ_m და φ_n - *m* და *n* წერტილების



ნახ. 1.11.

პოტენციალებია; $U_{mn} - m$ და n წერტილებს შორის პოტენციალთა სხვაობა ან ძაბვა; $r_{mn} = r_4 + r_5 - m$ და n წერტილებს შორის სრული წინაღობა.

თუ შტო შეიცავს ემძ და წინაღობებს (მაგალითად, acb შტოსათვის ნახ. 1.11),

$$I_1 = \frac{\varphi_a - \varphi_b + \Sigma E}{\Sigma r_{ab}} = \frac{U_{ab} + \Sigma E}{\Sigma r_{ab}}, \quad (1.1)$$

სადაც $U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b - acb$ შტოს ბოლოებზე ძაბვაა, რომელიც აღირიცხება არჩეული დენის დადებითი მიმართულების მიხედვით;

$\Sigma E = E_1 - E_2 -$ ემძ-ის ალგებრული ჯამი, რომლებსაც შეიცავს acb შტო;

$\Sigma r_{ab} = r_1 + r_2 + r_9 -$ წინაღობების არითმეტიკული ჯამი.

ფორმულას (1.1) უწოდებენ **ომის განზოგადოებულ კანონს**. ჩაკეტილი ერთკონტურიანი წრედისათვის

$$I = \frac{\Sigma E}{\Sigma r},$$

სადაც $\Sigma E -$ ემძ-ის ალგებრული ჯამია;

$\Sigma r -$ შიგა და გარე წინაღობების არითმეტიკული ჯამია. მინუს ნიშნით იღებენ იმ ემძ-ებს, რომლის მიმართულება არ ემთხვევა წინასწარ არჩეულ დენის მიმართულებას, თანხედენილი მიმართულების შემთხვევაში კი იწერება ნიშანი “პლუსი”.

1.9.2. კირსჰოფის კანონები

კირსჰოფის კანონების დასაწერად თითოეულ შტოში უნდა ავიჩინოთ დენის დადებითი მიმართულება.

კირსჰოფის პირველი კანონი: ნებისმიერ კვანძში თავმოყრილი ყველა დენის ალგებრული ჯამი უდრის ნულს,

$$\sum_{k=1}^n I_k = 0.$$

კვანძში შემავალი დენები პირობითად მიიღება დადებითად, ხოლო კვანძიდან გამომავალი დენები – უარყოფითად (ან შებრუნებით).

კირსპოვის მეორე კანონი: ელექტრული წრედის შეკრულ კონტურში ემძის ალგებრული ჯამი უდრის შტოებზე დაბვათა ვარდნის ალგებრულ ჯამს,

$$\sum_{k=1}^n E_k = \sum_{k=1}^n r_k I_k .$$

კონტურის შემოვლის მიმართულება ირჩევა ნებისმიერად (საათის ისრის მოძრაობის თანხვედნილი ან საპირისპირო).

განტოლების მარცხენა ნაწილის ჩაწერისას ემძის ნიშნები იღება დადებითი, თუ მათი მიმართულებები ემთხვევა კონტურის შემოვლის ამორჩეულ მიმართულებას (იმის მიუხედავად, თუ რა მიმართულების არის დენი), ხოლო საპირისპირო შემთხვევაში – უარყოფითი.

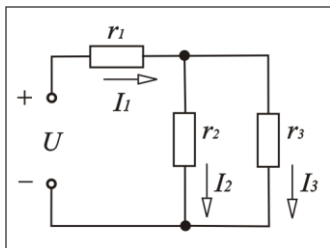
განტოლების მარჯვენა ნაწილის ჩაწერისას ძაბვის ვარდნა შტოში იღება დადებით ნიშნით, თუ მასში დენის მიმართულება ემთხვევა კონტურის შემოვლის მიმართულებას (იმის მიუხედავად, თუ რა მიმართულების არის ემძი), ხოლო საპირისპირო შემთხვევაში – უარყოფითი ნიშნით.

ორი წინააღობის მიმდევრობითი შეერთებისას ძაბვები გადა-ნაწილდებიან შემდეგნაირად (იხ. ნახ.1.11, *ac* შტო)

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{r_1}{r_2}; \quad U_1 = U \cdot \frac{r_1}{r_1 + r_2}; \quad U_2 = U \cdot \frac{r_2}{r_1 + r_2} ,$$

სადაც U - საერთო ძაბვაა ამ წრედის უბანზე, რომელიც შეიცავს r_1 და r_2 წინააღობებს.

ორ პარალელურ შტოებში ნახ. 1.12. დენები გადანაწილება



ნახ. 1.12.

$$\frac{I_3}{I_2} = \frac{r_2}{r_3}; \quad I_3 = I_1 \cdot \frac{r_2}{r_2 + r_3};$$

$$I_2 = I_1 \cdot \frac{r_3}{r_2 + r_3} ,$$

სადაც I_1 დენია წრედის არაგან-შტოებულ ნაწილში.

*კირსპოვის კანონების გამოყენებით შედგენილ განტოლებებს წრედში დენისა და ძაბვის წონასწორობის განტოლებებს უწოდებენ [1].