

5. საკუთრივი და მინარევული ნახევარგამტარები

ქიმიურად გასუფთავებულ ერთგვაროვან ნახევარგამტარს **საკუთრივი ნახევარგამტარი** ეწოდება. საკუთრივ ნახევარგამტარში ელექტრონების და ხვრელების რაოდენობა ერთნაირია და ასე აღინიშნება: $n_i = p_i$. საკუთრივ ნახევარგამტარში ელექტროგამტარობა ძალიან მცირეა. ამიტომ პრაქტიკაში გამოიყენებენ არა საკუთრივ, არამედ მინარევულ ნახევარგამტარებს.

მინარევული ნახევარგამტარები მიიღებიან საკუთრივ ნახევარგამტარში სხვადასხვა ტიპის მასალების შეტანის შედეგად. მაგალითად, თუ გერმანიუმის ნახევარგამტარში შევიყვანთ V ჯგუფის ელემენტს (მაგალითად, As—დარიშხანი), მაშინ მინარევის ატომები ჩაენაცვლებიან კრისტალური მესრის ატომებს გერმანიუმის ნაცვლად. V ჯგუფის ელემენტს აქვს 5 სავალენტო ელექტრონი. აქედან 4 ელექტრონი მონაწილეობს მეზობელ ატომებთან კოვალენტური კავშირის შექმნაში, ხოლო ერთი ელექტრონი შედარებით თავისუფალია და მცირე ენერგია სჭირდება, რათა გადავიდეს გამტარობის ზონაში. ყველა ეს ელექტრონი, ჩვეულებრივ პირობებში, გადასულია გამტარობის ზონაში. მამასადამე გვეჩვენა ჭარბი რაოდენობა ელექტრონებისა, ასეთი ტიპის ნახევარგამტარს ელექტრონული ანუ **n** ტიპის ნახევარგამტარი ქვია, ხოლო მინარევებს— დონორები.

6. ელექტრონულ-ხვრელური გადასასვლელი

ელექტრონულ-ხვრელური (**p-n**) გადასასვლელი წარმოიშობა, ორი სხვადასხვა ტიპის ნახევარგამტარის ტექნოლოგიური შეერთების დროს. შეერთების საზღვარზე მუხტის ძირითადი გადამტანების კონცენტრაციათა სხვაობის გამო ადგილი აქვს დიფუზიას: ხვრელები გადადიან **n** შრეში, ხოლო ელექტრონები გადადიან **p** შრეში. შედეგად ხდება რეკომბინაცია და წარმოიქმნება ჩამკეტი ფენა — უბანი, სადაც მუხტების გადამტანები აღარ გვხვდება.

ჩამკეტი ფენის ორივე მხარეს ყალიბდება მუხტების ფიქსირებული ზონა: „-“ **p**-ს მხარეს, და „+“ **n**-ის მხარეს, რაც ქმნის ელექტრულ ველს. ეს ველი:

- ხელს უშლის ძირითადი გადამტანების დიფუზიას.
- აჩქარებს არაძირითადი გადამტანების დრეიფს.

ამგვარად, წარმოიქმნება დრეიფული დენი: $I_{\text{დრ}} = I_{\text{დრ } n} + I_{\text{დრ } p}$.

სრული დენი ტოლია $I = I_{\text{ლიფ}} + I_{\text{დრ}}$, თუმცა თუკი გარეშე ველი მოდებული არ არის, მაშინ ნახევარგამტარში დენი არ გადის.

P-n გადასასვლელს შეგვიძლია დაფუკავშიროთ გარე ძაბვის წყარო ორნაირად:

- პირდაპირი ჩართვა: **p** ფენა „+“ მხარეს, **n** ფენა „-“ მხარეს. ჩამკეტი ფენა სუსტდება, დენი იზრდება.
- უკუჩართვა: **p** ფენა „-“ მხარეს, **n** ფენა „+“ მხარეს. ჩამკეტი ფენა ძლიერდება, დენი მცირდება.

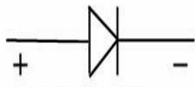
ამრიგად, **p-n** გადასასვლელი ატარებს დენს მხოლოდ ერთი მიმართულებით და წარმოადგენს ნახევარგამტარული ხელსაწყოების (დიოდების, ტრანზისტორების) ძირითად ელემენტს.

10. ნახევარგამტარული დიოდების კლასიფიკაცია

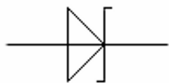
არსებობს დიოდების სხვადასხვა სახეობა: სილიციუმის, გერმანიუმის და სხვა. სიხშირის მიხედვით დიოდები გვხვდება (1) დაბალსიხშირული, (2) მაღალი სიხშირის და უნივერსალური.

დიოდებს ფიზიკური თვისებების მიხედვით განასხვავებენ:

- გამმართველი დიოდი
- იმპულსური დიოდი



- შოტკის დიოდი



- სტაბილიტრონი და სტაბისტორი
- გვირაბული დიოდი



- ფოტოდიოდი



- შუქდიოდი



- ვარიკაპი

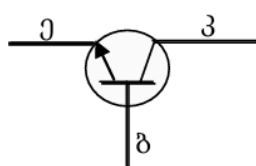
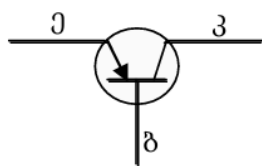
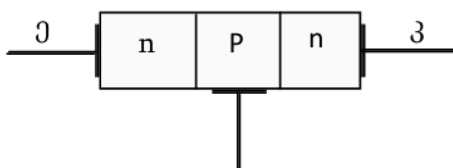
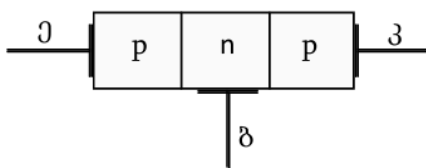


- ტირისტორი



11. ტრანზისტორების ზოგადი მიმოხილვა, ბიპოლარული ტრანზისტორები.

ტრანზისტორი წარმოადგენს ნახევარგამტარულ ხელსაწყოს რო მელსაც აქვს სამი გამომყვანი და ორი p-n გადასასვლელი. ტრანზისტორი ინგლისური სიტყვაა და ნიშნავს მართვად წინაღობას. მცირე მოთხოვნილი სიმძლავრე, მცირე წონა და გაბარიტები განაპირობებს მის უპირატესობას ვაკუუმურ და იონურ ხელსაწყოებთან შედარებით. მის ორ ელექტროდს შორის წინაღობა იცვლება მესამე ელექტროდზე მიწოდებული ელექტრული სიგნალის მეშვეობით.



ე.წ. ბიპოლარული ტრანზისტორები, ისევე როგორც ნახევარგამტარული დიოდები წარმოადგენენ ნახევარგამტარულ კრისტალს, რომელიც შეიცავს $p-n$ გადასასვლელს. დიოდისგან განსხვავებით, ტრანზისტორში ასეთი გადასასვლელი ორია. მისი სტრუქტურა შედგება იყოს $n-p-n$ ან $p-n-p$.

23. გამმართველები.

გამმართველი არის მოწყობილობა, რომელიც ცვლად დენს (ძაბვას) გარდაქმნის მუდმივ დენად (ძაბვად). განვიხილოთ გამმართველის სტრუქტურული შემადგენლობა:

1. **ვენტილური ბლოკი** – დიოდი ან ტირისტორი, რომელიც უშუალოდ ახდენს დენის გამართვას. დიოდის გამოყენების შემთხვევაში გამმართველი არის არამართვადი, ხოლო ტირისტორის შემთხვევაში – მართვადი.
2. **ტრანსფორმატორი**, რომლის საშუალებითაც ვლევულობთ დატვირთვის მიერ მოთხოვნილ სიდიდის ძაბვას. თუ ტრანსფორმატორი არის ერთფაზა, გამმართველიც ერთფაზაა. ხოლო, თუ ტრანსფორმატორი სამფაზაა, მაშინ გამმართველიც სამფაზაა.
3. **მაგლუვებელი (მასწორებელი) ფილტრი**, რომელიც ამცირებს უმაღლესი რიგის ჰარმონიკებს გამართულ დენში. ვინაიდან გამართული ძაბვა არის ფეთქადი ხასიათის, ეს ნიშნავს, რომ ის შეიცავს, როგორც მუდმივ, ასევე ცვლად მდგენელებს (პირველს, ანუ ძირითად ჰარმონიკას და უმაღლესი რიგის ჰარმონიკებს). უმაღლესი ჰარმონიკები ნეგატიურ გავლენას ახდენენ ელექტრომომხმარებლების მუშაობის რეჟიმზე და ამის გამო საჭიროა მათი შეზღუდვა და ჩვეულებრივ ნორმამდე დაყვანა.
4. **გამართული ძაბვის სტაბილურობის შენარჩუნების მიზნით**, შესაძლებელია სტაბილიზატორის გამოყენება.

გამმართველის სტრუქტურულ სქემაში შემავალი ბლოკებიდან პრინციპულად აუცილებელს მხოლოდ ვენტილური ბლოკი წარმოადგენს. ვენტილურ ბლოკში შეიძლება გამოყენებული იყოს ერთი ან განსაზღვრული სქემის მიხედვით ერთმანეთთან მიერთებული რამდენიმე დიოდი ან ტირისტორი.

24. მაგლუვებელი ფილტრები.

მაგლუვებელი (მასწორებელი) ფილტრი ამცირებს უმაღლესი რიგის ჰარმონიკებს გამართულ დენში. ვინაიდან გამართული ძაბვა არის ფეთქადი ხასიათის, ეს ნიშნავს, რომ ის შეიცავს, როგორც მუდმივ, ასევე ცვლად მდგენელებს (პირველს, ანუ ძირითად ჰარმონიკას და უმაღლესი რიგის ჰარმონიკებს). უმაღლესი ჰარმონიკები ნეგატიურ გავლენას ახდენენ ელექტრომომხმარებლების მუშაობის რეჟიმზე და ამის გამო საჭიროა მათი შეზღუდვა და ჩვეულებრივ ნორმამდე დაყვანა.

34. ტრანზისტორების h პარამეტრები.

ელექტრული წრედების თეორიიდან ცნობილია, რომ ოთხპოლუსა შეიძლება აღვწეროთ ორი განტოლებით:

$$u_1 = h_{11} \cdot i_1 + h_{12} \cdot u_2$$

$$i_2 = h_{21} \cdot i_1 + h_{22} \cdot u_2$$

$h_{11}, h_{12}, h_{21}, h_{22}$ კოეფიციენტებს ეწოდებათ ტრანზისტორის h პარამეტრები. თოთოეულ ამ პარამეტრს აქვს განსაზღვრული ფიზიკური აზრი. მაგალითად:

1. h_{11} წარმოადგენს ტრანზისტორის შესასვლელი წინააღობის სიდიდეს, რომლის დროსაც გამოსასვლელზე $u_2 = 0$ და იზომება ომეში.

$$h_{11} = \frac{u_1}{i_1}, \text{ როდესაც } u_2 = 0$$

2. h_{12} პარამეტრი ახასიათებს გამოსასვლელი ძაბვის გავლენის ხარისხს ტრანზისტორის შესასვლელ წრედზე. ამიტომ მას უწოდებენ უკუკავშირის კოეფიციენტს.

$$h_{12} = \frac{u_1}{u_2}, \text{ როდესაც } i_1 = 0$$

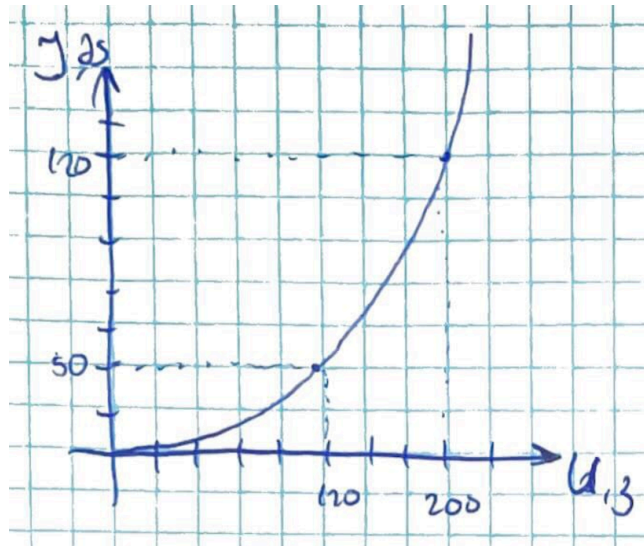
3. h_{21} პარამეტრს უწოდებენ გაძლიერების კოეფიციენტს დენის მიხედვით

$$h_{21} = \frac{i_2}{i_1}, \text{ როდესაც } u_2 = 0$$

4. h_{22} პარამეტრი წარმოადგენს გამოსასვლელ გამტარობას და იზომება ($1 \frac{\text{მვს}}{\text{ვ}}$)

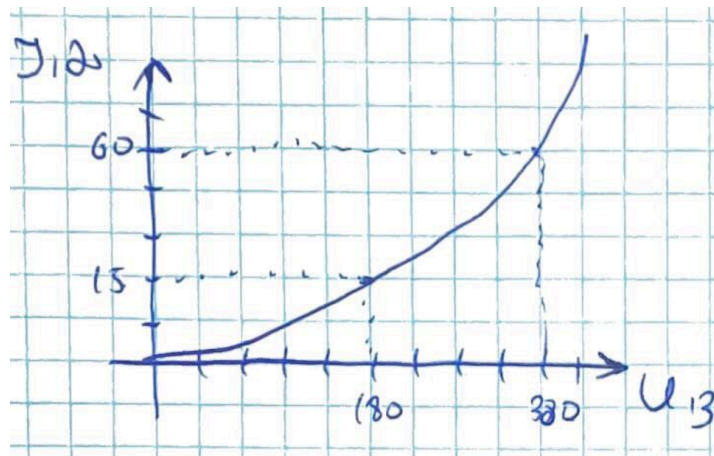
$$h_{22} = \frac{i_2}{u_2}, \text{ როდესაც } i_1 = 0$$

35. განსაზღვრეთ დიოდის მახასიათებლის ციკაბობა, თუ პირდაპირი დენის ცვლილებისას 50მა-დან 120-მა-მდე, ძაბვა დიოდზე შეიცვლება 120ვ-დან 200ვ-მდე.



$$S = \frac{\Delta I}{\Delta U} = \frac{I_2 - I_1}{U_2 - U_1} = \frac{120 - 50}{200 - 120} = \frac{70}{80} = 0.875 \frac{\text{მბ}}{\text{ვ}}$$

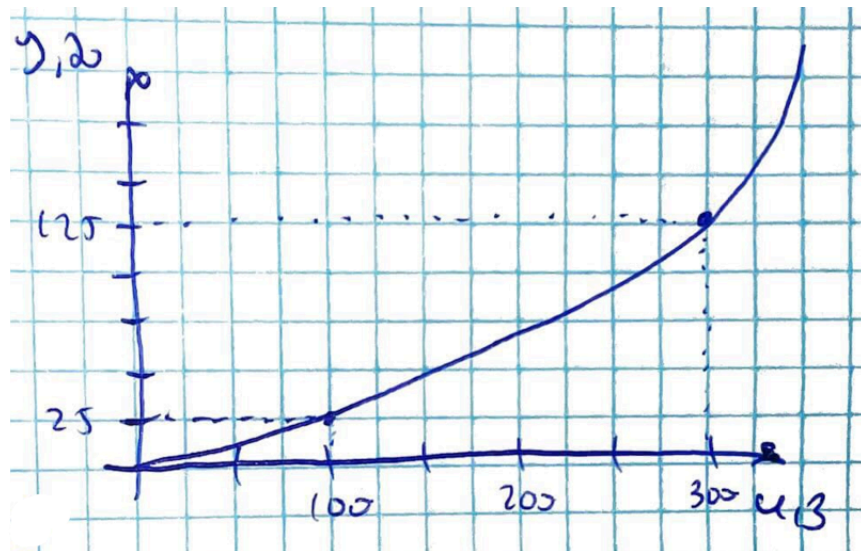
36. განსაზღვრეთ გამმართველი დიოდის დიფერენციალური წინააღობა, თუ პირდაპირი დენის ცვლილებისას 15მა-დან 60მა-მდე, ძაბვა დიოდზე იცვლება 180ვ-დან 380ვ-მდე.



$$R_i = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{U_2 - U_1}{I_2 - I_1} = \frac{380 - 180}{60 - 15} = \frac{200}{45} = 4.44 \Omega$$

37. ააგეთ დიოდის ვოლტ-ამპერული მახასიათებელი, გამოიყენეთ გრაფიკული მეთოდი და დიოდის პირდაპირი ჩართვის დროს იპოვეთ: ა) დენების მნიშვნელობები, თუ ცნობილია, რომ ძაბვა იცვლება 100ვ-დან 300ვ-მდე. ბ) იანგარიშეთ დიოდის დიფერენციალური წინაღობა.

(შენიშვნა: ვინაიდან ამოცანაში დენის მნიშვნელობები არ არის მოცემული, ისინი თავად უნდა შევარჩიოთ. მარტივი გამოთვლებისთვის, მოსახერხებელია ისეთი მნიშვნელობების შერჩევა, რომ გაყოფისას ნაშთი არ დაგვრჩეს)

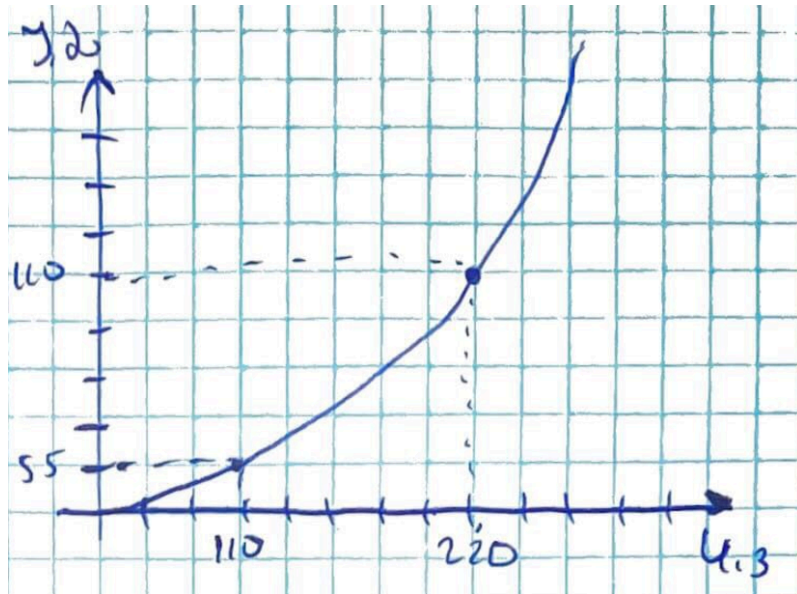


ა) როცა $U=100$ ვ, მაშინ $I=25$ მ. როცა $U=300$ ვ, მაშინ $I=125$ ა.

$$ბ) R_i = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{U_2 - U_1}{I_2 - I_1} = \frac{300 - 100}{125 - 25} = \frac{200}{100} = 2 \Omega$$

38. ააგეთ დიოდის ვოლტ-ამპერული მახასიათებელი, გამოიყენეთ გრაფიკული მეთოდი და დიოდის პირდაპირი ჩართვის დროს იპოვეთ: ა) ძაბვების მნიშვნელობები, თუ ცნობილია, რომ დენი იცვლება 55მა-დან 100მა-მდე. ბ) იანგარიშეთ დიოდის დიფერენციალური წინაღობა.

(შენიშვნა: იგივე შემთხვევა, რაც ზემოთ, ოღონდ ძაბვისთვის)



ა) როცა $I=55\text{მა}$, მაშინ $U=110\text{ვ}$. როცა $I=110\text{მა}$, მაშინ $U=220\text{ვ}$.

$$\text{ბ) } R_i = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{U_2 - U_1}{I_2 - I_1} = \frac{220 - 110}{110 - 55} = \frac{110}{55} = 2 \Omega$$