

## ელექტრული წრედების არანრფივი დინამიკა (10 ქულა)

მუშაობის დაწყებამდე წაიკითხეთ ზოგადი ინსტრუქცია რომელიც მოთავსებულია ცალკე კონვერტში.

### შესავალი

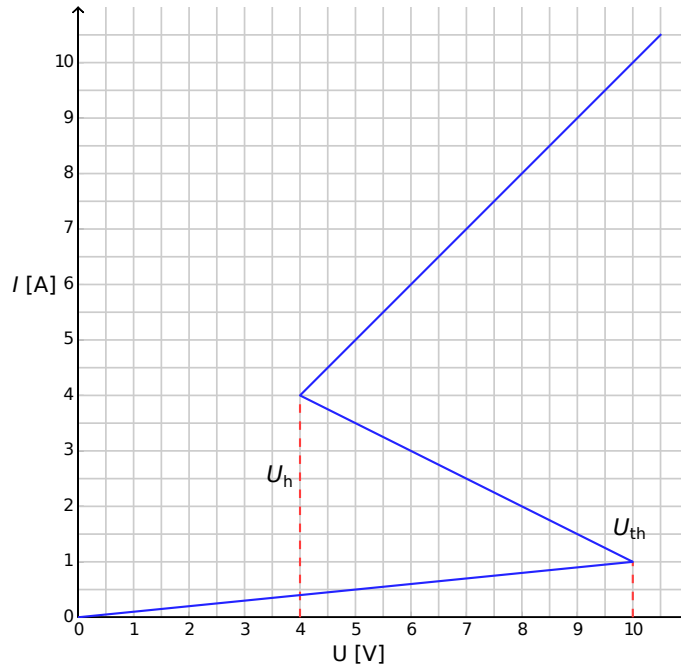
ბისტაბილური არანრფივი ნახევარგამტარული ელემენტები (მაგალითად ტირისტორები) ფარდოდ გამოიყენება ელექტრონიკაში როგორც გადამრთველები და ელექტრომაგნიტური რხევების გენერატორები. ტირისტორები ჰირდაჰირი დანიშნულებით გამოიყენება მაღალი სიმძლავრის ელექტრონიკაში ცვლადი დენის კონტროლისთვის, მაგალითად ცვლადი დენის მუდმივ დენად გარდასაქმნელად სიმძლავრეების მეგავატების დიაპაზონში. ბისტაბილური ელემენტები ასევე გამოიყენება თვითორგანიზებადი ფიზიკური სისტემების მოდელირებისთვის (ამ საკითხს მოიცავს ამოცანის ნაწილი B ), ასევე ელემენტები გამოიყენება ბიოლოგიაში (ნაწილი C ) და თანამედროვე არანრფივი მეცნიერების სხვადასხვა დარგებში.

### მიზნები

ისეთი წრედების არამდგრადობებისა და არატრივიალური დინამიკის შესწავლა, რომლებიც შეიცავენ ელემენტებს არანრფივი  $I - V$  მახასიათებლით. ინჟინერიაში და ბიოლოგიური სისტემების მოდელირებისათვის ასეთი წრედების შესაძლო გამოყენების აღმოჩენა.

### ნაწილი A. სტაციონალური მდგომარეობები და არამდგრადობები (3 ქულა)

ნახატ 1-ზე ნაჩვენებია არანრფივი  $X$  ელემენტის ეგრეთ წოდებული **S-ფორმის**  $I - V$  მახასიათებელი. დაბეჭდვის დიაპაზონში  $U_{th} = 4.00$  V- დან (დამჭერი ზაბევა)  $U_{th} = 10.0$  V-მდე (ზღურბლის დაბევა )  $I - V$  დამოკიდებულება არაცალსახაა. სიმარტივისათვის, ნახატ 1-ზე მოცემული გრაფიკი მოცემულია როგორც ნაწილ-ნაწილ წრფივი (გრაფიკი შედგება შტოებისგან რომელთაგანაც თითოეული წრფეა). ზედა წრფის გაგრძელება გადის კოორდინატთა სისტემის სათავეში. ეს მიახლოება კარგად აღწერს რეალურ ტირისტორებს.



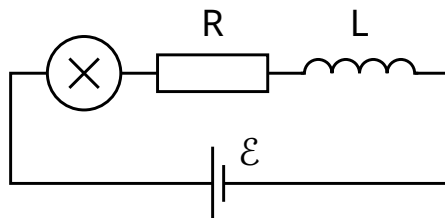
ნახატი 1 არაწრფივი  $X$  ელემენტის  $I - V$  მახასიათებელი

- A.1** გრაფიკის გამოყენებით განსაზღვრეთ  $X$  ელემენტის  $R_{\text{on}}$  წინაღობა რომელიც შეესაბამება  $I - V$  მახასიათებლის ზედა შტოს და ქვედა შტოს შესაბამისი  $R_{\text{off}}$  წინაღობა. შუა შტო აღიწერება განტოლებით 0.4pt

$$I = I_0 - \frac{U}{R_{\text{int}}} \quad (1)$$

იპოვეთ  $I_0$  და  $R_{\text{int}}$  პარამეტრების მნიშვნელობები

$X$  ელემენტი მიმდევრობით არის შეერთებული  $R$  წინაღობის რეზისტორთან,  $L$  ინდუქციურობის კოჭასთან და დენის იდეალურ წყაროსთან, რომლის ე.მ.ძ. არის  $\mathcal{E}$ . ვიტყვი, რომ წრედი სტაციონარულ მდგომარეობაშია, თუ დენის ძალა მუდმივია  $I(t) = \text{const}$ .



ნახატი 2: წრედი რომელიც შედგება  $X$  ელემენტის,  $R$  წინაღობის რეზისტორის,  $L$  ინდუქციურობის კოჭისა და  $\mathcal{E}$  ე.მ.ძ.-ს დენის წყაროსგან.

**A.2** რამდენი შესაძლო სტაციონარული მდგომარეობა გააჩნია ნახატ 2-ზე გამოსახულ წრედს ფიქსირებული  $\mathcal{E}$ -თვის და როდესაც  $R = 3.00 \Omega$ ? როგორ შეიცვლება პასუხი  $R = 1.00 \Omega$ -თვის? 1pt

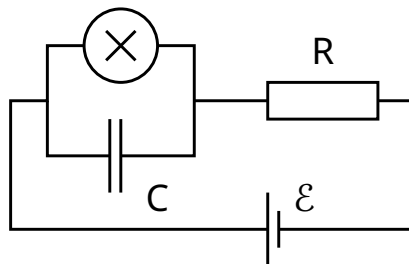
**A.3** სტაციონარულ მდგომარეობაში გამოთვალეთ  $I_{\text{stationary}}$  დენი და  $X$  არაწრფივ ელემენტზე  $V_{\text{stationary}}$  ძაბვა იმ შემთხვევაში, როდესაც  $R = 3.00 \Omega$ ,  $L = 1.00 \mu\text{H}$  და  $\mathcal{E} = 15.0 \text{ V}$ . 0.6pt

ნახატ 2 ზე გამოსახული წრედი სტაციონარულ მდგომარეობაშია და მასში გადის  $I(t) = I_{\text{stationary}}$  დენი. ამბობენ, რომ სტაციონარული მდგომარეობა მდგრადია, თუ დენის მცირე ცვლილებისას (გაზრდისას ან შემცირებისას) დენის ძალა უბრუნდება თავის სტაციონარულ მნიშვნელობას. ხოლო თუ სისტემა აგრძელებს დაშორებას სტაციონარული მდგომარეობიდან ამბობენ რომ ეს სტაციონარული მდგომარეობა არამდგრადია.

**A.4** გამოიყენეთ **A.3** კითხვაში მოცემული რიცხვითი მნიშვნელობები და შეისწავლეთ სისტემის სტაციონარული მდგომარეობის მდგრადობა როდესაც  $I(t) = I_{\text{stationary}}$  მდგრადია თუ არამდგრადი სტაციონარული მდგომარეობა? 1pt

## ნაწილი B. ბისტაბილური არაწრფივი ელემენტების გამოყენება ფიზიკაში: რადიოგადამცემი (5 ქულა)

ახლა ჩვენ ვიკვლევთ განსხვავებული კონფიგურაციის წრედს (იხილეთ ნახატი 3). ამჯერად  $X$  არაწრფივი ელემენტი პარალელურად არის შეერთებული  $C = 1.00 \mu\text{F}$  (მიკროფარადი) ტევადობის კონდენსატორთან. ეს უბანი კი მიმდევრობით არის შეერთებული  $R = 3.00 \Omega$ -წინალობის რეზისტორთან და იდეალურ დენის წყაროსთან, რომლის ე.მ. ძალაა  $\mathcal{E} = 15.0 \text{ V}$ . აღმოჩნდა, რომ ასეთ წრედში ხდება რხევები და რხევის ერთი ციკლის განმავლობაში  $X$  არაწრფივი ელემენტი ხტება თავისი  $I - V$  მახასიათებლის ერთი შტოდან მეორეზე.



ნახატი 3: წრედი რომელიც შედგება  $X$  ელემენტის,  $C$  ტევადობის კონდენსატორის,  $R$  წინალობის რეზისტორისა და დენის წყაროსგან, რომლის ე.მ. ძალაა  $\mathcal{E}$ .

**B.1**  $I - V$  გრაფიკზე დახაზეთ რხევის ციკლი, აჩვენეთ ციკლის მიმართულება (საათის ისრის მიმართულებით თუ მის საწინააღმდეგოდ). თქვენი პასუხი დაასაბუთეთ განტოლებითა და ნახაზით. 1.8pt

**B.2** გამოსახეთ ის  $t_1$  და  $t_2$  დროები რმელთა განმავლობაში იმყოფება სისტემა, რხევის ციკლის განმავლობაში,  $I - V$  გრაფიკის თითოეულ შტოზე. განსაზღვრეთ მათი რიცხვითი მნიშვნელობები. იპოვეთ სისტემის რხევის  $T$  პერიოდი, ჩათვალეთ რომ  $I - V$  გრაფიკის ერთი შტოდან მეორე სტოზე გადახტომის დრო უგულებესაყოფია. 1.9pt

**B.3** შეაფასეთ ერთი რხევისას არანრფივ ელემენტზე გამოყოფილი  $P$  სიმძლავრე. საკმარისია ამ სიდიდის რიგის განსაზღვრა. 0.7pt

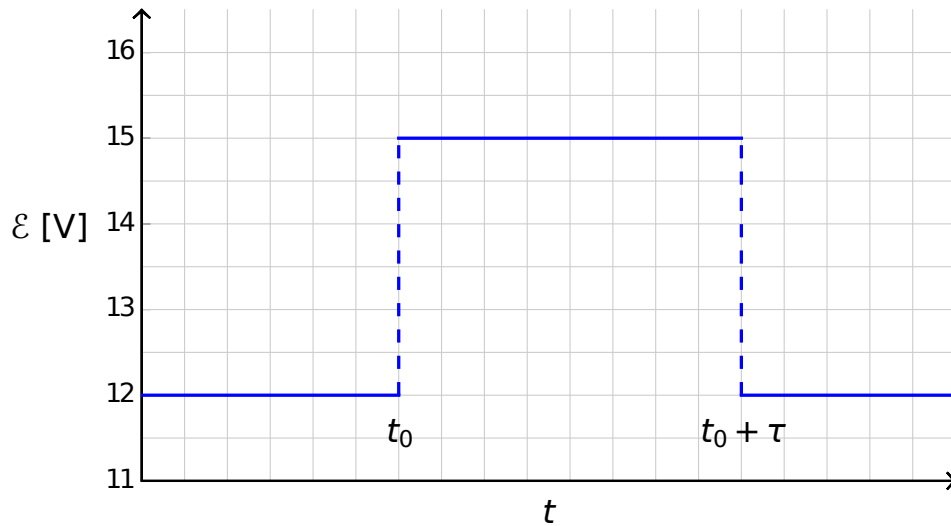
ნახატ 3-ზე გამოსახული წრედი გამოიყენება რადიოგადამცემის ასაწყობად. ამისათვის  $X$  ელემენტს აერთებენ  $s$  სიგრძის წრფივი ანტენის( სწორი გრძელი მავთული) ერთ ბოლოსთან. მავთულის მეორე ბოლო თავისუფალია. ანტენაში ფორმირდება მდგრადი, ელექტრომაგნიტური ტალღა. ელექტრომაგნიტური ტალღის სიჩქარე ანტენაში იგივეა რაც ვაკუუმში. გადამცემი მუშაობს სისტემის მთავარ ჰარმონიკაზე რომლის პერიოდია  $T$  იხილეთ შეკითხვა B.2.

**B.4** როგორია  $s$  სიგრძის ოპტიმალური სიდიდე, თუ ჩავთვლით რომ  $s$  არ უნდა აღემატებოდეს  $1 \text{ კმ-ს}$ ? 0.6pt

## ნაწილი C. ბისტაბილური არანრფივი ელემენტების გამოყენება ბიოლოგიაში: ნეირისტორი (2 ქულა)

ამოცანის ამ ნაწილში ჩვენ განვიხილავთ როგორ გამოიყენება ბისტაბილური არანრფივი ელემენტები ბიოლოგიური სისტემების მოდელირებისთვის. ადამიანის ტვინის ნეირონს გააჩნია შემდეგი თვისება: გარე სიგნალით აღგზნებისას იგი ასრულებს ერთ რხევას და უბრუნდება საწყის მდგომარეობას. ამ თვისებას აღგზნებუნარიანობას უწოდებენ. ამ თვისების გამო ნერვულ იმპულსს შეუძლია გავრცელება დაკავშირებულ ნეირონებში და ეს თვისება განაპირობებს ნერვული სისტემის არსებობას. ნახევარგამტარულ ჩიპს, რომლის საშუალებითაც ხდება აღგზნებუნარიანობისა და ნერვული იმპულსის გავრცელების სიმულირება ეწოდება ნეირისტორი (სიტყვებიდან ნეირონი და ტრანზისტორი).

ზემოთ გამოკვლეული  $X$  არანრფივი ელემენტის საშუალებით ჩვენ შევცდებით მარტივი ნეირისტორის მოდელირებას. ამისათვის ნახატ 3-ზე მოცემული ე.მ.დ.  $\mathcal{E}$  შემცირებულია  $\mathcal{E}' = 12.0 \text{ V}$  მნიშვნელობამდე. რხევები წყდება და სისტემა მიაღწევს მის სტაციონარულ მდგომარეობას. ამის შემდეგ ძაბვას სწრაფად ვზრდით კვლავ  $\mathcal{E} = 15.0 \text{ V}$  მნიშვნელობამდე და გარკვეული  $\tau$  ( $\tau < T$ ) დროის შემდეგ კვლავ ვანიჭებთ  $\mathcal{E}'$  მნიშვნელობას (იხილეთ ნახატი 4). აღმოჩნდა რომ არსებობს გარკვეული  $\tau_{\text{crit}}$ . დრო და სისტემა ავლენს თვისებრივად განსხვავებულ ყოფაქცევას როდესაც  $\tau < \tau_{\text{crit}}$  და როდესაც  $\tau > \tau_{\text{crit}}$ .



ნახატი 4: დენის წყაროს ე.მ.ძ.-ს დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი

**C.1** დასაბუთეთ  $X$  არაწრფივი ელემენტის  $I_X(t)$  დენის დროზე დამოკიდებულების თვისებრივი გრაფიკები, როდესაც  $\tau < \tau_{\text{crit}}$  და როდესაც  $\tau > \tau_{\text{crit}}$ . 1.2pt

**C.2** იპოვეთ  $\tau_{\text{crit}}$  კრიტიკული დროის გამოსახულება და მისი რიცხვითი მნიშვნელობა, რომლისთვისაც ხდება წრედის ყოფაქცევის ცვლილება 0.6pt

**C.3** არის თუ არა ნეირისტორი ის წრედი, რომლისთვისაც  $\tau = 1.00 \times 10^{-6}$  s 0.2pt