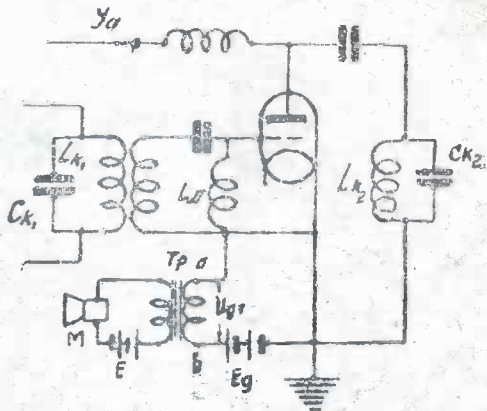


131473  
2

ქ. ი. კონტორიკაძე

# კალიბრაციის მეგობრები



საპარტაქლოს სახელმწიფო ტექნიკური გამომცემლობა.  
„ტექნიკა და ზრმა“

შს 2019-26563

კაბეჯულ  
პრინციპალ სერვისში  
ბი 264  
30/1-506.

1281473  
2

# გარიგებების იღებენ ვები

საპარტოვლოს სახელმწიფო ტექნიკური გამოცდებოვბ  
„ტექნიკა და შრომბ“



პასუხისმგებელი რედაქტორი  
**შ. ბეზიაშვილი**  
ტექნიკის მენეჯერ-გაბათა კანდიდატი

## წინასიტყვაობა

წინამდებარე წიგნის დაწერის დროს, ავტორის მიერ გაწეული შრომა ამაოდ არ ჩაიგდის, თუ იგი ოდნავად მაინც დაეხმარება ჩვენს მკითხველს გაერკვიოს მე-20 საუკუნის უდიდესი ტექნიკური მიღწევის—რადიოტექნიკის შემაღდგენელი ელემენტების გაცნობაში.

რადიო ჩვენი ახალგაზრდობის საყვარელი ტექნიკაა, რასაც მოწმობს რადიომოყვარულთა მილიონიანი მასის დაუღალავი ინტერესი მის მიმართ.

ამიტომ ავტორი თავის გაწეულ შრომას უძღვნის იმ ახალგაზრდებს, რომლებიც თავიანთ ცოდნას რადიოს დარგში დღითიდღე ამდიდრებენ.

მასალის შერჩევის და მისი დალაგების დროს ავტორი ცდილობდა დაეცვა თხრობის ლოგიკურობა, რათა ყოველი შემდეგი თავი ყოფილიყო წინმავალის ბუნებრივი განვითარება.

რადგანაც ქართული მკითხველის ბიბლიოთეკა, ქართულ ენაზე დაწერილ რადიოტექნიკური ლიტერატურით ძალზე ღარიბია, ამიტომ იძულებული ვიყავით ამ მცირე მოცულობის წიგნში, მოგვეცა ის ძირითადი პრინციპები რითაც ხასიათდება თანამედროვე რადიოტექნიკა, როგორც ცალკე ჩამოყალიბებული ტექნიკური მეცნიერება.

გვერდი ვერ ავუხვიეთ აგრეთვე იმ აუცილებელ ელექტროტექნიკურ მოვლენების და კანონების მოყვანას, რომლის ცოდნა აუცილებელია წიგნის შინაარსის გაგებისათვის რაც საშუალებას იძლევა რადიომოყვარულთა წრეების ხელმძღვანელებმა, იხელმძღვანელონ ერთი წიგნით.

რადგანაც ელექტრულ მოვლენებიდან ყველაზე მეტად რადიოტექნიკურ წრედებში რეზონანსის მოვლენები გვხვდება, ამიტომ შესაძლებლობის ფარგლებში იგი ვრცელადაა განხილული.

წიგნში, ზომის შეზღუდულობის გამო, არაა გაშუქებული რადიოტექნიკის მთელი რიგი საკითხები. ასეთებია: დეციმეტრული და სანტიმეტრული ტალღების გამოყენება, ტელემხედველობა, ბგერათა ჩაწერა და აღდგენა, სადენებო მაუწყებლობა, რადიოლოკაცია და მრავალი სხვა.

ავტორისათვის ძნელია იმის თქმა, მიაღწია თუ არა მიზანს, ე. ი. შესაძლო თუ არა ქართველ მკითხველთათვის მიგვეწოდებინა მისთვის გასაგებ მართივით დაწერილი დამხმარე წიგნი, რადიოტექნიკური ცოდნის უფრო გასაღრმავებლად. აქ ობიექტური მსაჯულია თვით მკითხველი, ამიტომ ფრიად დიდ დახმარებას გამიწევს ის, ვინც თავის შენიშვნებს მაცნობებს მისამართით: თბილისი, პლეხანოვის 44. მე-3 სართული.

## რადიოს შემოქმედელი ალექსანდრე სტეფანეს-ძე პოპოვი

რადიოს გამოგონების ისტორიულ დატად ითვლება 1895 წლის 7 მაისი... ამ დღეს ჩვენი სამშობლო აღნიშნავს ყოველწლიურად როგორც „რადიოს დღე“-ს.

1895 წლის 7 მაისს მაშინდელ პეტერბურგის უნივერსიტეტის ფიზიკურ განყოფილებაში, რუსეთის ფიზიკო-ქიმიური საზოგადოების წინაშე ა. ს. პოპოვმა საჯარო მოხსენება წაიკითხა მაღალი სიხშირის დენის უმავთულო ტელეგრაფისათვის გამოყენების შესახებ და უჩვენა აგრეთვე მომქმედი პირველი მიმღები აპარატი კაცობრიობის ისტორიაში, რომელიც გამოგონილი იყო მის მიერ.

იმვე უნივერსიტეტის სადემონსტრაცზო დარბაზში 1896 წლის 24 მარტს, დამსწრე მეცნიერების წინაშე 250 მეტრის მანძილზე ალექსანდრე სტეფანეს-ძემ, კაცობრიობის ისტორიაში უმავთულოდ გადასცა რადიოტელეგრაფმა, რომლის შინაარსი შეიცავდა მაქსველის თეორიული დასკვნების პრაქტიკულ ექსპერიმენტატორის სახელს და გვარს „ჰენრიხ ჰერცს“.

ალექსანდრე სტეფანეს-ძე პოპოვი დაიბადა 1859 წ. ურალში, ბოჟუსლოვსკის ქარხანაში. პირველსაწყისი და საშუალო განათლება მან პერმის სასულიერო სემინარიაში მიიღო, რომლის შემდეგ იგი შედის პეტერბურგის უნივერსიტეტის ფიზიკურ განყოფილების სტუდენტად, სადაც სწავლობდა 1877 წლიდან 1882 წლამდე. უნივერსიტეტს ა. ს. პოპოვი წარმატებით ამთავრებს, ამიტომ იგი დატოვებულ იქნა იქვე, პროფესორის ხარისხის მისაღებად ფიზიკის მეცნიერების დარგში.

1895 წლის 7 მაისს პოპოვის მიერ დემონსტრირებული რადიომიმღები აპარატი აკადემიკოს ა. ი. ბერგის სიტყვებით „იყო პირველი რადიო მიმღები აპარატი პოპოვის მიერ დამუშავებული, რომელიც ყველა საჭირო ელემენტება შეიცავდა რადიონიშნების მისაღებად, გარდა ამისა, ეს მიმღები იყო მსოფლიოში პირველი ხელსაწყო დიდ მანძილზე ელექტრო-მაგნიტური რხევების მისაღებად, სადაც გამოყენებულ იყო ანტენა და მოხერხებულად შერჩეული სქემა“.

იმ დროისათვის ფიზიკურ მეცნიერების ელექტრობის დარგს არ გააჩნდა მძლავრი ელექტრომაგნიტური რხევების შესაქმნელი აპარატი, ამიტომ პოპოვი თავის მიმღების სამოქმედოდ იყენებდა ატმოსფეროს ელექტრულ დატლვებს (ელვას), ამიტომ მან პირველ რადიომიმღებს „მეტალმრიცხვი“ დაარქვა.

პოპოვის გარდა სხვა მრავალი მეცნიერები აწარმოებდნენ ცდებს მაღალი სიხშირის დენის რხევებზე, მაგრამ არც ერთი მათგანი არ გასცილებია ლაბო-

რატორიის კედლებს და არავის არ მოსვლია აზრად ამ რხევების უმავთულო ტელეგრაფისათვის გამოყენება.

ალექსანდრე სტეფანეს-ძემ გენიალურად დააჯამა თავის წინამორბედთა შრომების ნაყოფი, თამამად გადალახა ლაბორატორიული ცდების და თეორიული მსჯელობების ზღუდე და პრაქტიკული გამოყენების სახე მისცა მას.

რუსეთის ფიზიკო-ქიმიური საზოგადოების წინაშე 1895 წლის 7 მაისს წაითხული მოხსენება ალექსანდრე სტეფანეს-ძემ შემდეგი სიტყვებით დააბოლოვა: „შემიძლია იმედი გამოეთქვა, რომ ჩემი ხელსაწყოს შემდგომი გაუმჯობესებით, შესაძლებელია, სწრაფი ელექტრული რხევების მეშვეობით, გამოყენებული იქნეს მანძილზე ნიშნების გადასაცემად, როგორც კი იქნება ნაპოვნი საკმაო სიმძლავრის ასეთი რხევების წყარო“. მოხსენების შინაარსი და მიმღები აპარატის სქემა 1896 წელს გამოქვეყნებულ იქნა ჟურნალ „ელექტრიცეტო“-ში შემდეგი სათაურით: „ელექტრომაგნიტური რხევების აღმოსაჩენი და აღსანიშნი ხელსაწყო“.

1897 წლის 21 აპრილს ბალტიის ფლოტის რეიდზე პოპოვი რადიოკავშირს ამყარებს 640 მეტრის მანძილზე, ხოლო იმავე წლის ზაფხულში კავშირის მანძილი 5 კილომეტრამდე იქნა აყვანილი. ეს მაშინ ნამდვილი ტექნიკური სასწაული იყო.

მიმღები აპარატი სიგნალებს აღრიცხავდა მორხეს ნიშნებით ლენტაზე მორხეს აპარატის საშუალებით, რის სამოქმედოდ, ცხადია, დიდი ელექტრომაგნიტური არეს დაძაბულობა იყო საჭირო მიღების ადგილზე.

1899 წლის ზაფხულში პოპოვის თანამშრომლები პ. ნ. რობკინმა და დ. ს. ტროიციკიმ აღმოაჩინეს სმენითი მიღების საშუალება, რამაც კავშირის მანძილი უცბად 47 კილომეტრამდე გაზარდა, რადგანაც ამ შემთხვევაში ტელეგრაფის ნიშნების მისაღებად საკმარისი იყო მიღების ადგილზე მცირე ელექტრომაგნიტური არე.

1900 წელს, 23 იანვარს ფინეთის ყურეში ხმელეთს მომწყდარმა ყინულმა ზღვაში გაიტანა მეთევზენი, რომელთაც აუცილებელი დაღუპვა მოელოდათ, ეს ცნობა ალექსანდრე სტეფანეს-ძემ რადიოთი გადასცა ყინულმჭრელ „ერმაკს“, რის შედეგად გადარჩენილ იქნა 27 ადამიანთა სიცოცხლე. ამგვარად, რადიომ თავისი პრაქტიკულ საქმიანობაში პირველი გამოყენება კეთილშობილურ საქმეში ჰპოვა.

ამ წლებში პოპოვის გამოკონების ურცხვად მიტყვევებას ცდილობს იტალიელი მარკონი, რომელსაც საზღვარგარეთის დაინტერესებული წრეები მართლა აკუთვნებდნენ მას რადიოს გამოგონებას, სანამ რუსმა მეცნიერმა და განსაკუთრებით საბჭოთა მეცნიერებმა არ აღიმაღლეს სამართლიანობის დაცვის ხმა.

საბჭოთა მეცნიერებმა რადიოს წარმოშობის გულდასმითი და კეთილსინდისიერი შესწავლით მსოფლიო საზოგადოების წინაშე აღადგინეს რუსი დიდი გამოგონი ალექსანდრე სტეფანეს-ძე პოპოვის პირველობა რადიოს გამოგონებაში.

აღსანიშნავია ის გარემოება, რომ მარკონი თავის სქემას აქვეყნებს მის შემდეგ, რაც პოპოვმა გამოაქვეყნა არამცთუ სქემა არამედ მისი აღწერილობა და მოხსენების ტექსტი თავისი გამოგონების გარეშე. ამავე დროს მარკონის ერთი წლით დაგვიანებით გამოქვეყნებული სქემა არაფრით არ განსხვავდებოდა პოპოვის სქემისაგან. ეს სამართლიან ექვს იწვევდა იმ დროინდელ დიდ ავტორიტეტებში ფიზიკურ მეცნიერების დარგში, მარკონის ე. წ. „გამოგონების“ შესახებ. მაგრამ მიუხედავად ამისა, მოხერხებულ კომერსიანტმა და საქმოსან-ბარკონიმ, შესძლო იმდროინდელ პრესაში თავის გარეშე იმ ავტენტურობა განეხილათ.

ამან მიიქცია ინგლისის სახელმწიფოს გავლენიან პირთა ყურადღება, — სადაც მარკონმა თავისი „გამოგონება“ წარადგინა პატენტის მისაღებად — რის შედეგად ინგლისის ხაზინიდან ლაბორატორიების და ცდებისათვის მიიღო მილიონობით თანხა.

საწინააღმდეგო პირობებში უხდებოდა მუშაობა პოპოვს. მეფის მთავრობასთან ცოტად თუ ბევრად დაახლოებულ პირთაგან, აღმირალ მაკაროვიც მიაქცია ჯეროვანი ყურადღება პოპოვის შემოქმედებას, რომელიც იმ დროს კორონშტადტის პორტის უფროსი იყო. მაგრამ, საუბედუროდ, თავისი პროგრესიული აზრების გამო, მაკაროვი ვერ სარგებლობდა დიდი გავლენით მეფის მთავრობაში, რომელიც მოწინააღმდეგე იყო ყოველი ახალის.

ამ მიზეზის გამო მაკაროვის მრავალჯერად შუამდგომლობამ, რაბა სახელმწიფო ხაზინიდან პოპოვისათვის მიეცათ ლაბორატორიების მოსაწყობად და ცდების ჩასატარებლად ჯეროვანი თანხა, მიზანს ვერ მიაღწია.

ერთ-ერთ თავის მოხსენებაში მაკაროვი პოპოვის და მისი გამოგონების შესახებ სწერს:

„პოპოვის უმავთულო კავშირის გასაუმჯობესებლად, დრო რჩება მხოლოდ ლამაზობით, რადგანაც დღისით თავის რჩენისათვის შრომას უნდება“-ო. ამ სიტყვებით მაკაროვს უნდოდა ეკონომურად უზრუნველყოთ პოპოვი, რათა მთლიანად მისცემოდა იგი თავისი გამოგონების მშობლიურ ფლოტში დანერგვას და განვითარებას. მაკაროვი პოპოვის გამოგონებას სამართლიანად ნაციალურ სიამაყედ თვლიდა, როგორც თავისი სამშობლოს ნამდვილი პატრიოტი-

მაგრამ, საუბედუროდ, მაშინ რუსეთის მთავრობის წევრთა შორის გამეფებული იყო ცრუ პატრიოტიზმი, უნდობლობა ყოველი რუსული ახალი წამოწყების და თავყანისცემა ყოველ უცხოურის მიმართ. სწორედ ამ მიზეზის გამო არ ეძლეოდა გასაქანი რუსულ მეცნიერულ და ტექნიკურ აღმოჩენა-გამოგონებებს.

ამის დამასაბუთებელია რადიოს გამოგონის პოპოვის უგულველყოფა თავის სამშობლოში და აგრეთვე ის ფაქტი, რომ აღმირალ მაკაროვის შუამდგომლობას რუსეთის საზღვაო სამინისტროს მმართველ ტირტოვმა 1902 წლის 2 აგვისტოს, დააწერა შემდეგი რეზოლუცია:

„უნდა იქონიოთ მხედველობაში, რომ პროფესორი პოპოვი თავისი ნებით დადაგა ელექტროტექნიკური ინსტიტუტის პროფესორად, და ჩემთვის გაურკვეველია, თუ როგორ ვაიძულოთ იგი იმუშაოს მხოლოდ და მხოლოდ უმავთულო ტელეგრაფის გაუმჯობესებისათვის“. აი, ამგვარად ესმოდა ჩემის წინა-



ხელეს წეცნიერის და გამომგონის მუშაობა თავის გამოგონების განვითარებაზე რომელსაც არამცთუ მნიშვნელობა ქონდა რუსეთის საზღვარო ფლოტის და არმიისათვის, არამედ წარმოადგენდა კაცობრიობის უდიდეს განძს.

ასეთი დაუფასებლობის და უნდობლობის პირობებში რადიოს დიდი შენობმქმედი ა. ს. პოპოვი მანც დაუღალავად მუშაობდა, რათა თავისი სამშობლოს ფლოტი შეეიარაღებინა, კავშირის ისეთი საშუალებით, რომლის შეცვლა სხვა რაიმეთი შეუძლებელი იყო.

აღსანიშნავია, რომ პოპოვის რადიოტელეგრაფის ნაწილებს რუსეთის მთავრობა, ნაცვლად იმისა, რომ აქვე მოეწყო წარმოება, უკვეთავს ფრანგულ ფირმა „დელუკერტეზს, რომელმაც თავი ვერ გაართვა ამ რთულ საქმეს და მთავარ კონსულტანტად იწვევს თვით ა. ს. პოპოვს.

სამშობლოში უგულველყოფილ პოპოვს, 1900 წლის 18 აგვისტოს პარიზის ელექტროტექნიკური საერთაშორისო გამოფენის ეიური, თავისი რადიოტელეგრაფის გამო აჯილდოებს ოქროს დიდი მედლით და დიპლომით.

იაპონია-რუსეთის ომის პერიოდში პოპოვი მხურვალე მონაწილეობდა იღებს, პეტერბურგიდან შორეულ აღმოსავლეთში გაგზავნილი, წყნარ ოკეანეს ესკადრების უმავთულო ტელეგრაფით ანუ რადიო აპარატებით მოწყობაში. აქაც თავი იჩინა მეფის მოხელეთა უხეირო და ზოგჯერ უარყოფით დამოკიდებულებამ ახალი ტექნიკის მიმართ. სახელდობრ, ხომალდზე დადგმული რადიო-აპარატების მომსახურე პერსონალი სუსტად იყო მომზადებული. რადიოხელსაწყოების და მოწყობილობათა ექსპლოატაციაში სპეციალური კადრების მომზადების მაგივრად, რადიოტელეგრაფს აბარებდნენ უმრავლეს შემთხვევაში არტილერისტებს, რომლებიც სავსებით უცოდინარი იყვნენ ამ საქმეში. აღსანიშნავია, რომ წყნარი ოკეანეს ერთ-ერთი ესკადრის, ცუსიმასთან იაპონიის ფლოტთან ბრძოლაში სამარცხვინო დამარცხების უშუალო დამნაშავე ადმირალ როვესტენსკიმ, რადიოტელეგრაფის გამოყენება აუკრძალა გემის მეკავშირეებს.

წყნარი ოკეანეს ფლოტის დაღუპვასთან ერთად დაიღუპნენ ა. ს. პოპოვის მრავალი მოწაფეები რადიოტელეგრაფიაში, პორტ-არტურში იღუპება აგრეთვე 1904 წლის 30 მარტს, პატრიოტი ადმირალი მკაპროვი, რომელსაც დიდი დავწლი მიუძღოდა პოპოვის საქმის დანერგვაში.

ამგვარად, ალექსანდრე სტეჟანეს-ძეს რუსეთ-იაპონიის ომმა შემოაცალა მრავალი გულმხურვალე თანამგრძობნა და დამხმარენი, მაგრამ მისი ნებისყოფა არ გატეხილა და ამ დროისათვის რადიოტელეგრაფით კავშირი, აპარატურის გაუმჯობესების და შესწორებათა შეტანის შედეგად, შესაძლებელი გახდა რამდენიმე ასეული კილომეტრის მანძილზე.

1905 წლის რევოლუციის დროს ა. ს. პოპოვს ირჩევენ პეტერბურგის ელექტროტექნიკური ინსტიტუტის, პირველ არჩეულ დირექტორად. როგორც ინსტიტუტი თავისი სტუდენტობით, ისე მისი ახალი დირექტორი, არ დარჩენილა მასათა რევოლიუციონური მოძრაობის გარეშე და მეფის ოხრანკამდე მივიდა ხმა პოპოვის კეთილგანწყობილების შესახებ რევოლუციონერ სტუდენტების მიმართ.



მეფის შინაგან სამინისტროში გამოძახების და იქაურ მოხელეებთან მძიმე შეხვედრის შემდეგ, სადაც ალექსანდრე სტეფანეს-ძე თავგამოდებით იცავდა თავის, რევოლუციონურად განწყობილ სტუდენტობას, იგი შინ ბრუნდება: ავადმყოფი.

მეორე დღეს, მიუხედავად სისუსტისა, მაინც მიდის რუსეთის ფიზიკო-ქიმიური საზოგადოების სხდომაზე, სადაც იგი არჩეულ იქნა ამ საზოგადოების ფიზიკური განყოფილების თავმჯდომარედ. ამით ალექსანდრე სტეფანეს-ძე პოპოვი რუსეთის ფიზიკური მეცნიერების მოღვაწეთა მიერ ცნობილ იქნა როგორც რუსეთის ფიზიკური მეცნიერების ხელმძღვანელი.

საზოგადოების სხდომიდან შინ დაბრუნებული ალექსანდრე სტეფანეს-ძე უკანასკნელად ჩაწვა ავადმყოფობით დაძლეული და მეორე დღეს 1906 წლის 13 იანვარს გარდაიცვალა.

რადიოს გამოგონებიდან 11 წლის მანძილზე ამ დაუღალავმა ადამიანმა დადიმა მეცნიერ-გამომგონებელმა, მიუხედავად მეფის რუსეთის მოხელეთა ყოველგვარი უაღუღელყოფის და უყურადღებობისა, შესძლო თავის სამშობლოსათვის მიეცა იმ დროისათვის საკმაოდ განვითარებული რადიო-აპარატურა.

სამშობლოსათვის სიყვარულმა და თავისი გამოგონების დიდი მომავლის რწმენამ ათქმევინა მას შემდეგი სიტყვები, როდესაც მის გადამბირებას ცდილობდნენ უცხოური ფირმები:

„მე რუსი ადამიანი ვარ, და ყველა ჩემი ცოდნა, ყოველი ჩემი შრომა, ყველა ჩემი მიღწევები, უფლება მაქვს მივსცე მხოლოდ ჩემს სამშობლოს. დაე აქნუ გამიგებენ მე, დაე ზოგიერთებმა აბუჩად ამიგდონ კიდევც, მე მაინც ვამაყობ მით, რომ რუსად დავიბადე.“

თუ თანამედროვენი არა, ჩვენი შთამომავლნი გაიგებენ, რამდენად დიდია ჩემი თავდადება ჩვენი სამშობლოს წინაშე, და ბედნიერი ვარ მით, რომ არა უცხოეთში, არამედ რუსეთში ალმოჩენილი კავშირგაბმულობის ახალი საშუალება“

ალექსანდრე სტეფანეს-ძის გარდაცვალების შემდეგ რუსი მეცნიერები და ინჟინრები განაგრძობენ რადიოტელეგრაფის დანერგვას რუსეთის არმიასა და ფლოტში, მაგრამ მათი მოღვაწეობა შეზღუდულ იყო საზღვარგარეთული ფირმებისაგან, რომლებიც ამარაგებდნენ რუსეთს რადიოტელეგრაფის აპარატებით.

მეფის რუსეთს არ გააჩნდა არამც თუ საკუთარი რადიოაპარატების ქარხანა, არამედ არ იყო ცოტად თუ ბევრად სერიოზულ ბაზაზე მომუშავე სარემონტო სახელისწო.

მხოლოდ ლენინის და სტალინის შორსმჭვრეტელმა გენიამ შეაფასა ჯეროვნად რადიოს როლი და მისი განვითარების პერსპექტივები.

1918 წლის დეკემბერში ლენინმა გამოსცა სპეციალური დეკრეტი ნიჟეგოროდსკის რადიოლაბორატორიის დაარსების შესახებ, რომელიც გარდაიქმნა

საბჭოთა რადიოტექნიკის აკვნად. ამ ლაბორატორიაში ლენინის გულისხმიერი ყურადღების ქვეშ მუშაობდნენ ჩვენი რადიოტექნიკის კორიფეები ბონჩ-ბრუევიჩი, ვოლოგდინი, ტატარინოვი, შორინი და სხვები.

ჩვენი ქვეყნის ინდუსტრიალურ ბაზამ რადიოტექნიკას დიდი განვითარების პერსპექტივები შეუქმნა. საბჭოთა სახელმწიფოს განვითარების ყოველ პერიოდში, საბჭოთა კავშირის, მძლავრი, რადიოსადგურების განვითარების მხრივ პირველი ადგილი უჭირავს მსოფლიოში.

1. ატომი და მისი აღნაგობა

ატომი, პროტონი და ელექტრონი. ჯერჯერობით ბუნებაში აღმოჩენილი და შესწავლილია 96 ელემენტი, რომელთაგანაც შესდგება ყველა ის ნივთიერება, რომელიც ჩვენს გარშემო არსებობს. ზოგი ამ ელემენტთა ნაკლებ რაოდენობას შეიცავს, ზოგი კი მეტს. მაგალითად, თუ ავიღებთ ბუნებაში ესოდენ გავრცელებულ ნივთიერებას—წყალს, იგი შედგება ორი წილი წყალბადისაგან (H) და ერთი წილი ჟანგბადისაგან (O), და ქიმიური ფორმულით გამოიხატება  $H_2O$ -თი, რომელიც მაჩვენებელია წყლის როგორც ნივთიერების ნაწილის—მოლეკულის შემადგენლობის.

მოლეკულა ყველა ნივთიერების დამახასიათებელი უმცირესი ნაწილაკია და თუ მასაც გავეყოფთ რაიმე საშუალებით, მაშინ იგი იშლება სრული ამ სიტყვის მნიშვნელობით, და ელემენტობით ელემენტებს, რომელთა რაოდენობა ბუნებაში მუდმივია და განიცილიან მუდმივ გადაჯგუფებას, ე. ი. არიან მუდმივ დინამიურობაში—მოძრაობაში.

მე-19 საუკუნის ბოლო წლებამდე მეცნიერება ადგა იმ აზრს, რომ ქიმიური ელემენტები, მაგალითად, წყალბადი (H) წარმოადგენს ნივთიერების უკანასკნელ ინსტანციას ე. ი. ის არის მისი გაყოფადობის ზღვარი. ამ განუყოფელ ნაწილს ბერკენი ფილოსოფოსები უწოდებენ ატომს, რაც ბერძნულად განუყოფელს ნიშნავს.

თანამედროვე მეცნიერება კი ასკვნის, რომ ატომი არამც თუ განუყოფელია, არამედ იყოფა რამდენიმე ნაწილად, რომლებთაგან ზოგიერთი აღქურვილია დადებითი მუხტით, ზოგი უარყოფითით, ზოგს კი სავსებით არ გააჩნია იგი.

რამდენიმე საუკუნის წინ, ჩვენს ერამდე ამჩნევდნენ, რომ ქარვა შალზე გახეხვის შემდეგ იზიდავდა მცირე ნაწილაკებს. ქარვას ბერძნულად „ელექტრონი“ ეწოდება და ამიტომ ამ მოვლენას ელექტრული მოვლენა უწოდეს.

ელექტრობას, რომლის საშუალებით ატომის შემადგენელი ნაწილაკები ამკლავებენ ამა თუ იმ თვისებას, ელექტრული მუხტი უწოდეს.

მუხტები თავიანთი თვისების მიხედვით ორგვარია: უარყოფითი, რომელიც მატარებელია მიწუს (-) ნიშნიანი ელექტრობის, მეორე კი დადებითია. და მატარებელია პლიუს (+) ნიშნიანი ელექტრობის.

ელექტრონული თეორიის მიხედვით ატომი. რთული აღნაგობის შემცველია. მის ცენტრალურ ნაწილს წარმოადგენს ბირთვი, რომელიც დადებითი ელექტრული მუხტის მატარებელია.

ბირთვის გარშემო, იმისდა მიხედვით თუ რა ელემენტთან გვაქვს საქმე—მოძრაობს ერთი ან რამდენიმე ელექტრონი, რომელიც მატარებელია უარ-

ყოფითი მუხტის. თანამედროვე მეცნიერებას აღმოჩენილი აქვს ატომის შემდეგი ელემენტარული ნაწილაკები:

1. ელექტრონი—მატარებელი უარყოფითი მუხტის და მისი მასა 1840-ჯერ ნაკლებია ნეიტრონის ანდა პროტონის მასაზე.

2. პროტონი—მატარებელი დადებითი ელექტრული მუხტის და წარმოადგენს ატომის ცენტრალურ ნაწილს.

3. ნეიტრონი—(იმყოფება ატომის ბირთვში) მას ელექტრული მუხტი არ გააჩნია და მისი მასა პროტონის მასის ტოლია\*).

4. პოზიტრონი—ატარებს დადებით მუხტს და მისი მასა ელექტრონის მასის ტოლია.

5. ნეიტრონი მას უძრავ მდგომარეობაში მასა არ გააჩნია, ხოლო მოძრაობის გადიდებასთან ერთად მისი მასა იზრდება.

6. მეზოტრონი—მისი მასა თითქმის 200-ჯერ მეტია ელექტრონის მასაზე. რაც შეეხება მის ელექტრულ მუხტს, ვგვხვდებით როგორც დადებითად, ისე უარყოფითად დამუხტული.

7. ვარიტრონი—რომლის მასა 1000-ჯერ მეტია ელექტრონის მასაზე და ბუნებაში ვგვხვდებით როგორც დადებითად, ისე უარყოფითად დამუხტული.

სურ. 1 მოცემულია მარტივი ატომის მაკეტი ანუ ნაჩვენებია ატომის აღნაგობის დაახლოვებითი სახე; ყველაზე უფრო მარტივ ატომს წარმოადგენს წყალბადის ატომი, რომლის ბირთვის გარშემო ერთადერთი ელექტრონი ბრუნავს.

სურ. 2 მოცემულია უფრო რთულ აღნაგობის ატომი, რომლის ბირთვის გარშემო საკუთარ ორბიტზე მოძრაობს არა ერთი ელექტრონი, არამედ 4.

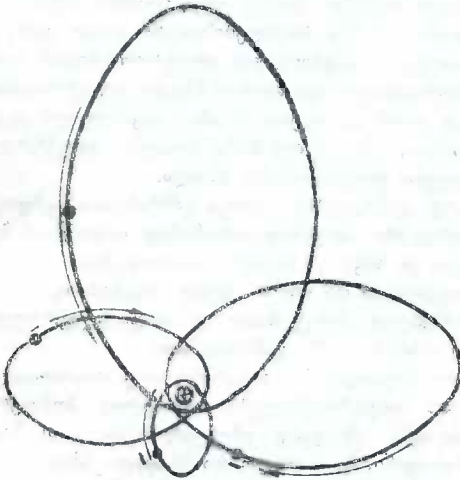
ყოველ ელემენტში არსებობს ელექტრული მუხტები—მაგრამ იგი არ ამკვდევნებს თავის არსებობას, რაც აიხსნება ე. წ.

მუხტებს შორის წონასწორობით ე. ი. რამდენი უარყოფითი მუხტია ატომში იმდენივე დადებითია, რის შედეგად გვაქვს ელექტრული წონასწორობა და

\* თანამედროვე ფიზიკურ მეცნიერებაში ატომის შესწავლისათვის მასის ერთეულად მიღებულია, წყალბადის ატომის მასა, ე. ი. მის მასას ერთს ტოლად თვლიან.



სურ. 1.



სურ. 2.

გარედ არ შეღავნდება იგი. თუ რაიმე საშუალებით დავარღვევთ მუხტებს შორის არსებულ წონასწორობას, მაშინ ატომი და ამის შედეგად თვით ნივთიერებაც გამოამქლავინებს ელექტრულ მუხტს.

თუ ატომს მოვაცილებთ ერთს ან რამდენიმე ელექტრონს, მაშინ იგი დადებითად დატვირთული აღმოჩნდება და თუ მივუმატებთ, მაშინ უარყოფითად — ეს იმიტომ, რომ პირველ შემთხვევაში ატომში რჩება კარბი დადებითი მუხტი, მეორე შემთხვევაში კი კარბადაა ელექტრონები, ე. ი. უარყოფითი მუხტი.

## 2. გამტარები და არა გამტარები

ბუნებაში არსებული ყველა ნივთიერება შეგვიძლია დავყოთ: გამტარებად, ნახევრად გამტარებად და იზოლატორებად\*). ნივთიერებათა ეს თვისება ელექტრული თეორიით აიხსნება. ელექტრონები ბირთვთან მიმზიდველობის ძალით არიან დაკავშირებული, მაგრამ ზოგ ნივთიერებაში არიან ისეთი ელექტრონები, რომლებიც სუსტად არიან დაკავშირებული მასთან და რაიმე გარეშე ძალის გავლენით შესაძლებელია მოწყდეს ბირთვს, და დამოუკიდებლად იწყოს მოძრაობა. ზოგი კი სავსებით არ არის დაკავშირებული რომელიმე ატომის ბირთვთან და უწყესრიგოდ „დაეხეტება“ უამრავ ატომებს შორის. ასეთ ელექტრონებს თავისუფალ ელექტრონებს უწოდებენ.

არიან აგრეთვე ისეთი ნივთიერებები, სადაც ელექტრონები მტკიცედ არიან დაკავშირებული ბირთვთან და მისი მოცილებისათვის დიდი გარეშე ძალაა საჭირო. სუსტად და მტკიცედ დაკავშირებულ ელექტრონებიდან პირველს შეგვიძლია ვუწოდოთ ნახევრადმუხტი და მეორეს ბმული ელექტრონები. ისეთ სხეულებს, სადაც მრავლად არიან „მოხეტიალე“ ანუ თავისუფალი ელექტრონები მიეკუთვნებიან ლითონები, ამიტომ თუ მასზე მოვდებთ ელექტრულ ძაბვას, გამტარში ადვილად მივიღებთ ელექტრონების ნაკადს.

ლითონები ითვლებიან კარგ გამტარებად: კარგი გამტარებია აგრეთვე მარილიანი წყალი ცუდ გამტარებად ანუ ნახევრადგამტარებად ითვლებიან ხე, მშრალი მიწა, ბამბეულის ქსოვილი და სხვა. ეს საგნები ხასიათდებიან ნაკლებ თავისუფალ ელექტრონთა რაოდენობით და უფრო მეტად ისეთებით, რომლებიც მტკიცედ არიან დაკავშირებული პროტონთან და დიდი ელექტრული მძაბვაა საჭირო, რომ იგი თავისი ორბიტიდან\*\*\*) გამოიყვანონ.

და ბოლოს, არსებობენ ისეთი სხეულები, რომლებშიც არც თავისუფალი ელექტრონებია და არც სუსტად დაკავშირებულები, რომელთა მოწყვეტა პროტონიდან ადვილი იყოს. ასეთებს უწოდებენ იზოლატორებს, მათ მიეკუთვნება: ჰაერი, ქარსი, მინა, პარაფინი, მარმარილო და მრავალი სხვა.

გამტარზე მოდებული ძაბვა სხეულში ქმნის ელექტრონების ნაკადს, რომლის სიდიდე დროის ერთეულში გვაძლევს დენის ძალას:

\*) ბუნებაში აბსოლუტურად ელექტროდენის არგამტარი სხეული არ არსებობს, მაგრამ არიან ისეთები, რომლებიც პრაქტიკულად იმდენად სუსტ დენს ატარებენ, რომ შეგვიძლია არ მივიღოთ მხედველობაში მის მიერ გატარებული დენის სიდიდე — ასეთ სხეულებს არგამტარებს ანუ იზოლატორებს უწოდებენ.

\*\*) ორბიტი ეწოდება იმ გზას, რომელსაც შემოსწვრს ელექტრონი ბირთვის გარშემო.

ყველა გამტარში, როდესაც მასზე მოდებული არ არის ე. მ. ძალა, არსებული თავისუფალი ელექტრონები უწყსრიგოდ მოძრაობენ, მაგრამ შევქმნილი არა მის ბოლოებში პოტენციალთა სხვაობას, მაშინათვე ელექტრონები ერთი მიმართულებით იწყებენ მოძრაობას—მაღალი პოტენციალიდან დაბალი პოტენციალისაკენ.

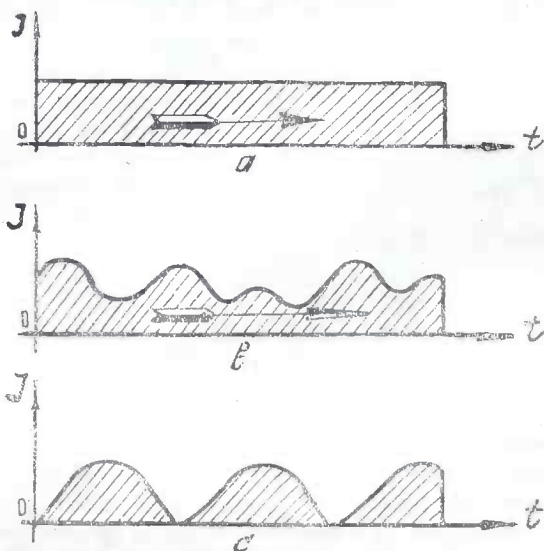
იმ  $E$  ძალას, რომელიც ელექტრონებს აიძულებს იმოძრაონ გამტარში გარკვეული მიმართულებით, ელექტრომამოძრავებელი ძალა ეწოდება (ე. მ. ძ.) და ვოლტებში ( $\mathcal{V}$ ) იზომება.

გამტარში ელექტრონების მოძრაობა გვაძლევს ელექტროდენს. ხოლო გამტარში ერთი წამის განმავლობაში გასული დენის რაოდენობა გვაძლევს დენის ძალას ( $I$ ). დენის ძალა ამპერებში ( $a$ ) იზომება.

იმ შემაფერხებელ ძალას, რომელიც ე. მ. ძ-ს ეწინააღმდეგება შექმნას გამტარში ელექტრონების ნაკადი, გამტარის წინაღობა ( $R$ ) ეწოდება და იზომება ( $\Omega$ ) იზომება.

1. მუდმივი დენის ძირითადი კანონები

როგორც გავარკვევთ, გამტარში დენის არსებობა მის ბოლოებზე მოდებული ე. მ. ძალის შედეგია. ამავე დროს უნდა შევნიშნოთ, რომ რაც უფრო მეტია იგი, მით მეტი იქნება დენის ძალა გამტარში. ამგვარად, თუ ე. მ. ძ.



სურ. 3.

თავის სიდიდეს შეიცვლის დროის ერთეულში, მაშინ გამტარში გამავალი დენის ძალის სიდიდეც შეიცვლება.

მაშასადამე, მუდმივი დენი, ელექტრო-მაიმოძრავებელი ძალის გავლენით შესაძლებელია იცვლიდეს სიდიდეს და არავითარ შემთხვევაში მიმართულებას. ელექტროტექნიკაში იმ პოლუსს ანუ გამტარის იმ ბოლოს, საიდანაც ელექტრონების ნაკადი გამოდის, დადებითს უწოდებენ, ხოლო, სადაც შედის, უარყოფითს. მუდმივი დენი თავის მიმართულებას არას დროს არ იცვლის, სიდიდეს კი შესაძლებელია იცვლიდეს. იმ მუდმივ დენს, რომელიც იცვლის სიდიდეს მ ფ ე თ ქ ა რ ი ანუ პ უ ლ ს ი ე რ ი დენი ეწოდება.



მულმივი დენის გრაფიკული სახე მოცემულია სურ. 3ა, მფეთქარი კი სურ. 3ბ და 3ც-ზე. სამივე შემთხვევაში ორდინატებზე გადაღებულია დენის ძალა, აბსცისაზე კი დრო, რომლის განმავლობაში დენი გამტარში გადის. თუ მფეთქარი დენი დროის განმავლობაში ნულთან მნიშვნელობას ლეზულობს, მაშინ გვაქვს წყვეტადი დენი — ასეთი დენი, პულსური დენის ერთ-ერთ სახეს წარმოადგენს და მოცემულია სურ. 3ც-ზე.

მეცნიერმა ომმა დაკვირვება მოახდინა დენიან გამტარზე და დაადგინა შემდეგი კანონი:

გამტარში გამავალი დენის ძალა ( $I$ ) პირდაპირ პროპორციულია მასზე მოდებული ე. მ. ძ. ( $E$ ). უკუპროპორციულია გამტარის წინაღობის ( $R$ ) და გამოიხატება შემდეგი ფორმულით:

$$I = \frac{E}{R} \quad (1)$$

სადაც  $I$  გამტარში გამავალი დენის ძალაა ამპერებში ( $a$ ),  $E$  ე. მ. ძალა ვოლტებში ( $v$ ) და  $R$  გამტარის წინაღობა ომებში ( $\Omega$ ). მეცნიერ ფარადეიმ დაამტკიცა, რომ ხსნარში დენის გავლის დროს გამოყოფილი ნივთიერებების რაოდენობა პირდაპირ პროპორციულია მასში გამავალი დენის ძალისა და დამოკიდებულია ხსნარის ქიმიურ შემაღდენლობაზე. ამ დასკვნის შედეგად ფარადეიმ დაადგინა, რომ: ერთი ამპერი არის ისეთი დენის ძალა, რომელიც აზოტმჟავან ვერცხლის ( $ArNO_3$ ) ხსნარიდან ერთი წამის განმავლობაში გამოყოფს 1,118 მილიგრამ სუფთა ვერცხლს.

წინაღობის ერთეულად მიღებულია სინდიყის ისეთი ბოძის წინაღობა, რომლის სიმაღლე უდრის 106,3 სანტიმეტრს, განიკვეთი — 1 კვადრატულ მილიმეტრს,  $0^\circ$  ცელსიუსის ტემპერატურის დროს.

ერთ ვოლტად მიღებულია ისეთი ე. მ. ძ., რომელიც ერთი ომის მქონე წინაღობიან გამტარში დაამყარებს 1 ამპერ დენის ძალას.

## 2. გამტარის ხვედრითი წინაღობა და ტემპერატურული კოეფიციენტი

სხვადასხვა გამტარს ახასიათებს სხვდასხვა წინაღობა, რომელიც დამოკიდებულია მასალაზე, რომლისგანაცა იგი გაკეთებული. გარდა ამისა, წინაღობა დამოკიდებულია გამტარის ტემპერატურაზეც.

ყველა გამტარი ხასიათდება შემდეგი სამი სიდიდით: ხვედრითი წინაღობით ( $\rho$ ), სიგრძით ( $l$ ) და განიკვეთით ( $q$ ). ნებისმიერი ლითონის და მისი შენადნობების წინაღობა გამოიხატება ფორმულით:

$$R = \rho \frac{l}{q} \quad (2)$$

ამ ფორმულაში  $l$  გამტარის სიგრძეა მეტრებში,  $q$  განივკვეთი კვადრატულ მილიმეტრებში,  $p$  სხვადასხვა მასალისათვის მოცემულია ქვემოთ № 1 ცხრილში: ამ სიდიდეების ჩასმის შემდეგ გამტარის წინალობას მივიღებთ ომებში.

გამტართა უმრავლესობის წინალობა, გარდა ზოგიერთი გამონაკლისისა იზრდება ტემპერატურის გადიდებასთან ერთად; ზოგის, პირიქით, მცირდება — როგორცაა ნახშირი და მაგნეზია. იმ გამტარებისათვის, რომელთა ტემპერატურის გადიდება იზრდება წინალობა, ტემპერატურული კოეფიციენტი ( $\alpha$ ) დადებითია, სხვებისათვის კი უარყოფითი.

გამტარის წინალობა ტემპერატურულ კოეფიციენტთან დამოკიდებულია შემდეგნაირად:

$$R = R_0 [1 \pm \alpha(t^{\circ}_2 - t^{\circ}_1)] \quad (3)$$

სადაც  $t^{\circ}_1$  პირველსაწყისი ტემპერატურაა, ჩვეულებრივად იმ ოთახის, სადაც გამტარია მოთავსებული,  $t^{\circ}_2$  საბოლოო ტემპერატურა, ხოლო  $\alpha$  კი ტემპერატურული კოეფიციენტია. თუ ანგარიშს ვაწარმოებთ ნახშირისა და მაგნეზიას მიმართ, მაშინ  $\alpha$ -ს წინ ნიშანი უნდა დაესვას მინუსი, სხვა შემთხვევის დროს კი პლუსი.  $R_0$  გაითვლება (2) ფორმულით.

ელექტრული თვალსაზრისით წინალობები სამგვარია:

1. წინალობა, სადაც დენის გავლის დროს მასში გამოიყოფა სითბო; ასეთ წინალობას ომ ურ წინალობას უწოდებენ.

2. ინდუქტიური და 3. ტივადობითი წინალობები. ამ ორ უკანასკნელს ქვემოთ განვიხილავთ.

ცხრილი 1

№-№ რიგ.	მ ა ს ა ლ ა	ხვედრითი წინალობა	ტემპერატურული კოეფიციენტი $\alpha$
1.	სპილენძი . . . . .	0,0175	0,004
2.	ალუმინი . . . . .	0,0278	0,00423
3.	რკინა . . . . .	0,1324	0,0048
4.	კონსტანტანი . . . . .	0,5	0,00004
5.	ნიკელი . . . . .	0,45	0,00028
6.	მანგანი . . . . .	0,43	0,000015
7.	ნიხრომი . . . . .	1,1	0,00016
8.	ვოლფრამი . . . . .	0,0612	0,00464
9.	ვერცხლი . . . . .	0,0161	0,004
10.	ნახშირი რეტორტული . . . . .	7,25	0,0003
11.	ნეიზიბერი . . . . .	0,5	0,0004
12.	პლატინა . . . . .	0,0866	0,00247
13.	ტანტალი . . . . .	0,065	0,0035

მაგალითი 1.

გავიგოთ გამტარში გამავალი დენის ძალა, თუ ცნობილია: გამტარის მასალა სპილენძია, რომლის სიგრძეა  $l=200$  მეტრი, დიამეტრი  $d=0,5$  მ. მ. პირველსაწყისი ტემპერატურა  $t^{\circ}_1=20^{\circ}$ , საბოლოო ტემპერატურა  $t^{\circ}_2=100^{\circ}$  და მოდებულია ე. მ. დ.  $E=100$  ვოლ.

1. გამტარის განივკვეთი:

$$q = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,5^2}{4} = 0,196 \text{ მ.მ.}^2$$

2. ცხრილიდან ვიგებო სპილენძის ხვედრით წინაღობას  $\rho = 0,0175$  და ტემპერატურულ კოეფიციენტს  $\alpha = 0,004$

3. გამტარის წინაღობა  $0^\circ$  ტემპერატურის დროს

$$R_0 = \rho \frac{l}{q} = 0,0175 \cdot \frac{200}{0,196} = 17,9 \text{ ომი } (\Omega)$$

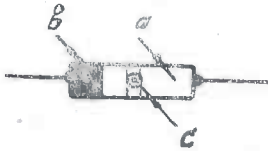
4. გამტარის შთლიანი წინაღობა  $100^\circ$  ტემპერატურის დროს:

$$R = R_0 [1 + \alpha (t_2 - t_1)] = 17,9 [1 + 0,004 (100 - 20)] = 23,6 \text{ } \Omega.$$

5. დენის ძალა გამტარში:

$$I = \frac{F}{R} = \frac{100}{23,6} = 4,25 \text{ ამპერი}$$

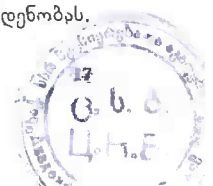
ომურ წინაღობებს ღიდი გამოყენება აქვთ რადიოტექნიკურ წრედებში. მათი საშუალებით ხდება მოცემულ წრედებში სასურველი დენის და ძაბვების განაწილება. თავიანთი კონსტრუქციული შესრულებით, თუ ძასალის გამოყენების თვალსაზრისით, ომური წინაღობები, რომლებიც გამოიყენება რადიოტექნიკაში, მრავალგვარია. ძირითადად კი გვხვდება ორგვარი ტიპის: 1. მავთულიანი 2. არამავთულიანი. მავთულის წინაღობები გამოირჩევიან თავიანთი ღიდი სტაბილობით ე. ი. სიდიდით შენარჩუნებით ტემპერატურის ცვალებადობის დროს. მავთულიანი წინაღობები არ იწვევენ მიმღებში არამავთულიანი წინაღობების დამახასიათებელ ხმაურს. მათ უარყოფით მხარეს წარმოადგენს ღიდი გეომეტრიული ზომა. ამავე დროს უნდა შევნიშნოთ, რომ მავთულის წინაღობები ძვირია.



სურ. 4.

მიმღებ, გამამდიერებელ და ტექნიკურ რადიოსაზომ აპარატურაში ღიდი გამოიყენება ჰჰოვა არამავთულიანმა წინაღობებმა, რომლებიც საქარხნო წესით ადვილად მზადდებიან (სურ. 4.) და მარკირებულია სპეციალური ფერადი კოდით, რომლის კომბინაცია მაჩვენებელია მისი ომური წინაღობის სიდიდის და გაიშიფრება შემდეგნაირად: თითოეული ფერი აღნიშნავს რიცხვის სიდიდის ანდა ნულების რაოდენობას. წინაღობის კორპუსის ფერი (ა) გვიჩვენებს პირველი რიცხვის ოდენობას, ბოლოს ფერი (ბ) მეორე რიცხვს, სარტყლის ანდა წერტილის ფერი შუაზე (ვ)—ნულების რაოდენობას. ფერების მნიშვნელობა მოცემულია მე-2 ცხრილში.

2. კ. ი. კონტრაქტე.



121172

ფერები	კორპუსის ფერი (a)	კორპუსის ბოლოს ფერი (b)	სარტყლის ანდა წერტილის ფერი დამატებითი ნულების რაოდენობაზე (c)
1	2	3	4
შავი	—	0	—
ყავისფერი	1	1	0
წითელი	2	2	00
წარინჯისფერი	3	3	000
ყვითელი	4	4	0000
მწვანე	5	5	00000
ლურჯი	6	6	000000
იისფერი	7	7	—
რუსი	8	8	—
თეთრი	9	9	—

მაგალითი 2. მოცემულია წინაღობა, რომლის კორპუსი წითელი ფერისაა (2) ბოლო შეღებილია შავად (0), ხოლო შუაში აქვს მწვანე წერტილი (00000). მოყვანილი ცხრილიდან გვაქვს 2-0-00000 ანდა 2,000000 ო ანუ 2 მეგომი.

მაგალითი 3. მოცემულია წინაღობა, რომლის კორპუსი შეღებილია მწვანედ (5), შუაში წითელი წერტილი უზის (00), ბოლო კი შეღებილია შავად, მოყვანილი ცხრილიდან გვაქვს 5000 ე. ი. 5000 ომი.

მაგალითი 4. მოცემულია წინაღობა, რომლის კორპუსი შეღებილია იისფრად (7), ბოლო შეღებილია წითლად (2) და უზის ყვითელი წერტილი (0000), ცხრილიდან გვაქვს: 7-2-0000 ან 720000 ომი ანუ 0,72 მეგომი ანუ 0,72 მილიონი ომი.

მაგალითი 5. თუ გვაქვს წინაღობა, რომელიც, მაგალითად, შეღებილია მთლიანად წითლად (2) ისე, რომ არ აქვს ბოლო შეღებილი სხვა ფერად და არც რაიმე ფერის წერტილი ანდა სარტყელი უზის, მაშინ გვექნება: 2-2-00 ან 2200 ომ.\*)

გარდა ჩვენს მიერ განხილულ მუდმივ წინაღობებისა, არსებობს აგრეთვე ცვალებადი წინაღობები. იგი შეიძლება იყოს მავთულიანი და არამავთულიანი; პირველი—მიმღებებში ვერ ბოლოვს გავრცელებას თავის ზომის სიდიდის და სიძვირის გამო, მეორე, ე. ი. არა მავთულიანი—ფრიალ გავრცელებულია. ამ ცვალებად წინაღობის მთავარ ნაწილს წარმოადგენს ე. წ. „ნალი“, რომელიც პრილა ზედაპირიანი გეტინაქსის წრიული ფურცლისაგან კეთდება. გეტინაქსის ზედაპირი მეტალიზირებულია, რომელზედაც ცურავს კონტაქტი. ასეთი წინაღობა მართალია ნაკლებად გამძლეა, მაგრამ ამ ნაკლს ისეიციდის მისი სიიატე. ცვალებადი წინაღობები, მსგავსად სხვა ზემოჩამოთვლილისა, გათვლი-

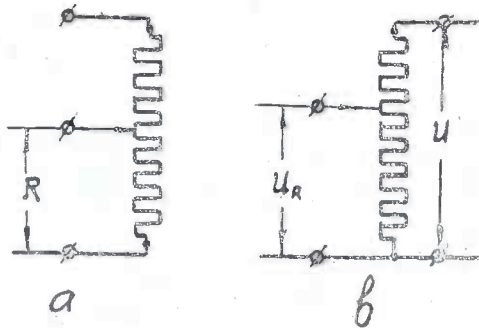
\*) თუ წინაღობის მთავარ ბოლო ვერცხლისფრად და შეღებილი, ნიშნავს, რომ მისი სიდიდე  $\pm 10\%$ -ით მიახლოებითა და თუ ოქროსფრად და შეღებილი მაშინ განსხვავება, რაც გამოთვლილი იქნება კოდით არ აღემატება 5%-ს.

ლია  $0,25 \pm 1$  ვატანდე სიმძლავრეზე, ხოლო წინაღობის სიდიდე რამდენიმე ასეულიდან რამდენიმე ასი ათასი და მილიონამდე ალწევს. მიმღებ მოწყობილებებში ეს ცვალებადი წინაღობები იხმარება უმთავრესად დეტექტირების შემდეგ, ხმის და ტემპრის რეგულატორებად. მისი ჩართვა ანტენის კონტურის წრედში, როგორც ხმის რეგულატორისა, არაა სასურველი, რადგანაც მიმღებში საკუთარი ხმაური შეაქვს.

ცვალებადი—მეტალიზირებული წინაღობები შეიძლება წრედში ჩართულ იქნეს როგორც რეოსტატი სურ. 5a და როგორც პოტენციომეტრი სურ. 5b.

ამისათვის მათ ჩვეულებრივად სამ გამოყენებას უკეთებენ, რომლიდანაც განაპირა—ბოლოები, ხოლო შუა კი მცოცავი კონტაქტი.

წრედში ომლრი წინაღობები შესაძლებელია ჩართულ იქნეს სამგვარი ხერხით: მიმდევრობით სურ. 6a, პარალელურად სურ. 6b და შერეულად სურ. 6c.



სურ. 5.

მიმდევრობით ჩართვის დროს წრედის საერთო წინაღობა ტოლია ჩართულ წინაღობათა ჯამისა და გამოითვლება ფორმულით:

$$R_0 = R_1 + R_2 + \dots + R_n \quad (4)$$

მაგალითი 6. მოცემულია ორი მიმდევრობით ჩართული წინაღობა სურ. 6a, სადაც  $R_1 = 20 \Omega$  და  $R_2 = 100 \Omega$ , გავიგოთ საერთო წინაღობა.

1. წრედის საერთო წინაღობა ტოლია:

$$R_0 = R_1 + R_2 = 20 + 100 = 120 \Omega.$$

პარალელური ჩართვის დროს წრედის საერთო წინაღობა გამოითვლება ფორმულით:

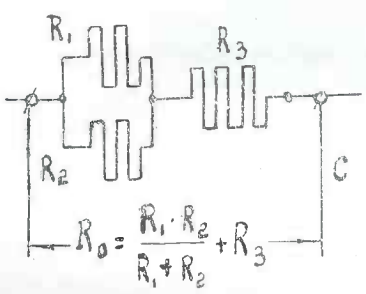
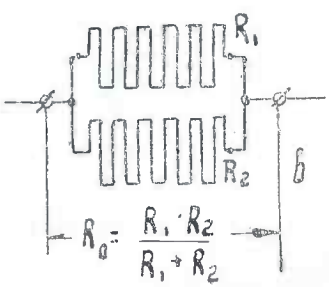
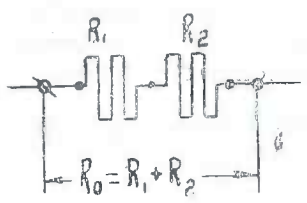
$$R_0 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad (5)$$

თუ გვაქვს ორი პარალელურად ჩართული წინაღობა, და

$$R_0 = \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3}{R_2 R_3 + R_1 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_2} \quad (6)$$

თუ გვაქვს სამი პარალელურად ჩართული წინაღობა და ა. შ. მოყვანილი ფორმულიდან ჩანს, რომ წინაღობების პარალელურად ჩართვის დროს წრედის საერთო წინაღობა მცირდება.

მაგალითი 7. მოცემულია ორი პარალელურად ჩართული  $R_1$  და  $R_2$  წინაღობა სურ. 6b, სადაც  $R_1=10000$  ომი,  $R_2=30000$  ომი.



სურ. 6.

გავიგოთ წრედის საერთო წინაღობა.

1. წრედის საერთო წინაღობა ტოლია:

$$R_0 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{10^4 \cdot 3 \cdot 10^4}{10^4 + 3 \cdot 10^4} = \frac{3 \cdot 10^8}{4 \cdot 10^4} = 7,5 \cdot 10^3 \Omega = 7500 \Omega.$$

თუ პარალელურად ჩართულია რამდენიმე  $n$  ტოლი წინაღობა, მაშინ წრედის საერთო წინაღობა გამოითვლება ფორმულით:

$$R_0 = \frac{R}{n} \quad (7)$$

სადაც  $R$  ერთ-ერთი წინაღობის სიდიდეა. თუ წრედში ისინი შერეულადა ჩართული სურ. 6c, მაშინ წრედის საერთო წინაღობა გამოითვლება ფორმულით (ჩვენს მიერ განხილულ კერძო შემთხვევისათვის):

$$R_0 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} + R_3$$

როგორც სურ. 6c. ნაჩვენებია და

$$R_0 = \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3}{R_2 R_3 + R_1 R_3 + R_1 R_2} + R_4$$

თუ წრედში სამი წინაღობა პარალელურადაა ჩართული და მეოთხე მიმდევრობით:

აქ უნდა შეშვიდოთ ერთი ფრიად საჭირო ცნება, სახელდობრ, გამტარებლობა, რომელიც წინაღობის შებენი სიდიდეს წარმოადგენს, იზო-

\*) რადგან დიდი ციფრების გამოხატვა ზარისხის მაჩვენებლით უფრო მოხერხებულია, ამიტომ მომავალში მას გამოვიყენებთ:

$100=10^2$ ;  $1000=10^3$ ;  $1200=1,2 \cdot 10^3$ ;  $25000=2,5 \cdot 10^4$ ;  $0,01=10^{-2}$ ;  $0,001=10^{-3}$ ;  $0,012=1,2 \cdot 10^{-2}$ ;  $0,00025=2,5 \cdot 10^{-4}$  ა. შ.

შეგა სიმენსებში და აღინიშნება ზოგან შექცეული ასო  $R$ -ით, ე. ი.  $A$  ანდა ასო  $G$ -თი ან  $G$ -თი, მაშასადამე,

$$A = \frac{1}{R} \quad \text{ანდა} \quad G = \frac{1}{R} \quad (8)$$

ცნება გამტარებლობა გვიჩვენებს, თუ რამდენად უნარიანია წრედის ესა თუ ის უბანი დენის გატარების მიმართ. თუ გვეჩვენა წრედი, სადაც ჩართულია წინალობათა სხვადასხვა სიდიდე, მაშინ ვიტყვი, რომ წრედი არაერთგვარი გამტარუნარიანიაო. მაგალითად, თუ დაუკვირდებით სურ. 6C, შევამჩნევთ, რომ ის უბანი, სადაც წინალობები პარალელურადაა ჩართული, მეტი გამტარუნარიანია და ამ უბნის საერთო წინალობა ნაკლები იქნება, ვიდრე ცალცალკე მიმდევრობით ჩართულისა.

მაგალითი 8. მოცემულია შერეული წრედი სურ. 6C, სადაც  $R_1 = 10000$  ომს,  $R_2 = 30000$  ომს და  $R_3 = 15000$  ომს, გავიგოთ თითოეული უბნის წინალობა, გამტარებლობა, წრედის საერთო წინალობა და გამტარებლობა.

1. პირველი უბნის საერთო წინალობა:

$$R_{01} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{10^4 \cdot 3 \cdot 10^4}{10^4 + 3 \cdot 10^4} = 7,5 \cdot 10^3 \Omega$$

2. პირველი უბნის გამტარებლობა:

$$G = \frac{1}{R_{01}} = \frac{1}{7,5 \cdot 10^3} = 0,133 \cdot 10^{-3} \text{ სიმ.}$$

3. წრედის საერთო წინალობა:

$$R_0 = R_{01} + R_3 = 7,5 \cdot 10^3 + 1,5 \cdot 10^4 = 2,25 \cdot 10^4 \Omega$$

4. წრედის მეორე უბნის წინალობა ცნობილია  $R_3 = 15000 \Omega = 1,5 \cdot 10^4 \Omega$  და, მაშასადამე, მისი გამტარებლობა იქნება:

$$G_2 = \frac{1}{R_3} = \frac{1}{1,5 \cdot 10^4} = 0,665 \cdot 10^{-4} \text{ სიმ.}$$

5. წრედის საერთო გამტარებლობა:

$$G = \frac{1}{R_0} = \frac{1}{2,25 \cdot 10^4} = 0,445 \cdot 10^{-4} \text{ სიმ.}$$

### 3. კირხჰოფის პირველი და მეორე კანონი

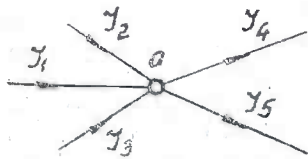
მეცნიერმა კირხჰოფმა ელექტრული წრედისათვის მოგვცა კანონი, რომელიც შემდეგნაირად გამოითქმება:

კვანძში შემავალი დენების ჯამი ტოლია კვანძიდან გამომავალი დენების ჯამისა. მას ეწოდება კირხჰოფის პირველი კანონი.



ეს კანონი იმის დამამტკიცებელია, რომ კვანძში, სადაც დენები შედის, არ აქვს ადგილი დენის დაგროვებას, არამედ რამდენიც შედის, იმდენივე გამოდის. სურ. 7.

კირხჰოფის პირველი კანონი შემდეგი ფორმულით გამოიხატება:



სურ. 7.

$$I_1 + I_2 + \dots + I_n = I_1' + I_2' + \dots + I_n' \quad (9)$$

ანდა კვანძის  $a$  მიმართ შესაძლებელია იგი დაიწეროს:

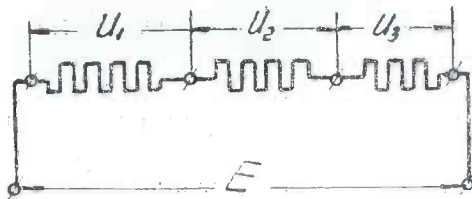
$$(I_1 + I_2 + \dots + I_n) - (I_1' + I_2' + \dots + I_n') = 0 \quad (9a)$$

სურ. 7 მოცემულია კვანძი  $a$ , რომელშიაც დენები შედის სხვადასხვა წრედიდან  $I_1, I_2, I_3$  და მისგანვე გამოდის  $I_4$  და  $I_5$ , ამიტომ მასში ადგილი არა აქვს დენის დაგროვებას.

კირხჰოფის მეორე კანონი ეხება წრედზე მოდებულ ე. მ. ძალასა და წრედშივე ძაბვის ვარდნას შორის დამოკიდებულებას და გამოითქმება შემდეგნაირად:

წრედზე მოდებულ ე. მ. ძ. ტოლია თვით წრედში არსებული ძაბვის ვარდნათა ჯამისა.

ეს კანონი გვიჩვენებს მოდებულ ე. მ. ძალასა და ძაბვის ვარდნას შორის



სურ. 8.

დამოკიდებულებას, რომელიც დაურღვეველია ყოველი წრედისათვის. გამოთქმული კანონი ფორმულით შემდეგნაირად გამოიხატება:

$$E = U_1 + U_2 + \dots + U_n \quad \text{ანდა}$$

$$E - (U_1 + U_2 + \dots + U_n) = 0 \quad 10.$$

სადაც  $E$  წრედზე მოდებული ე. მ. ძალაა, ხოლო  $U_1, U_2$  და  $U_n$  წრედის სხვადასხვა უბანში სათანადო პოტენციალის ვარდნა ანუ ძაბვა. სურ. 8.

მაგალითი. მოცემულია წრედი (სურ. 8), რომელზედაც ძაბვა  $E=100$  ვოლ. წინაღობებში გადის დენის ძალა  $1a$ , ხოლო  $R_1=60$  ომს,  $R_2=30$  ომს და  $R_3=10$  ომს.

გავიგოთ საერთო ძაბვის ვარდნის სიდიდე წრედში.

1. ძაბვის ვარდნა  $R_1$  წინაღობაზე ტოლია:

$$U_1 = I \cdot R_1 = 1 \cdot 60 = 60 \text{ v.}$$

2. ძაბვის ვარდნა  $R_2$  წინაღობაზე ტოლია:

$$U_2 = I R_2 = 1 \cdot 30 = 30 \text{ v.}$$

3. ძაბვის ვარდნა  $U_3$  წინაღობაზე ტოლია:

$$U_3 = I \cdot R_3 = 1 \cdot 10 = 10 \text{ v.}$$

4. საერთო ძაბვის ვარდნა წრედში:

$$E = U_0 = U_1 + U_2 + U_3 = 60 + 30 + 10 = 100 \text{ v}$$

რაც ტოლია მოდებული ე. მ. ძალა  $E$ -სი.

#### 4. მუდმივი დენის სითბური მოხმავება და მისი სიმკლავვა

დენი, რომელიც გამტარში გადის, გამოყოფს სითბოს და ექვემდებარება განსაზღვრულ კანონს, რომელსაც ჯოულ-ლენცის კანონი ეწოდება. ინგლისელმა ჯოულმა და რუსმა მეცნიერმა ლენცმა ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად მოახდინეს დაკვირვება დენიან გამტარზე და დაადგინეს შემდეგი კანონი: გამტარში დენის მიერ გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა პირდაპირ პროპორციულია დენის ძალის კვადრატის, წინაღობის და დროის, რომლის განმავლობაშიაც გამტარში გადის დენი ე. ი.

$$Q = 0,24 I^2 R t \quad (11)$$

სადაც  $I^2 R t$  მუშაობაა ჯოულებში, ე. ი. ელექტროდენის მუშაობა ერთი ჯოული, რომელიც საჭიროა წინაღობის გადასალახავად და გამოიყოფა სითბოს სახით ყოველ წამში ტოლია 0,24 მცირე კალორიის\*). ელექტროდენის მუშაობა გამოიხატება ფორმულით:

$$A = I^2 R t \quad (12)$$

ანდა, თუ ჩავსვამთ ც-ლ-ცალკე ომის კანონიდან დენის ანდა წინაღობის მნიშვნელობას გვექნება:

$$A = \frac{U^2}{R^2} R t = \frac{U^2}{R} t \text{ ანდა } A = I^2 \frac{U}{I} t = I U t \quad (12a)$$

და გვიჩვენებს, თუ რა მუშაობას ასრულებს წინაღობაში გაშვალნი დენი დროის ერთეულში და იზომება ჯოულებში. მუშაობის რაოდენობა დროის ერთეულში გვიძლევს სიმკლავრეს, მაშასადამე:

\*) მცირე კალორია სითბოს ის რაოდენობაა, რომელიც დაიხარჯება კუბიკურ სანტიმეტრ წყლის ტემპერატურის ერთ გრადუსამდე ასაწევად. გარდა მცირე კალორიისა, არსებობს აგრეთვე დიდი კალორია, რომელიც 1000 მცირე კალორიას უდრის და შეუძლია 1 ლიტრი წყლის ტემპერატურა ასწიოს ერთი გრადუსით. ე. ი. 1 დიდი კალორია ტოლია 1000 მცირე კალორიის.

$$P = \frac{A}{t} = \frac{Iut}{t} = Iu \text{ ანდა } P = \frac{I^2 R t}{t} = I^2 R; P = \frac{u^2 t}{R t} = \frac{u^2}{R} \quad (13)$$

სიმძლავრის ერთეულად მიღებულია ვატი, რომელიც წარმოადგენს დენის ძალისა და ე. მ. დ. ნამრავლს. სიმძლავრის უფრო დიდ ერთეულად მიღებულია კილოვატი ანუ 1000 ვატი. მცირე ერთეულად კი—მილივატი ე. ი. ვატის ერთი მეათასედი ნაწილი.

დენის სიმძლავრის ნამრავლი დროზე გვაძლევს მუშაობას ე. ი.

$$A = P \cdot t \quad (14)$$

თუ სიმძლავრეს ავიღებთ ვატებში და დროს წამებში, მაშინ მუშაობას ველებულობთ ვატწამებში ანუ ჯოჯოხებში. უფრო დიდ ერთეულად მიღებულია:

1 — ვატსაათი = 3600 ვატწამს ანუ ჯოჯოხს,

1 — ჰექტოვატსაათი = 100 ვატსაათს,

1 — კილოვატსაათი = 1000 ვატსაათს,

1 — მეგავატსაათი = 1000 კილოვატსაათს.

მექანიკაში სიმძლავრე იზომება ცხენის ძალებში; კილოვატი და ცხენის ძალა შემდეგ დამოკიდებულებაშია ერთმანეთთან:

1 ცხ. ძ = 0,736 კილოვატს ანუ 1 ცუ. ძალა = 736 ვატს; ხილო 1 კილ. ვატ = 1,36 ცხ. ძალას.

### 5. მუდმივი დენის წყაროები და გალვანური ელემენტები

ჩვენთვის ცნობილია სამგვარი სახის დენის წყაროები:

1. ქიმიური, 2. მექანიკური და 3. თერმიული.

ქიმიური დენის წყაროებს მიეკუთვნებიან გალვანური ელემენტები და აკუმულატორები, რომელთა მომქერებზე, მათშივე მომხდარი ქიმიური პროცესის გამო, ველებულობთ ძაბვას, რომელსაც შეუძლია დენი აღძრას მომქერებზე ჩართულ წინააღობაში.

მექანიკური დენის წყაროებს მიეკუთვნებიან დინამომანქანები. მანქანების მოწყობილობა საშუალებას იძლევა მასზე მოდებული მექანიკური ძალით—ბრუნვის შედეგად მივიღოთ მათ მომქერებზე ძაბვა.

თერმიული დენის წყაროებს მიეკუთვნებიან ე. წ. წყვილები, რომლებიც წარმოადგენენ სხვადასხვა ლითონის ღეროებს შეერთებულს ერთმანეთთან. თუ შეერთებულ ადგილს გავახურობთ მის თავისუფალ ბოლოებზე, აღძრება ე. მ. ძ.

რადიოტექნიკურ დანადგარებში მილაკის ანოდის წრედების საკვებად გამოიყენება მუდმივი დენი. მუდმივი დენის წყაროებიდან დიდი გამოყენება ჰპოვა გალვანურმა ელემენტებმა და აკუმულატორებმა.

გალვანური ელემენტები დენის ქიმიურ წყაროს წარმოადგენენ. ნებისმიერი გალვანური ელემენტი შედგება ორი სხვადასხვაგვარი გამტარისაგან, რომლებიც მთავსებული არიან საერთო ქილაში და ჩასხმულია რომელიმე ხსნარში; თანამედროვე ელემენტებში უმთავრესად გამოყენებულია სპილენძის და

თუთიის ანდა თუთიის და ნახშირის პოლუსები. ყველაზე მეტი გამოყენება ჰპოვა თუთიის და ნახშირის პოლუსებმა, რომლებსაც ათავსებენ ერთმანეთისაგან იზოლირებულად საერთო ქილაში, და ასხამენ ნიშადურის, ანდა უკიდურეს შემთხვევაში, სუურის მარილის ხსნარს. ხსნარის და პოლუსების ურთიერთ-მოქმედების შედეგად ელემენტებში გვაქვს ქიმიური პროცესი, რომლის გამო მომჭერებზე წარმოიშობა ე. მ. ძალა. გაღვანური ელემენტების მიერ მოცემული ე. მ. ძ. დამოკიდებულია მხოლოდ და მხოლოდ პოლუსების მასალაზე, ხსნარის ქიმიურ თვისებაზე და არა მათ სიდიდეზე.

ელემენტის მიერ გარეშე წრედში მოცემული დენის ძალა არ არის მუდმივი. იგი დროის განმავლობაში თანდათან კლებულობს მათში ე. წ. პოლარიზაციის მოვლენის გამო, რის შედეგად იზრდება ელემენტის შინაგანი წინაღობა.

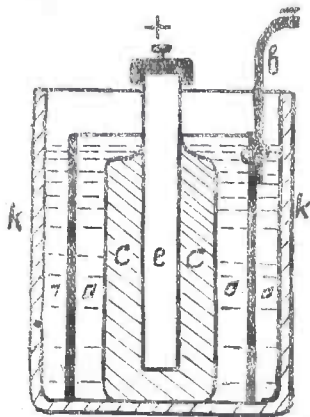
ყოველი ელემენტის გარეშე წრედში მოცემული დენის ძალა განისაზღვრება ფორმულით:

$$I_{\text{ელ}} = \frac{E_{\text{ელ}}}{R_{\text{გ}} + R_{\text{ფ}}} \quad (15)$$

სადაც  $E_{\text{ელ}}$  — ელემენტის ე. მ. ძალაა,  $R_{\text{გ}}$  — შინაგანი წინაღობა და  $R_{\text{ფ}}$  — გარეგანი წრედის წინაღობა.

რადიოტექნიკაში ყველაზე უფრო მეტი გამოყენება ჰპოვა ლეკლანშეს ელემენტმა. გარდა ლეკლანშეს ელემენტისა, არსებობს მრავალგვარი ტიპის ელემენტები, როგორცაა: ვოლტას, დანიელის, ბუნზენის, მეიდინგერის, კალოსი და მრავალი სხვა, მაგრამ რადიოტექნიკაში მათ ვერ ჰპოვეს გამოყენება, ამიტომ ყველას განხილვას აქ არ შევეუდგებით.

ლეკლანშეს ელემენტი — გვხვდება უმთავრესად ორი ტიპის: სველი და მშრალი. სველი ტიპის ორგვარია: დაშლილი და აწყობილი. დაშლილი ელემენტი შედგება ფაიფურის ანდა მინის ქიქებისაგან, რომელშიაც აწყვია თუთიის და ნახშირის პოლუსები. ხსნარი კი ცალკე უნდა დამზადდეს და შემდეგ ჩაისხას. ხსნარი მზადდება ნიშადურის მარილისაგან, რომელსაც იღებენ ერთი სუფრას კოვზს ერთ ჩაის ქიქა თბილ წყალზე. ნიშადურის ფხენილის წყალში განხნის შემდეგ უნდა დაწდეს და დადგეს ნორმალურ ტემპერატურამდე (ჩვეულებრივად ოთახის), რის შემდეგ ჩაისხმება ქიქებში, რომელშიაც ჩაწყობილია თუთია და ავლომერატში მოთავსებული ნახშირი (თუთია არის უარ-



სურ. 9.

ყოფითი პოლუსი, ნახშირი კი (დადებითი). ხსნარს, რომელიც ჩაისხმება კიბეებში ელექტროლიტს უწოდებენ.

ამჟამად რადიოტექნიკაში შიმღებების საკვებად იყენებენ ელემენტებისაგან შედგენილ ბატარიას. ელემენტის სურ. 9 მთავარი შემადგენელი ნაწილებია: ა—ელექტროლიტი, ე. ი. ნიშადურის. მარილის ხსნარი, ს—თუთია, ე—აგლომერატი, ე—ნახშირის ლერო, კ—მინის ანდა ფიაფურის ქილა. ნახშირის პოლუსი იმყოფება პარკში, სადაც მოთავსებულია მარგანეცის ზეჟანგის ფხვნილი  $MnO_2$  და მას აგლომერატი ეწოდება. აგლომერატის დანიშნულებაა ქიმიური პროცესის დროს, რომელიც მიმდინარეობს შემდეგნაირად:



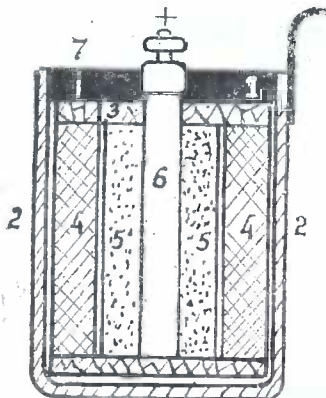
გაზის სახით საბოლოოდ გამოყოფილი წყალბადის ატომი (H) შთანთქმავს, რადგანაც იგი ბურთულებად გროვდება ნახშირის გარშემო და ზრდის ელემენტის შინაგან წინაღობას. დანარჩენი შემდეგნაირად ქლოროვანი თუთია  $ZnCl_2$  ელემენტში ილექება კრისტალებად ხოლო ამიაკი თავისუფლად გამოიყოფა გაზის სახით. დადებით პოლუსზე დაგროვილი წყალბადის მოსაშორებლად იგი რეაქციაში შეყავთ რომელიმე შენაერთთან, ე. ი. ელექტრული თვალსაზრისით ახდენენ დეჰოლარიზაციას; ასეთად გამოყენებულია მარგანეცის ზეჟანგი, და ვლებულობს წყალბადთან შემდეგ რეაქციას:



ამ რეაქციის შედეგად ნახშირის ზედაპირს ცილდება წყალბადი და ვლებულობს წმინდა წყალს ( $H_2O$ ).

ლექლანშეს ელემენტი თავის მომკერებზე იძლევა 1,5 ვოლტ ძაბვას და მისი შინაგანი წინაღობა, თუ პოლარიზაციას არ აქვს ადგილი, უდრის 0,3—0,5 ომს.

განხილულ ელემენტში ელექტროლიტი შეიძლება გადმოიღვაროს და ამიტომ გამოიყენება ისეთ დანადგარებში, რომლის გადატანა საჭირო არაა, მიძრავს გადამცემ ანდა მიმღებ სადგურებში გამოიყენება ე. წ. სველი და მშრალი ელემენტები. სველ ელემენტებში მუშაობისათვის იხმარება წმინდა წყალი, რადგანაც ნიშადურის ხსნარის, მაგივრად წინდაწინ მასში ჩაყრილია ხის ნახერხში არეული ნიშადურის ფხვნილი. სურ. 10 მოცემულია ლექლანშეს სველი ელემენტის კრილი, რომელიც შედგება შემდეგი ნაწილებისაგან: 1—ფისის ზედაპირი, 2—თუთიის ქილა, 3—ნახერხი, რომელშიც გარეულია ნიშადურის ფხვნილი, 4—მსხვილი ნახერხი ნიშადურის ფხვნილით (და თუ ელემენტი



სურ. 10.

მშრალია, მაშინ იგი წარმოადგენს ე. წ. აღმგზნებ მასას), 5—დეკლარაციატორი (მარგანეცის ზეჟანგი ნარევი გრაფიტის ფხვნილთან), 6—ნახშირის პოლუსო-დადებითი (უარყოფითს წარმოადგენს თვით თუთიის ქილა), 7—ღია ნაჩრეტი, სადაც ისხმება წყალი. მშრალი ელემენტი იგივე ნაწილებსაგან შედგება, რაც სველი, განსხვავება მხოლოდ იმაშია, რომ შიგნით მოთავსებულია ე. წ. აღ-მგზნები მასა, რომელიც წარმოადგენს კარტოფილის ფხვნილის ნიშადურის ხსნარში ახელილ ცომს. ცომში მყოფი ნიშადურის ხსნარი იწყებს მოქმედებას, თუ ელემენტების პოლუსები რაიმე წრედში ჩაირთვება.

გარეგნულად მშრალი და სველი ელემენტები, ეტიკეტზე თუ არაა ნაჩე-ნები ერთმანეთისაგან. განსხვავდებიან მარტო იმით, რომ პირველს არ აქვს წყლის ჩასახმელი ნაჩრეტი, მეორეს კი აქვს ორი—დიდა და პატარა დიამეტ-რის; ერთი არის წყლის ჩასახმელად, მეორე წყლის ჩასხმის დროს შევიწრო-ვებულ ჰაერის გასატარებლად.

სველი ელემენტი სამუშაოდ გამოდგება წყლის ჩასხმის ორი საათის ხან-დაზმულობის შემდეგ, მშრალი კი შექენისთანავე მზადაა, სამაგიეროდ მშრა-ლში მისი უქმად ყოფნის დროსაც ხდება შინაგანი მუდმივი რეაქცია, ამიტომ, რაც უფრო დიდი ხნისაა ელემენტი, მით უფრო ნაკლები ხარისხისაა და რამ-დენიმე თვის დაყოვნების შემდეგ სავსებით გამოუსადეგარი ხდება.

სამუშაოდ გამზადებული სველი და მშრალი ელემენტის დიდი ხნით შენა-ხვა არ შეიძლება ზომიანზე მეტად მშრალ ადგილზე, მზეზე, ღუმელთან და საერ-თოდ იქ, სადაც ინტენსიური აორთქლება ხდება. ამავე დროს არც დიდი სინესტე და სიციცევა სასარგებლო.

## 6. ელემენტების ბატარიებად (ჯგუფბარებად) შეერთება

საჭიროების მიხედვით გალვანური ელემენტები შესაძლებელია შეერთე-ბულ იქნეს მიმდევრობით, პარალელურად და შერეულად-სურ. 11 მოცემულია ელემენტების მიმდევრობითი შეერთება.

მიმდევრობითი შეერთების შემთხვევაში ერთი ელემენტის დადებითი პო-ლუსი უერთდება მეორეს უარყოფითს, მეორეს დადებითი მესამეს უარყო-ფითს და ასე შემდეგ. პარალელური შეერთების დროს კი ყველა ელემენტის დადებითი პოლუსები ერთად ერთდებიან, როგორც ენ ნაჩვენებია სურ. 12.

შერეულ შეერთების დროს კი ადგილი აქვს როგორც პირველს, ისე მეორე-შემთხვევას. როდესაც საჭიროა ბატარიიდან ავილოთ დიდი ძაბვა, მაშინ მიმართავენ ელემენტთა მიმდევრობით შეერთებას. იმ შემთხვევაში კი, როდესაც საჭიროა ბატარიიდან აღებული იქნეს დიდი დენი, მიმართავენ პარალელურ შეერთებას, მხოლოდ იმ პირობით, რომ თითოეულ ელემენტის ე. მ. ძ. ზუსტად ტოლი უნდა იყოს\*). შერეული შეერთების შემთხვევაში ბა-ტარეიამ შესაძლებელია მოგვცეს როგორც დიდი დენი, ისე დიდი ძაბვა.

\*) სხვადასხვა ე. მ. ძალის მქონე ელემენტების პარალელურად ჩართვის დროს ადგილი-ქნება ე. წ. „გამათანაბრებელ“ დენს, რომელიც ჯგუფბარში შიგნითვე შეიკრება და ტვირ-ში არ გაივლის.

მიმდევრობითი. შეერთების დროს ბატარეის მომჭერებზე ვლემულობთ იმ-  
დენჯერ მეტ. ე. მ. ძ. რამდენი ელემენტიცაა ჩართული, ე. ი.

$$E_0 = U_0 n \quad (18)$$

სადაც  $U_0$  ერთი ელემენტის ე. მ. ძალაა,  $n$  — აღებულ ელემენტთა რიცხვი.

ამავე დროს მიმდევრობითი შეერთების შემთხვევაში ბატარეის შინაგანი წინაღობა იზრდება ელემენტთა რიცხვ  $n$ -ჯერ ე. ი.

$$R_{\text{შინ.}} = R_{\text{შინ.}} \cdot n \quad (19)$$

სადაც  $R_{\text{შინ.}}$  ერთი ელემენტის შინაგანი წინაღობაა,  $n$  ელემენტთა რიცხვი.

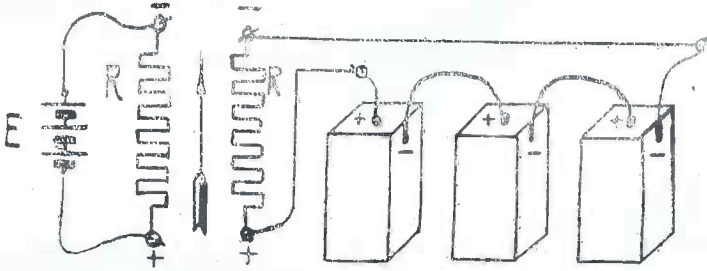
მოკლე ჩართვის დენის სიდიდე, რომელიც შეეგვიძლია ბატარეიაში გვე-  
ქნეს, ტოლია:

$$I_{\text{მ. ხ}} = \frac{E_0}{R_{\text{მ. ხ}}} \quad (20)$$

სადაც  $R_{\text{მ. ხ}}$  მთლიანად შინაგანი წინაღობაა. დენის ძალა, რომელსაც მივიღებთ ბატარეიდან კარგვე წრედში, გამოითვლება ფორმულით:

$$I_{\text{ფ}} = \frac{E_0}{R_{\text{ფ}} + nR_{\text{შინ}}} = \frac{E}{R_{\text{ფ}}} \quad (21)$$

აქ  $R_{\text{ფ}}$  გარევე წრედის ომური წინაღობაა,  $n$  — ელემენტების რიცხვი. ელემენ-  
ტების პარალელურად შეერთების დროს ბატარეის საერთო ე. მ. ძალა ტო-



სურ. 11.

ლია ერთი ელემენტის ე. მ. ძალის, ხოლო შინაგანი წინაღობა მცირდება იმ-  
დენჯერ, რამდენი ელემენტიცაა მოცემულ ბატარეიაში. ამგვარად, ელემენ-  
ტთა პარალელურად შეერთების დროს, როგორც ეს ნაჩვენებია სურ. 12-ზე,  
ბატარეის ე. მ. ძალა ტოლია:

$$E_{\text{ბ}} = U_1 = U_2 = U_3 \quad (22)$$

ჯგუფარის შინაგანი წინაღობა ტოლია:

$$R_{\text{შინ.}} = \frac{R_{\text{შინ.}}}{n} \quad (23)$$

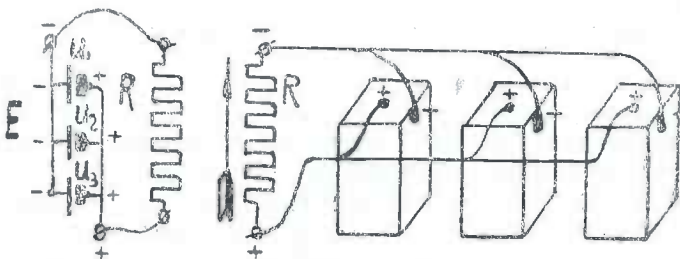


დენის ძალა, რომელიც შესაძლებელია მივიღოთ გარეშე წრედში, ტოლია:

$$I_0 = \frac{E_0}{R_{\text{დ}} + \frac{R_{\text{ვშ}}}{n}} = \frac{E_0}{R_0} \quad (24)$$

აქ  $E$  ბატარიის ე. მ. ძალაა,  $R_{\text{დ}}$  წრედის გარეგანი წინაღობა,  $R_{\text{ვშ}}$  ერთი ელემენტის შინაგანი წინაღობა  $n$ —ელემენტთა რიცხვი, ხოლო  $R_0$  წრედის მთლიანი წინაღობა.

უნდა დავიმახსოვროთ, რომ სხვადასხვა ტიპის და ტევადობის ელემენტების ერთ ჯგუფარში ჩართვა დაუშვებელია..



სურ. 12.

განსაკუთრებით იმ შემთხვევაში, თუ ელემენტები პარალელურად უნდა შევეერთოთ, რადგანაც ამ დროს ბატარიაში ადგილი ექნება შინაგან დენის მოკლედ ჩართვას ანუ ე. წ. გამათანაბრებელ დენებს იმ ელემენტებში, რომელსაც აქვს ნაკლები ე. მ. ძალა.

ელემენტების შერეული შეერთება წარმოადგენს მიმდევრობით და პარალელურ შეერთებათა ერთობლიობას. ამ ხერხს მიმართავენ იმ შემთხვევაში, როდესაც საჭიროა ერთ და იმავე დროს დიდი დენის და ე. მ. ძალის მიღება.

შერეული შეერთების სქემა მოცემული სურ. 13-ზე და, როგორც ვამჩნევთ, თითოეულ შტოს უნდა ჰქონდეს ერთმანეთის ტოლი ე. მ. ძალა.

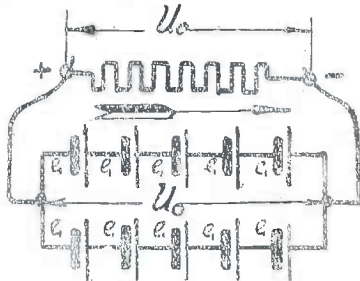
13 სურ. მოცემული ბატარიისათვის ე. მ. ძ. შეგვიძლია გამოვითვალოთ ფორმულით:

$$E_0 = U_1 n \quad (25)$$

სადაც  $n$  ერთ შტოს მიმდევრობითად ჩართული ელემენტების რიცხვია, ხოლო  $U_1$ —ერთი ელემენტის ე. მ. ძ. ბატარიის შინაგანი წრედის საერთო წინაღობა კი ტოლია:

$$R_{\text{შტ.}} = \frac{R_{\text{ვ}} \cdot n}{m} \quad (26)$$

აქ  $m$  შტოების რიცხვია, შერეულად შეერთებულ ბატარიაში. დენის ძალა,



სურ. 13.

რომელიც შესაძლებელია ავიღოთ. რომელიმე წრედში ჩართვის შემთხვევაში აინგარიშება ფორმულით:

$$I_0 = \frac{E_0}{R_{\text{დ}} + \frac{R_{\text{მ. შტ.}}}{m}} \quad (27)$$

რაც უფრო შეტია პარალელურად ჩართული ელემენტების რიცხვი, მით უფრო შეაკლებია ბატარიის საერთო შინაგანი წინაღობა, როგორც ეს ჩანს მოცემული ფორმულის მნიშვნელის მარჯვენა ნაწილში. ამ მიზეზის გამო ასეთი ხერხით ჩართული ბატარიიდან მეტი სიდიდის დენის აღება შესაძლებელი ანუ მეტი ტევადობისა იგი.

ელემენტის ტევადობა იზომება ელექტრობის იმ რაოდენობით, რომელიც შეუძლია მოგვცეს მან (ნორმალურ ექსპლატაციის დროს) განსაზღვრული დროის განმავლობაში.

შსგავსად რომელიმე ჭურჭლის ტევადობისა—ელემენტის უნარიანობა დენის ხანგრძლივი და ნორმალური რაოდენობით მოცემა აინგარიშება ტევადობით, რომელიც იზომება ამპერსათებში (ა. ს.) და დამოკიდებულია თვით ელემენტის ელექტროდების სიდიდებზე, ანდა პარალელურად ჩართული ელემენტების რიცხვზე, ბატარიაში ელემენტთა მიმდევრობითი შეერთების დროს მთელი ბატარიის ტევადობა ტოლია ერთი ელემენტის ტევადობისა. პარალელურად შეერთების შემთხვევაში კი თითოეულ ელემენტთა ტევადობის ჯამისა. რადიოპარატურის საკვებად იხმარება ლეკლანშეს ელემენტებისაგან შემდგარი ბატარიები, რომლებიც გვხვდება როგორც დაშლილი, ისე შეკრებილი სახით. რადიოპარატურაში უმთავრესად ბატარიები ორგვარი მიზნისათვის გამოიყენება: 1—მილაკის კატოდის ვარვარებისათვის და 2—ანოდის კვებისათვის ვარვარების ბატარიები ჩვეულებრივად დიდი ტევადობისა, ანოდის კი—მცირესი.

1. მაგნიტიზმისა და ელემენტარმაგნიტიზმის რაობა

მაგნიტიზმი ეწოდება ლითონის უნარს მიიზიდოს რკინის, ფოლადის ანდა თუჯის ნაჭრები. ხოლო იმ ლითონს, რომელსაც ახასიათებს ეს თვისება მაგნიტს ეწოდებთ.

მაგნიტი გვხვდება ორგვარი: ბუნებრივი და ხელოვნური. ბუნებრივი მაგნიტები მადნის სახით გვხვდებიან ბუნებაში. ხელოვნური მაგნიტები კი ხელოვნურად შეგვიძლია შევქმნათ. თუ რკინის ღერს მაგნიტური თვისება ახასიათებს და მას თავისუფლად დავკიდებთ სიმძიმის ცენტრთან, ერთი ბოლო ჩრდილოეთისაკენ იქნება მიმართული, მეორე კი—სამხრეთისაკენ. იმ ბოლოს, რომელიც მუდმივად ჩრდილოეთისაკენ არის მიმართული. ჩრდილოეთ პოლუსს ეწოდება (*N*) და ის კი, რომელიც სამხრეთისაკენაა მიმართული—სამხრეთ პოლუსს (*S*). თუ მაგნიტის სხვადასხვა პოლუსს ერთ და იმავე დროს ცენტრიდან გასწვრივ ბოლოებისაკენ გავუსვამთ ფოლადის ღეროზე. მივიღებთ ხელოვნურ მაგნიტს, ე. ი. ფოლადი დამაგნიტდება. ასეთ ხერხს მაგნიტების მისაღებად ამჟამად არ იყენებენ, რადგანაც იგი მეტ დროს მოითხოვს და უხერხულია. ამჟამად მიმართავენ ელექტროდენით დამაგნიტებას, რომელსაც ქვემოთ შევვხებით.

მაგნიტი ხასიათდება ე. წ. ნეიტრალური ზონით, სადაც არ მქლავდება მაგნიტური თვისება. ეს ზონა მოთავსებულია პოლუსებს შორის, შუა ადგილას  $0-0$ , სურ. 14 *ab*.—პრაქტიკაში მრავალგვარი ფორმის მაგნიტი გვხვდება. სახელდობრ: ღეროვანი, სურ. 14*a*, ნალისებრი სურ. 14*b*, რგოლისებრი სურ. 14*c*. თუ გვაქვს სივრცეში ორი თავისუფლად დაკიდებული მაგნიტი, მაშინ ისინი ერთმანეთს მიეზიდებიან სხვადასხვა პოლუსებით, ხოლო ერთგვაროვანი—განიზიდებიან. ეს განზიდვის ან მიზიდვის ძალა კულონის კანონის მიხედვით, ტოლია:

$$F = \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (28)$$

სადაც  $m_1$  და  $m_2$  მაგნიტური მასებია, რომელიც გამოხატავს მაგნიტური თვისების ინტენსიობას პოლუსებზე,  $r$  მათ შორის მანძილი,

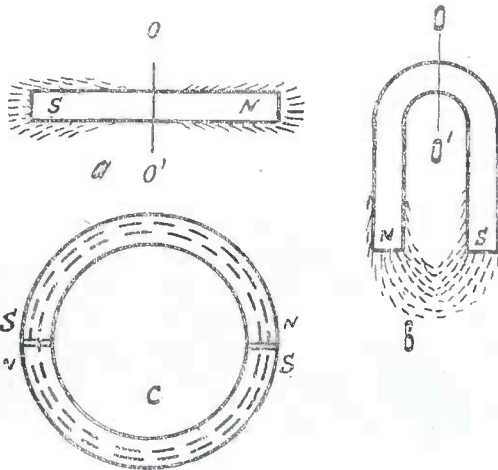
იმ ძალას, რომლითაც მოქმედობს მაგნიტი რკინაზე, თუჯზე, ფოლადზე ანდა მაგნიტზე, მაგნიტური ძალა ეწოდება. იმ არეს კი, სადაც მქლავდება მაგნიტური მოქმედება, მაგნიტური არე ეწოდება. ხოლო მაგნიტური არეს მოქმედების მიმართულებას, რომელზეც გაივლიდა მიზიდვის ან

განზიდვის პროცესში რომელიმე ელემენტარული მაგნიტი მაგნიტური ძალ-  
ხაზები ეწოდება. მიღებულია, რომ მაგნიტური ძალხაზები გამოდიან ჩრდი-  
ლო პოლუსიდან და შედიან სამხრეთ პოლუსში. იქ, სადაც მეთია ძალხაზების  
რიცხვი სიბრტყის ერთეულზე, მეთია მაგნიტური არეს დაძაბულობა. ხოლო,  
სადაც მეჩხერია, პირიქით—სუსტი.

ამიტომ მაგნიტური არეს დაძაბულობა გაიზომება ძალ-  
ხაზების იმ რაოდენობით, რომელიც ქმედობს 1 კვადრატულ  
სანტიმეტრის ფართობზე. ძალხაზების მიერ შექმნილი არის დაძაბუ-  
ლობის ნამრავლი ფართზე, რომელზეც ქმედობს. მოცემული ძალხაზები, გვა-

ძლევს მაგნიტურ  
ნაკადს:

$$D = HQ \quad (29)$$



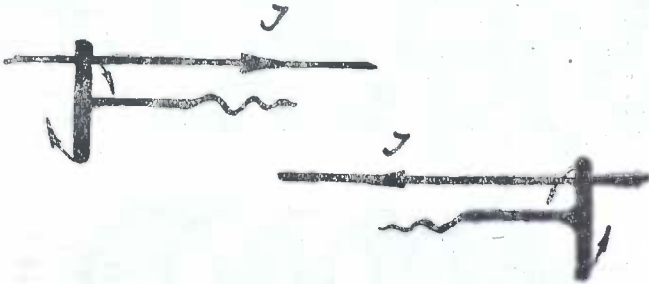
სურ. 14.

სადაც  $H$  მაგნიტური  
არეს დაძაბულობაა და  
დამოკიდებულია მაგნი-  
ტური ძალხაზების რაო-  
დენობაზე 1 კვადრა-  
ტულ სანტიმეტრზე,  $Q$   
ფართი კვადრატულ  
სანტიმეტრებში, რომე-  
ლზეც ვლდებულობთ მაგ-  
ნიტურ ნაკადს. თუ  
ფართის ყოველ ერთე-  
ულზე გვაქვს მაგნი-  
ტური ძალხაზების ტო-  
ლი ოდენობა, მაშინ  
იტყვიან, არეს და-

ძაბულობა განხილულ ფართზე თანაბარია, წინააღმდეგ შემთხვე-  
ვაში კი გვექნება არათანაბარი მაგნიტური არე.

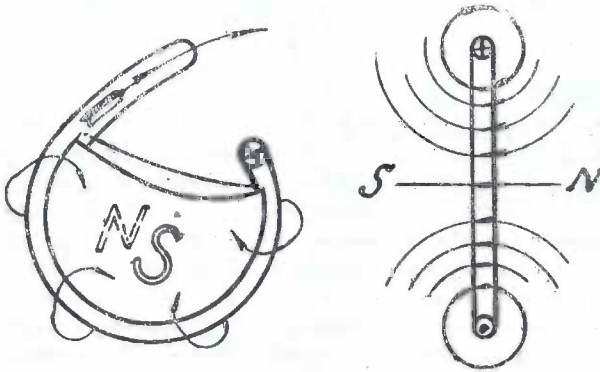
ელექტრომაგნიტიზმი, როგორც სახელწოდება გვიჩვენებს, ეწო-  
დება ისეთ მაგნიტურ მოვლენას, რომელიც მიიღება ელექტროდენის საშუა-  
ლებით. ცნობილია, რომ როდესაც გამტარში გადის ელექტროდენი, გამტარის  
გარშემო იქმნება არე, რომელიც გვემდებარება ბურღვის ანუ მაკსველის წესს.  
თუ ჩაბურღვის მიმართულება ემთხვევა დენის მიმართუ-  
ლებას გამტარში, მაშინ გამტარის გარშემო შექმნილი მაგ-  
ნიტური ძალხაზების მიმართულება ბურღვის ტარის ბრუნ-  
ვის მიმართულებას ემთხვევა სურ. 15. ტექნიკური აღნიშვნის მიზ-  
ნით მიღებულია, თუ გამტარს ვუყურებთ განივკვეთში, მაშინ დენი ჩვენსკენ  
მომავალი აღინიშნება წერტილით წრეში  $\odot$  ჩვენგან იქეთ მიმავალი კი —  
ჯვრით  $\oplus$ ; თუ გვაქვს რგოლისებრი გამტარი, რომელშიაც გადის ელექტრო-  
დენი, მაშინ რგოლის ერთ მხარეზე ვლდებულობთ ჩრდილოეთ პოლუსს ( $N$ ),

ხოლო მგორზე კი სამხრეთ პოლუსს (S), სურ. 16-დან ჩანს, რომ ის მხარე, სადაც შედის ძალხაზები, არის სამხრეთ პოლუსი (S). ხოლო საიდანაც გამოდის, ჩრდილოეთის პოლუსია (N). თუ ავიღებთ სპირალურად დახვეულ გამტარს და მასში გავეტარებთ დენს, მაშინ გვექნება ე. წ. სოლენოიდი. სოლენოიდის თითოეული ხვიას ვარშემო შექმნილი მაგნიტური არე. მის შიგ-



სურ. 15.

ნით ქმნის მთლიან მაგნიტურ არეს. სოლენოიდის ბოლოების პოლუსიანობის გასაგებად არსებობს ე. წ. მარჯვენა ხელის წესი: თუ სოლენოიდს განვივად დავედებლ მარჯვენა ხელის გულს ისე, რომ გამართული ოთხი თითი გვიჩვენებდეს დენის მიმართულეებას ხვიაში,



სურ. 16.

მაშინ ცერი გვიჩვენებს ჩრდილოეთ პოლუსს: სოლენოიდის ფორმა მოცემულია სურ. 17-ზე და მის შიგნით მაგნიტური არის დაძაბულობა გამოითვლება ფორმულით:

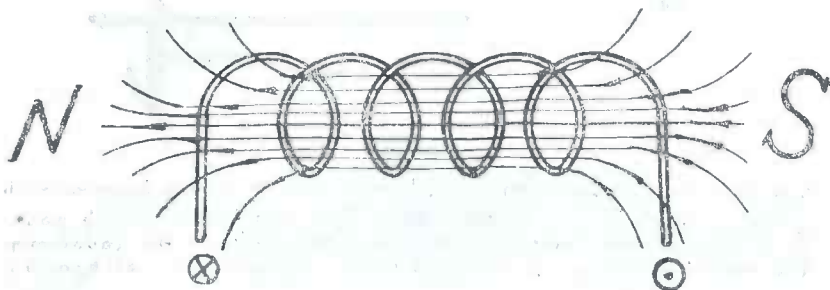
$$H = \frac{1,25 In}{l} \quad (30)$$

სადაც  $l$  დენის ძალა ამპერებში,  $n$  ხვევათა რიცხვი და  $l$  სოლენოიდის სიგრძე სანტიმეტრებში, ამ რიცხვების დროს მაგნიტური არეს დაძაბულობას

H ვლებულობთ ამპერ სანტიმეტრებში ( $a/cm$ ). თუ სოლენოიდს გავუყრით რბილ რკინას, მაშინ გვექნება ე. წ. ელექტრომაგნიტი.

ელექტრომაგნიტმა ელექტრო და რადიოტექნიკაში დიდი გამოყენება ჰპოვა. თუ სოლენოიდში გაყრილია კიმიურად წმინდა რბილი რკინა, მაშინ დენის შეწყვეტის შემდეგ რკინაში არ აღმოჩნდება არავითარი მაგნიტური თვისება, მაგრამ თუ რკინის მაგივრად ვისმართ ფოლადს, მაშინ სოლენოიდში დენის შეწყვეტის შემდეგ იგი შეინარჩუნებს მაგნიტურ თვისებას და მივიღებთ ე. წ. ხელოვნურ მაგნიტს.

ელექტრომაგნიტისათვის ხმარობენ ფურცლოვან ანდა ლეროვან რკინის გულას. თითოეული ფურცელი ანდა ლერო ერთმანეთისაგან იზოლირებულია



სურ. 17.

ანსაკუთრებული მაიზოლირებელი ლაქით. ასე იმიტომ აკეთებენ, რომ როდესაც ელექტრომაგნიტში გამავალი დენი წყვეტადა ანდა ცვლადი, რკინაში იწვევს ე. წ. ფურცელ დენებს და ხდება გულას გახურება, რაც ზედმეტ ენერჯის ხარჯს იწვევს. ამ მოვლენის შესამცირებლად გულა ფურცლოვანი კეთდება.

მაგნიტური ძალხაზების რიცხვი, რომელიც გადის რკინის გულას  $i^2$  სმ. ფართობი მაგნიტური ინდუქცია ეწოდება და აღინიშნება ასო  $B$ -თი.

მაგნიტური ინდუქცია იზომება ჰაუსებში. მაგნიტური ინდუქციის შეფარდება მაგნიტურ არესთან გვაძლევს მაგნიტურ განვლადობას და აღინიშნება ასო  $\mu$ -თი (მიუ). მაგნიტური განვლადობის სიდიდის მიხედვით სხეულები იყოფიან დიამაგნიტებად და პარამაგნიტებად. დიამაგნიტური სხეულებია: ბისმუტი, ტყვია, კადმიუმი, სპილენძი, ვერცხლი და თუთია. პარამაგნიტებს კი ეკუთვნიან: მარგანეცი, ალიუმინი, მაგნიუმი, კალა და ხასიათდებიან იმით, რომ დიამაგნიტური სხეულებისათვის  $\mu < 1$ , ხოლო პარამაგნიტურებისათვის კი  $\mu > 1$ , ჰაერისათვის  $\mu = 1$  არსებობენ ისეთი ლითონები და შენადნობები, რომლებსთვისაც  $\mu$  აღწევს რამდენიმე ათასს. ასეთ სხეულებს ფერომაგნიტურს უწოდებენ; მათ რიცხვს მიეკუთვნებიან: რკინა, ფოლადი, თუჯი, ნიკელი, კობალტი და სხვა მათი შენადნობები.

2. ომის კანონი მბგნითური წრედებისათვის და ჰისტერიზის მარყუი

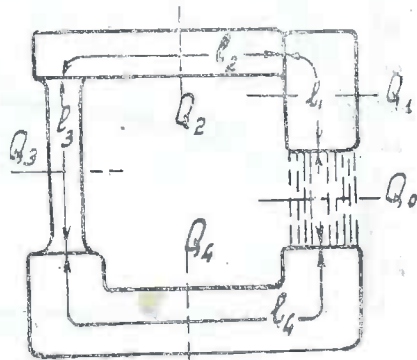
როგორც ელექტრული წრედისათვის, ისე მბგნითურისათვის შესაძლებელია გამოყენებული იქნეს ომის კანონი. ვთქვათ, მოცემულია სურ. 18 ნაჩვენები მბგნითური წრედი, რომელიც შედგება 5 სხვადასხვა მასალის და სხვადასხვა განივკვეთის სხეულისაგან  $Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5$ . აქ  $Q$  განივკვეთია, ხოლო  $L$ -კი მასალის სიგრძე. რადგანაც წრედი შეკრულია, ამიტომ მბგნითური ნაკადი წრედის ყველა შემადგენელი ნაწილებისათვის ერთი და იგივეა, ხოლო რადგანაც განივკვეთის ფართი  $Q$  სხვადასხვაა, ამიტომ მბგნითური არეს დაძაბულობა ( $H$ ) თითოეული ელემენტისათვის სხვადასხვაა და ამის შესაბამისად მბგნითური ინდუქციაც ( $B$ ) სხვადასხვაა, მთელი წრედისათვის შეგვიძლია დავწეროთ:

$$\begin{aligned} \Phi &= B_1 Q_1 = \mu_1 H_1 Q_1; & \Phi &= B_4 Q_4 = \mu_4 H_4 Q_4 \\ \Phi &= B_2 Q_2 = \mu_2 H_2 Q_2; & \Phi &= B_5 Q_5 = \mu_5 H_5 Q_5 \\ \Phi &= B_3 Q_3 = \mu_3 H_3 Q_3; \end{aligned} \quad (31)$$

სადაც  $\Phi$  მბგნითური ნაკადია წრედის სხვადასხვა შემადგენელი ნაწილისათვის.

მაგრამ 30 ფორმულიდან ჩანს რომ:

$$\begin{aligned} H_1 &= \frac{1,25 In}{l_1}; \\ H_2 &= \frac{1,25 In}{l_2}; & H_3 &= \frac{1,25 In}{l_3} \\ H_4 &= \frac{1,25 In}{l_4} \text{ და} \\ H_5 &= \frac{1,25 In}{l_5} \end{aligned} \quad (32)$$



სურ. 18.

ჩავსვათ ეს მნიშვნელობები მბგნითური ნაკადის ფორმულაში და მივიღებთ:

$$\Phi = \frac{1,25 In}{\frac{l_1}{\mu_1 Q_1} + \frac{l_2}{\mu_2 Q_2} + \frac{l_3}{\mu_3 Q_3} + \frac{l_4}{\mu_4 Q_4} + \frac{l_5}{\mu_5 Q_5}} \quad (33)$$

სიდიდე  $1,25 \cdot In$  ავლნიშნოთ  $M$ -ით და, როგორც ვხედავთ, იგი დამოკიდებულია ნაკადის შემქმნელ დენის ძალაზე, ხვევათა რიცხვზე და ეწოდება მაგნიტომამოძრავებელი ძალა. სიდიდე  $\frac{l}{\mu Q}$  ავლნიშნოთ ასო  $R$ -ით, და მას ეწოდება წრედის მაგნიტური წინააღობა. მაშინ მიღებული ფორმულა (33) მთელი წრედისათვის შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ შემდეგი საბოლოო სახით:

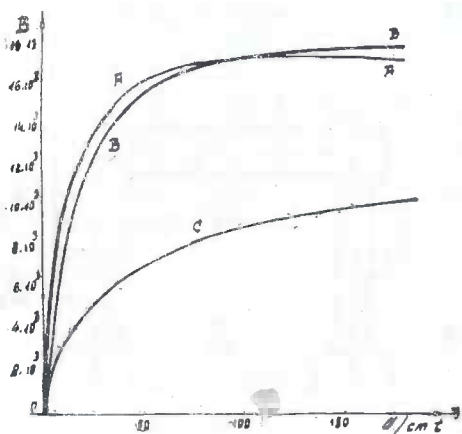


$$\Phi = \frac{M}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_0} = \frac{M}{R_m} \quad (34)$$

ე. ი. მაგნიტური ნაკადი  $\Phi$  პირდაპირ პროპორციულია მაგნიტომამოძრავებელი ძალის  $M$  და უკუპროპორციულია მაგნიტური წინაღობის  $R_m$ .

ელექტრომაგნიტის ერთი პოლუსის ამწვევი ძალა გამოითვლება ფორმულით:

$$F = \frac{B^2 Q}{24650} \text{ გრამი} \quad (35)$$



სურ. 19.

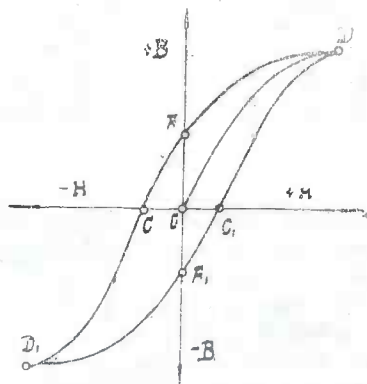
ზრდასთან ერთად მაგნიტური ინდუქცია სწრაფად იზრდება, შემდეგ კი უფრო მცირედ მატულობს, ბოლოს ზრდა თითქმის სავსებით წყდება და მრუდი დაახლოებით აბსცისის პარალელურად მიდის. ეს კი მაჩვენებელია ე. წ. მაგნიტური ნაჯერობის.

ზემოთქმულიდან ჩანს, რომ რკინის გულაში მაგნიტური ინდუქციის სიდიდე დამოკიდებულია მაგნიტური არეს დაძაბულობაზე. აქედან ის დასკვნა შევიძლია გამოვიტანოთ, რომ შევწყვეტთ თუ არა მაგნიტური არეს დაძაბულობას რკინაში, უნდა შეწყდეს მაგნიტური ინდუქციაც. მაგრამ სინამდვილეში მას არ აქვს ადგილი, რკინაში მაინც რჩება მაგნიტური ინდუქციის ნაწილი, რაც აიხსნება ე. წ. ჰისტერეზისის მოვლენით. ჰისტერეზისის ნათელ სურათს იძლევა ე. წ. ჰისტერეზისის შარყუჭი, რომელიც ნაჩვენებია სურ. 30-ზე, სადაც მოცემულია დამოკიდებულება  $B=f(H)$ . ვთქვათ, გვაქვს რკინის გულა, რომელშიც ვზრდით მაგნიტური არეს დაძაბულობას, და ამის შესაბამისად

სადაც  $B$  არის მაგნიტური ინდუქცია ჰაუსებში მოცემული რკინის გულასათვის და  $Q$  გაიწვევითი სმ<sup>2</sup>. სურ. 19 მოცემულია მრუდები

$B=f\left(H \frac{a}{cmt}\right)$ . რომლებიც საშუალებას გვაძლევს სხვადასხვა ლითონებისათვის მოცემული მაგნიტური არეს ( $H$ ) დაძაბულობის, ანდა  $ln$  ამპერხვევების მიხედვით, გავიგოთ მაგნიტური ინდუქცია ( $B$ ). სურათზე მოცემულია მრუდები ( $A$ ) რკინისათვის, ( $B$ ) ფოლადისათვის და ( $C$ ) თუჯისათვის. როგორც ჩანს, ამპერხვევების ანდა არეს დაძაბულობის

იზრდება გულაში მაგნიტური ინდუქცია  $OD$  მრუდის მიხედვით.  $D$  წერტილი მაჩვენებელია რკინაში მაგნიტური ნაჯერობის, რომლის მიღწევის შემდეგ ვიწყებთ არეს შემცირებას. მოსალოდნელია, რომ უკუმრული უნდა დაემთხვეს  $OD$  ხაზს, მაგრამ ამას არა აქვს ადგილი, მრუდი მიყვება  $DAC$  ხაზს და როდესაც  $H$  მიიღწევის ნულოვან სიდიდეს  $B$ —აქვს კიდევ  $OA$  მნიშვნელობა. რომ  $B$  დაიყვანოთ ნოლამდე, საჭიროა  $H$ -ს მიცვლა რაღაც უარყოფითი მნიშვნელობა  $H=OC$ , ეს იმის მაჩვენებელია, რომ ნარჩენი მაგნიტური არეს მოსასპობად საჭიროა მოწინააღმდეგე მიმართულე-ბის მაგნიტური ძალხაზები შევქმნათ რკინაში. არეს დაძაბულობის იმ სიდიდეს, რომელიც საჭიროა ნარჩენი მაგნიტიზმის მოსასპობად, დამკავებელი ანუ კოერციტიული ძალა ეწოდება. თუ თანდათან გავადიდებთ  $H$ -ს მაგნიტურ ნაჯერობამდე და შემდეგ ისევ ვიწყებთ მის შემცირებას, მივიღებთ ე. წ. ჰისტერეზისის მარყუჟს, რომელიც შემოიფარგლება მრუდით:  $ODACD_1 A_1 C_1 D$ . ჰისტერეზისის ანუ ნარჩენი მაგნიტიზმის მოვლენას ადგილი აქვს ყველა ფერომაგნიტურ მასალაში. რაც უფრო ვიწროა ჰისტერეზისის მარყუჟი, მით უფრო კარგი ხარისხისაა მასალა, რადგანაც მისთვის ნაკლები კოერციტიული ძალაა საჭირო, რომ მივიღოთ ისევ მაგნიტურად ნეიტრალური სხეული.

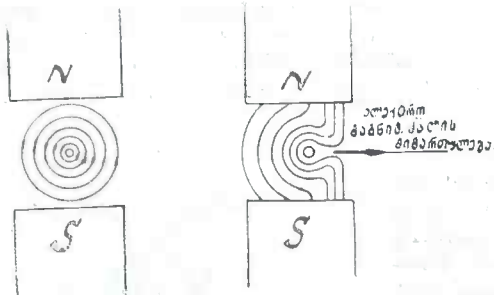


სურ. 20.

რაც უფრო მეტი კოერციტიული ძალა დაიხარჯება მასალაში, მით უფრო მეტი ენერგია იკარგება უსარგებლოდ და ამიტომ გასაგებია, რატომ ხმარობენ მაგნიტურ გამტარებლად ისეთ მასალებს, რომლებიც ნაკლები კარგები აქვთ, როგორცაა ტრანსფორმატორის გულა და სხვა. ჰისტერეზისზე დახარჯული ენერგია პირდაპირ პროპორციულია იმ ფართის, რომელსაც შემოფარგლავს ჰისტერეზისის მრუდი და გამოიყოფა სითბოს სახით. ჰისტერეზისის მოვლენას ხსნიან შემდეგნაირად: ყველა ფერომაგნიტური სხეული შედგება მოლეკულარულ მაგნიტების უამრავი რიცხვისაგან, რომლებიც უწყობრივად არიან განრიგებული და მათი საერთო ტოლქმედი ნულია, მაშასადამე, სხეულის გარეთ მაგნიტური თვისება არ მქონდება. როდესაც სხეულს განსვენლავს მაგნიტური ნაკადი, მოლეკულარული მაგნიტები დაეწყობიან განსაზღვრული მიმართულებით ისე, რომ ერთსახელიანი პოლუსები ერთმხრივად მიშვრილი. ფოლადი, რომელსაც ახასიათებს დიდი მაგნიტური ნარჩენობა, ნაკადის შეწყვეტის შემდეგ მოლეკულარული მაგნიტები ერთმხრივ მიმართული რჩებიან; რბილ რკინაში კი ისევ აიშლებიან, მაგრამ მცირე ნაწილი კი მაინც დალაგებულ მდგომარეობაში რჩება და ამჟღავნებს ე. წ. ნარჩენ მაგნიტიზმს.

§. მლექტროდენსა და მაგნიტურ არეს ურთიერთქმედება

ურიად დიდ მნიშვნელოვან მოვლენას აქვს ადგილი დენიანი გამტარისა და მაგნიტური ძალხაზების ურთიერთ-მოქმედების დროს. ასე, მაგალითად: თუ მაგნიტურ არეში მოვითავსებთ დენიან გამტარს, მაშინ გამტარი განიცდის არედან გამზიდ ძალას, რომელიც აიხსნება მათი ურთიერთმოქმედებით და, როგორც სურ. 21-დან ჩანს, გამტარი მიისწრაფის მარჯვნივ. გამტარის გადაადგილების ძალა  $F$  დამოკიდებულია მაგნიტური არეს დაძაბულობა  $H$ -ზე, დენის ძალის სიდიდეზე გამტარში  $I$  და გამტარის აქტიურ სიგრძეზე\*) და ეს ძალა ტოლია:

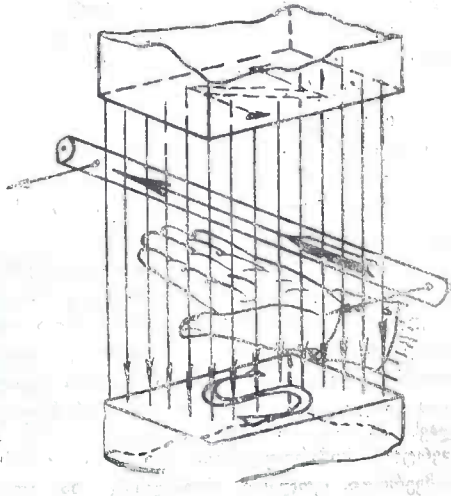


სურ. 21.

$$F = \frac{HI}{9810} \text{ გრამი (36)}$$

გამტარის გადაადგილების მიმართულებაზე დამოკიდებულია მასში დენის ანდა-

მაგნიტური ძალხაზების მიმართულებაზე და განისაზღვრება მარცხენა ხელის წესით: თუ მაგნიტურ არეში მოვითავსებთ მარცხენა ხელს გაშლილი თითებით ისე, რომ მაგნიტური ძალხაზები შედიოდეს ხელის გულში და გამტარში გამავალ დენის ძალის მიმართულებას გვიჩვენებდეს გაშვებული თითები, მაშინ გამტარი იმოძრაავებს ცერისაკენ. სურ. 22-ზე ნაჩვენებია დენიანი გამტარის და მაგნიტური ძალხაზის ურთიერთ-მოქმედება, რომელიც ფართო გამოყენებას პოულობს ელექტროძრავებში დინამურ მოლაპარაკეე ში და გამოზომ ხელსაწყოებში. მაგალითად, თუ მოცემულია გამტარი, რომლის სიგრძე უდრის  $l = 10$  მეტრ. მოთავსებულია თანაბარ მაგნიტურ არეში, რომლის დაძაბულობა  $H$  კვადრატულ სანტიმეტრზე ტოლია 8000 ძალხაზის. გავიგოთ რა ძალა მოქმედობს გამტარზე, თუ მასში გადის დენის ძალა  $I = 20a$

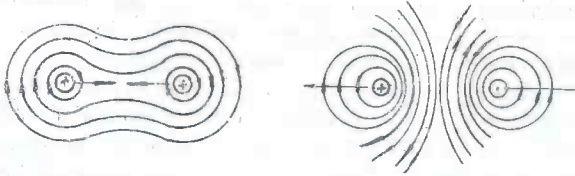


სურ. 22.

\*) გამტარის აქტიური სიგრძე ეწოდება გამტარის იმ ნაწილს, რომელიც მოთავსებულია მაგნიტურ არეში და განიცდის მის მოქმედებას.

$$F = \frac{HII}{9810} = \frac{8 \cdot 10^3 \cdot 20 \cdot 10^3}{9810} = 8,15 \text{ კილოგრამი.}$$

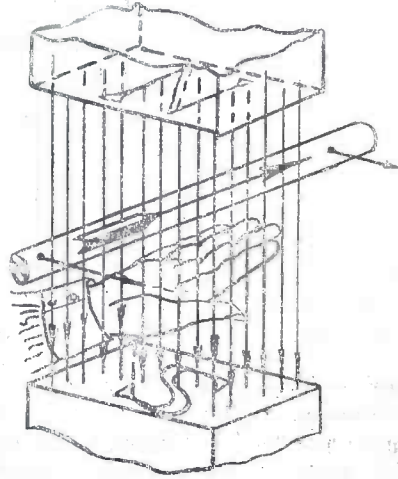
გარდა მაგნიტური ძალხაზების მოქმედებისა დენიან გამტარზე, არსებობს აგრეთვე დენიან გამტარებს შორის ურთიერთმოქმედება. თუ გვაქვს ორი პარალელური დენიანი გამტარი, მათ შორის ურთიერთმოქმედებას აქვს ად-



სურ. 23.

გილი, როგორც ეს ნაჩვენებია მოყვანილ სურ. 23. როდესაც გამტარებში დენი გადის ერთი მიმართულებით, მაშინ ადგილი აქვს მიზიდვას, ხოლო მოწინააღმდეგე მიმართულების შემთხვევაში კი განიზიდებიან.

ასეთ ურთიერთმოქმედების მიზეზია მაგნიტური ძალხაზების მიმართულება, როგორც ეს სურ. 23a და 23b ჩანს; პირველ შემთხვევაში მაგნიტური ძალხაზები გამტარებს შიგნით მოწინააღმდეგე მიმართულების არიან, მაშასადამე, მათ შორის მაგნიტური ძალხაზები წონასწორდება და ადგილი აქვს მიზიდვას, მეორე შემთხვევაში კი პირიქით, გამტარებს შორის მაგნიტური ძალხაზები ჯგუფდებიან და გამტარებს განიზიდავენ. გარდა ზემოთხსენილი ურთიერთმოქმედებისა, მაგნიტისა და დენიან გამტარს შორის არსებობს აგრეთვე ე. წ. ელექტრომაგნიტური ინდუქციის მოვლენა, რომელიც საფუძვლად დაედო მრავალ ელექტროტექნიკურ დანადგარს. ელექტრომაგნიტური ინდუქციის მოვლენა აღმოაჩინა მიხეილ ფარადეიმ 1831 წელს და მდგომარეობს იმაში, რომ თუ გამტარს გადააკვეთს დროის ერთეულში სხვადასხვა რაოდენობის ძალხაზები, გამტარში აღიძვრება დაინდუქტირებული ე. მ. ძალა და გამოიხატება ფორმულით:



სურ. 24.

$$E = Hl \nu \cdot 10^{-8} \text{ ვოლტი}$$

(37)

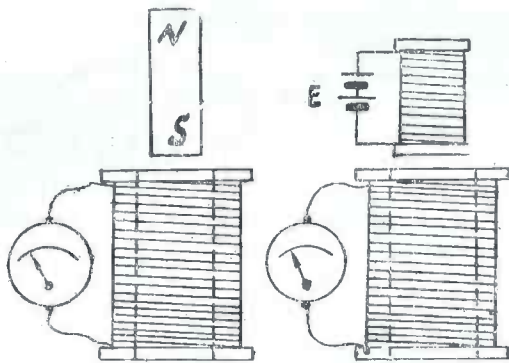
სადაც  $H$ —მაგნიტური არეს დაძაბულობა,

$l$ —გამტარის აქტიური სიგრძე,

$\nu$ —გამტარის მოძრაობის სისწრაფე.

რიცხვი —  $10^{-8}$  მიღებულია ე. მ. ძ. აბსოლუტური ელექტრომაგნიტური ერთეულიდან პრაქტიკულ ერთეულად გადაყვანის შედეგად. დაინდუქტირებული ე. მ. ძ. მიმართულება დაპოკიდებულია მაგნიტური ძალხაზების და გამტარის მოძრაობის მიმართულებაზე და ვაიგება: მარჯვენა ხელის წესით: თუ მარჯვენა ჭაშლილ ხელს დავიჭერთ ისე, რომ მის გულში შემოდოდეს მაგნიტური ძალხაზები და გამტარი მოძრაობდეს გაშვებული ცირის მიმართულებით, მაშინ დაინდუქტირებული ელექტრომაგნიტური ძალის მიმართულება ემთხვევა გაშვებული ოთხი თითის მიმართულებას. სურ. 24.

ფარადის აღმოჩენამ ელექტროტექნიკური მეცნიერება, როგორც ტექნიკური საშუალება ფართო მოხმარებისათვის ხელმისაწვდომი გახადა. ამ პრინციპის

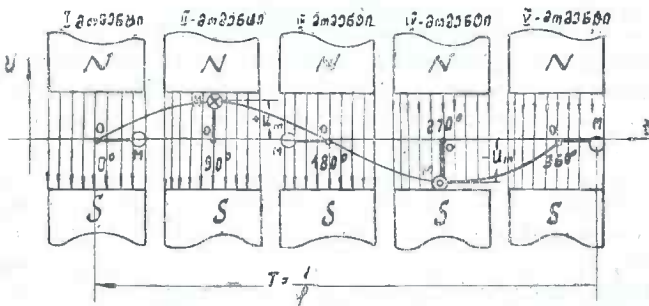


სურ. 25.

ციკზე აგებულ ყველა თანამედროვე ელექტროტექნიკური დანადგარი (ელექტროძრავები, ტრანსფორმატორები და სხვა). ფარადის დასკვნით, შეკრულ წრედში ელექტრომაგნიტური ძალა ინდუქტირდება მხოლოდ და მხოლოდ მაშინ, როდესაც მისი გადაკვეთი ძალხაზების რაოდენობა იცვლება დროის ერთეულში. სურ. 25 ზე ნაჩვენებია კოჭზე დახვეული გამტარი, რომლის ბოლოები შეკრულია გალვანომეტრით. თუ კოჭს შიგნით ვამოძრავებთ მაგნიტის ლეროს, გალვანომეტრის ისარი მოგვცემს გადახრას, რაც მაჩვენებელია ხვიაში დენის არსებობისა. ასეთსავე მოვლენას აქვს ადგილი სურ. 25ბ-ზე, როდესაც კოჭში ვამოძრავებთ დენიან მეორე კოჭს. (არსებითად ხეივებში გამავალა დენი მეორე კოჭის ვარშემო ქმნის მაგნიტურ ძალხაზებს, ამიტომ იგივე ეფექტს ვეუბლობთ, რასაც მოგვცემდა პირველის შიგნით მაგნიტის მოძრაობა).

1. ცვლადი დენის მიღება

ელექტრომაგნიტური ინდუქციის განხილვისას ჩვენ აღნიშნეთ, რომ თუ მაგნიტურ არეში ვამოძრავებთ გამტარს, მასში აღიძვრება დაინდუქტირებული ე. მ. ძ.\*) დენის მიღების თვალსაზრისით მნიშვნელობა არა აქვს გამტარი იმოდრავებს მაგნიტურ არეში, თუ გამტარი უძრავად იქნება და მაგნიტური არე



სურ. 26.

იმოდრავებს. მნიშვნელობა აქვს იმ ფაქტის არსებობას, რომ გამტარმა და მაგნიტურმა ძალხაზებმა ერთმანეთი გადასჭრან, მხოლოდ ისე კი, რომ ეს გადაკვეთა სხედასხვა რაოდენობით იყოს ყოველ მომენტში. ამ მოვლენის ასახსნელად, ვთქვათ, გვაქვს *N* და *S* პოლუსები, სურ. 25, რომლის არეში წრიულად და თანაბარ სისწრაფით მოძრაობს *OM* გამტარი *O* ღერძის გარშემო. განვიხილოთ გამტარის ძრაობა მომენტებად.

I—მომენტში გამტარი ჰორიზონტალურ ღერძზე დევს. ამ დროს მასში ადგილი არ აქვს ე. მ. ძალის დაინდუქტირებას და შესაბამისი ე. მ. ძ. ღერძზე გვაქვს ძაბვის ნულოვანი. მნიშვნელობა, რადგანაც ამ მომენტში გამტარი ძალხაზების გასწვრივ ცურავს და არ ჰკვეთს მათ.

II—მომენტში გამტარი თავისი პირენდელი მდგომარეობიდან 90 გრადუსით

\*) გამტარმა თავისი მოძრაობისას უნდა გადაკვეთოს მაგნიტური ძალხაზები. თუ გამტარი ძალხაზის გასწვრივ ისრიალებს; გადაკვეთას არ ექნება ადგილი და, მაშასადამე, არც ე. მ. ძ. აღიძვრება.

დღისითაა შემობრუნებული. ამ დროს ადგილი აქვს ე. მ. ძ. მაქსიმალურ დაინ-  
დუქტირებას და მრულდნადც ნაჩვენებია გამტარში მაქსიმალური ძაბვის სიდი-  
დე  $U_{max}$ . რადგანაც იგი მაგნიტური ძალხაზების მაქსიმალურ რაოდენობას  
გადაჰკვეთს დროის ერთეულში.

III—მომენტში გამტარი 180 გრადუსითაა შემობრუნებული. მასში  
ე. მ. ძალის დაინდუქტირება არ ხდება და მრულდნადც ნულოვანი მნიშვნე-  
ლობა გვაქვს; როგორც მრულიდან ჩანს, ძაბვა დადებითი მნიშვნელობისა-  
 $0^\circ \rightarrow 180^\circ$ -მდე, რადგანაც გამტარი ჰქრიდა აქამდე შემხვედრ ძალხაზებს. ასე-  
თივე სურათი მეორდება  $\pm 180^\circ$ — $360^\circ$ -დე, მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ ძაბვას  
უკუმიმართულება ანუ უარყოფითი მიმართულება აქვს, რაც აიხსნება გამტარ-  
ში პირიქედნაირ მოწინააღმდეგე ე. მ. ძ. არსებობით, რადგანაც გამტარი  
ჰრის თანხედებით ძალხაზებს. მაქსიმალური ძაბვა გვაქვს გამტარის  $90^\circ$  და  
 $270^\circ$ -ით მდებარეობის დროს. ეს აიხსნება იმიტ, რომ ამ მომენტში გამტარს  
მაქსიმალური ძალხაზების რიცხვს ჰკვეთს დროის ერთეულში და  $0^\circ$ ,  $180^\circ$  და  
 $360^\circ$ -ის დროს იგი ძალხაზების გასწვრივ ცურავს და გადაკვეთას ადგილი არ  
აქვს, რის გამოც ე. მ. ძ. დაინდუქტირება არ გვექნება.

როგორც ჩანს, გამტარის ერთი შემობრუნებამ მასში მოგვცა დაინდუქ-  
ტირებული ე. მ. ძ. ცვლადობა როგორც დადებითი (+), ისე უარყოფითი  
მიმართულებით (-). დროის იმ განაკვეთს, რომლის განმავლობაში გამტარმა  
მოასწრო ერთი სრული შემობრუნება ჰერიოდი ეწოდება და აღინიშნება  
ასო  $T$ -ით. ერთი წამი (სეკუნდი) დროის განმავლობაში ჰერიოდე-  
ბის რიცხვს სიხშირე ეწოდება და აღინიშნება ასო  $f$ -ით,  
აქედან დასკვნა: რაც უფრო მეტჯერ შემობრუნებას მოასწრებს  
გამტარი თავის ცენტრის (0) გარშემო ერთი წამის განმავ-  
ლობაში, მით უფრო მეტი იქნება მასში დაინდუქტირებული  
დადებითი და უარყოფითი ე. მ. ძ. შენაცვლებათა რაოდენ-  
ობა ე. ი. სიხშირე.

პერიოდი იზომება დროის ერთეულებში, სიხშირე კი ჰერცებში ანდა ციკ-  
ლებში და მათ შორის არსებობს შემდეგი დამოკიდებულება:

$$f = \frac{1}{T}; \quad T = \frac{1}{f} \quad (38)$$

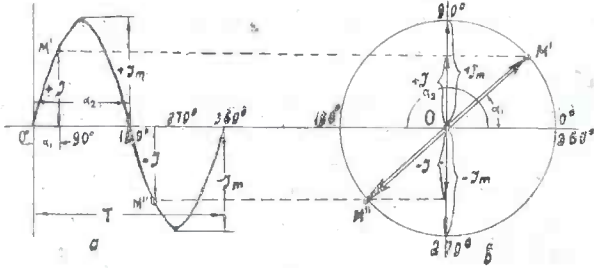
ჩვეულებრივი განათების ქსელი შეიცავს  $50 \text{ Hz}$  (ჰერც) სიხშირეს, ე. ი. ერთი  
წამის განმავლობაში 50 პერიოდს გვაქვს. როგორც დავრწმუნდით გამტარში  
ცვლადი დენი. დროის განმავლობაში იცვლის მიმართულებას, რადგანაც მისი  
შემქმნელი ე. მ. ძალაც იცვლება.

გარდა პერიოდის და სიხშირისა, ცვლად დენს და ძაბვას ახასიათებს  
აგრეთვე ფაზა. ფაზა განსაზღვრავს დენისა და ძაბვის ურთიერთმდგომარეო-  
ბას ამათუიმ მომენტში, აღინიშნება ასო  $\varphi$  (ფი) და გაიზომება გრადუსებში.

სურ. 27-ზე მოცემულია ცვლადი დენის ვექტორული (b) და ტალღური  
(a) დიაგრამა, რომელიც ნათელ წარმოდგენას გვაძლევს გამტარში ცვლადი  
დენის ხასიათზე.  $M'$  წერტილის შესაბამისი დენის ძალის სიდიდე, რომელიც  
 $OM'$  ვექტორის ბოლოს წარმოადგენს, სინუსოიდურ აღნიშნულია  $+I$ -ით, რაც  
შეეფარდება დენის განსაზღვრულ უაზურ მნიშვნელობას, როდესაც  $OM'$  იქმ-



ტორი შემობრუნებულია რაღაც  $\alpha_1$  კუთხით. ვექტორის შემობრუნება,  $\alpha_1$  კუთხით ხდება, განსაზღვრულ დროის მონაკვეთში, ვთქვათ, იგი სრულ შემობრუნებას ასწრებს მყისიერ  $t$  დროში, მაშინ რომელიმე  $\alpha'$  კუთხით შემობრუნებას მონადომებს დროის მონაკვეთს, რომელიც დამოკიდებულია ვექტორის ბრუნ-



სურ. 27.

ვის სისწრაფეზე ანუ. როგორც იტყვიან, კუთხეურ სიჩქარეზე და აღინიშნება ასო  $\omega$ -ით (ომეგა):

$$\omega = \frac{\alpha}{t} \quad (39)$$

აქედან დროის განმავლობაში შემობრუნებული ვექტორი შექმნის კუთხეს:

$$\alpha = \omega t \quad (40)$$

რადგან ვექტორის ბრუნვა  $O$  წერტილის გარშემო ჰარმონიულია და ჰარმონიული რხევები კი ემორჩილებიან სინუსოიდალურად ცვლად სიდიდეს, ამიტომ დენის სიდიდის ცვლადობა შეგვიძლია გამოვხატოთ ფორმულით:

$$i = I_m \sin \alpha = I_m \sin \omega t \quad (41)$$

$I_m$  წერტილი სრული შემობრუნების დროს შემოსწერს  $\alpha = 360^\circ$ -ს, რომელიც რადიანებში გამოიხატება  $2\pi$ -ით, ხოლო დაყოვნების სიდიდეთა მთლიანი შემობრუნების განმავლობაში გაიზომება დროით, რომელსაც ჩვენ პერიოდი ვუწოდებთ. მაშასადამე, პერიოდობიზობება დროის ერთეულებში წამებში. ამიტომ გვაქვს:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \quad (42)$$

ამგვარად, კუთხეური სიჩქარე და სიხშირე ერთმანეთს პროპორციულია ფორმულა 42-ის ჩასმით 41-ში მივიღებთ დენის მყისიერ მნიშვნელობას:

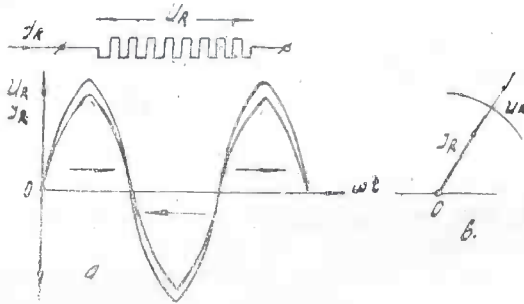
$$i = I_m \sin 2\pi f t \quad (43)$$



## 2. ცვლადი დენის წრედები

ცვლად დენიან წრედში შესაძლებელია ჩართული იქნეს ომური წინალობა— $(R)$ , ინდუქტიური წინალობა  $X_L$  და ტევადობითი წინალობა— $(X_C)$ , ზოგჯერ კი ორი შათვანი, ანდა სამივე ერთად—ასეთ შემთხვევაში ცვლადი დენის წრედში ჩართულია კომპლექსური წინალობა.

თითოეული დასახელებული წინალობა ცვლად დენიან წრედზე თავისებურ ჯაგლენას ახდენს. მაგალითად, ომურ წინალობაზე (მუდმივ დენის მსგავსად)



სურ. 28.

გამოიყოფა სითბო, თვითინდუქციის ვარშემო წარმოიშვება ცვლადი მაგნიტური არე, ხოლო ტევადობით წინალობაში იქმნება ცვლადი ელექტრული არე. განვიხილოთ სხვადასხვა წინალობიანი ცვლადი დენის წრედი.

1. წრედი, ომელიც შეიცავს  $R$  ომურ წინალობას. ეთქვას,  $R$  წინალობაზე მოდებულია ძაბვა  $E$ , რის გამო მასში გადის დენის ძალა  $I$ , რომლის მყისა სიდიდე ტოლია:

$$i = I_m \sin \omega t$$

მაშინ ძაბვის ვარდნა  $R$  წინალობაზე ტოლია:

$$U_R = iR = R I_m \sin \omega t = U_{mR} \sin \omega t \quad (44)$$

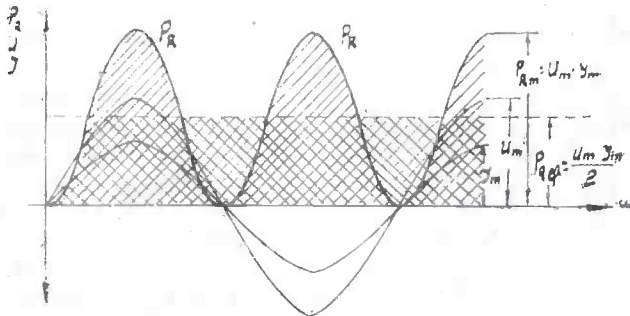
როგორც სურ. 2ა-დან და 2ბ-დან ჩანს,  $R$  წინალობაში გამავალი დენის ძალა და მასზე ძაბვის ვარდნა ერთმანეთის თანხვედნილია, ე. ი. ფაზაშია, რაც იმის მაჩვენებელია, რომ დროის რომელიმე მონაკვეთში დენი და ძაბვა ერთნიშნაია და ერთი და იმავე დროს აღწევენ თავიანთ მინიმალურ და მაქსიმალურ მნიშვნელობებს. ამ მოვლენაზე სხვანაირად იტყვიან: დენსა და ძაბვას შორის ფაზათა სხვაობა არ არსებობს. სიმძლავრე, რომელიც ყოველ წამში გამოიყოფა წინალობაზე, ტოლია:

$$P_R = U_R i = U_{mR} I_m \sin^2 \omega t \quad (45)$$

მაგრამ როგორც დენი, ისე ძაბვაც წინაღობაზე ყოველ მომენტში იცვლება. ამიტომ საჭიროა ვიკულისხმოდ, რომ დროის ერთეულში წინაღობაზე გამოიყოფა სიმძლავრე, რომელიც წარმოადგენს ამ დროში გამოყოფილი სიმძლავრის საერთო ჯამს და ეწოდება სიმძლავრის ეფექტური სიდიდე.

$$P_{Ref} = \frac{U_{mx} I_{mx}}{2} \quad \text{ანუ} \quad P_{Ref} = \frac{I_{mx}^2 R}{2} \quad (29)$$

აქ  $U_{mx}$  და  $I_{mx}$  ამპლიტუდური მნიშვნელობებია. თუ ეს სიდიდეები ვაზომილია ხელსაწყოთი, მაგ. ამპერიმეტრით და ვოლტმეტრით, მაშინ ხელსაწყოების ჩვენებების ნამრავლი არ უნდა გაიყოს ორზე, რადგანაც ყველა გამზომი-



სურ. 29.

ხელსაწყო გარდა ოსცილოგრაფისა, გვიჩვენებს არა ამპლიტუდურს, არამედ ეფექტურ სიდიდეს, მაშინ სიმძლავრეს ფორმულა ასეთ მნიშვნელობას მიიღებს:

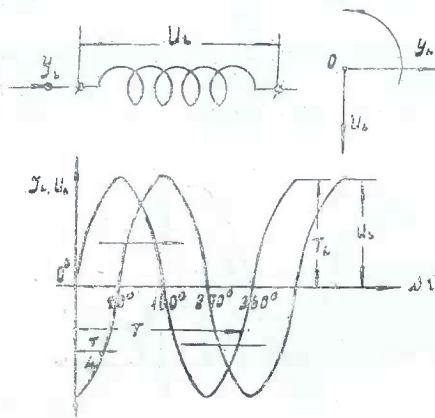
$$P_{Ref} = I_{ef} \cdot U_{ef} \quad \text{ანუ} \quad P_{Ref} = I_{ef}^2 \cdot R \quad (46a)$$

სადაც  $U_{ef}$  და  $I_{ef}$  ხელსაწყოების ჩვენებებია; სიმძლავრეს თავისი ცვლებადობის პროცესში უარყოფითი მნიშვნელობა არა აქვს. თუმცა დენი და ძაბვა იცვლებიან დადებითი მნიშვნელობიდან უარყოფითამდე და პირიქით, მაგრამ მათი ნამრავლი მაინც მუდმივად დადებითი რჩება, რადგანაც მაშინ, როდესაც  $I_{mx}$  და  $U_{mx}$ -ს უარყოფითი მნიშვნელობა აქვს, მათი ნამრავლი დენის და ძაბვის ფაზის თანხვედნილობის გამო, მაინც დადებითს გვაძლევს. სურ. 29-ზე ურთმაგი დაშტრიხული მრუდით მოცეპულია. სიმძლავრის სიდიდის ცვლადობა, ორმაგი შტრიხით კი—მისი ეფექტური მნიშვნელობა.

ამგვარად, როდესაც ცვლადი დენი გადის წინაღობაში, მაშინ მასზე სიმძლავრის სხვადასხვა მნიშვნელობის ინტეგრალური ანუ ჯამური მნიშვნელობა გამოიყოფა. ამ დენის სიდიდე ექვივალენტურია იმ მუდმივი დენისა, რომელიც მოცეპულ წინაღობაზე ტოლ სიმძლავრეს გამოყოფდა.

2. წრედი, რომელშიც ჩართულია ავთინდუქცია—

კოქვათ გვაქვს წრედი, სადაც ჩართულია  $X_L$  ინდუქტიური წინაღობა და  $R=0$ .\*) სურ. 30 ნაჩვენებია ასეთ წრედში დენის და თვითინდუქციაზე ძაბვის ვარდნას შორის დამოკიდებულება. როგორც ვექტორულ დიაგრამიდან ჩანს, ძაბვის ვარდნა მის შემქმნელ დენს ჩამორჩება 90 ელექტრული გრადუსით, რაც იმის მაჩვენებელია, რომ როდესაც თვითინ-



სურ. 30.

დუქციაში გადის მაქსიმალური დენი, მასზე ძაბვის ვარდნა ტოლია ნულის და პირიქით.

ეს მოვლენა შემდეგნაირად აიხსნება: თვითინდუქციაში დენის გადისას მის გარშემო იქმნება მაგნიტური არე, რომელიც დენის ზრდასთან ერთად იზრდება. დენის შემცირების დროს მცირდება მისი მაგნიტური ძალბაზებიც, რის დროსაც ისინი გადაკვეთავენ თვითინდუქციის კოქის ხეივებს და მასში, მოდებული ე. მ. ძალის მოწინააღმდეგე ე. მ. ძალა დაინდუქტირდება და უდიდეს მნიშვნელობას მიაღწევს, როდესაც დენის მნიშვნელობა დადებითიდან უარყოფი-

თში გადადის ე. ი. როცა ხდება დენის მიმართულების შეცვლა.

ამგვარად, დაინდუქტირებული ე. მ. ძალა, მოდებულ ე. მ. ძალისათვის კმნის დაბრკოლებას, რაც ექვივალენტურია იმისა, თითქოს წრედში რაღაც ომური წინააღობაა ჩართული, ისეთი ხასიათის, სადაც დენი თანხვედნილი კი არ იქნებოდა ძაბვის ვარდნასთან, არამედ 90-თი გასწრებულ დროით. ინდუქტიური წინააღობა დამოკიდებულია მასში გამავალი დენის კუთხურ სიხშირეზე და თვითინდუქციის სიდიდეზე.

$$X_L = \omega L$$

სადაც  $\omega$  დენის კუთხური სიხშირეა და  $L$  თვითინდუქცია ჰენრებში, მასში  $X_L$ -ს ვლტებლობთ ომებში.

\*) აქ წინააღობა  $R=0$ -ს ვიღებთ მსჯელობის გასაადვილებლად, თუმცა პრაქტიკულად შეუძლებელია ისეთი თვითინდუქციის კოქის შექმნა, რომელიც არ შეიცავდეს მცირედენ  $R$ -ს მაინც.  $R=0$ -ს მივიღებთ მაშინ, როცა გამტარს, რომლისაგანაც დახვეულია თვითინდუქციის კოქი, აქვს ზეგამტარებლობა და მიიღება მაშინ, როდესაც გამტარის ტემპერატურა აბსოლუტური ნულის ( $-273,2^\circ$ ) ტოლია.

ვთქვათ თვითინდუქციაში გამავალი დენის ძალის მყისი მნიშვნელობა ტოლია:

$$i_L = I_{mx.L} \sin \omega t$$

მაშინ ძაბვის ვარდნა იმავე თვითინდუქციაზე გამოიხატება ფორმულით:

$$u_L = U_{mx.L} \cos \omega t$$

და სიმძლავრე, რომელიც დაგროვდება დროის ერთეულში ტოლია:

$$\begin{aligned} P_L &= U_L i = U_{mx.L} \cdot I_{mx.L} \sin \omega t \cos \omega t = U_{mx.L} \cdot I_{mx.L} \frac{1}{2} [2 \sin \omega t \cos \omega t] = \\ &= \frac{U_{mx.L} I_{mx.L}}{2} \cdot \sin 2\omega t \end{aligned} \quad (47)$$

მაშასადამე, სიმძლავრე, რომელიც თვითინდუქციაზე მყისიერად დაგროვდება მაგნიტური არეს სახით ტოლია:

$$P_L = \frac{U_{mx.L} \cdot I_{mx.L}}{2} \sin 2\omega t$$

როგორც ამ ფორმულიდან ჩანს, სიმძლავრე იცვლება ორმაგი სიხშირით, ვიდრე დენი და ძაბვა. მაქსიმალურ გამოყოფილ სიმძლავრეს მივიღებთ მაშინ, როდესაც სიდიდე  $\sin 2\omega t = 1$ . ამავე დროს ცნობილია, რომ  $U_{mx.L} = I_{mx.L} \omega L$ , სინუსოიდის საშუალო ორდინატა უდრის  $\frac{2}{\pi}$ , ხოლო სრულ ცვლებადობას

სიმძლავრე ასწრებს დენის  $\frac{T}{2}$  პერიოდში. რადგანაც დაგროვილი სიმძლავრე ორმაგი სიხშირით იცვლება, ამიტომ მისი ნახევარი პერიოდის მნიშვნელობა შეგვიძლია ავიღოთ დენის მეოთხედ პერიოდში, ე. ი.  $\frac{T}{4}$ , რის ძალით გვაქვს:

$$P_L = \frac{U_{mx.L} \cdot I_{mx.L}}{2} \frac{2}{\pi} \frac{T}{4}$$

მაგრამ;

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \text{ და } U_{mx.L} = I_{mx.L} \omega L$$

ამიტომ:

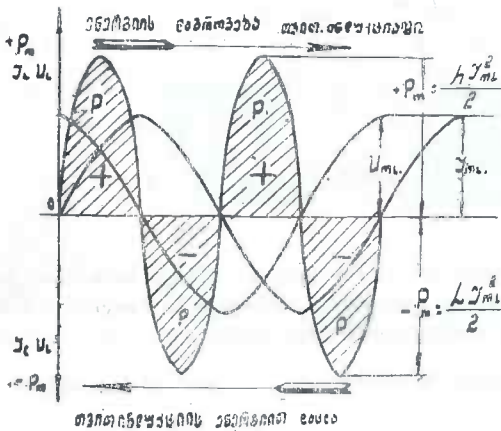
$$P_L = \frac{I_{mx.L}^2 \cdot \omega L \cdot 2\pi}{\omega 4\pi} = \frac{L I_{mx.L}^2}{2} \text{ ვოულს.}$$

ე. ი. სიმძლავრის ეფექტური მნიშვნელობა, რომელიც გროვდება თვითინდუქციის კოქაში მაგნიტური არეს სახით ტოლია:

$$P_L = \frac{L I_{mx}^2}{2} \quad (48)$$

სიმძლავრე, რომელიც ომურ წინაღობაზე სიბზის სახით გამოიყრება ვატური სიმძლავრე ეწოდება, ხოლო თვითინდუქციაზე დაგროვილს უვატო. ანუ რეაქტიულ სიმძლავრეს უწოდებენ. ამგვარად მიწოდებული სიმძლავრის ნაწილი კოქის გარშემო მაგნიტური არეს შექმნას ხმარდება და პერიოდულად იცვლება.

რადგანაც ენერგია პერიოდულად იცვლება, ამიტომ ერთ ნახევარს დადებითი ნიშანი აქვს, მეორეს კი—უარყოფითი, რომლის საერთო ჯამი ნულის



სურ. 31.

არავითარი სიმძლავრის ხარჯს არა აქვს ადგილი ე. ი.

$$P_{ef} = P_L \frac{T}{4} + \left( -P_L \frac{T}{4} \right) = 0$$

სურ. 31-ზე ნაჩვენებია თვითინდუქციაში სიმძლავრის ცვალებადობის მრუდი.

3. წრედი, სადაც ჩართულია ტევადობა—თუ წრედში ჩართულია ტევადობითი წინაღობა, ე. ი. კონდენსატორი, მაშინ ძაბვის ვარდნა ტევადობაზე წინ უსწრებს მასში გამავალ დენის ძალას 90°-ით, სურ. 32. ვთქვათ ქსელში კონდენსატორის, სახით ჩართულია წმინდა ტევადობა ე. ი.  $R=0$  და მასში გადის დენის ძალა:

$$i_c = I_{mx} \cdot c \sin \omega t$$

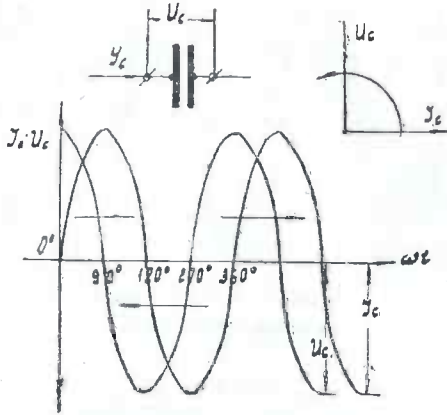
მაშინ ძაბვის ვარდნა კონდენსატორზე იქნება:

$$U_c = U_{mx} \cdot c \cdot \cos \omega t$$

სიმძლავრე, რომელიც კონდენსატორს შეუძლია მოიმარაგოს დროის რომელიმე მომენტში, ტოლია:

$$P_c = U_c \cdot i_c = U_{mx.c} \sin \omega t \cdot \cos \omega t = \frac{U_{mx.c} \cdot I_{mx.c}}{2} \sin 2 \omega t \quad (49)$$

თუ ვიმსჯელებთ ისე, როგორც ვმსჯელობდით მაშინ, როდესაც წრედში თვით-



სურ. 32.

ინდუქციის კოჭი გვექონდა ჩართული და მხედველობაში მივიღოთ, რომ:

$$U_{mx.c} = I_{mx.c} \cdot \frac{1}{\omega C} \quad \text{და} \quad I_{mx.c} = \frac{U_{mx.c}}{\frac{1}{\omega C}} = U_{mx.c} \cdot \omega C$$

გვექნება:

$$P_c = \frac{\omega^2 C^2 U_{mx.c}^2}{2 \omega C} \cdot \frac{2T}{4\pi} = \frac{C U_{mx.c}^2}{2}$$

ე. ი. დენის და ძაბვის პირველ მეოთხედში (ან მეორე მეოთხედში, იგი დამოკიდებულია კოორდინატა სათავეს არჩევაზე) გვექნება:

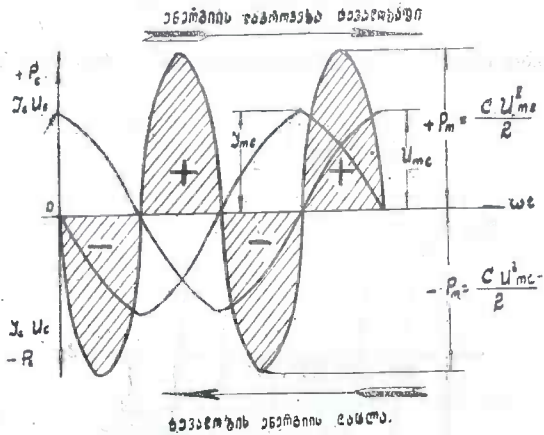
$$P_c = - \frac{C U_{mx.c}^2}{2} \quad \text{ჯოულის} \quad (50)$$

სიმძლავრის ეს მნიშვნელობა მიღებულია დენის პირველ მეოთხედ პერიოდში,

ე. ი.  $\frac{T}{4}$  დროის განმავლობაში. მეორე მეოთხედ პერიოდში გვექნება:

$$P_c = + \frac{C U_{mx.c}^2}{2} \quad (50a)$$

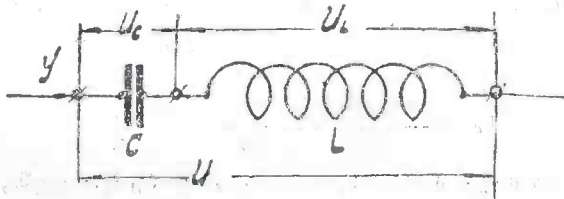
დენის ნახევარ პერიოდის განმავლობაში სიმძლავრის საერთო ჯამი ნულის ტოლია. ეს ნათლად ჩანს სურ 33-იდან, სადაც სიმძლავრის დადებით ნახევარპერიოდში იგი გადდის ქსელიდან კონდენსატორში, ხოლო მეორე ნახევარი პერიოდში



სურ. 33.

დის განმავლობაში კი პირიქით, მომარაგებულ სიმძლავრეს კონდენსატორი ისევ ქსელს უბრუნებს ისე, რომ საბოლოოდ არავითარ ხარჯს არ აქვს ადგილი.

4. წრედში, სადაც ჩართულია ტევადობა ( $C$ ) და თვითინდუქცია ( $L$ )—განვიხილოთ წრედი, სადაც ჩართულია წმინდა თვითინდუქცია  $L$  და

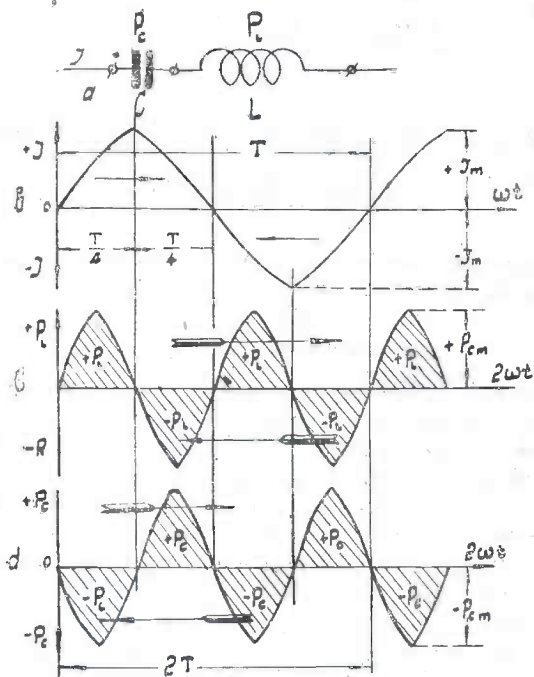


სურ. 34.

ტევადობა— $C$ , აქ იმდენად მცირე ომური წინაღობა იგულისხმება, რომ შესაძლებელია მისი უგულებელყოფა. ამას ვუშვებთ იმიტომ, რომ მსჯელობა გავვიადვილოდეს, რაც საშუალებას მოგვცემს გამოვიყენოთ ის კანონზომიერება, რომელიც დაკავშირებულია ცვლად დენის წრედში ტევადობის და ინდუქციის ჩართვასთან.

ჩვენთვის საინტერესოა გავიგოთ, თუ რა დამოკიდებულებაა დაგროვილი ენერგია, როგორც თვითინდუქციაში მაგნიტური არეს ისე კონდენ-

სატორში ელექტრული არეს სახით. სურ. 34-ზე ნაჩვენებია მიმდევრობით ჩართული ტევადობა  $C$  და თვითინდუქცია  $L$ . ცნობილია, რომ სიმძლავრე, რომელიც დაგროვდება კონდენსატორში, ღენის პირველ მეოთხედ პერიოდში



სურ. 35.

ტოლია  $\frac{C U_{mx \cdot c}^2}{2}$ . ამავე დროს ტევადობაში გამავალი ღენის ძალა ომის კანონის თანახმად ტოლია:

$$I_{mx \cdot c} = \frac{U_{mx \cdot c}}{X_c}$$

ანდა

$$U_{mx \cdot c} = I_{mx \cdot c} \cdot X_c = \frac{I_{mx \cdot c}}{\omega C}$$

თუ სიმძლავრის ფორმულაში ჩავსვამთ  $U_{mx \cdot c}$  კვადრატის მნიშვნელობას, გვექნება:

$$\frac{C U_{mx \cdot c}^2}{2} = \frac{C I_{mx \cdot c}^2}{2 \omega^2 C^2} = \frac{I_{mx \cdot c}^2}{2 \omega^2 C} \quad (51)$$



მაგრამ, როგორც შემდეგ გავიგებთ, როდესაც ინდუქტიური და ტევადობითი წინაღობები ტოლია, მაშინ  $\omega^2 C = \frac{1}{L}$

ამიტომ:

$$\frac{C U_{m \cdot c}}{2} = \frac{I^2 m \cdot c}{2} = \frac{I^2 m \cdot c L}{2}$$

ამგვარად, საბოლოოდ ჩვენს მიერ სურ. 34-ზე ნაჩვენები წრედისთვის გვაქვს:

$$\frac{C U_{m \cdot c}}{2} = \frac{L I_{m \cdot c}}{2} \quad *) \quad (52)$$

თუ შევადარებთ მიღებულ ფორმულას ჩვენს მიერ გამოყვანილ (49) და (50) ფორმულებს, შევამჩნევთ, რომ აქაც იგივე სიმძლავრეები გვაქვს, ე. ი.

$$P_L = P_c \quad \text{ანდა} \quad P_c - P_L = 0$$

ამ ფორმულის ფიზიკური აზრი იმაშია, რომ როდესაც კონდენსატორი იხვევს ენერგიას, თვითინდუქცია უკვე მიღებულ ენერგიას აბრუნებს და ჰირიქით, ე. ი. ამ ორ მომხმარებელს შორის ერთხელ მიღებული ენერგიის გაცვლა-გამოცვლას აქვს ადგილი. ეს იდეალური შემთხვევაა, რადგანაც ჩვენ ომური წინაღობა უგულვებელყავით, რის გამო ერთხელ მიწოდებული ენერგიის მუდმივ გაცვლა-გამოცვლას ექნება ადგილი კონდენსატორსა და კოქას შორის. აქედან დასკვნა: ტევადობითი და ინდუქტიური წინაღობები ქსელშიდან მიიღებენ განსაზღვრულ სიმძლავრეს, ერთში (C), იგი შექმნის ელექტრულ, მეორეში (L), კი მაგნიტურ არეს, რის შედეგადაც მათ შორის ადგილი აქვს ენერგიის გაცვლა-გამოცვლას, ე. ი. ელექტრული ენერგია გადადის მაგნიტურში და მაგნიტური ელექტრულში.

კონდენსატორში დაგროვილი ენერგია თვითინდუქციამ და თვითინდუქციის კონდენსატორმა რომ აითვისოს, საჭიროა მათი ენერგიის დაგროვების უნარიანობა ერთმანეთის ტოლი იყოს, ე. ი. ტევადობითი და ინდუქტიური წინაღობები ერთმანეთს უდრიდეს. ამ პირობას დიდი გამოყენება აქვს რადიოტექნიკაში და ცნობილია ე. წ. რეზონანსის მოვლენის სახელით, რომელსაც დაწვრილებით ქვემოთ შევხვებით.

პრაქტიკულად სიმძლავრის მუდმივ გაცვლა-გამოცვლას არა აქვს ადგილი, რადგანაც რეალურ გამტარებში, რისგანაც გაკეთებულია კონდენსატორი და კოქი, აქეთ ცოტა თუ ბევრი ომური წინაღობა, რაზედაც სიმძლავრის ხარჯს აქვს ადგილი, რომელიც სითბოს სახით გამოიყოფა სივრცეში და იკარგება, თუ მას როგორც სითბურ ენერგიას არ გამოვიყენებთ რაიმე მიზნისათვის. მაგ-

\*) მხედველობაში უნდა გვქონდეს, რომ სურ. 34 მოცემულ წრედში  $\omega L$  და  $\frac{1}{\omega C}$  ე. ი.

$X_L$  და  $X_C$  ტოლია ერთმანეთის, ე. ი. განვიხილავთ ე. წ. რეზონანსის მოვლენას.

რამ, როგორც ვთქვით, ამ გარემოებას შეგნებულად უგულველყოფთ, რათა გავიადვილოთ მსჯელობა. ზემოთქმულის ნათლად წარმოდგენისათვის სურ. 35-ზე მოგვეყავს მრუდები, სადაც  $a$  ჩვენს მიერ განხილული წრედია, რომლის  $R=0$ ;  $b$ -ზე—მასში გამაყალი დენის ძალის სინუსოიდა;  $c$ -ზე—თვითინდუქციაში დაგროვილი სიმძლავრის, ხოლო  $d$ -ზე კონდენსატორში ანუ ტევადობაში დაგროვილი სიმძლავრის სინუსოიდა—და, როგორც ვამჩნევთ, როდესაც  $P_L$ -ს (სურ. 35c)



სურ. 36.

აქვს დადებითი მნიშვნელობა, მაშინ  $P_c$  (სურ. 35d) უარყოფითია, ე. ი. თვითინდუქცია სიმძლავრეს იხვეჭავს, ტევადობა კი იცლება, შემდეგ კი პირიქით მოვლენას აქვს ადგილი.

ვიმეორებთ, რომ ამ მოვლენას გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს რადიოტექნიკაში, რომელზედაც დამოკიდებულია რხევების აგზნება და მიღება, ამიტომ საჭიროა მისი ყურადღებით გარჩევა და გულდასმით შესწავლა.

5. წრედის მთლიანი წინაღობა, როდესაც იგი შეიცავს  $L$ ,  $C$  და  $R$ -ს—ზემოგანხილული წრედების შესწავლა საშუალებას გვაძლევს გადავიდეთ უფრო რთული წრედების განხილვაზე, როგორც სინამდვილეში გვხვდება ჰაქტიკული საქმიანობის დროს. ასეთ წრედს წარმოადგენს სურ. 36-ზე მოცემული კონტური (წრედი), სადაც მიმდევრობით ჩართულია ომური წინაღობა  $R$ , ტევადობა  $C$  და  $L$  ინდუქტიობა. როგორც ჩანს, რადგანაც წრედში ჩართულია ყველა წინაღობა, რომლებიც ჩვენ ზემოთ განვიხილეთ, ამიტომ მასში აუცილებლად ადგილი ექნება ყველა ზემომოყვანილ მოვლენებს.

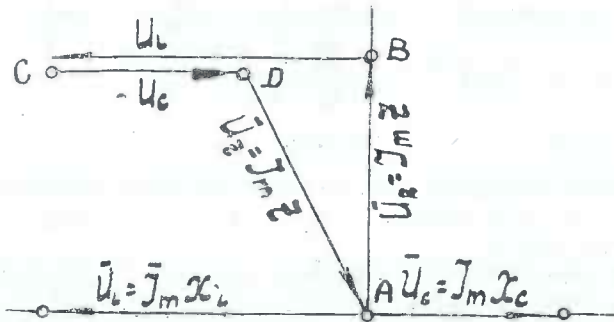
ვთქვათ, ჩვენს მიერ აღებულ წრედზე მოდებულია ცვლადი ძაბვა, რომელიც მასში ქმნის რაღაც სიხშირის დენს. რადგანაც ძაბვა გარეგანი ე. მ. ძ. წყაროდანაა მოდებული წრედის მომჭერებზე, ამიტომ წრედზე მოდებულ ძაბვის კუთხურ სიხშირე  $\omega$ -ს გარეგან კუთხურ სიხშირეს ვუწოდებთ. არსებობს აგრეთვე წრედის საკუთარი კუთხური სიხშირე, რომელიც დამოკიდებულია მის შემადგენელ ელემენტებზე  $L$  და  $C$ -ზე.

მოყვანილი წრედის მიმართ რომ გამოვიყენოთ სათანადო კანონი, ამისათვის მივმართოთ ვექტორულ დიაგრამას (სურ. 37), რომელიც უფრო იოლი და მოხერხებულია წრედში არსებული მოვლენების ასახსნელი ფორმულის გამოსაყვანად.

როგორც ვიცით  $L$  და  $C$  ცვლად დენს უწევს წინაღობას, რომელიც აღინიშნება— $X_L$  და  $X_C$ -თი და ტოლია:

$$X_L = \omega L \quad \text{ხოლო} \quad X_C = \frac{1}{\omega C}$$

ავიზიონოთ კოორდინატის სათავედ  $O$  წერტილი (სურ. 37-ზე), რომლის აბსცისის მარცხენა მხარეზე გადავდეთ ძაბვის ვარდნა თვითინდუქციის კოქში  $\overline{U}_L = \overline{I}_{mx} X_L$  ხოლო მარჯვნივ ძაბვის ვარდნა კონდენსატორზე  $\overline{U}_C = \overline{I}_{mx} X_C$  როგორც ზემოთ გავარკვეეთ, ძაბვის ვარდნა თვითინდუქციაზე  $\overline{U}_L$  მასში გამავალ  $\overline{I}_{mx}$  დენის ძალას  $90^\circ$  ელექტრული გრადუსით ჩამორჩება, ხოლო ტევადობის  $\overline{U}_C$  კი მას წინ უსწრებს  $90^\circ$ -ით. ამიტომ წრედში გამავალი საერთო



სურ. 37.

დენის ძალა გადაიღება ორდინატზე. რადგანაც ომურ წინაღობაზე ძაბვის ვარდნა დენის თანხვედნილია, ამიტომ დენსვე ემთხვევა, და ორდინატზე წარმოდგენილია  $\overline{U}_R$  ვექტორის სახით.

ჩვენთვის საინტერესოა თუ რა საერთო წინაღობას წარმოადგენს დენი  $\overline{I}_m$  -სათვის მოცემული  $L$ ,  $C$  და  $R$ . წრედი  $O$  წერტილიდან ორდინატის მიმართ უღებთ მოვხზომით ომურ წინაღობაზე არსებული ძაბვის ვარდნა  $\overline{U}_R$ , რომელიც წარმოადგენს  $\overline{OA}$  ვექტორს.  $A$  წერტილში  $\overline{U}_L$  -ის პარალელურად მოვდეთ  $\overline{AB}$  ვექტორი, რომელიც  $X_L$  წინაღობიზე  $\overline{U}_L$  ძაბვის ვარდნის ტოლია. ამ ვექტორის ბოლო  $B$  წერტილში მიერთებულია ვექტორი  $\overline{BD}$ , რომელიც პარალელური და ტოლია  $\overline{U}_C$  -სი. ვექტორი  $\overline{OA}$  -ს და  $\overline{AD}$  -ს შემკვრელი ხაზი  $\overline{DO}$  მოგვცემს საერთო ტოლქმედს, რომელიც გამოხატავს წრედზე საერთო ძაბვის ვარდნას და აღვნიშნავთ  $\overline{U}_Z$  -ით. ანალიტიურ გეოპეტრიიდან ცნობილია:

$$\overline{OA} + \overline{AB} + (-\overline{BD}) = \overline{DO}$$

მაგრამ:

$$\overline{AB} + (-\overline{BD}) = \overline{AD}$$

მაშასადამე:

$$\overline{OD} = \overline{OA} + \overline{AD}$$

როგორც ვხედავთ, საბოლოოდ მივიღეთ მართკუთხა სამკუთხედი  $\triangle OAD$ . ელემენტალური გეომეტრიიდან ვიცით მართკუთხა სამკუთხედისათვის ე. წ. პითაგორის თეორემა, სადაც ნათქვამია, რომ ჰიპოტენუზის ( $OD$ ) კვადრატის უდრის კატეტების ( $OA$ ) და ( $AD$ ) კვადრატების ჯამს, რის ძალით შეგვიძლია დავწეროთ:

$$OA^2 + AD^2 = DO^2$$

მაგრამ:

$$\overline{AD} = \overline{I_{mx}} X_L - \overline{I_{mx}} X_C = I_{mx}(X_L - X_C)$$

და:

$$\overline{OA} = I_{mx} R$$

ხოლო

$$\overline{DO} = Z I_{mx}$$

მაშასადამე, საბოლოოდ მიღებული სამკუთხედის ჰიპოტენუზის კვადრატების დამოკიდებულებიდან გვაქვს:

$$I_{mx}^2 Z^2 = I_{mx}^2 R^2 + I_{mx}^2 (X_L - X_C)^2$$

შეკვეცის შემდეგ მივიღებთ:

$$Z^2 = R^2 + (X_L - X_C)^2 \text{ ანუ } Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

ჩავსვათ მნიშვნელობები:

$$X_L = \omega L; X_C = \frac{1}{\omega C}$$

და გვექნება:

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \quad (53)$$

$Z$ -ს ეწოდება კომპლექსური ან მოჩვენებითი წინაღობა. კომპლექსურს იმიტომ უწოდებენ, რომ იგი შედგება სხვადასხვა ხასიათის წინაღობებისაგან ( $X_L$ ,  $X_C$  და  $R$ ) მოჩვენებითს იმიტომ, რომ ვარდა ომური წინაღობისა, სხვა დანარჩენი წარმოადგენს წინაღობას მარტო ცვლადი დენისათვის და, როგორც დავამტკიცეთ, არ ხარჯავენ არავიფარ სიმძლავრეს.

თმის კანონი განხილულ წრედისათვის გამოიხატება:

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} = \frac{U}{Z}$$

ხოლო, სადაც ან  $L$  და ან  $C$  ელემენტია მარტო ჩართული, მაშინ გვექნება:

$$I_L = \frac{U}{\omega L} = \frac{U}{X_L} \quad \text{და} \quad I_C = \frac{U}{\frac{1}{\omega C}} = U\omega C = \frac{U}{X_C}$$

სადაც  $U$  წრედზე მოდებული ე. მ. ძალაა.

### 3. ტევადობა (კონდენსატორი) რადიოტექნიკურ წრედში

საკითხის თანდათანობით გარჩევისათვის განვიხილოთ წრედი ტევადობით. იმ წრედს, რომელშიც მიმდევრობით სხვა ელემენტთან ერთად ჩართულია კონდენსატორი, მუდმივი დენისათვის აქვს უსასრულოდ ( $\infty$ ) დიდი წინაღობა, რაც ეკვივალენტურია წრედის გათიშვის. ეს აიხსნება იმით, რომ დიელექტრიკი, რომელიც მოთავსებულია კონდენსატორის შემონაფენებს შორის, მუდმივი დენის მიმართ წარმოადგენს იზოლაციას.

სურ. 38-ზე ნაჩვენებია კონდენსატორის ერთ-ერთი ტიპი და, როგორც ვხვდავთ, შემონაფენები ( $aa$ ) იზოლირებულია ერთიმეორესაგან და, მაშასადამე, მათ შორის მუდმივი დენი არ გაივლის. როგორც წინეთ ავლინებთ, ცვლადი დენისათვის კონდენსატორი გამტარია, რაც შევვიძლია ავხსნათ იმით, რომ დიელექტრიკის (არაგამტარის) ატომების გარშემო არსებული ელექტრონების გადაადგილება ხდება ან, როგორც იტყვიან დიელექტრიკის ელექტრონები, შემონაფენებზე მიღებული ელექტრული არეს გამო წანაცვლებას განიცდიან; უნდა ვიფიქროთ რომ, რადგანაც კონდენსატორზე მოდებულია ცვლადი ძაბვა, მის შემონაფენებზე ყოველ ნახევარ პერიოდში ხდება ძაბვის მიმართულების და სიდიდის ცვლადობა; მაშასადამე, დიელექტრიკში არეს დაძაბულობაც შესაბამისად იცვლება და ელექტრონები ხან მიიზიდებიან, ხან განიზიდებიან, რის გამო ელვებულობთ მათ წანაცვლებას მცირე მანძილზე. აქედან შეგვიძლია დავასკვნათ: დიელექტრიკში ადგილი აქვს ელექტრონების მცირე მანძილზე მოძრაობას, ანუ უქეთ, გადაადგილებას, და, როგორც ცნობილია, დენი იქმნება მხოლოდ და მხოლოდ ელექტრონების გადაადგილების შედეგად. ამავე დროს დიელექტრიკში ელექტრონების წანაცვლება მით უფრო ხშირი იქნება, რაც უფრო ხშირად შეიცვლება კონდენსატორის შემოფენის პოტენციალი და მით მეტი იქნება მის მიერ დენის გატარების მოჩვენებითი ეფექტი. რაც უფრო მეტია კონდენსატორზე მოდებული ე. მ. ძალის სიხშირე, მით უფრო ნაკლებია კონდენსატორის წინაღობა მოცემული ტევადობის დროს:

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} \quad (54)$$

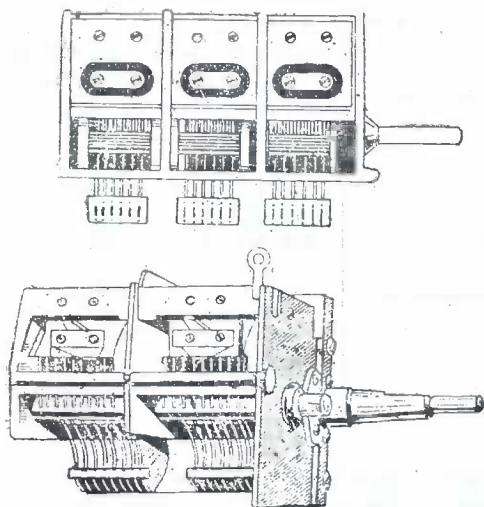
მოყვანილი ფორმულა ნათლად გვიჩვენებს, რომ, რაც მეტია  $f$  (იმ პირობით თუ ტევადობა იქნება მუდმივი), მით უფრო მცირეა წინაღობა  $X_C$ . გარდა დენის სიხშირისა, წინაღობის სიდიდე დამოკიდებულია კონდენსატორის ტევადობაზე.

ტვეალობა გვიჩვენებს კონდენსატორის მუხტის დაგროვების უნარიანობას და იზომება ფარადებში. რადიოტექნიკურ წრედების ანგარიშის დროს ტვეალობის განზომილებისათვის გვხვდება ოთხი სიდიდე: სანტიმეტრი (cm), მიკრომიკროფარადა ( $\mu\mu F$ ), მიკროფარადა ( $\mu F$ ) და ფარადა ( $F$ ). 1—ფარადა ტოლია  $9 \cdot 10^{11}$  cm-ის, ფარადის შემთავრებულ ნაწილს ეწოდება მიკროფარადა და  $1\mu F = 9 \cdot 10^5$  cm. მიკროფარადის შემთავრებულ ნაწილს კი მიკრომიკროფარადა ანუ პიკოფარადი ეწოდება  $1\mu\mu F = 0,9$  cm-ს, აქედან 1 cm-ის უდრის  $1,1 \mu\mu F$ -ს. თავისი კონსტრუქციული შესრულების მიხედვით კონდენსატორები მრავალგვარია. კონდენსატორები იყოფიან ორ ჯგუფად: მუდმივი და ცვლად. ტვეალობიან კონდენსატორებად.



სურ. 38.

ცვლადი კონდენსატორები უმთავრესად მზადდება ჰაერის დიელექტრიკით და ფართოდ გამოიყენება რადიოტექნიკურ დანადგარებში და ხელსაწყოებში. გარდა ჰაერისა, კონდენსატორების დიელექტრიკად ხმარობენ მყარ მასალას, როგორცაა: ქარსი, პარაფინირებული ქაღალდი და სხვ. და მზადდება მუდმივი ტვეალობის კონდენსატორები. გარდა მყარი მასალისა, მუდმივი ტვეალობის კონდენსატორის დიელექტრიკად ხმარობენ ჰაერსაც, რომლის უპირატესობა იმაშია, რომ, თუ ზედმეტი ძაბვის გამო გადაფარვა მოხდა, იგი ისევ აღსდგება და ამიტომ გამოსადეგია დიდძაბვებში და ნანადგარებში. ასეთი კონდენსატორების უარყოფით მხარედ ჩაითვლება ის, რომ დიდი ტვეალობის კონდენსატორები კონსტრუქციულად დიდია. მუდმივი ტვეალობის ჰაერის დიელექტრიკიანი კონდენსატორები უმთავრესად გადაამცემ რა-



სურ. 39.

დიოსადგურებში გამოიყენებიან.

ცვლადი კონდენსატორების დიელექტრიკად, სურ. 39, გამოყენებულია ჰაერი. იგი შედგება ორი ხაწილისაგან: უძრავი ნაწილი, რომელსაც სტატორი ეწოდება და მოძრავი, რომელსაც როტორი ეწოდება. რაც

უფრო ჩამჯდარი ან როტორი სტატორში, მით უფრო მეტია კონდენსატორის ტევადობა. კონდენსატორების ტევადობა დამოკიდებულია შემონაფენების საერთო ფართ ზე, მათ შორის მანძილზე, დიელექტრიკის სისქეზე და მასალაზე, რისგანაც დიელექტრიკია გაკეთებული. შემონაფენების ფართის შემცირებას ცდილობენ მათ შორის მანძილის შემცირების სარჯზე, რას შედეგად კონდენსატორი მცირე ზომის გამოდის. კონდენსატორის ტევადობა გამოითვლება ფორმულით:

$$C_{cmk} = \frac{\epsilon S (n - 1)}{4\pi d} \quad (55)$$

სადაც  $\epsilon$  მოცემული მასალის დიელექტრიკული მუდმივაა;  $S$  შემონაფენების ფართი კვადრატულ სანტიმეტრებში,  $n$  შემონაფენების რიცხვი და  $d$  დიელექტრიკის სისქე სანტიმეტრებში. ანუ შემონაფენებს შორის მანძილი. სადიელექტრიკო მასალის სისქეს განსაზღვრავს მისი გადაფარვის ძაბვა, ე. ი. ის ძაბვა, რომელსაც აიტანს დიელექტრიკად ხმარებული მასალის მოცემული სისქე მასში ელექტრონაპერწყლის გავლამდე; გადაფარვის ძაბვის სიდიდეს. დიელექტრიკულ სიმტკიცეს უწოდებენ და მოყვანილია ქვემოთ მე-3 ცხრილში.

ცხრილი 3.

დი ე ლ ე კ ტ რ ი კ ი	დიელექტრიკული მუდმივა $\epsilon$	მასალის დიელექტრიკული სიმტკიცე ათას ვოლტებში
ბაკელიტი	3,8	130-230
ქაღალდი (პარაფინირებული)	3,7	120
გეტინაქსი	4-5	90-150
ტრანსფორმატორის ხეთი	2,15-2,5	120
მიკალექსი	8	100-150
მიკანიტი	7	300
ქარსი	5-8	500-2000
პარაფინი	1,89	80
ფიბრა (რუხი)	6,05	50-110
შელაკი	2,7-3,3	120
ებონიტი	1,9-3,5	200-1500
ცელულოზი	4-16	100-250
ჰაერი (20°C და 760 მმ წნევის დროს)	1	31,6

როგორც მოყვანილ 55-ე ფორმულიდან ჩანს, რაც უფრო დიდია კონდენსატორის შემონაფენის ფართი და რაც უფრო მცირეა მათ შორის მანძილი, მით უფრო მეტია ტევადობა, ამიტომ ცდილობენ მათ შორის მანძილი ანუ დიელექტრიკის სისქე რაც შეიძლება თხელი იყოს. მაგრამ აქ ვხვდებით განსაკუთრებულ წინააღმდეგობას, სახელდობრ: რაც უფრო ვუახლოვებთ შენაფენებს, იმდენად იზარდება კონდენსატორის ძაბვით გადაფარვის საშიშროება. ისეთ ადგილებში, სადაც დიდი ძაბვებია, მაგალითად, მძლავრ რადიოგადამცემ სადგურებში (ზოგჯერ 20000 ვოლტამდე აღწევს ხოლმე):



კონდენსატორები მოითხოვენ განსაკუთრებულ დაგეგმარებას და გათვლას. მიმღებ მოწყობილობაში კი ეს გაცილებით ადვილია, რადგანაც აქ მცირე ძაბვებია და უნდა ვისაზრდებოდეთ შემთხვევაში დიალექტრიკად თქვენებენ ქარსის თხელ ფურცელს ან პარაფინირებულ ქაღალდს, ხოლო შემონახვებზე კი კალაფირს ან სტანოლს.

ისეთ წრედებში, სადაც ხშირად ძაბვა 300—400 ვოლტს და მეტს აღწევს და დიდი ტევადობაა საჭირო, გამოყენებულია პარაფინირებული ქაღალდის-დიელექტრიკიანი კონდენსატორი. ზოგიერთ წრედებში (როგორცაა წინდების წრედები) საჭიროა დიდი ტევადობის და კომპაქტური კონდენსატორები. ამ საკითხის გადაჭრა ხერხდება ე. წ. ელექტროლიტიანი კონდენსატორის გამოყენებით, რომელიც შედგება ალუმინის ცილინდრული ჭურჭლისგან, რომელშიც ელექტროლიტად ჩასხმულია ბორაკის ხსნარია. ალუმინის ცილინდრის შიგნით ბორაკის ზეგავლენით ჩნდება ალუმინის ნაქანგის თხელი შრე, რომლის უმნიშვნელო სისქის გამო (0,00005 *cm*) ელექტროლიტსა და ალუმინს შორის ქმნის დიდ ტევადობას. ასეთი კონდენსატორების უმრავლესობის მუშა ძაბვა იშვიათად აღემატება 500 ვოლტს და ამავდროს თხოვლობს პოლარულ ჩართვას, ე. ი. პლუსი და მინუსი პოლუსების დაცვას ჩართვის დროს. თუ ეს კონდენსატორები ჩართული არ არიან ისე, როგორც მის გამომყვანზეა ნაჩვენები, ზიანდება.

გარდა ზემოვანხილულ კონდენსატორებისა, ამჟამად მასიურ მოხმარებისათვის ჩვენი წარმოება უშვებს ცილინდრული ტიპის ქაღალდის კონდენსატორებს, რომელიც შესაძლებელია იყოს ნებისმიერი ტევადობის და უძლებდენ 400—500 ვოლტის ძაბვას. ქაღალდის ცილინდრული კონდენსატორები კეთდება შემდეგნაირად: იღებენ კალაფირის გრძელ და სურველი სიფართის ზონარს, რომელზედაც ადებენ ორ ფენად. სათანადო სიგრძის თხელ პარაფინით გაჟღენთილ ქაღალდს, შემდეგ ისევ კალაფირს და ბოლოს ქაღალდს.

ამ ერთმანეთზე დაწყობილ ზოლებს (კალაფირი) და დიელექტრიკებს (ქაღალდი) ახვევენ და იღებენ ქაღალდის ცილინდრში. კალაფირზე წინდაწინ მიდებულა გამოყვანები, რომლებიც გამოიყენებიან წრედში ჩასართავად. გარდა ზემოვანხილული კონდენსატორებისა, ამჟამად ჩვენი წარმოება უშვებს კარბოლიტში ჩაპრესილ მცირე ტევადობის კონდენსატორებს, სურ. 40, რომლებიც განირჩევიან მცირე ზომებით და გარეგანი სილამაზით.



სურ. 40.

იმისდამხედვით, თუ რა ტევადობა გვინდა გვექონდეს წრედში, კონდენსატორები ჩაირთვება მიმდევრობით ან პარალელურად. წინასწარ უნდა შევნიშნოთ, რომ კონდენსატორების მიმდევრობით ჩართვის დროს საერთო ტევადობა მცირდება და პარალელური ჩართვის დროს კი იზრდება. რადგანაც ჩვეულებრივ საქმიანობაში კონდენსატორების გათვლას და გაკეთებას ადვილი არ აქვს, ამიტომ ამ საკითხს გვერდს ვუხვევთ, მხო-



ლოდ, რაც შეეხება კონდენსატორების ჩართვათა ხერხებს, სასურველი ტევადობის მისაღებად კი საყურადღებოა. ამისათვის განვიხილოთ წრედში კონდენსატორების სხვადასხვა ჩართვის ხერხები:

ვთქვათ, მოცემულია სამი პარალელურად ჩართული კონდენსატორი  $C_1$ ,  $C_2$  და  $C_3$  სურ. 41. ამ შემთხვევაში მათზე მოდებული ძაბვა ყველგან თანაბარი და ტოლია  $U$ -სი, მაშინ თითოეულ კონდენსატორზე დაგროვდება მუხტი  $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$ . თუ საერთო ტევადობას აღვნიშნავთ  $C_0$ -თ, მაშინ მთლიანი წრედისათვის გვექნება:

$$Q = C_0 U,$$

ამის შესაბამისად გვექვს:

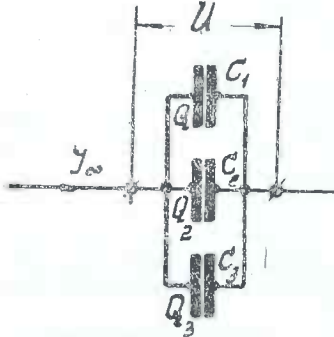
$$Q_1 = C_1 U; \quad Q_2 = C_2 U; \quad Q_3 = C_3 U,$$

ამიტომ:

$$Q = C_1 U + C_2 U + C_3 U = U(C_1 + C_2 + C_3),$$

რადგანაც  $Q = C_0 U$ , ამიტომ  $C_0$  წარმოადგენს საერთო ტევადობის, როძელიც ტოლია:

$$C_0 = C_1 + C_2 + C_3 \quad (56)$$



სურ. 41.

ამგვარად, წრედის საერთო ტევადობა, როდესაც კონდენსატორები პარალელურადაა ჩართული, ტოლია ჩართული კონდენსატორების ტევადობათა ჯამის.

განვიხილოთ კონდენსატორების მიმდევრობითი ჩართვა, ამისათვის ვთქვათ, მოცემულია წრედი, სურ. 42, სადაც მიმდევრობით ჩართულია სამი კონდენსატორი და მოდებულია ე. მ. ძალა  $U$ . მაშინ თითოეულ კონდენსატორზე გვექნება ძაბვა  $U_1$ ,  $U_2$  და  $U_3$ , აქედან შეგვიძლია დავწეროთ:

$$U_1 = \frac{Q}{C_1}; \quad U_2 = \frac{Q}{C_2} \quad \text{და} \quad U_3 = \frac{Q}{C_3}$$

სადაც  $Q$  ყველა კონდენსატორზე დაგროვილი მუხტია. მოდებული ე. მ. ძალა გამოიხატება:

$$U = Q \left( \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \right)$$

მაგრამ  $U = \frac{Q}{C_0}$ , სადაც  $C_0$  წრედის საერთო ტევადობაა, აქედან შეგვიძლია დავწეროთ

$$\frac{1}{C_0} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{C_2 C_3 + C_1 C_3 + C_1 C_2}{C_1 C_2 C_3}$$

აქედან:

$$C_0 = \frac{C_1 + C_2 + C_3}{C_2 C_3 + C_1 C_3 + C_1 C_2} \quad (57)$$

თუ წრედში ორი სხვადასხვა ტევადობის მქონე კონდენსატორია ჩართული, მაშინ:

$$C_0 = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \quad (57a)$$

და თუ ტოლი სიდიდის კონდენსატორებია ჩართული, მაშინ პარალელური შეერთების დროს გვაქვს:

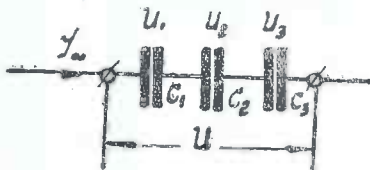
$$C_0 = n C_1 \quad (58)$$

და მიმდევრობით ჩართვის შემთხვევაში კი გვექნება:

$$C_0 = \frac{C_1}{n} \quad (59)$$

სადაც  $n$  კონდენსატორთა რიცხვია და  $C_1$  ერთი კონდენსატორის ტევადობა.

ამგვარად, თუ წრედში კონდენსატორებში მიმდევრობითაა ჩართული, წრედის საერთო ტევადობა მცირდება. იქ, სადაც მიმდევრობით ჩართულია სხვადასხვა ტევადობის კონდენსატორი, წრედის მთლიანი ტევადობა უმცირეს ტევადობაზე უფრო მცირეა, ე. ი. თუ გვაქვს მიმდევრობით ჩართული კონდენსატორები  $C_1$ ,  $C_2$  და  $C_3$  და მათ შორის  $C_2$  ყველაზე უფრო ნაკლები ტევადობისაა, მაშინ წრედის საერთო ტევადობა  $C_0$ ,  $C_2$ -ზე ნაკლებია თუ ჩართული კონდენსატორების ტევადობა ტოლია, მაშინ საერთო ტევადობა უდრის ერთი კონდენსატორის ტევადობა, გაყოფილს კონდენსატორების რიცხვზე.



სურ. 42.

დენსატორები  $C_1$ ,  $C_2$  და  $C_3$  და მათ შორის  $C_2$  ყველაზე უფრო ნაკლები ტევადობისაა, მაშინ წრედის საერთო ტევადობა  $C_0$ ,  $C_2$ -ზე ნაკლებია თუ ჩართული კონდენსატორების ტევადობა ტოლია, მაშინ საერთო ტევადობა უდრის ერთი კონდენსატორის ტევადობა, გაყოფილს კონდენსატორების რიცხვზე.

#### 4. თვითინდუქცია კაღიოტაქანიკურ წრედში

თვითინდუქციას შეიცავს კოქისებრად დახვეული გამტარი. კოქს შესაძლებელია ჰქონდეს ცილინდრული, პრიზმატული ანდა ბრტყელი ფორმა. უფრო გავრცელებულია ცილინდრული ფორმის კოქები, რომლებიც შესაძლებელია იქნეს როგორც ერთფენიანი, ისე მრავალფენიანი. ერთფენიანი კოქის თვითინდუქცია, სურ. 43, შესაძლებელია ტექნიკურ სიზუსტით გათვლილი იქნეს ფორმულით, რომელსაც დამატებული აქვს შემასწორებელი კოეფიციენტი  $k$ :

$$L_{\text{cm}} = 39,5 \frac{D^2 n^2}{b} k \quad (60)$$

აქ  $D$  კოქის დიამეტრია სანტიმეტრებში,  $b$  ნახევრის სიგრძე სანტიმეტრებში,  $n$  ხვიათა რიცხვი და  $k$  შემასწორებელი კოეფიციენტი, რომელიც და-

მოკიდებულია კოჭის დიამეტრის და მისი სიგრძის ფარდობაზე, ე. ი.  $k=f\left(\frac{D}{b}\right)$

ეს მნიშვნელობა მოცემულია აქვე მე-4 ცხრილში.

თვითინდუქციის საზომ ერთეულად მიღებულია ჰენრი ( $H$ ), მაგრამ რადიო-ტექნიკური აპარატების და დანადგარების შემთხვევებისათვის ეს ძალზე დიდი

ცხრილი № 4:

$\frac{D}{b}$	$k$	$\frac{D}{b}$	$k$	$\frac{D}{b}$	$k$	$\frac{D}{b}$	$k$
1	2	3	4	5	6	7	8
0,00	1,000	0,34	0,870	1,8	0,551	10,0	0,203
0,01	0,996	0,36	0,863	1,9	0,538	11,0	0,190
0,02	0,992	0,38	0,856	2,0	0,526	12,0	0,179
0,03	0,987	0,40	0,850	2,2	0,503	13,0	0,169
0,04	0,983	0,42	0,843	2,4	0,482	14,0	0,160
0,05	0,979	0,44	0,837	2,6	0,463	15,0	0,153
0,06	0,975	0,46	0,831	2,8	0,445	16,0	0,146
0,07	0,971	0,48	0,824	3,0	0,429	17,0	0,139
0,08	0,967	0,50	0,808	3,2	0,415	18,0	0,134
0,09	0,963	0,55	0,803	3,4	0,401	19,0	0,128
0,10	0,959	0,60	0,789	3,6	0,388	20,0	0,124
0,11	0,955	0,65	0,775	3,8	0,376	22,0	0,115
0,12	0,951	0,70	0,761	4,0	0,365	24,0	0,108
0,13	0,947	0,75	0,748	4,2	0,355	26,0	0,102
0,14	0,943	0,80	0,735	4,4	0,376	28,0	0,096
0,15	0,939	0,85	0,723	4,6	0,336	30,0	0,091
0,16	0,935	0,90	0,711	4,8	0,328	32,0	0,087
0,17	0,931	0,95	0,700	5,0	0,320	34,0	0,083
0,18	0,928	1,00	0,688	5,5	0,302	36,0	0,079
0,19	0,924	1,1	0,667	6,0	0,185	38,0	0,076
0,20	0,920	1,2	0,648	6,5	0,271	40,0	0,073
0,22	0,913	1,3	0,629	7,0	0,258	44,0	0,068
0,24	0,905	1,4	0,612	7,5	0,247	48,0	0,063
0,26	0,896	1,5	0,595	8,0	0,237	50,0	0,061
0,28	0,891	1,6	0,580	8,5	0,227	75,0	0,044
0,30	0,884	1,7	0,565	9,0	0,218	100,0	0,035
0,32	0,877			9,5	0,211		

ერთეულია, ამიტომ მიღებულია უფრო მკვირვ ერთეულები: მილიჰენრი ( $mH$ ) მიკროჰენრი ( $\mu H$ ) და სანტიმეტრი ( $Cmt$ ), რომელთა შორის არის შემდეგი დამოკიდებულება:

$$1H = 10^3 mH = 10^6 \mu H = 10^9 cmt;$$

$$1mH = 10^{-3} H = 10^3 \mu H = 10^6 cmt;$$

$$1\mu H = 10^{-6} H = 10^{-3} \mu H = 10^3 cmt;$$

$$1 cmt = 10^{-9} H = 10^{-6} mH = 10^{-3} \mu H.$$

თუ კოჭი მრავალფენიანია, სურ. 44, მაშინ საერთო თვითინდუქცია სანტიმეტრებში გამოითვლება ფორმულით:

$$L_{cmt} = \frac{(2\pi Dn)^2}{b+1,5t+D} F' \cdot F'' \quad (61)$$

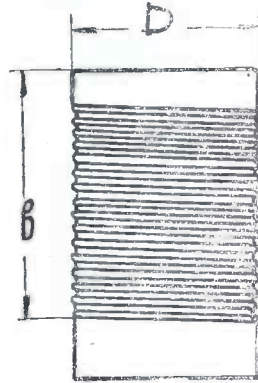
სადაც  $D$  კოქის საშუალო დიამეტრია სანტიმეტრებში.  $n$  საერთო ხვიათა რიცხვი,  $b$  კოქის სიგანე სანტიმეტრებში,  $t$  ნახევრის სისქე სანტიმეტრებში,  $F'$  და  $F''$  შესწორებითი ფორმულები და ტოლია:

$$F' = \frac{10b + 13t + 2D}{10b + 10,7t + 1,4D}, \quad F'' = 0,5 \lg \left( 100 + \frac{14 \cdot D \cdot 7t}{2b + 3t} \right).$$

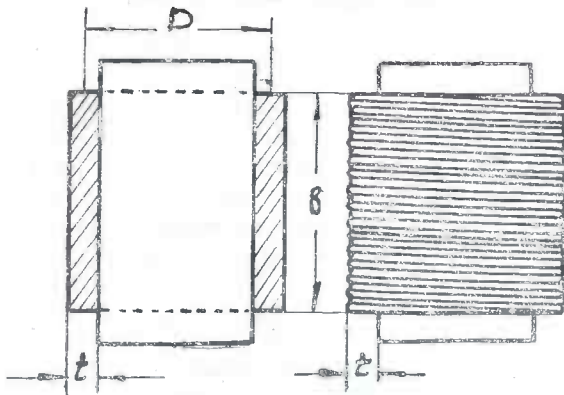
მოყვანილი სწორკუთხური კრილიანი მრავალფენიან კოქისათვის ზოგჯერ იყენებენ შემირიულ ფორმულას:

$$L_{\mu H} = \frac{2D^2 n^2}{6D + 9b + 10t} \quad (62)$$

რომელიც საკმაოდ ზუსტ რეზულტატს იძლევა. ამჟამად ფართო გამოყენება ჰპოვა ე. წ. ფიჭისებრმა კოქებმა და კოქებმა „უნივერსალურ“ დახვევით. მათ ახასიათებთ მცირე შინაგანი ტევადობა, რასაც დიდი მნიშვნელობა აქვს რადიოტექნიკური წრედებისათვის, განსაკუთრებით იქ, სადაც იძულებული ვართ ვიქონიოთ დიდი თვითინდუქცია. რაც უფრო მეტ სიხშირიანი წრედისათვის იქნება გამოყენებული თვითინდუქციის კოქა, მით უფრო დიდი მნიშვნელობა აქვს მის შინაგან ტევადობას, რომელიც ყველაზე მეტად მრავალფენიან კოქებს ახასიათებს.



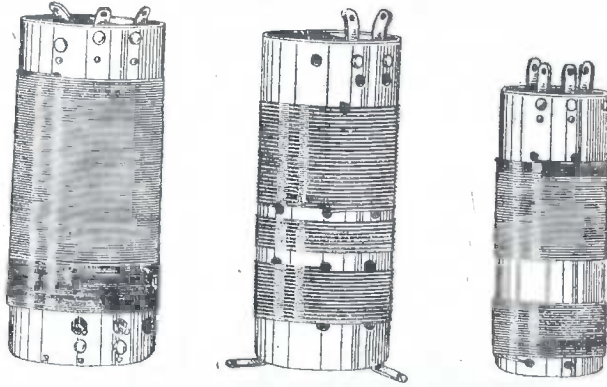
სურ. 43.



სურ. 44.

თვითინდუქციის კოქის გეომეტრიული ფორმა ულტრამოკლე ტალღების დროს რადიკალურად იცვლება. ამ შემთხვევაში მხედველობაში უნდა მივიღოთ

სწორი გამტარიც, რომელსაც ახასიათებს სათანადო სიდიდის თვითინდუქცია და ამიტომ ულტრამოკლე ტალღიან დანადგარებში თითოეული ინდუქციის კოჭი იმავე სახით, როგორც ჩვენთვის ცნობილია მოკლე, საშუალო და გრძელი ტალღების დროს, არ არსებობს.



სურ. 45.

თუ საქმე გვექნება დეციმეტრულ და უფრო მოკლე ტალღებთან, მაშინ დანადგარის სამონტაჟო და სხვადასხვა გამოყენები (ელექტრონული მილაკების) ასრულებენ თვითინდუქციის და ტევადობის როლს. სურ. 45-ზე ნაჩვენებია მცირე სიმძლავრის გადამცემ მოკლე ტალღოვან რადიოსადგურებში გამოყენებული თვითინდუქციის კოჭების ზოგიერთი სახეები.

1. ძაბვების რეზონანსი

ძაბვების რეზონანსს ვლტებულობთ მიმდევრობით კონტურში. ზემოთ ჩვენ განვიხილეთ მიმდევრობით ჩართული  $L$ ,  $C$  და  $R$  ელემენტებიანი წრედი ანუ კონტური, რომლის კომპლექსური წინალობა ტოლია:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \quad \text{ანდა} \quad Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

სადაც  $X_L$  და  $X_C$  წარმოადგენენ შესაბამის ინდუქტიურ და ტევადობით წინალობებს და, როგორც წინა თავში გაეარკვიეთ, შესაძლებელია გვექონდეს ცვალებადი თვითინდუქცია და ტევადობა. მაშასადამე,  $L$  და  $C$ -ს სათანადო სიდიდეების შერჩევით მათი წინალობები ცვლადი დენისათვის ე. ი.  $X_L$  და  $X_C$  ვახვალთ ერთმანეთის ტოლი და მაშინ ზემომოყვანილი ფორმულა მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$Z = R \quad (63)$$

ე. ი. ცვლადი დენის მიმართ  $X_L$  და  $X_C$ -ს მოქმედება აბათილებენ ერთმანეთს და წრედს ექნება მარტო  $R$  ომური წინალობა, რის გამოც მასში მაქსიმალური დენი გაივლის.

ეს მოვლენა ისე კი არ უნდა გაეგოთ, თითქოს მოცემული რეაქტიური წინალობები  $X_L$  და  $X_C$  ისპობოდეს, არამედ როგორც რეაქტიული წინალობები ისინი რჩებიან, მაგრამ მათზე ძაბვის ვარდნები ურთიერთს აკომპენსირებენ, ე. ი. მათი საერთო გავლენა წრედში, როგორც წინალობების, ერთმანეთის მოწინააღმდეგეა და საერთო ტოლქმედინულის ტოლი ხდება. ამ მოვლენას ძაბვების რეზონანსი ეწოდება და მას ადგილი აქვს მიმდევრობით წრედში სურ. 46. რეზონანსულ მოვლენას შესაძლებელია მივალწიოთ ორგვარი ხერხით: 1. ვცვალოთ მკვეთბავი დენის სიხშირე  $f$  ხოლო  $L$  და  $C$  იყოს მუდმივი 2. ვცვალოთ  $L$ , ან  $C$  ხოლო  $f$  იყოს მუდმივი.

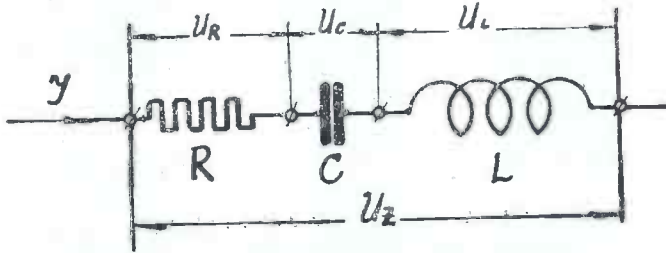
პრინციპულად, რეზონანსის მისაღწევად მნიშვნელობა არ აქვს იმას, თუ ზემოთ დასახელებული სიდიდეებიდან რომელს ვცვლით, არამედ იმას, თუ რომელი მათგანის ცვლაა დამოკიდებული კონსტრუქციის სიადვილეზე.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, რეზონანსის მოვლენის დროს  $X_L = X_C$  ანდა  $\omega L = \frac{1}{\omega C}$  აქედან  $\omega^2 LC = 1$  საბოლოოდ:

$$\omega = 2\pi f = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (64)$$

ამ შემთხვევაში,  $L$  პერეზშია და  $C$  ფარადებში. ძაბვის ვარდნა ბეზონანსის ტიპის კოქში და ტევალობაზე ტოლია:

$$U_C = I_{mx} \frac{1}{\omega C} = I_{mx} \frac{1}{2\pi f C} \text{ და } U_L = I_{mx} \omega L = I_{mx} 2\pi f L. \quad (65)$$



სურ. 46.

ჩავსვათ ამ სიდიდეებში  $\omega$ -ს მნიშვნელობა (64) ფორმულიდან და მივიღებთ:

$$\left. \begin{aligned} U_C &= I_{mx} \frac{\sqrt{LC}}{C} = I_{mx} \sqrt{\frac{L}{C}} \\ U_L &= I_{mx} \frac{L}{\sqrt{LC}} = I_{mx} \sqrt{\frac{L}{C}} \end{aligned} \right\} \quad (66)$$

როგორც ჩანს, რეზონანსის დროს ძაბვის ვარდნა ცალ-ცალკე, ბეზონანსის ტიპის ტევალობაზე ერთმანეთის ტოლია ე. ი.

$$U_C = U_L = I_{mx} \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (67)$$

მიღებული ფორმულა შევადაროთ ომის კანონს, საიდანაც ვიცით, რომ:

$$U_R = I_{mx} R$$

როგორც ვამჩნევთ, (67) ფორმულის მარჯვენა ნაწილში არსებული სიდიდე  $\sqrt{\frac{L}{C}}$  -ს აქვს წინალობის განზომილება, აღინიშნება ასო  $\rho$ -თი (რო) და ეწოდება ტალღური წინალობა ანუ კონტურის მახასიათებელი მაშასადამე, გვაქვს:

$$\left. \begin{aligned} U_C &= I_{mx} \rho \\ U_L &= I_{mx} \rho \end{aligned} \right\} \text{ — რეზონანსის შემთხვევაში,}$$

შედეგად

$$\begin{cases} U_C = I_{mx} X_C \\ U_L = I_{mx} X_L \end{cases} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{— როდესაც რეზონანსი არ ვაქვს.} \end{array} \right.$$

ტალღური წინაღობა  $\rho$  ომებში გაიზომება და პრაქტიკული საანგარიშო სახე შემდეგნაირად მიეცემა:

$$\rho = \sqrt{\frac{LH}{C_E}} = \sqrt{\frac{L_{cmt}}{10^9} : \frac{C_{cmt}}{9 \cdot 10^{11}}} = \sqrt{\frac{L_{cmt} \cdot 10^{11}}{C_{cmt} \cdot 10^9}}$$

აქედან

$$\rho = 30 \sqrt{\frac{L_{cmt}}{C_{cmt}}} \quad (68)$$

ტალღური წინაღობა რეაქტიური წინაღობაა და წრედში იწვევს რხევადი სიმძლავრის დაგროვებას და იგი ვოლტამპერებში გამოისახება.

$$P_{VA} = \frac{I^2_{mx} \rho}{2} = I^2_{ef} \cdot \rho \quad (69)$$

სიმძლავრე, რომელიც გამოიყოფა წრედის ოპერ წინაღობაზე სითბოს სახით, ტოლია:

$$P_R = \frac{I^2_{mx} R}{2} = \frac{I_{mx} U_R}{2} = I_{ef} \cdot U_{ef} \quad (70)$$

შედეგად: მოცემულია მიმდევრობითი კონტური, რომელიც შეიცავს შემდეგ სიდიდეებს:

$$C = 10^9 \text{ cmt}, L = 9 \cdot 10^8 \text{ cmt}, R = 5 \Omega \text{ და } I_{mx} = 2a.$$

გასაგებია: კუთხური სიხშირე  $\omega$ , ტალღური წინაღობა  $\rho$ , ძაბვის ვარდნები  $U_C$  და  $U_L$ , კონტურის ვოლტამპერული სიმძლავრე  $P_{VA}$  და  $P_R$  სიმძლავრე

1. კონტურის კუთხური სიხშირე:

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LH C_F}} = \frac{1}{\sqrt{9 \cdot 10^8 \cdot 10^9}} = \frac{1}{3 \cdot 10^8} = \frac{3 \cdot 10^{10}}{3 \cdot 10^8} = 10^2 = 10000000.$$

2. კონტურის ტალღური წინაღობა ანუ მისი ტალღური მახასიათებელი:

$$\rho = 30 \sqrt{\frac{L_{cmt}}{C_{cmt}}} = 30 \sqrt{\frac{9 \cdot 10^8}{10^9}} = 90 \Omega$$

3. ძაბვის ვარდნა ტევადობაზე:

$$U_C = I_{mx} \cdot \rho = 2 \cdot 90 = 180 \text{ ვ}$$

4. ძაბვის ვარდნა თვითინდუქციაზე:

$$U_L = I_{mx} \cdot \rho = 2 \cdot 90 = 180 \text{ ვ}$$



5. ძაბვის ვარდნა ომურ წინაღობაზე:

$$U_R = I_{mx} R = 2 \cdot 5 = 10 \text{ ვ.}$$

6. კონტურის ვოლტამპერული სიმძლავრე:

$$P_{VA} = \frac{I_{mx}^2 \rho}{2} = \frac{4 \cdot 90}{2} = 180 \text{ VA}$$

7. კონტურის კარგის სიმძლავრე სითბოს სახით.

$$P_R = \frac{U_R \cdot I_{mx}}{2} = \frac{10 \cdot 2}{2} = 10 \text{ ვტ.}$$

როგორც მოყვანილ მაგალითიდან ჩანს, ძაბვის ვარდნა ტევადობაზე და თვითინდუქციაზე აბსოლუტურად ერთმანეთის ტოლია, მაგრამ ნიშნით მოწინააღმდეგე, ურთიერთს აბათილებენ და წრედში არავითარ გავლენას არ ახდენენ. ამავე დროს შეგვიძლია შევადაროთ კონტურზე მოდებული ძაბვა და ცალ-ცალკე რეაქტიურ წინაღობებზე ძაბვის ვარდნები. კონტურზე მოდებული ძაბვა ტოლია თვით  $R$  წინააღობაზე არსებული ძაბვის ვარდნისა (კირხჰოფის მეორე კანონის ძალით) და  $X_L$  და  $X_C$  ძაბვის ვარდნების მხედველობაში მიღება არ შეიძლება, რადგანაც მათი საერთო ტოლქმედი სხვადასხვა ნიშნისა გამო წულის ტოლია; მაშასადამე, წრედში დენის შეზღუდვაზე რეზონანსის დროს ისინი როგორც წინააღობები გავლენას არ ახდენენ. ამავე დროს რეზონანსული მოვლენის შედეგად ვამჩნევთ, რომ ცალ-ცალკე, მათზე ძაბვის ვარდნა მოდებული ძაბვაზე 18-ჯერ მეტია. ამის გამო მძლავრი დენების ტექნიკაში ძაბვების რეზონანსის მოვლენა ფრიალ საშიშია, რადგანაც თვითინდუქციაზე და ტევადობაზე შესაძლებელია გადაფარვა გამოიწვიოს.

დიდმა მეცნიერმა და გამომგონებელმა ა. ს. პოპოვმა რეზონანსის მოვლენები გამოიყენა როგორც აუცილებელი პირობა რადიოაპარატის შექმნისათვის.

ჩვენს მიერ მოყვანილ მაგალითში მცირე სიდიდეებია ალბებული, ხოლო  $\omega$ , სადაც საკმაოდ დიდ დენებს აქვს ადგილი, ძაბვის რეზონანსის მოვლენის დროს ძაბვამ შესაძლებელია რამდენიმე ათას ვოლტს მიაღწიოს, რასაც დიდ დამანგრევე ძალა ექნება.

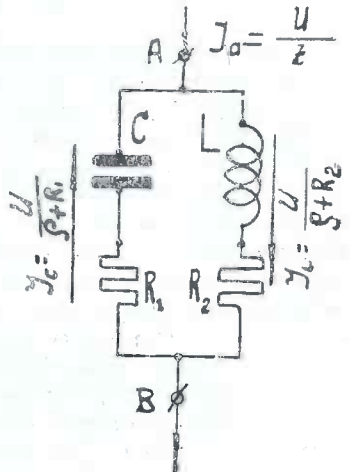
## 2. დენების რეზონანსი

დენების რეზონანსს ადგილი აქვს პარალელურ კონტურში ე. ი. ისეთში, სადაც  $L$  და  $C$  ხართულია მკვებავი შტოს ნიშნით პარალელურად, როგორც ეს ნაჩვენებია სურ. 47-ზე. ჩვეულებრივ პირობებში ომური წინააღობები კონტურში ( $R_1$  და  $R_2$ ) ცალ-ცალკე არ გვხვდება ხართული, რადგანაც თვითინდუქცია და კონდენსატორი თვით შეიცავენ საკმაო ომურ წინააღობას, რომელიც კონტურში ყველგანაა განაწილებული.

მსჯელობის სიადვილისათვის ვუშვებთ, თითქოს ეს ყველაფერი განაწილებული ომური წინაღობა შტას ერთ ადგილზეა თავმოყრილი  $R_1$  და  $R_2$  სახით. ამგვარად კონტურის მთლიანი წინაღობა ტოლია  $R_1 + R_2 = R_k$ .

პარალელურ კონტურს ვაცილებით მეტი გამოყენება აქვს რადიოტექნიკაში, ვიდრე მიმდევრობითს. როგორც ვხედავთ, აქ გვაქვს სამგვარი წინაღობა: ინდუქტიური  $X_L$ , ტევადობითი,

$X_C$  და ომური  $R_k = R_1 + R_2$ , რადგანაც განხილული წინაღობები პარალელურად არიან ჩართული, და ამგვარად ჩვენ განვიხილავთ რეზონანსის მოვლენას\*), ამიტომ ინდუქტიური და ტევადობითი წინაღობები ტოლნი იქნებიან. ეს სასესებით არ ნიშნავს იმას რომ წრედისათვის, სადაც ჩართულია მოცემული კონტური, მსგავსად მიმდევრობითი კონტურისა, რეზონანსის დროს წარმოადგენს მინიმალურ წინაღობას. აქ შებრუნებით მოვლენას აქვს ადგილი. რეზონანსის დროს პარალელური კონტურის კომპლექსური წინაღობა იცეცევა ისეთ დიდ წინაღობად, რომელსაც ომური ხასიათი აქვს და წრედში გამავალ დენს უწყვეს გარკვეულ წინაღობას, რომელიც ტოლია:



სურ. 47.

$$Z_p = \frac{L}{CR_k} \quad (71)$$

სადაც  $L$  — ჰენრებშია,  $C$  — ფარადებში, ხოლო  $R_k$  — წარმოადგენს კონტურის მთლიან ომურ წინაღობას და ანგარიშის დროს ჩაისმება ომებში.

თუ  $L$  და  $C$  ავიღებთ სანტიმეტრულ სიდიდეებში, მაშინ პარალელური კონტურის რეზონანსული წინაღობის ფორმულა შემდეგ სახეს მიიღებს:

$$Z_p = 900 \frac{L_{cm}t}{C_{cm} R_{k\Omega}} \quad (72)$$

კონტურის მთლიანი წინაღობა შეგვიძლია აგრეთვე წარმოვიდგინოთ მისი ტალღური წინაღობის ანუ კონტურის მახასიათებლით. ვიცით, რომ:

$$\rho = 30 \sqrt{\frac{L_{cm}t}{C_{cm}}} \quad \text{ანდა} \quad \rho^2 = 900 \frac{L_{cm}t}{C_{cm}}$$

\*) ე. ი.  $A$  და  $B$  მომკერებზე მომკმედი ძაბვის სიხშირე და კონტურის საკუთარი სიხშირე ზუსტად ერთმანეთის ტოლია.

თუ ჩავსვამთ ამ მნიშვნელობას (72) ფორმულაში, მივიღებთ:

$$Z_p = \frac{\rho^2}{Rk} \quad (73)$$

აქედან მოცემული კონტურისათვის გვაქვს:

$$\rho = \sqrt{Z_p \cdot Rk} \quad \text{და} \quad Rk = \frac{\rho^2}{Z_p} \quad (74)$$

ჩვენს მიერ განხილული კონტურში მიღებულ რეზონანსს დენის რეზონანსი ეწოდება, რადგანაც მასში დენის დიდი მნიშვნელობა გვექნება, ხოლო მკვებავ შტოში გამავალი დენის სიდიდე მცირე და როგორც ქვემოთ დავამტკიცებთ, იგი მით უფრო მცირეა, რაც უფრო მცირე იქნება კონტურის ომური წინაღობა. ეს ცხადია იმით, რომ რეზონანსის დროს თვითინდუქციასა და ტევადობას შორის მიღებული სიმძლავრის გაცვლა-გამოცვლას აქვს ადგილი, ხარჯი კი ხდება კონტურის წმინდა ომურ წინაღობაზე. წრედში გამავალი დენის სიდიდე, რომელიც კვებავს კონტურს, დამოკიდებულია თუ რა სიმძლავრის ხარჯს ეკნება ადგილი თვით კონტურში, რადგანაც მისი ხარჯი დამოკიდებულია კონტურის ომურ წინაღობაზე ( $R_k$ ) და არა  $L$  და  $C$ -ზე. ამიტომ ცხადია, რაც უფრო მეტია  $R_k$  მით უფრო მეტი იქნება კონტურში ქსელიდან შემავალი დენი, რომელსაც ავლნიშნავთ  $I_a$  სიმბოლოთი და პირიქით, რაც უფრო მცირეა  $R_k$  მით უფრო მეტ ხანს გასტანს  $L$  და  $C$  შორის ენერჯიის გაცვლა-გამოცვლის პროცესი, ანუ სხვანაირად რომ ვთქვათ, კონტურში მეტ ხანს ექნება ადგილი რხევებს.

კონტურის შტოებში არსებული დენის ძალის სიდიდეების ცოდნა საშუალებას გვაძლევს ნათლად წარმოვიდგინოთ დენის რეზონანსი, რომელსაც ესოდენ ფართო გამოყენება აქვს რადიოტექნიკაში. სურ. 47-ზე ნაჩვენები პარალელური კონტურის  $AB$  მომჭერები, კონტურის მკვებავ შტოს წარმოადგენს, ხოლო წრედის შემცველი წინაღობები  $L$ ,  $C$ ,  $R_1$  და  $R_2$  ქმნის პარალელურ კონტურს. ამავე დროს ვიცით, რომ  $AB$  მომჭერებზე მოდებული ძაბვის კუთხურ სიხშირეზეა აწყობილი თვით კონტურის საკუთარი კუთხური სიხშირე. ე. ი. გვაქვს ე. წ. რეზონანსის მოვლენა. დენის ძალა, რომელიც მკვებავი შტოდან კონტურში შედის, ტოლი იქნება:

$$I_a = \frac{U}{Z_p} = \frac{U R_k}{\rho^2} \quad (75)$$

სადაც  $Z_p$  კონტურის რეზონანსული წინაღობაა და ტოლია  $Z_p = 900 \frac{L_{cm} t}{R_{cm} t R_k}$

ხოლო  $U$  მომჭერებზე მოდებული ე. მ. ძალაა და  $R_k$  კონტურის მთლიანი ომური წინაღობა. მსჯელობის სიადვილისათვის ვიგულისხმობთ, რომ ის ომური წინაღობა, რომელსაც შეიცავს კონტური, თანაბრად განაწილებულია ორივე შტოში. ამავე დროს რეზონანსის მოვლენის შემთხვევაში ინდუქტიური და ტევადობითი წინაღობები ერთმანეთის ტოლია და გამოიხატება საერთო ტალღური წინაღობებით, ანუ კონტურის მახასიათებელი  $\rho$ -თი, მაშასადამე დენის ძალა თითოეულ შტოში ცალ-ცალკე ტოლია:

$$I_c = -\frac{U}{\rho + R_1} \quad \text{და} \quad I_L = \frac{U}{\rho + R_2} \quad (76)$$

როგორც წარმოდგენილი სურათიდან ჩანს, მოდებული ძაბვა  $U$  და ტალღური წინაღობა  $\rho$  ორივე შტოისათვის ერთი და იგივეა, რის გამო ორივე შტოში დენის ძალების თანასწორობა გვექნება, ე. ი.

$$I_c = I_L = I_p .$$

ამის შესაბამისად წითოთეული შტოისათვის შეგვიძლია დავწეროთ:

$$\left. \begin{aligned} I_{Lp} &= \frac{U}{\rho + R_1} = \frac{U}{\sqrt{Z_p} \cdot R_k + R_1} \\ I_{cp} &= \frac{U}{\rho + R_2} = \frac{U}{\sqrt{Z_p} \cdot R_k + R_2} \end{aligned} \right\} \quad (77)$$

სადაც  $R_k$  კონტურის მთლიანი წინაღობაა,  $R_1$  და  $R_2$  წითოთეული შტოს წინაღობა, რის ძალითაც კონტურის რეზონანსული იენი ტოლია:

$$I_k = I_p = \frac{U}{\sqrt{Z_p} \cdot R_k} \quad *) \quad (78)$$

ფორმულა (75) და (78) ჩვენთვის ფრიად საყურადღებოა; აქედან ჩანს, რომ კონტურში წრედიდან შემავალი ანუ მკვებავი დენი  $I_a$  ტოლია:

$$I_a = \frac{U R_k}{\rho^2} \quad (79)$$

ხოლო დენი, რომელიც პარალელურ შტოში ქმედობს უდრის:

$$I_k = \frac{U}{\sqrt{Z_p} \cdot R_k} \quad (80)$$

თუ ხსენებულ ცირომულებს დაეუკვირდებით, შევაძინებთ, რომ რაც უფრო მცირეა კონტურის ომური წინაღობა  $R_k$  მით უფრო დიდია  $I_k$  ხოლო  $I_a$  კი პირიქით მცირეა. თუ მივიღებთ იდეალურ პირობას, ე. ი. როდესაც კონტურის ომური წინაღობა  $R_k = 0$  მაშინ გვექნება:

$$I_a = 0 \quad \text{და} \quad I_k = \infty \quad (81)$$

სინამდვილეში ამ პირობას ადგილი არ აქვს, რადგანაც არ შეიძლება ავავთო კონტური, რომლის ომური წინაღობა ნულის ტოლი იქნება. ამის გამო კონტურში ყოველთვის ადგილი აქვს ენერჯის ხარჯს და მის ასანახაურებლად საჭიროა მკვებავ შტო  $AB$ —ში დენი გადიოდეს. როგორც ზემოთთქვეანთ მსჯელობიდან ჩანს, კონტურში ადგილი აქვს დიდი დენის ცირკულაციას (ბრუნვას) იმგვარი დამოკიდებულებით, რომ რაც უფრო ახლოს ვართ რეზონანსთან, მით უფრო  $I_k$  დიდდება, ხოლო  $I_a$  მცირდება. ეს მოვლენა იმით აიხსნება რომ კონტურ  $L, C, R_1$  და  $R_2$  ს რეზონანსის დროს  $AB$  მომჭერების მიმართ უდიდესი

\*)  $\sqrt{Z_p} R_k \gg R_1$  ანდა  $R_2$ -ზე; ამიტომ შეგვიძლია ისინი უაღუველესე ით.

წინააღმდეგობა აქვს, ე. ი.  $Z_p = 900 \frac{L}{C R_k} \Omega$ , და რეზონანსული სიხშირის

დროს იგი წარმოადგენს დაბრკოლებას წრედისათვის. კონტურის რეაქტიური წინააღმდეგობა  $Z$  რეზონანსის დროს აქტიური ხდება და, მაშასადამე, მასში ადგილი ექნება რხევადი ენერგიის დაგროვებას. რაც უფრო ხელოვნადაა მოდებული ძაბვის სიხშირე კონტურის საკუთარ სიხშირესთან, მით უფრო მეტი რხევადი სიმძლავრე დაგროვდება კონტურში.

მოცემული რეზონანსული სიხშირის დროს რხევადი სიმძლავრის ხარჯი, რომელიც შტოდან კონტურში გადადის ტოლია:

$$P_p = \frac{I^2 a Z_p}{2} = \frac{I a U}{2} = \frac{U^2}{2 Z_p} = \frac{U^2 R_k}{2 \rho^2} \quad (82)$$

სიმძლავრე, რომელიც იხარჯება მკვებავ შტოში, უზრუნველყოფს კონტურში რხევების მუდმივობას, რადგანაც წინააღმდეგ შემთხვევაში  $L$ ,  $C$  ელემენტებში დაგროვილი რხევადი სიმძლავრე, რომლის შენარჩუნება ჩვენთვის აუცალკებელია, დაიხარჯებოდა კონტურის  $R_k$  წინააღმდეგობაზე სითბოს გამოყოფის სახით და რხევები შეწყდებოდა. კონტურში რხევადი სიმძლავრე, რომლის გაცვლა-გამოცვლა ხდება  $L$  და  $C$ -ს შორის რეაქტიურია და მის ხარჯს არ აქვს ადგილი (სანამ მას არ დაეუკავშირებთ სხვა კონტურს) და ტოლია:

$$P_{VA} = \frac{I^2 k \rho}{2} \quad (83)$$

მაგალითი. მოცემულია პარალელური კონტური, რომლის  $C = 10^3 \text{ cmf}$ ,  $L = 9 \cdot 10^3 \text{ cmf}$ ,  $R_k = 5 \Omega$

და კონტურზე მოდებული ძაბვა  $U = 500 \text{ ვ}$ . გავიგოთ დენის ძალა კონტურში  $I_k$ , დენის ძალა მკვებავ შტოში  $I_a$ , კონტურის აქტიური და ვოლტამპერული სიმძლავრე, და კონტურის მთლიანი წინააღმდეგობა რეზონანსის მომენტში.

1. კონტურის მთლიანი წინააღმდეგობა:

$$Z = 900 \frac{L}{C R_k} = 900 \frac{9 \cdot 10^3}{10^3 \cdot 5} = 1620 \Omega$$

2. კონტურის ტალღური წინააღმდეგობა:

$$\rho = 30 \sqrt{\frac{L}{C}} = 30 \sqrt{\frac{9 \cdot 10^3}{10^3}} = 90 \Omega$$

3. დენის ძალა კონტურის მკვებავ შტოში:

$$I_a = \frac{U R_k}{\rho^2} = \frac{500 \cdot 5}{90^2} = 0,308 \text{ ა} \approx 300 \text{ მა}$$

4. დენის ძალა კონტურში:

$$I_k = \frac{U}{\sqrt{Z_p \cdot R_k}} = \frac{500}{\sqrt{1620 \cdot 5}} = 5,55 \text{ ა}$$

5. კონტურის ომურ წინაღობაზე გამოყოფილი სიმძლავრე, ანუ მისი აქტიური სიმძლავრე:

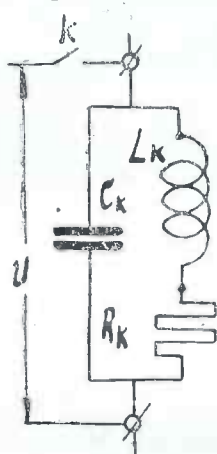
$$P_R = \frac{I_k^2 R_k}{2} = \frac{5.55^2 \cdot 5}{2} = 77 \text{ wt}$$

6. კონტურის ვოლტამპერული სიმძლავრე, რომელიც გროვდება მისი  $L$  და  $C$ -ში რხევადი სიმძლავრის სახით:

$$P_{Va} = \frac{I_k^2 \rho}{2} = \frac{5.55^2 \cdot 90}{2} = 1390 \text{ wt}$$

1. კონტურის პარამეტრები

ჩვენ ზემოთ ავღნიშნეთ, რომ რეზონანსის დროს, ე. ი. როდესაც კონტურის მკვებავი დენის სიხშირე ზუსტად ემთხვევა თვით კონტურის საკუთარ სიხშირეს, მასში ადგილი აქვს მაქსიმალური სიმძლავრის დაგროვებას, რომელიც განიცდის რხევას კონტურის საკუთარი სიხშირით. ამავდროულად ცნობილია, რომ ტევალობასა და თვითინდუქციაში ფაქტიურად სიმძლავრის ხარჯს არ აქვს ადგილი, ე. ი. მიწოდებული სიმძლავრე კი არ გადადის სხვა რომელიმე სახეში, მაგ. სითბოდ, არამედ მაგნიტური და ელექტრული არეების სახით გროვდება. ამავდროულად შვედამჩინეთ, რომ კონტურის მკვებავ შტოში



სურ. 48.

გადის დენის ძალა  $I_a = \frac{U}{Z_p}$  მაშასადამე ადგილი-

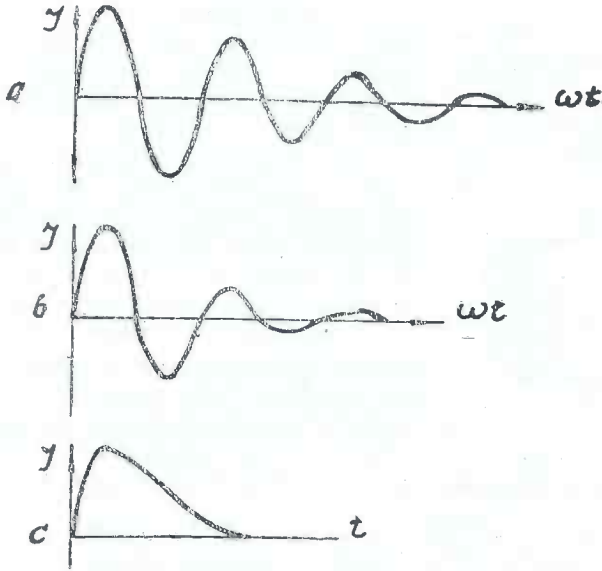
აქვს კვების წყაროს დენის ხარჯს, რაც გამომწვეულია კონტურში ომური წინაღობის არსებობით. რომ გამოვარკვიოთ, თუ რამდენად ინტენსიურია კონტურში  $Rk$  წინაღობაზე სითბოს სახით გამოყოფილ სიმძლავრის ხარჯი, ამისათვის საჭიროა ძირითადად განვმარტოთ ორი ცნება: მიუღწეველი და მიღწევადი რხევები.

წარმოვიდგინოთ, გვაქვს კონტური, სურ. 48, სადაც ომური წინაღობა  $Rk = 0$ , მაშინ თუ კონტური მომჭერებზე მყისიერად მივაწოდებთ  $U$  ძაბვას, გარეშე ე. მ. ძალის წყაროდან  $K$  ჩამართის მყისიერ ჩართვით და ამორთვით, კონტურში ადგილი ექნება რხევას, რომელიც გრაფიკულად თანაბარ ამპლიტუდიანი სინუსოიდიტ გამოიხატება და გვექნება მიუღწეველი რხევა. ასეთ მოვლენას სინამდვილეში ადგილი არ აქვს, რადგანაც

კონტურში  $Rk$  ომური წინაღობა გვაქვს, რომელზედაც სითბოს სახით გამოყოფა სიმძლავრე და კონტურს უკანვე არ უბრუნდება. ამ მიზეზის გამო ადგილი ექნება მიღწევად რხევას. რაც უფრო მეტია კონტურის  $Rk$  წინაღობა და მით უფრო ადრე მიიღწევა მასზე მყისიერად მიწოდებული სიმძლავრე. სურ. 49a ნაჩვენებია კონტურში დენის რხევის ფორმა, რომელიც ნაკლები მიღწევით ხასიათდება სურ. 49b-ზე კი უფრო მეტით, ხოლო სურ. 49c-ზე კი ნაჩვენებია ისეთი კონტურის მიერ მოცემული დენის რხევის მრუდი, რომელიც დიდი წინაღობის არსებობის გამო არ შეიცავს პერიოდულ რხევას,

ამიტომ ასეთ რხევას აპერიოდული რხევა ეწოდება, ხოლო კონტურის კი აპერიოდული კონტური.

სანამ შევუდგებოდეთ მიღების ინტენსიობის დამოკიდებულების განსაზღვრას კონტურის  $Lk Ck Rk$  პარამეტრებთან დამოკიდებულებით, საქიროა გავარკვიოთ მასში წარმოშობილი რხევის პერიოდი, სიხშირე და ტალღის სიგრძე. ამისათვის დავუშვათ, რომ სურ. 50-ზე მოცემული კონ-



სურ. 49.

ტურის კონდენსატორი მყისიერად დავტვირთეთ, ე. ი. კონტურის მომჭერებს მყისიერად მივაწოდეთ ძაბვა. მსჯელობის სიადვილისათვის დავუშვათ, რომ მოცემულ კონტურში  $Rk = 0$ . ძაბვის მყისიერი ჩართვით ჩვენ კონდენსატორ  $Ck$ -ს მივაწოდებთ სიმძლავრეს:

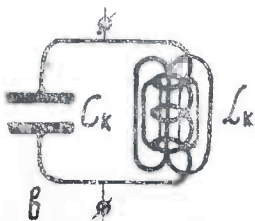
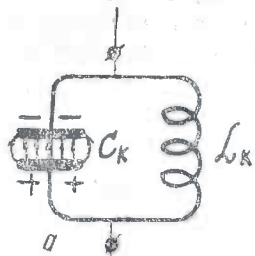
$$P_c = \frac{U_k^2 C_k}{2} \quad (84)$$

$P_c$  — კონდენსატორში დაგროვილი ელექტრული სიმძლავრეა. მიიღო რა კონტურის  $Ck$  კონდენსატორმა, სიმძლავრე მის შემონაფენებზე პოტენციალთა სხვაობის შედეგად, თვითინდუქცია  $Lk$ -ში გაივლის დენი და თვითინდუქციის გარშემო შეიქმნება მაგნიტური ძალხაზები, რომლის სიმძლავრე გამოიხატება:

$$P_L = \frac{I_k^2 L_k}{2} \quad (85)$$



კონდენსატორის სრული დაცლა გამოიწვევს წრედში დენის შეწყვეტას, მაგნიტური ძალხაზები იწყებენ შემცირებას და ამ პროცესში თვითინდუქციაში აღიძრება ინდუქციის ე. მ. ძ., რომელიც მოწინააღმდეგე იქნება ძირითადი ე. მ. ძალის. ამიტომ კონდენსატორის მომკერები აღმოჩნდება მოწინააღმდეგე პო-



სურ. 50.

ში და თვითინდუქციაში დაგროვილი სიმძლავრე ერთმანეთის ტოლია:

$$\frac{I_k^2 L_k}{2} = \frac{U_k^2 C_k}{2} \quad \text{ანდა} \quad I_k^2 L_k = U_k^2 C_k$$

მაგრამ:

$$I_k = \frac{U_k}{X_c} = U_k \omega C_k$$

და თუ ამ მნიშვნელობას ჩავსვამთ  $I_k^2$ -ის მაგივრად, მივიღებთ:

$$U_k^2 C_k = \omega^2 L_k C_k^2 U_k^2 \quad (85)$$

შოვანდინოთ სათანადო შეკვეცა და გვექნება:

$$1 = \omega^2 L_k C_k \quad (87)$$

აქედან კონტურის საკუთარი კუთხური სიხშირე, რომელსაც  $\omega_c$ -თ აღვნიშნავთ ტოლია:

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{L_k C_k}} \quad (88)$$

ამ წიგნის იმ ნაწილიდან, სადაც განხილულია ელექტროტექნიკური მოვლენები ცვლადი დენისათვის ცნობილია:

$$\omega_0 = 2\pi f_0; f_0 = \frac{1}{T} \text{ ანდა } T = \frac{1}{f_0} \text{ და } f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi}$$

ჩავსვათ პერიოდის ( $T$ ) მნიშვნელობაში სიხშირის მნიშვნელობა ( $f_0$ ) და გვექნება  $T = \frac{2\pi}{\omega_0}$ , და თუ აქ  $\omega_0$ -ის მნიშვნელობაში ჩავსვათ მე (88) ფორმულიდან მივიღებთ:

$$T = 2\pi \sqrt{L_k C_k} \quad (89)$$

მიღებული (89) ფორმულა განსაზღვრავს დროს, რომლის განმავლობაში ხდება დენის ცვალებადობის ერთი პერიოდი და ეწოდება ტომსონის ფორმულა.

მაგალითი: ვთქვათ, მოცემულია ზემოგანხილული კონტურის  $L_k = 4 \cdot 10^5 \text{ cmt}$  და  $C_k = 9 \cdot 10^3 \text{ cmt}$ . გავიგოთ, რა დროის განმავლობაში მივიღებთ რხევის ერთ პერიოდს. დასახული მიზნის გადასაწყვეტად საჭიროა პირველ რიგში სანტიმეტრული გამოსახვიდან გადავიღოთ ჰერულ და ფარადულ ერთეულებზე, ამიტომ ჩვენი შემთხვევისათვის გვექნება:

$$L_H = \frac{4 \cdot 10^5}{10^9} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ H},$$

$$C_F = \frac{9 \cdot 10^3}{1 \cdot 10^{11}} = 10^{-8} \text{ F},$$

მაშასადამე, მოცემული კონტურისათვის პერიოდი გრძელდება:

$$T = 2\pi \sqrt{L_H C_F} = 2\pi \sqrt{4 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-8}} = 2\pi \cdot 2 \cdot 10^{-6} = 12,56 \cdot 10^{-6} \text{ წამი.}$$

ანუ სიტყვიერად, პერიოდი გრძელდება წამის თორმეტი მიწელი და ორმოცდათექვსმეტი მემილიონედის განმავლობაში. პერიოდის ნამრავლი სინათლის სხივის გავრცელების სისწრაფეზე მოგვცემს მოცემული კონტურისათვის ტალღის სიგრძის, ე. ი.

$$\lambda_0 = T \nu$$

სადაც  $\nu$  ტოლია სინათლის სხივის, ანდა ელექტრომაგნიტური ტალღის გავრცელების და რიცხობრივად უდრის 300000 კილომეტრს ანუ 30000000 ( $3 \cdot 10^8$ ) მეტრს წამში. ჩავსვათ მოცემული ტალღის სიგრძის ფორმულაში პერიოდის მნიშვნელობა, მაშინ გვექნება:

$$\lambda_0 = 2\pi \nu \sqrt{L_H C_F} \quad (90)$$

თუ ტევადობასა და თვითინდუქციას გამოვხატავთ სანტიმეტრებში და სინათლის სხივის გავრცელების სისწრაფეს მეტრებში, მაშინ ფორმულა (90) მიიღებს ანგარიშისათვის მოხერხებულ სახეს.

$$\lambda_0 = 2\pi \cdot 3 \cdot 10^8 \sqrt{\frac{L_{\text{cmt}} \cdot C_{\text{cmt}}}{10^9 \cdot 9 \cdot 10^{11}}} = \frac{2\pi}{100} \sqrt{L_{\text{cmt}} \cdot C_{\text{cmt}}} \quad (91)$$

ე. ი. კონტურის ტალღის სიგრძე, როდესაც ცნობილია მისი პარამეტრები  $L_k$  და  $C_k$  შესაძლებელია გავიანგარიშოთ ფორმულით:

$$\lambda_{mt} = \frac{2\pi}{100} \sqrt{L_{cmT} \cdot C_{cmT}} \quad \text{ან} \quad \lambda_{mt} = 1,884 \sqrt{L_{\mu H} C_{\mu F}} \quad (92)$$

ჩვენს მიერ წინა მაგალითში განხილულ კონტურისათვის ტალღის სიგრძე ტოლია:

$$\lambda_{mt} = \frac{2\pi}{100} \sqrt{4 \cdot 10^8 \cdot 9 \cdot 10^8} = 3760 \text{ მეტრს.}$$

მიღებულ 92-ე ფორმულას ტომსონის გამართი ევებულ ფორმულას უწოდებენ. იგი გამოიყენება ტექნიკურ ანგარიშისათვის.

ტომსონის ზუსტ ფორმულას შემდეგი სახე აქვს:

$$\lambda_{mt} = 2\pi\sigma \sqrt{L_k C_k} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{R^2 C_k}{4L_k}}} \quad (93)$$

თუ სიდიდე  $\frac{R^2 C_k}{4L_k} > 1$  მაშინ კონტურის ტალღის სიგრძე და, მაშასადამე,

პერიოდიც ლებულობს ირაციონალურ მნიშვნელობას, რაც იმის მაჩვენებელია, რომ კონტურში რხევების მაგივრად ადგილი ექნება აპერიოდულ დაცლას, როგორც ეს ნაჩვენები იყო სურ. 49C-ზე, ხოლო თუ  $\frac{R^2 C_k}{4L_k} = 1$  მაშინ ტალღის

სიგრძე უსასრულოდ დიდია.

მაშასადამე, რხევებს ექნება ადგილი მხოლოდ და მხოლოდ მაშინ, როდესაც

$\frac{R^2 C_k}{4L_k} < 1$  და რაც უფრო ნაკლებია იგი, პერიოდიც მეტ ხანს გრძელდება.

პრაქტიკულ მნიშვნელობისათვის თანამედროვე რადიოტექნიკურ დანადგარებში უდიდესი გამოყენება აქვს არა მილევად, არამედ მიულევად რხევებს.

კონტურში ადგილი რომ არ ექნეს რხევების მილევას, საჭიროა ენერგიის მიწოდება ხდებოდეს მუდმივად ისე, რომ რხევის ამპლიტუდები, მსგავსად სურ. 51 ნაჩვენები სინუსოიდალური მრუდისა, მიულეველი იყოს. რაც უფრო მეტია სიმძლავრის ხარჯი კონტურის  $R_k$  წინააღობაზე, მით უფრო მეტ სიმძლავრის ხარჯვას აქვს ადგილი მკვებავ წყაროდან. ენერგიის ხარჯს განსაზღვრავს კონტურის დეკრეტენტი, რომელიც ენერგიის ძილვის ინტენსიობას გვიჩვენებს და ტოლია:

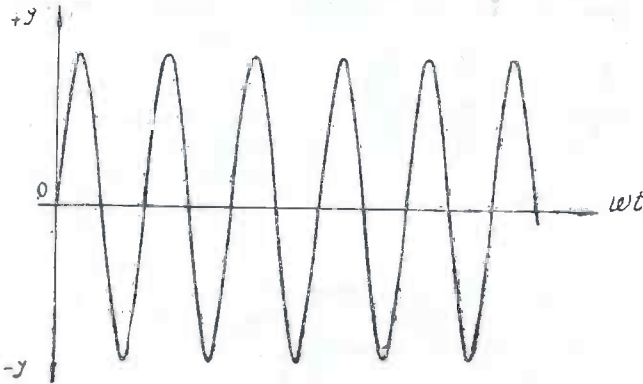
$$d = R \sqrt{\frac{L_F}{C_H}} \quad (94)$$

მიღებულ უკანასკნელ მნიშვნელობას გასაანგარიშებლად მოხერხებული სახე რომ მივცეთ, ამისათვის შევითანოთ  $L_k$ -სა და  $C_k$ -ს სანტიმეტრულ ერთეულებში:

$$d = R \sqrt{\frac{Ck \cdot 9 \cdot 10^{11}}{Lk \cdot 10^9}} = \frac{Rk}{30} \sqrt{\frac{Ck \text{ cmt}}{Lk \text{ cmt}}} = \frac{Rk}{pk} \quad (94)$$

ამგვარად, ნებისმიერი კონტურისათვის დეკრემენტი შესაძლებელია ვინაგარი-შოთ ფორმულით:

$$d = \frac{Rk}{30} \sqrt{\frac{Ck \text{ cmt}}{Lk \text{ cmt}}} \text{ ანდა } d = \frac{Rk}{pk} \quad (95)$$



სურ. 51.

დეკრემენტის საანგარიშო ფორმულას შესაძლებელია აგრეთვე ჰქონდეს შემდე-  
გი სახე:

$$d = \lambda mt \cdot \frac{Rk}{1,88 Lk cmt} \quad (96)$$

წინა მაგალითში განხილული კონტურისათვის დეკრემენტის მნიშვნელობა იქ-  
ნება:

$$d = \frac{Rk}{30} \sqrt{\frac{Ck cmt}{Lk cmt}} = \frac{50^{11}}{30} \sqrt{\frac{9 \cdot 10^9}{4 \cdot 10^6}} = 0,025;$$

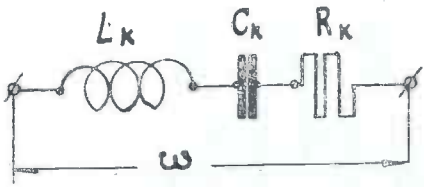
ანდა:

$$d = \lambda mt \frac{Rk \Omega}{1,88 \cdot Lk cmt} = 3670 \frac{5}{1,88 \cdot 4 \cdot 10^6} = 0,025;$$

როგორც (95) და (96) ფორმულებიდან ჩანს, რაც უფრო მეტია კონტურის  
თხერი წინალობა, მით უფრო მეტია მასში არსებული რხევების მილევის ინ-  
ტენსიობა; ამიტომ ზოგ შემთხვევაში ცდილობენ  $Rk$  რაც შეიძლება მცირე  
იყოს.

2. კონტურის ამორჩევალობა ანუ სელექციურობა, მისი რეზონანსური მრუდები და გატარებული ზოლის სიგანე

ყოველი რადიო მიმღების და რადიო გადამცემის აუცილებელ ნაწილს წარმოადგენს რეზონანსული კონტური. კონტურის მეშვეობით ხდება სივრცეში მოქმედი უამრავი მოძუშავე რადიოსადგურებიდან ერთ-ერთის ჩვენთვის სასურველი რადიოსადგურის შესაბამისი სიხშირის ამორჩევა. მიმღების კონტურზე, როდესაც იგი აწყობილია რეზონანსში რომელიმე რადიოსადგურის სიხშირეზე გარდა რეზონანსური სიხშირისა, სხვა სიხშირეებიც მოქმედებენ. რომელიმე სადგურის მუშაობის მოსმენამ რომ მოხებრდეს, ამისათვის საჭიროა, იმ



სურ. 52.

მრავალ სიხშირეებიდან, რომელიც სივრცეში არსებობენ, ერთ-ერთი იქნეს არჩეული. ამიტომ საჭიროა კონტურის საკუთარი სიხშირე ანუ საკუთარი ტალღაგაუტოლდეს ჩვენთვის სასურველი რადიოსადგურის ტალღას ანუ სიხშირეს, ე. ი. მიიღოს იგი—ამორჩიოს. სივრცეში ერთდროულად მოქმედი რადიო-

სადგურებიდან კონტურმა უნდა ამორჩიოს ერთი რომელიმე, ისე კი, რომ სხვა მეზობელ სადგურის მუშაობას არ უშლიდეს ხელს, წინააღმდეგ შემთხვევაში შეუძლებელი გახდებოდა რადიომოსმენა.

რამდენად უნარიანია კონტური, რომ მასზე მოქმედო მრავალ სიხშირეებიდან ერთ-ერთი ამორჩიოს და სხვა ჩაახშოს, იმდენად იგი სელექციური ანუ ამომრჩეველია.

კონტურის ამომრჩევაობას დაახასიათებს მისივე რეზონანსური მრუდი, რომელიც მაჩვენებელია, თუ რამდენად უნარიანია იგი სიხშირეთა ამორჩევაში. კონტურის რეზონანსური მრუდად იგულისხმება დენის და წინააღობის ცვალებადობის კანონზომიერება, როდესაც მასზე მოქმედი სიხშირე თანდათან უახლოვდება კონტურის საკუთარ სიხშირეს, უტოლდება მას და შემდეგ მასზე მეტი ხდება. ამ პროცესს რადიოტექნიკაში აწყობა ეწოდება, და კონტური აწყობილია მაშინ, როდესაც მოქმედი ცვლადი ძაბვის სიხშირე კონტურის საკუთარი სიხშირის ტოლია და იტყვიან კონტურში რეზონანსი გვაქვს.

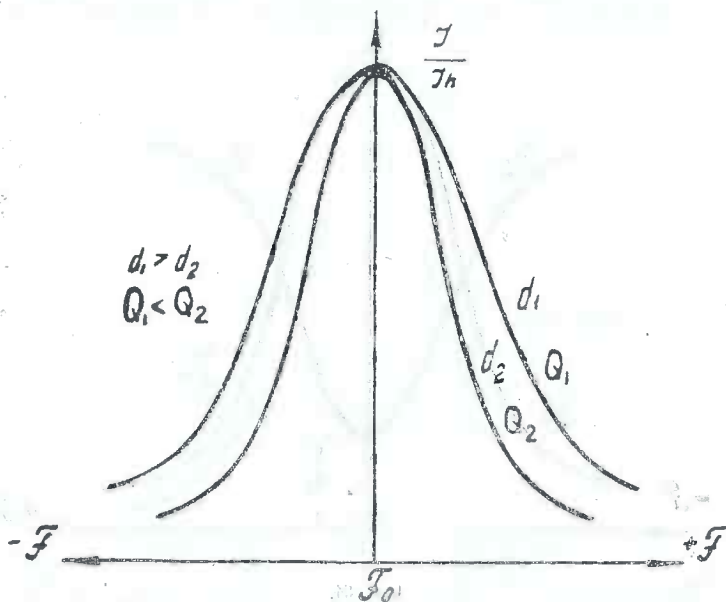
დენის ცვალებადობა კონტურში აწყობის დროს გამოითვლება ფორმულით:

$$I_p = \frac{1}{\sqrt{1 + Q^2 \left(\frac{2F}{f_0}\right)^2}} \quad (97)$$

მოცემული ფორმულა წარმოადგენს კონტურის რეზონანსური მრუდის განტოლებას, სადაც  $\frac{2F}{f_0}$  წარმოადგენს აშლილობას, ე. ი. გამოხატავს ოდენობას, თუ რამდენად დაშორებულია კონტურზე მქმედი სიხშირე თვით კონტურის საკუთარ სიხშირეზე და იზომება პროცენტებში.  $Q$  კი წარმოადგენს კონტურის

ვარგისობას ანუ გაძლიერების კოეფიციენტს და დამოკიდებულია დეკრემენტის სიდიდეზე. მოყვანილ ფორმულიდან და სურ. 53-დან ნათლად ჩანს, რომ რაც მცირეა კონტურის დეკრემენტი მით უფრო მახვილია რეზონანსული მრუდი და პირიქით.

ფორმულა (97) მიღებულია მიმდევრობითი კონტურისათვის სურ. 53 კი



სურ. 53.

მოცემულია ჩვენს მიერ ზემოთ გარჩეული ძაბვების რეზონანსის პროცესი,

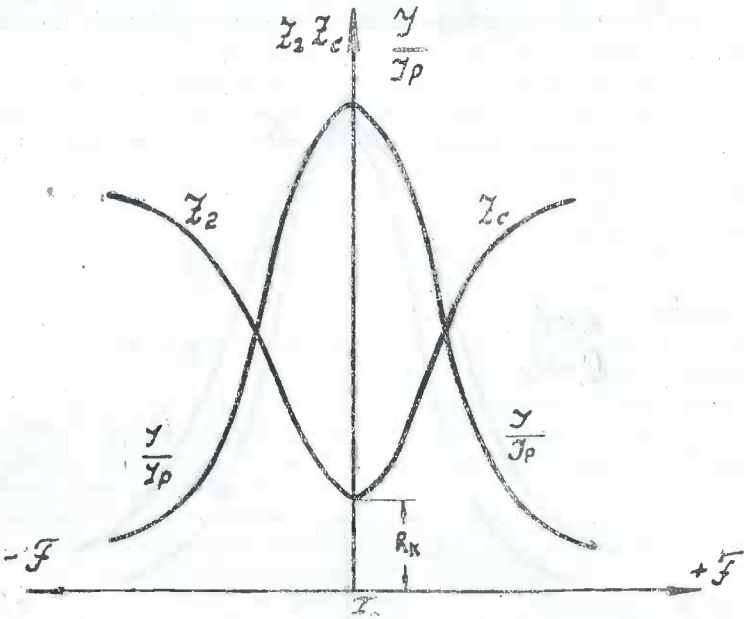
პარალელური კონტურის დროსაც უსტად ასეთივე პროცესს აქვს ადგილი, მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ ძაბვების რეზონანსის მაგივრად გვექნება დენების რეზონანსი, რომელიც გამოიყენება რადიოტექნიკურ კონტურებში და რეზონანსის ფორმულას აქვს შემდეგი სახე:

$$Z = Z_p \frac{1}{\sqrt{1 + Q^2 \left(\frac{2F}{f_0}\right)^2}} = Z_p \cdot \frac{1}{I_p} \quad (98)$$

თუ აშლილობა  $\frac{2F}{f_0}$  ტოლია ნულის, ე. ი. გვაქვს სრული რეზონანსი, მაშინ

$$Z = Z_p = 900 \frac{Lk}{Ck \kappa k}$$

სადაც  $Z_p$  კონტურის რეზონანსული წინაღობაა, ხოლო  $Z_k$  კი მისივე წინაღობა რეზონანსამდე ანდა რეზონანსის შემდეგ. ამით შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ კონტურის რეაქციული წინაღობაც ისეთივე ცვალებადობას განიცდის, რო-



სურ. 54.

გორც დენის რეზონანსური მრუდი და პარალელურ კონტურში მაქსიმალური დენის მნიშვნელობას შეესაბამება მაქსიმალური წინაღობა:

$$Z_p = 900 \frac{Lk}{Ck Rk}$$

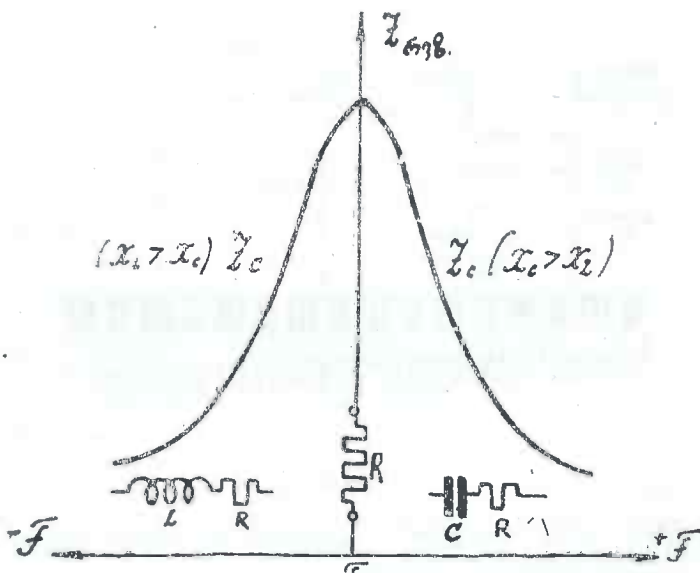
სურ. 54-ზე ნაჩვენებია რეზონანსური მრუდის და კომპლექსური წინაღობის ცვალებადობა მიმდევრობით კონტურში. როგორც ვხედავთ, სრული რეზონანსის დროს, ე. ი. როდესაც კონტურზე მომქმედი სიხშირე და საკუთარი სიხშირე ზუსტად ემთხვევა ერთმანეთს, მაშინ იგი შეიცავს მხოლოდ რეალურ წინაღობას, რომელიც ტოლია:  $Z = R_k$ .

იმ შემთხვევაში, როდესაც გვაქვს პარალელური კონტური, მისი აქტიური წინაღობა იზრდება მკვებავი შტოს მიმართ და კონტურის მაქსიმალური დენი  $I_k$  მნიშვნელობას შეეფარდება მაქსიმალური წინაღობა, სურ. 55.

რეზონანსამდე პარალელურ კონტურებში ჭარბობს ინდუქტიური წინაღობა, რეზონანსის დროს კი მთლიანი წინა-

ლობა აქტიურია, ხოლო შის შემდეგ სკარბობს ტევადობითი წინალობა, როგორც ეს სურ. 55-ზეა ნაჩვენები, სადაც სრული რეზონანსის დროს კონტურის წინალობა სიმბოლურად აღინიშნულია ომური წინალობით, ხოლო მანამდე და მის შემდეგ—ტევადობით, ინდუქტივობით და ომური წინალობით.

მიმღები და გადაცემი მოწყობილობის ერთ-ერთ მთავარ დამახასიათებელ ნიშანს წარმოადგენს მის მიერ გატარებული დაბალი სიხშირის ზოლის სი-



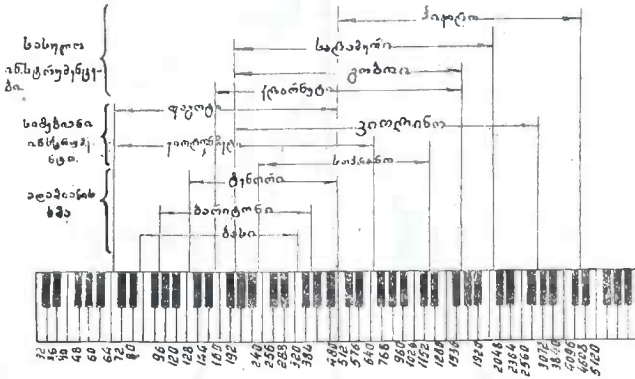
სურ. 55.

განე. გავარკვიოთ რას ნიშნავს დაბალი სიხშირე და რით განისაზღვრება მისი სიგანე.

ბგერები, რომელიც შეუძლია ადამიანის ყურმა აითვისოს, იწოდება დაბალ სიხშირედ. ბგერები წარმოადგენენ მთელ რიგ ტონების ერთობლიობას. თითოეულ ტონს საკუთარი სიხშირე ახასიათებს. ყველაზე უფრო დაბალი 16 პერიოდიანი სიხშირეა, უმაღლესი კი 21 ათასი პერიოდამდე აღწევს. ჩვეულებრივი სალაპარაკო ბგერები შეიცავენ დაახლოებით 100-დან—3500 პერიოდს. სამუსიკო ხელსაწყოთა ანდა ადამიანის ბგერით ორგანოს შეუძლია გამოსცეს სათანადო ტონის ბგერები. მაგალითად, მუსიკალურ ხელსაწყო პიკოლოს გამოცემული ბგერათა სიხშირის სპექტრი ანუ დიაპაზონი როიალის კლავიატურაზე დაყვანილი სურ. 56—წარმოადგენს 480—4608 პერიოდამდე, სალამურის — 240—2304, ფაგოტი 64—480, სოპრანო 240—1152, ბანი 80—320 პერიოდამდე და ა. შ.



როგორც ვხედავთ, ჩამოთვლილი ბგერის<sup>6</sup> სიხშირეთა დიაპაზონი ერთმანეთში იჭრება და ამავე დროს ჩამოთვლილი ბგერების წყაროები წარმოადგენენ ორკესტრის ძირითად შემადგენელ ელემენტებს. როდესაც ყველა მუსიკალური ერთეული ბგერებს ერთმანეთთან შეთანხმებულად გამოსცემს, მაშინ სმენისათვის სასიამოვნო შთაბეჭდილებას აქვს ადგილი და იტყვიან: ბგერებს შორის კონსონანსი გვაქვსო, ხოლო თუ წარმოშობილი ტონები ერთობლივ



სურ. 56.

მოქმედებაში სმენაზე სასიამოვნო შთაბეჭდილებას არ ახდენენ, იტყვიან: დისონანსს აქვს ადგილიო.

ბგერათა განსაზღვრული კანონით დაწყობა, თუ იგი მრავალი ტონებისაგანაა შემდგარი გვაძლევს მხატვრულ მუსიკალურ ნაწარმოებს. აქედან ცხადია, მუსიკალურმა ნაწარმოებმა რომ არ დაკარგოს თავისი მხატვრულობა და ბგერათა სმენის დროს ტონებს შორის კონსონანსი გვექონდეს, საჭიროა მუსიკალური ნაწარმოების მთელი დიაპაზონი მიყვანილი იქნეს სმენით ორგანოდ შეესაბამისი სიმძლავრით. თუ ზოგიერთი ტონის სიმძლავრე შესაგრძობად შემცირდება ან გადიდება, მაშინ ირღვევა მუსიკალური ნაწარმოების მხატვრულობა. გარდა ტონებისა, ხელსაწყოს ანდა ადაშიანის ბგერით ორგანოს ახასიათებს ე. წ. ტემბრი. ტემბრი ეწოდება ხმის სათანადო შეფერვლობას, რომელიც ახასიათებს თითოეული ბგერითი სიხშირის წყაროს. მაგალითად, მამაკაცის საუბარი საშუალოდ შეიცავს სიხშირეთა დიაპაზონს 100—700 ძირითად სიხშირეს, დედაკაცის კი—170—1200. მაგრამ ყველა მამაკაცის ანდა დედაკაცის ხმა ხომ ერთმანეთს არ გავს. მაშასადამე, თუმცა მათი მოცემული ხმის სიხშირეები საკმაო ზუსტად ექვემდებარებიან იმ დიაპაზონს, რომელიც მოყვანილია ზემოდ, მაგრამ თითოეული მათგანი შეიცავს სხვადასხვა

რაოდენობით მაღალ სიხშირეებს ანუ ჰარმონიკებს, რაც იძლევა ბგერების შეფერილობას ანუ ტემბრს. აუცილებელია ამ ჰარმონიკების დაყვანაც სმენითი ორგანომდე სათანადო სიმძლავრით, რათა ისინი შესაგრძნობი იყვნენ ყურისათვის, წინააღმდეგ შემთხვევაში თითოეულ პიროვნების ანდა მუსიკალური საკრავის ბგერა თავის მახასიათებელ ტემბრს დაკარგავს.

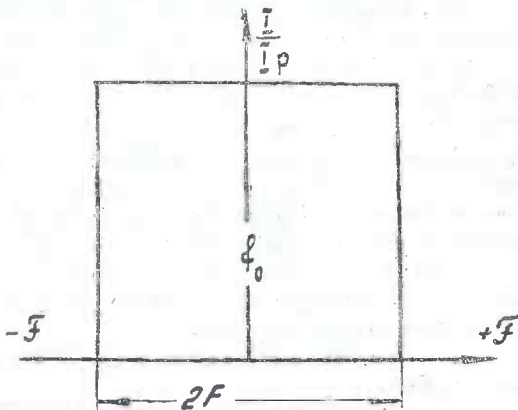
მაგალითისათვის შეგვიძლია მოვიყვანოთ შემდეგი: ქალაქის ტელეფონის ქსელით ლაპარაკის დროს ძნელია თუნდაც კარგად ნაცნობი პიროვნების ხმის

ადვილად ცნობა, საკმაოდ დაკვირვების გარეშე. ეს აიხსნება იმით, რომ ტელეფონის აპარატი ატარებს ძირითად ტონებს, მაგრამ მაღალ ჰარმონიკებს კი ახშობს. ასეთივე შემთხვევას ექნება ადგილი რადიოაპარატურაშიაც, თუ იგი ვერ გაატარებს ტემბრის შესაბამის ჰარმონიკებს.

გამორკვეულია, რომ როდესაც მთლიანი ორკესტრი ასრულებს რომელიმე მუსიკალურ ნაწარმოებს, მაშინ გვაქვს სიხშირეთა სრული დიაპაზონი, რომელიც შეიცავს 50—16000 პერიოდს. სმენისათვის სრული შთაბეჭდილების მისაღებად საკმარისია 20—8000 პერიოდი სიხშირის გატარება და დამაკმაყოფილებელ მხატვრულ შეგრძნობას ლებულობს საშუალო სმენის მქონე ადამიანი.

როდესაც კონტური აწყობილია რომელიმე მომუშავე გადამცემი რადიოსადგურის სიხშირეზე, გარდა გადამცემის ე. წ. გამტანი სიხშირისა, რომელიც განსაზღვრავს გადამცემის ტალღის სიგრძეს, ბგერებს თან ერთვის მთელი რიგი სიხშირეებისა, რომლის გატანა გადამცემიდან მიქლებამდე წარმოადგენს გადამცემის აზრს. ამ სიხშირეთა მთლიანი ზოლი უნდა გაატაროს თითოეული გადამცემი რადიოსადგურის და მიმღები აპარატის კონტურებმა. გატარებული ზოლის სიგანე დამოკიდებულია კონტურის დეკრემენტის სიდიდესზე, რომელიც წარმოადგენს მისი რეზონანსული მრუდის ფორმის მთავარ ფაქტორს.

იდეალური მრუდის სახე მოყვანილია სურ. 57-ზე. როგორც ვხედავთ, იგი წარმოადგენს ოთხკუთხედს, რომლის შიგნით მოთავსდება თანაბარი სიდიდის დაბალი სიხშირის ამპლიტუდები. ასეთი მრუდის შემთხვევაში ადგილი არა აქვს ე. წ. ამპლიტუდურ დამახინჯებას, ე. ი. რეზონანსული მრუდი ატარებს მთლიანი სიდიდით სიხშირეთა სასურველ ზოლს სიგანეს, ტოლს  $2F$ . პრაქტიკულად თანამედროვე მრავალკონტურიანი მიმღებები საშუალებას



სურ. 57.

85

გვაძლევს მიუახლოვდეთ იდეალურ რეზონანსურ მრუდის ფორმას. კონტურის დეკრემენტის და სიხშირის გადიდებით შესაძლებელია მივალწიოთ მიმღებში დაბალი სიხშირის ფართო ზოლის გატარებას (რამდენიმე ათიათას ჰერცამდე), როგორც ამას ადგილი აქვს ტელევიზორ მიმღებებში.

ჩვეულებრივ ფართო მუწყებლების მიმღებებში, რომლებიც მუშაობენ გრძელ და საშუალო სიგრძის ტალღებზე, შეუძლებელია გვეკონდეს იდეალური რეზონანსური მრუდიანი კონტური, სივრცეში მომუშავე სადგურების „სივრცოვის“ გამო, რადგანაც ამ შემთხვევაში მკვეთრად შემცირდება მიმღების ამომრჩევლობა და ერთ და იმავე დროს მოვისმენთ რამდენიმე სადგურის მუშაობას.

ზემოთ თქმულით, თითქოს ვდგებით გადაუჭრელი პრობლემის წინ, რაც იმაში მდგომარეობს, რომ დაბალი სიხშირის გატარებული ზოლის სიგანის გადიდება, იწვევს მიმღების ამომრჩევლობის ანუ სელექტიურობის მკვეთრი გაუარესებას, და თუ მოვისურვებთ მიმღებს ჰქონდეს დიდი ამომრჩევლობა, მაშინ გატარებული ზოლის სიგანე  $2F$  უნდა შევამციროთ. ამ პრობლემის გადაჭრა მოსახერხებელია სამი ძირითადი ხერხით:

1. სივრცეში მომუშავე რადიოგადამცემი სადგურების რიცხვის შემცირებით და მათი ტალღებს შორის სათანადო ინტერვალის დაცვით.

2. მიმღებში მრავალი დაკავშირებული კონტურების გამოყენებით და

3. გატარებული დაბალი სიხშირის ზოლის ამპლიტუდების ნაწილობრივი დამახინჯების დაშვებით.

პირველი ხერხით საკითხის გადაჭრა ხელსაყრელი არ არის, რადგანაც შემცირებოდა მომუშავე რადიოსადგურების რიცხვი. მეორე ხერხი კი იწვევს მიმღები აპარატურის გართულებას და სიძვირეს; მესამე ხერხით პირობის გადაჭრა შესაძლებელია კონტურის ამომრჩევლობის ანუ რეზონანსული მრუდის სიმახვილის შემცირების ხარჯზე, რაც უდაოა დამახინჯებს დაბალი სიხშირის ამპლიტუდებს, ე. ი. შეამცირებს  $2F$  სიხშირეთა ამპლიტუდებს. ნაწილობრივ დამახინჯებასთან შეფუების საშუალებას გვაძლევს ჩვენი ყური, რომელიც არ წარმოადგენს საკმაოდ მგრძობიარე აპარატს, და ბევრათა მცირედ შემცირება ყურისათვის შეუმჩნეველი რჩება.

დაუმახინჯლობის ზღვარად მიღებულია გატარებული ზოლის ის სიგანე, რომელიც შეუძლია გაატაროს კონტურის რეზონანსულმა მრუდმა, როდესაც ვისი აწლილობის და კონტურის გაძლიერების კოეფიციენტის ან კონტურის ვარგისობის ნამრავლად ტოლია ერთის. ე. ი.

$$Q \frac{2F}{f_0} = 1 \quad (99)$$

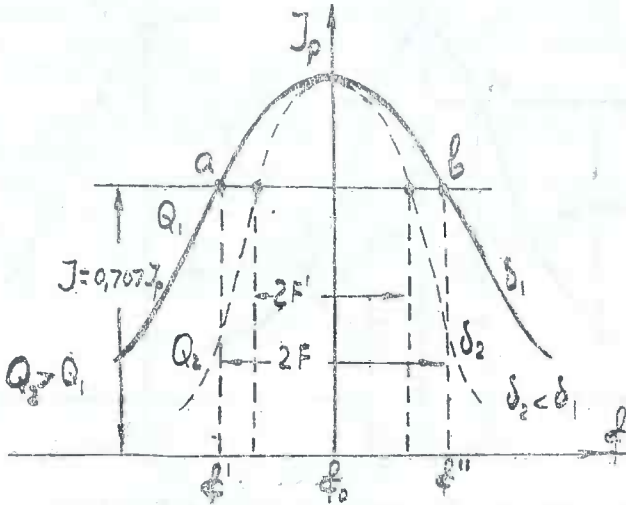
მაშინ კონტურის რეზონანსული მრუდის განტოლება

$$\frac{I}{I_p} = \frac{1}{\sqrt{1 + Q^2 \left(\frac{2F}{f_0}\right)^2}}$$

ღებულობს მნიშვნელობას:

$$\frac{I}{I_p} = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0,707.$$

აქედან ჩანს, რომ გატარებულ სიხშირეთა მიერ შექმნილი ღენის სიდიდე კონტურში ნორმალური მუშაობისათვის საკმარისია იყოს  $I=0,707 I_p$ , —ტო-



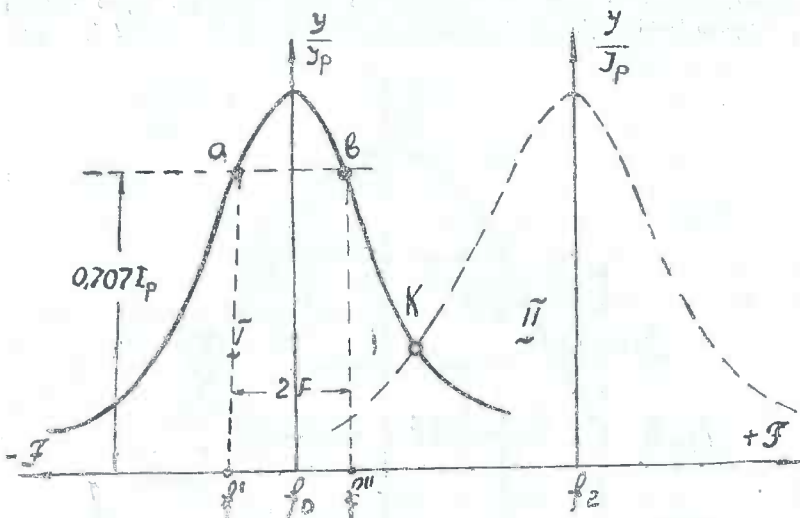
სურ. 58.

ლი ანუ წარმოადგენდეს რეზონანსულ ღენთან შედარებით არანაკლებ  $70\%$ -ს. ამპლიტუდის  $20\%$  შემცირება დასაშვებია იმდენად, რამდენადაც სმენისათვის იგი შეუძნეველი ხდება ყურის აგებულების თავისებურების გამო, და იძლევა ბევრითი სიხშირეთა საკმაო დიაპაზონს და მუსიკალური გადაცემის დამაკმაყოფილებელ შთაბეჭდილებას. თუ ავიღებთ კონტურის რეზონანსულ მრუდს, სურ. 58 და აბცისის პარალელურად ფუძიდან  $ab$  სიმაღლის მნიშვნელობაზე გადაკვეთთ და გადაკვეთის წერტილებიდან დავუშვებთ შეივლებს აბცისაზე, მაშინ ამ შეივლებს შორის მოთავსებული სიხშირეთა ზოლი  $2F$  წარმოადგენს კონტურის მიერ ნორმალურად გატარებულ დაბალი სიხშირის ზოლს. იმავე მრუდზე პუნქტირებით ნაჩვენებია იგივე კონტურის რეზონანსული მრუდი, როდესაც მისი დეკრემენტი შემცირებულია და, როგორც ჩანს შესაბამისი დაბალი სიხშირის გატარებული ზოლის სიგანე  $2F$  მცირეა, ამოჭრჩევილობა კი გაიზარდა, რადგანაც მრუდი უფრო მახვილი გახდა. ზემოთ მო-

ყვანილი დაშვების შედეგად შეგვიძლია განვსაზღვროთ მოცემული კონტურისათვის გატარებული ზოლის სივანე, სახელდობრ, ვიცტო, რომ

$$Q \frac{2F}{f_0} = 1 \text{ აქედან } 2F = \frac{f_0}{Q} \quad (100)$$

აქ  $F$ —კონტურის ძირითადი სიხშირიდან გადახრის სიდიდეა აზლილობის დროს, რომელსაც ადგილი აქვს მოდულაციის შემთხვევაში და მას ქვემოთ განვიხი-



სურ. 59.

ლავთ.  $Q$ —კონტურის ვარგისობაა და ტოლია:  $Q = \frac{\pi}{\delta} = \frac{1}{d}$ , სადაც  $\delta$  ლოგარითმული დეკრემენტი, ხოლო  $d$  კონტურის დეკრემენტი, რომელიც  $\pi$  ჯერ ნაკლებია ლოგარითმულ დეკრემენტზე,  $f_0$ —კონტურის საკუთარი სიხშირეა. მაშასადამე, საბოლოოდ კონტურის გატარებული ზოლის სივანე რიცხვობრივად ჰერცებში ტოლია:

$$2F = df_0 = 3 \cdot 10^8 \frac{d}{\lambda_{\text{მთ}}} \text{ HZ.} \quad (101)$$

ეს უქანასკნელი ფორმულა ფრიად საყურადღებოა, სახელდობრ იმით, რომ მოცემული დეკრემენტის დროს გატარებული ზოლის სივანე მისი უფრო დიდია, რაც უფრო დიდია რეზონანსული სიხშირე, ე. ი. რაც უფრო მოკლეა ტალღაა რაზედაც აწყობილია მიმღები ანდა გადაემცემი.

სურ. 59 მოცემულია ერთი და იგივე კონტურის ორი რეზონანსული მრუდი (მთლიანი და წყვეტილი ხაზით), რომელიც ერთ მომენტში აწყობილი იყო

$f_0$  სიხშირეზე და წარმოადგენს რომელიმე № 1 გადაცემი რადიოსადგურის გამტან სიხშირეს, ხოლო მეორე მომენტში იგი აწყობილი გეჭონდა რალაც  $f_2$  სიხშირეზე, რომელიც სხვა რომელიმე № 2 სადგურის სიხშირეა. როგორც ვხედავთ,  $K$  წერტილში ორივე რეზონანსული მრუდის დაბალი სიხშირის ამპლიტუდა ერთმანეთის ტოლაა.

ამ მიზეზის გამო, როდესაც № 1-ს ანდა პირიქით № 2 რადიოსადგურზე გვაქვს აწყობილი მიმღები ერთ და იმავე დროს მოვისმენთ ორივე სადგურის გადაცემას (ერთი ნორმალური ხმით, ხოლო მეორე სუსტად). ამის თავიდან ასაცილებლად სადგურები თავიანთი ტალღით უნდა დავაზოროთ ერთმანეთს, ანდა კონტურის რეზონანსული მრუდი გავამრავლოთ. პირველი საშუალება შეზღუდულია საერთაშორისო დადგენილებით და გვრჩება მარტო მეორე საშუალება. ამ შემთხვევაში მეორე სადგურის პირველის მუშაობის არეში შეჭრილი სიხშირეები უმნიშვნელო იქნება.

ცხადია, ამ შემთხვევაში გატარებული ზოლის სიგანე შევიწროვდება, რის შედეგად ადგილი ექნება ბგერათა ამპლიტუდების შემცირებას, მაგრამ ამ უხერხულობას ურიგდებიან.

მაგალითი. მოცემულია კონტური, რომლის ომური წინაღობა  $R_k = 10\Omega$ , ტალღა, რომელზედაც უნდა აეწყოს იგზ უდრის  $\lambda = 500 \text{ m}$ , კონტურას ტევადობა  $C_k = 500 \text{ cmt}$ . საჭიროა გავიგოთ კონტურის დეკრემენტი, მისი გაძლიერების კოეფიციენტი და გატარებული ზოლის სიგანე.

1. გავიგოთ კონტურის თვითინდუქცია:

$$L_k = 253 \frac{\lambda^2 \text{ mT}}{C_k} = 1,265 \cdot 10^5 \text{ cmt}.$$

2. კონტურის დეკრემენტი:

$$d = \frac{R_k}{30} \sqrt{\frac{C_k}{L_k}} = \frac{10}{30} \sqrt{\frac{500}{12,65 \cdot 10^4}} = 0,021.$$

3. მოცემული ტალღის სიხშირე ჰერცებში:

$$f = \frac{3 \cdot 10^8}{\lambda \text{ mT}} = \frac{3 \cdot 10^8}{500} = 6 \cdot 10^5 \text{ Hz}.$$

4. კონტურის გაძლიერების ანუ ვარგისობის კოეფიციენტი:

$$Q = \frac{1}{a} = \frac{1}{0,021} = 47,5.$$

ე. ი. კონტურის მკვებავ დენზე 47,5-ჯერ მეტია კონტურშივე მოქმედი დენი,

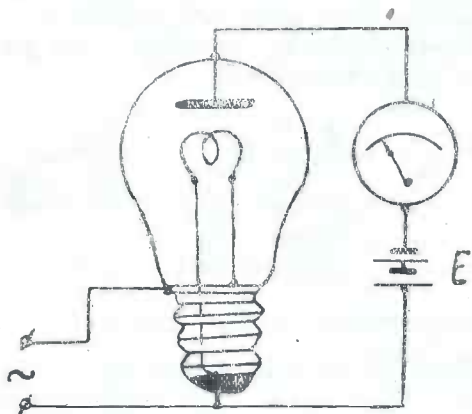
ე. ი.  $I_k = 47,5 I_a$ .

5. კონტურის გატარებული ზოლის სიგანე:

$$2F = f_0 d = 6 \cdot 10^5 \cdot 2,1 \cdot 10^{-2} = 12600 \text{ HZ}.$$

1. ემისიის ღენი და კათოდიანი

1884 წელს ედისონი აწარმოებდა ცდას ელექტრონაფურაზე. მან დამატებით, როგორც სურ. 60-დან ჩანს, ნათურაში შეიტანა ცალკე ლითონის ფირფიტა და შეამჩნია, რომ ჩართული გალვანომეტრი წრედში ღენის გავლას უჩვენებდა. ამ მოვლენამ საკმაო გაუგებრობა გამოიწვია და იგი აუსსნელი დარჩა, სანამ არ იქნა გაგებული ელექტრონის ბუნება, რომელიც შემდეგში მდგომარეობს: ნათურის გავარვარებული ძაფიდან ამოიფრქვევიან ელექტრონები და გადადიან მინისბალონში შეყვანილ ლითონის ფირფიტაზე. თუ ფირფიტას მოვდებთ დადებით პოტენციალს, ღენის ძალა გალვანომეტრში გაიზრდება. შეყვანილ ფირფიტს ანუ, როგორც შემდეგში ვუწოდებთ ანოდს. თანამედროვე უმრავლესი ტიპის მილაკებში მიცემული აქვს ცილინდრის ფორმა, ძაფს კი — სწორი. ძაფს შემდეგ უწოდეს კათოდი, ხოლო მის გარშემო არსებულ ცილინდრს ანოდი.



სურ. 60.

თუ ანოდზე მოვდებულა დადებითი ძაბვა, იგი გავარვარებულ კათოდისგან ამოსხივებულ ელექტრონებს როგორც უარყოფით ელექტრულ მუხტიანებს ადვილად მიიზიდვის. კათოდი განსაზღვრულ ტემპერატურის დროს

განსაზღვრულ ელექტრონების რაოდენობას ამოსხივებს, ხოლო ანოდზე მოდებული დადებითი პოტენციალი, მოცემული სიდიდის დროს მიიზიდავს ელექტრონების იმ რაოდენობას, რომელიც შესაძლებელია მან დასძლიოს. დანარჩენი ამოსხივებული ელექტრონები კათოდის გარშემო. ქენის ე. წ. სივრცით მუხტს, რომელიც მის გარშემო ღრუბლის სახით გროვდება. თუ ანოდის დადებით პოტენციალს გავზრდით „სივრცით მუხტის“ შემცირების ხარჯზე, ანოდის წრედში ღენის ძალა გაიზრდება და აღწევს ნაჯერობის ღენს.

(ნაჯერობის ღენი ეწოდება იმ მაქსიმალურ ღენის ძალას, რომელიც შეგვიძლია მივიღოთ მილაკის ნორმალური ვარვარების და ანოდური ძაბვის დროს).



ნებისმიერი კათოდი ხასიათდება ე. წ. „კათოდის ეკონომიურობით“, რომელიც ვაჩვენებს თუ რა დენის ძალის მიღება შეგვიძლია კათოდის მიერ მოცემული ელექტრონებისაგან, მასზე დახარჯული სიმძლავრის შედეგად. რომ გავარკვიოთ კათოდის ეკონომიურობის კოეფიციენტი, ამისათვის დაუშვათ, რომ მოცემულია კათოდი, რომელზედაც მოდებულია ვარვარების ძაბვა  $U_H = 4\text{v}$  და გადის დენი  $I_H = 1\text{a}$  რის შედეგად იგი ხუროდება და გვაძლევს ელექტრონების ნაკადს— $40\text{ ma}$  დენის ძალას, ე. ი. კათოდის მიერ ამოსხივებული ელექტრონების ნაკადით მიღებული დენის  $I_e = 40\text{ ma}$ -ს მისაღებად გავარვარებზე დაეხარჯეთ სიმძლავრე  $P_H = I_H U_H = 4 \cdot 1 = 4\text{wt}$ . მაშასადამე, თითოეულ დახარჯულ ვატზე ვღებულობთ  $40\text{ ma}$  დენის ძალას და აი სწორედ ეს  $40\text{ ma}$  ერთ ვატზე მიიღება მილაკის ეკონომიურობის კოეფიციენტად და აღინიშნება ასო  $H$ -ით. მაშასადამე:

$$H = \frac{I_e}{U_H I_H} \frac{\text{ma}}{\text{wt}} \quad (102)$$

სადაც  $I_e$  კათოდის ემისიის დენია,  $I_H$  და  $U_H$  სათანადო ძაბვა და დენი კათოდის ვასავარვარებლად. რაც უფრო მეტია ეკონომიურობის კოეფიციენტი  $H$ , მით უფრო ეკონომიურია კათოდი, ე. ი. მასზე დახარჯული მცირედი სიმძლავრით შეგვიძლია საკმაო  $I_e$  დენის ძალა მივიღოთ.

ყველა კათოდი სხვადასხვანაირი ეკონომიურია, რაც დამოკიდებულია თვით კათოდის მასალაზე. გამოკვეულია, რომ კათოდის გახურების დროს ზედაპირზე არსებული ელექტრონები, როგორც უარყოფითი მუხტის მატერიალები, ხელს უშლიან სხვა ლითონის სიღრმეში მყოფ ელექტრონების ამოსვლას. ამისათვის ვარვარების ძაფს დაფარავენ სხვა მასალის მოლეკულარული შრით\*) ისე, რომ ძაფი და მისი გადასაფარავი ლითონი ერთმანეთთან კონტაქტის დროს შეხების ადგილზე დადებით პოტენციალს ქმნიდნენ. ამ პირობებში ძაფის სიღრმეში არსებული ელექტრონების ზედაპირზე ამოსვლა ადვილდება, რადგანაც შექმნილი დადებითი პოტენციალი მას იზიდავს და ელექტრონის „მოფრენისათვის“ საჭირო საშუალო ძალა მცირეა. კათოდები როგორც დანიშნულებით. ისე კონსტრუქციით და ეკონომიურობის კოეფიციენტის სიდიდის მიხედვით მრავალგვარია. დავახასიათოთ ზოგი მათგანი მოკლედ.

ვოლფრამის კათოდი: ვოლფრაზი ლითონია, რომელსაც დიდი ქვადლობა და ჭიმვის უნარი აქვს. ამავე დროს უძლებს ტემპერატურას— $2400 - 2600^\circ\text{C}$ -მდე.\*\*) ასეთი ტემპერატურის დროს იგი ბრწყინვალე მწვანე ფერს ღებულობს. ჩვეულებრივ მცირე სიმძლავრიან მილაკებში ვოლფრამის კათოდი ძილიმეტრის მესხელი დიამეტრისა კეთდება; ხოლო ნძლავრ გენერატორულ

\*) მოლეკულური შრე ეწოდება შრის ისეთ სისქეს, რომელიც არ ადგამტება ნივთიერების მოლეკულის სისქეს. მოლეკულარული შრე ერთფენიანია, წინააღმდეგ შემთხვევაში იგი არ იქნება მოლეკულარული.

\*\*) აქ და ქვევით ტემპერატურა აბსოლუტურ სიდიდებშია მოცემული ე. ი. ნულად მიღებულია —  $273,2^\circ$ , ცელსიუსის შკალასთან შედარებით.



მილაკებში კი მისი დიაპეტრი რამდენიმე მილიმეტრს აღწევს. ვოლფრამის კათოდი ხასიათდება დაბალი ეკონომიურობის კოეფიციენტით, მაგალითად, მცირე სიმძლავრის გამძლიერებელ მილაკებში  $3 \frac{ma}{wt}$ , ხოლო მძლავრ მილაკებში კი  $10 \frac{ma}{wt}$  -დენ აღწევს. ვოლფრამის კათოდის მუშაობის დრო განისაზღვრება 870—1000 საათით და იგი უმთავრესად წმინდა სახით გამოიყენება გენერატორულ მილაკებში.

თორიუმული კათოდი: თორიუმულ კათოდს ვოლფრამისა და  $0,5-2\%$  თორიუმის ნაყანგის შენადნობისაგან ღებულობენ. ასეთი შენადნობებიდან აკეთებენ სათანადო ძაქს და 2—3 წუთის განმავლობაში ახურებენ; თორიუმის ნაყანგის ატომები ვოლფრამის ზედაპირზე დიფუზიას განიცდიან, ე. ი. თანდათანობით ამოდიან და გროვებიან ზედაპირზე. შემდეგ 2—3 საათის განმავლობაში ახურებენ  $2300^{\circ}-200^{\circ}$  ტემპერატურამდე, რის დროსაც დიფუნდირებული ატომების რიცხვი უფრო მეტია, ვიდრე მოცილებული და, ამგვარად, ძაქის ზედაპირზე იქმნება ატომების შრე—ამ შრის სისქე არ აღემატება ერთი ატომის სისქეს. შემდგომი ნორმალური გახურების შედეგად ( $1700^{\circ}-1850^{\circ}$ -დე) რამდენი ატომიც მოცილდება ზედაპირს, იმდენივე დიფუნდირდება და, ამგვარად, ხდება ატომების საკმაო დაგროვება, რომელიც უზრუნველყოფს ელექტრონების სასურველ ემისიას. თორიუმულ კათოდს  $1700^{\circ}-1850^{\circ}$  ტემპერატურის დროს უფრო მეტი ემისიის მოცემა შეუძლია, ვიდრე წმინდა ვოლფრამის კათოდს, რომლის გახურება საჭიროა  $2500^{\circ}$ -დე. ამგვარად, თორიუმული კათოდის ეკონომიურობის კოეფიციენტი მეტია.  $180^{\circ}$  ტემპერატურის დროს იგი ტოლია:

$$H = 30 \frac{ma}{wt}$$

განხილული კათოდის მუშაობის ხანგრძლიობა განისაზღვრება არა მისი გადაწვით, როგორც ეს ვოლფრამის კათოდის დროს გვაქვს, არამედ ემისიის დაკარგვით, რაც გამოწვეულია იმით, რომ ძაქში თორიუმის ატომების რაოდენობა თანდათან მცირდება. ნორმალურ პირობებში თორიუმთან კათოდისათვის საშუალო დრო 830—1030 საათით განისაზღვრება.

კარბიდირებული კათოდი: თორიუმული კათოდის ემისია არ არის მყარი, მცირედი გადახურების შემთხვევაში შესაძლებელია თორიუმის ყველა ატომი მოცილდეს კათოდს და ამით მან უცებ დაკარგოს ემისია. ამიტომ თორიუმულ კათოდს ათავსებენ ნაფტალინის ანდა აცეტონის (ნახშირწყალბადი) ორთქლში და გაახურებენ, რის შედეგადაც ვოლფრამი უფრო ხდება წყალბადს და ვლგებულობთ ვოლფრამის კარბიდს, რომელიც კათოდის ზედაპირზე ქმნის ფენას და შეიცავს  $0,2\%$  ნახშირბადს.

საშუალო ტემპერატურა ასე დამუშავებულ კათოდისათვის ტოლია  $1900^{\circ}-2000^{\circ}$  გრადუსის, ეკონომიურობის კოეფიციენტი საკმაოდ დიდია:

$$H = 40 \div 70 \frac{ma}{wt}$$

სამაგიროდ, მუშაობის დროს მცირეა (200—500 საათის), რაც აიხსნება იმით, რომ წმინდა ვოლფრამს და ვოლფრამის კარბიდს სხვადასხვა გაფართოების კოეფიციენტი აქვთ, ანიტომ გახურების და გაცივების დროს ზედაპირი იშლება.

ოქსიდირებული კათოდი. ოქსიდირებული კათოდები გაცილებით უფრო ეკონომიურია, ვიდრე ყველა ზემოჩამოთვლილი კათოდები და მას შემდეგნაირად დებულობენ: იღებენ ნიკელის წვრილ ძაფს, რომლის ზედაპირზე ათავსებენ ოქსიდების მარილის თხელ შრეს. ასეთ კათოდი შეაქვთ მინის ბალონში, საიდანაც ჰაერი ამოქსაჩულია. გახურების შედეგად ნიკელის ძაფის ზედაპირზე ელემენტობთ ოქსიდის თხელ ფენას, რომელზე შემდეგში იძლევა ელექტრონების ემისიას. ასეთი კათოდის მუშა ტემპერატურა ტოლია 1000°—

1100°, ხოლო ეკონომიურობის კოეფიციენტი  $H = 70 - 80 \frac{ma}{wt}$ , ზოგჯერ კი

$H = 100 \frac{ma}{wt}$  დე ადის. მუშაობის დრო ესოდენ მცირე ტემპერატურის გამო-

დიდია და უდრის 2000—3000 საათს, და შეიძლება აყვანილი იქნას 10000 საათამდე, თუ კათოდს ვამუშავებთ ნაკლებ ემისიაზე, ე. ი. თუ ნაკლებად იქნება გავარვარებული.

ბარირებული კათოდი: ეს კათოდი ემისიის მომცემი ფენის თვალსაზრისით არსებითად არ განსხვავდება ოქსიდირებული კათოდებისაგან. განსხვავება მხოლოდ დამუშავებაშია. როგორც ოქსიდირებული კათოდის დროს, აქაც მონაწილეობას იღებს ბარიუმი. იღებენ ვოლფრამის ძაფს, მის ზედაპირზე ათავსებენ ელექტროლიტურ სპონჯის თხელ შრეს და ახურებენ 850°—900°-დე (სპონჯის დაჯანგვის მიზნით). ამგვარად დაზიანებულ კათოდს ათავსებენ ვაკუუმან მინის ბალონში, ანოდზე წინდაწინ ათავსებენ ბარიუმის ნაქანგს და შემდეგ ახურებენ ფუკოს დენით (მაღალი სიხშირის მძლავრ მაგნიტურ არეში შეტანით). გახურების დროს ბარიუმი ორთქლდება და გადაეკრება გახურებულ კათოდს, შემდეგ ცალკე კათოდს გადააურებენ 1100°-დე (ჩვეულებრივი 4 ს-ის მაგივრად 6,5-ს აძლევენ), რის შედეგად სპონჯის გამოეყოფა ბარიუმი და ქნის ე. წ. აქტიურ ფენას, რომელიც იძლევა ელექტრონების ემისიას. ასეთი კათოდის ეკონომიურობის კოეფიციენტი

$H = 70 \div 120 \frac{ma}{wt}$ , ხოლო მუშა ტემპერატურა კი 700°—900°. სამუშაო დრო

1500—1700 საათს უდრის. ბარირებული კათოდი ემისიის დაკარგვის წერტილზე უფრო მყარია, ვიდრე ოქსიდირებული, რადგანაც ადვილად იტანს მოკლე ხნით ორჯერ მეტი ვარვარების ძაბვას. ბარიუმის კათოდს სხვაწარად ბნელ კათოდს უწოდებენ, რადგანაც მუშაობის დროს გახურება იწვევდა წყირება, რომ ვარვარება ძნელი შესამჩნევია.

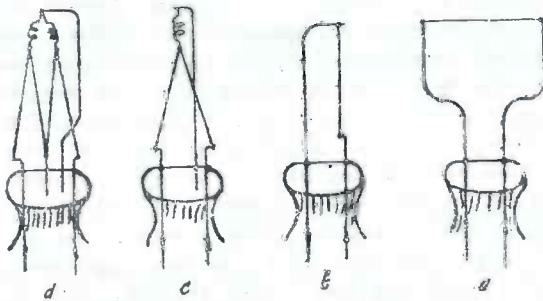
ცეზირებული კათოდი: ცეზირებული კათოდები ჯერჯერობით მილაკების ტექნიკაში იშვიათად გამოიყენება, მისი აქტიური ფენის არამყარ-

ბის გამო. ცეზირებული კათოდები 650—700° დროს 250—300  $\frac{ma}{wt}$  ეკო-

ნომიურობის კოეფიციენტს იძლევიან. ასეთი კათოდის მისაღებდ ვოლფრამის ძაფზე ათავსებენ ელენჩუ-ცეზიუმის ფენას, რომელსაც ახასიათებს დიდი ემისია, მაგრამ იგი ორთქლდება დაბალი ტემპერატურის დროს (250°) და ემისიას სწრაფად კარგავს. ამიტომ ამგვარმა კათოდებმა გამოყენება ჰპოვა ჯერ-ჯერობით ე. წ. ციფ მილაკებში, როგორცაა ფოტოელემენტები.

## 2. ჭილაკის კათოდის კონსტრუქცია

კონსტრუქტიული გაფორმების მხრივ კათოდი მრავალგვარია; ძირითადად კი ორ სახედ იყოფა: პირდაპირი ვარვარების და შუალობითი ვარვარების. პირდაპირი ვარვარების კათოდები ეწოდება ისეთებს, რომელთა ზედაპირი უშუალოდ იძლევა ელექტრონების ემისიას. ასეთი კათოდები თუმცა უფრო ეკონომიურია, მაგრამ მათი ვარვარება ცვლადი დენით დაუშვებელია, რადგანაც ახასიათებთ ე. წ. ტემპერატურული მცირე ინერცია, ე. ი. წვრილი ძაფი ასწრებს ტემპერატურის ცვლებადობას დენის ცვლებადობის მიხედვით, რაც იწვევს ემისიის ცვლებადობას და წრედში, სადაც მილაკია ჩართული, იძლევა გუგუნს („გუნს“). ამის თავიდან ასაცილებლად მილაკები უნდა გვევებით ელემენტებით ანდა აკუმულატორებით. სურ. 61a-ზე ნაჩვენებია ჰორიზონტალური კათოდის კონსტრუქცია, სურ. 61b-ზე ნაჩვენებია

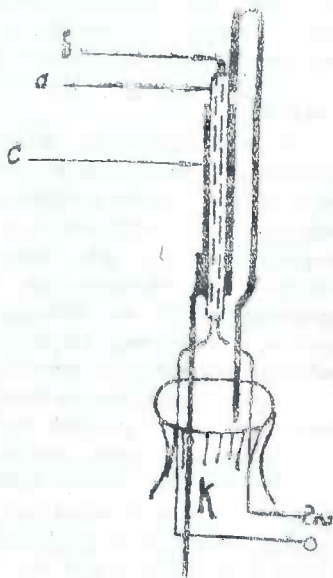


სურ. 61.

ვერტიკალური, სურ. 61c-ზე V-ს მაგვარი, ხოლო სურ. 61 d-ზე W-ს (დუბლევს) მაგვარი კათოდი.

შუალობითი ვარვარების კათოდს პირდაპირი ვარვარების კათოდთან შედარებით ის უპირატესობა ახასიათებს, რომ დიდი ტემპერატურული ინერცია აქვს, ე. ი. შუალობითი ვარვარების კათოდი დენის ცვლებადობასთან ერთად ვერ ასწრებს ტემპერატურის ცვლებადობას ისე, როგორც პირდაპირი ვარვარების კათოდი. ეს მოვლენა აიხსნება მისი მასიურობით, რაც მიეწერება მის განსაკუთრებულ კონსტრუქციას. სურ. 62-ზე ნაჩვენებია შუალობითი ვარვარების კათოდების კონსტრუქცია: აღებულია ფაიფურის 1—1,5 მილიმეტრიანი

ცილინდრული ღერო *a*, რომელსაც სიგრძეზე დაყვება პარალელური ნაჩერეტები. ამ ნაჩერეტებში გაყრილია ვოლფრამის ძაფი *b*, რომელიც შედის ერთ ნაჩერეტში და გამოდის მეორეში. ფაიფურის ღერს გარს შემოკრული აქვს ნიკელის ფურცლოვანი ცილინდრი (კათოდი) *c*, რომლის ზედაპირი აქტივირებულია ოქსიდით. ამგვარად, კათოდი, რომელიც იძლევა ელექტრონების ემისიას, სავსებით გამოყოფილია ვარჯარა ძაფისაგან. ვოლფრამის ძაფი აქ მხოლოდ და მხოლოდ გამხურებლის დანიშნულებას ასრულებს. ვოლფრამის ძაფის ტემპერატურა გადაეცემა ნიკელის ცილინდრს და გაახურებს მასზე გადაკრულ ოქსიდირებულ ფენას. ცხადია, რომ ასეთი კათოდი გახურებისათვის მეტდენს საჭიროებს, მაგრამ მისი დადებითი თვისება აბათილებს ამ ნაკლს, რადგანაც, ყოველგვარი საფრთხის გარეშე, შეგვიძლია იგი განათების ქსელის ცვლადი დენით გავავარჯაროთ. იმ დანადგარებში, რომლებიც იკვებებიან პირდაპირ ქსელიდან, გამოიყენება შუალობითი ვარჯარების კათოდებიანი მილაკები, ვინაიდან ამ შემთხვევაში მცირედ სიმძლავრის ეკონომიის დიდი მნიშვნელობა არა აქვს, მაშინ, როდესაც ასეთი კათოდი გაცილებით უფრო მოხერხებულია და დიდ ემისიას იძლევა.



სურ. 62.

### 3. მილაკის ელექტროდები და მასში ვაკუუმის დანიშნულება

მილაკის მთავარი ელექტროდებია: ანოდი, ბადე და კათოდი.

ანოდი—მილაკის ის ნაწილია, რომელიც ლებულობს კათოდთან ამოსხივებულ ელექტრონებს. იგი ლითონის სხვადასხვა შენადნობის თხელი ფურცლისაგან კეთდება. გენერატორულ მილაკებში, სადაც ანოდი საკმაოდ ხურდება და არსებობს მისი გადნობის საფრთხე, მას სპილენძის ან მოლიბდენისაგან აკეთებენ. ფორმის მიხედვით ანოდები გვხვდებიან ცილინდრული და ბრტყელი.

ანოდებს ამჟამად უმეტეს შემთხვევაში გაშავებულ ნიკელის ფურცლისაგან აკეთებენ, რადგანაც შავ ზედაპირს უფრო მეტი სითბური გამოსხივების უნარი აქვს, ვიდრე ელვარე ზედაპირიანს, ამიტომ ისინი შესაძლებელია გაკეთდეს მცირე ფართიანი და გაცივებაც ნორმალური იყოს. ამ ბოლო ხანებში ანოდს გრაფიტისაგანაც აკეთებენ.

გალამცემ რადიოსადგურებში, სადაც გამოიყენებული მაღალი სიხშირის ენერგია რამდენიმე ათეულ და ასეულ კილოვატს აღწევს, ანოდები გაკეთებუ-

ლია სპილენძის ცილინდრისაგან და ცივდება წყლით. ხელოვნური გაცივება გა-  
მოწვეულია იმით, რომ კათოდიდან ანოდზე გადასულ ელექტრონებს თან მიაქვთ  
დიდი ენერჯია და მათი დაჯახების დროს იგი გამოიყოფა სითბოს სახით, რისი  
მოცილება, მისი სიდიდის გამო, ბუნებრივი გზით მოუხერხებელია, ამიტომ  
ანოდს ათავსებენ სპეციალურ ცილინდრში, სადაც გადის ცივი წყალი. ასეთი  
მილაკები გარკვენი გაფორმებითაც განსხვავდება ჩვეულებრივი მილაკისაგან,  
რომელიც იხმარება მიწვევში და შედარებით მცირე სიმძლავრის გამაძლიერებ-  
ლებში. წყლით გაცივების მქონე ანოდის მილაკი შექმნა სპეციალურ  
ბონჩ-ბრუევიჩმა.

ბადე—სახელწოდება „ბადე“ მიღებულია პირველყოფილ მილაკებში ხმა-  
რებული მესამე ელექტროდის ფორმისაგან. რომელიც ბადესავით იყო მოქსო-  
ვილი. ამჟამად ბადეები კეთდება სპირალური და თავსდება კათოდის გარშემო.  
ბადე კეთდება 0,1—0,2 mm მოლიდენის გამტარისაგან, რომელიც დალაგებუ-  
ლია სპეციალურ ლეროებზე. ზოგიერთ მილაკებში გვხვდება არა ერთი, არამედ  
რამდენიმე ბადე, რომელთაგანაც პირველი (კათოდიდან დაწყებული) ტემისის  
დენს არეგულირებს ანუ მწართველია, დანარჩენები კი ასრულებენ სხვადასხვა  
ფუნქციებს, რომელთაც განვიხილავთ ქვემოთ, მილაკების ტიპებისა და მათი  
დანიშნულების შესწავლის დროს.

მილაკის ელექტროდები ნოთავეებულია მინის ბალონში, საიდანაც გამოქა-  
ჩულია ჰაერი, რათა კათოდის მიერ გამოსხივებული ელექტრონები შეუფერხებ-  
ლად გადავიდნენ ანოდზე. პირიქით, თუ ბალონში გვექნებოდა რომელიმე გაზი,  
თუნდაც მცირე რაოდენობით, მაშინ ელექტრონები დაეჯახებოდნენ რა ამ გაზის  
მოლეკულებს, შეაფერხებდნენ მათ გადასვლას ანოდზე, რითაც დაუშვებელ სი-  
დიდემდე გადიდებოდა ელექტრონებისათვის მილაკის შინაგანი წინაღობა და  
ანოდის წრედში მცირე დენს მივიღებდით.

ხშირად მილაკებში შედის ჰაერი, რის გამო იგი იწყებს ცისფრად ციმ-  
ციმს. ეს მოვლენა აიხსნება შემდეგნაირად: კათოდიდან დიდი სისწრაფით\*)  
მქროლავი ელექტრონი ეჯახება გაზის ატომს და იწყებს მისი ელექტრონების  
ორბიტის დეფორმაციას, ე. ი. ატომის განაპირა ელექტრონის ორბიტის შეს-  
წევს შიგნით, რის დროსაც მას დაჯახებული ელექტრონისაგან გადაეცემა ენერ-  
ჯია და დაიხარჯება გაზის ატომის ელექტრონის ორბიტის დეფორმაციაზე. და-  
ჯახებული ელექტრონის ასხლეტის შემდეგ ელექტრონი ისევ ცდილობს დაუბრუნდეს  
მის პირვანდელ ორბიტას და მიღებულ ენერჯიას აბრუნებს სივრცეში ცისფერი  
ციმციმის სახით. სინამდვილეში აქ რთულ მოვლენას აქვს ადგილი, სახელდობრ:  
ცდილობს რა ელექტრონი დაიკავოს თავისი პირვანდელი ადგილი ორბიტაზე,  
ინერციის ძალით გაცივდება მას და ისევ იწყებს მოძრაობას უკან, ე. ი. განი-  
ცდის რხევას და, როგორც ცნობილია, ელექტრონი მუხტის რხევა იწყებს  
ელექტრომაგნიტურ ენერჯიის გასხივებას. რადგანაც რხევა ხდება დიდი სის-

\*) კათოდიდან გამოსხივებული ელექტრონის სისწრაფე დამოკიდებულია ანოდზე მოდუ-  
ბულ ძაბვაზე და იანგარიშება შემდეგი ფორმულით:  $V=600 \sqrt{Ua} \frac{\text{კილომ.}}{\text{წამში}}$  მაგ. თუ  
ანოდზე მოდებულია  $Ua=100$  ვოლტი, მაშინ ელექტრონის სისწრაფე ტოლია:  $V=6000$  კილო-  
მეტრის წამში.

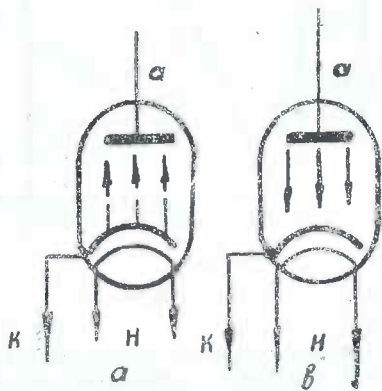
წრავით, ამიტომ მისი ტალღის სიგრძე უდრის ცისფერი სხივის ტალღის სიგრძეს, მოქმედებს ჩვენი მხედველობით ორგანოზე და შევიგრძნობთ ცისფერი ციმციმის სახით. ასეთი მოვლენა მილაკებში მაჩვენებელდა ბალონში ვაკუუმის შემცირების ე. ი. მასში შევიდა ჰაერი, რის გამო მისი მუშაობა უარესდება და ასეთი მილაკი უნდა მოიხსნას ექსპლოტაციიდან.

მოადავსებენ რა მილაკის ყველა დეტალს შუშის წინაზარღზე, რომელიც ასრულებს კონტაქტების შემყვანის და საერთო დამკერის დანიშნულებას, შეაკეთო შუშის ბალონში, საიდანაც სპეციალური ტუმბოთი ჰაერს ამოქაჩავენ. პრაქტიკულად შეუძლებელია ისეთი ტუმბოს დამზადება, რომელიც აბსოლუტურ სიცარიელეს შექმნის ბალონში. ამის გამო მასში რჩება ჰაერის მცირე ნაწილი მაინც. ამიტომ მილაკის ელექტროდებს ჩააყოლებენ ბარიუმს ანდა მაგნიუმის მცირე ნაჭერს. ტუმბოთი ჰაერის ამოქაჩვის შემდეგ მილაკი შეაქვთ მძლავრ ცვალებად მაგნიტურ არეში, რის გამოც ელექტროდების ლითონის ნაწილებზე წარმოიშობა ფუკოს დენები და გახურდება, გახურების შემდეგ ბარიუმი ან მ.გნიუმი აინთება და შთანთქავს იმ გაზების ნარჩენს, რომელსაც შეუძლია კათოდის ზედაპირის დაჟაფვა, ასეთ გაზად ითვლება ჟანგბადი. თუ მილაკში დაგვრჩებოდა ჟანგბადის თუნდაც მცირე რაოდენობა, იგი კათოდის გახურებისას მას შეუერთდებოდა და დააზიანებდა აქტიურ ზედაპირს, ზოგ შემთხვევაში კი გამოიწვევდა მის გადაწვას.

#### 4. ორელექტროდიანი ელექტრონული მილაკები (დიოდები)

ორელექტროდიანი მილაკი ისეთ მილაკს ეწოდება, რომელსაც ორი ელექტროდი აქვს: ანოდი და კათოდი. როგორც ვიცით, ელექტრონების ნაკადი კათოდისა და ანოდისაკენ მიმდინარეობს, მაშასადამე, დენის მიმართულებაც ასეთია, ე. ი. დენი მიმდინარეობს მინუსიდან პლუსისკენ. რადგანაც თვით დენი, როგორც ელექტრონების ნაკადისაგან შემდგარი, უარყოფითი მუხტის მატარებელია.

რადგანაც ელექტროტენიკაში მისი წარმოშობიდანვე დაკანონებულია დენის მიმართულება დადებითი პოლუსიდან უარყოფითისკენ, ამიტომ ეს პირობა, მილაკებშიდაც ურღვევდა და დატოვებული ე. ი. თითქოს დენი მიმდინარეობდეს ანოდისა და კათოდისაკენ, როგორც ეს ნაჩვენებია სურ. 63ა-ზე, ხოლო სურ. 63ბ-ზე ნაჩვენებია დენის ნამდვილი მიმართულება.



სურ. 63.

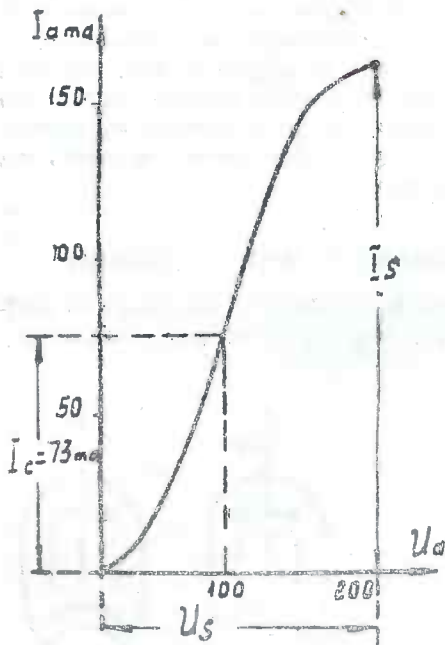


ორელექტროდიან მილაკს სხვაგვარად დიოდს და ან კენოტრონს უწოდებენ. იგი ხასიათდება იმ დამოკიდებულებებით, რომელიც არსებობს დენსა და მასზე მოდებული ანოდურ ძაბვას შორის, და გამოიხატება ე. წ. მახასიათებლით.

წინა თავებიდან ცნობილია, რომ რაც უფრო მეტია ანოდური ძაბვა კათოდის ნორმალური ვარვარების დროს, მით უფრო მეტი დენის ძალა გვექნება ანოდის წრედში და მახასიათებელი შესაძლებელია აგებულ იქნეს შემდეგი დამოკიდებულებით

$$I_e = f(U_a) \text{ სადაც } U_H \text{ — მუდმივია.}$$

სურ. 64-ზე ნაჩვენებია ორელექტროდიანი მილაკის მახასიათებელი ანოდის დენსა ( $I_e$ ) და ანოდის ( $U_a$ ) ძაბვასთან დამოკიდებულებით, როდესაც



სურ. 64.

კათოდი ნორმალურადაა გავარვარებული. როგორც ჩანს, მახასიათებელი დახრილია აბციისს მიმართ. ეს მოვლენა შემდეგნაირად აიხსნება: როდესაც ანოდის ძაბვა ანუ პოტენციალი ნულის ტოლია ( $U_a = 0$ ) და კათოდი საკმაოდ გავარვარებულია, მის გარშემო ადგილი აქვს მუდმივ „სივრცით მუხტს“ (\*). ელექტრონების ღრუბლის სახით.  $U_a$ -ს გაზრდასთან ერთად მეტი ელექტრონები იწყებენ გადასვლას ანოდზე, ე. ი. წრედში დამყარებული დენის ძალა მით უფრო ინტენსიური ხდება, რაც უფრო მეტია ანოდის პოტენციალი.

ამავე დროს მახასიათებელიდან ჩანს, რომ დენის ძალა განსაზღვრული ანოდური ძაბვის  $U_s$  შემდეგ არ

\*) „სივრცითი მუხტი“ ეწოდება კათოდის გარშემო დაგროვილ ელექტრონებს. ნორმალური გავარვარების დროს კათოდის ზედაპირიდან ამოიფრქვევა ელექტრონების განსაზღვრული რაოდენობა. თუ ანოდის პოტენციალი ნაჯერობის ტოლი არაა, მაშინ ელექტრონების ნაწილი გადადის ანოდზე, დანარჩენი კი უკანვე ეცემა კათოდის ზედაპირს და ასეთი განუწყვეტელი პროცესი მის გარშემო ქმნის ელექტრონების ღრუბელს, რომელსაც „სივრცითი მუხტს“ უწოდებენ, რაც უფრო უახლოვდება  $U_a$  ნაჯერობის პოტენციალს, მით უფრო მცირდება „სივრცითი მუხტი“, ხოლო  $I_s$  — დროს ყველა ელექტრონი ანოდზე გადის.

იზრდება, რაც აიხსნება იმით, რომ კათოლიდან ამოსხივებული ელექტრონებიდან ყველა აღწევს ანოდამდე და შემდეგი ანოდის ძაბვის გაზრდა არ გაზო-  
 ნწევს დენის ძალის გადიდებას, ე. ი. ანოდი დენი  $I_a$  მიაღწევს თავის მაქსი-  
 მალურ სიდიდეს  $I_s$ . დენის ამ მაქსიმალურ სიდიდეს ეწოდება ნაჯერობის  
 დენი, რომელიც აღინიშნება ასო  $I_s$ -ით. ნაჯერობის დენს შეეფარდება ნა-  
 ჯერობის ანოდის პოტენციალი.

ყველა მილაკისათვის, როგორც ვარვარების, ისე ანოდის ძაბვის მზრივ  
 არსებობს განსაზღვრული რეჟიმი, რომლის დროსაც მილაკი იძლევა ნორმა-  
 ლურ ნაჯერობის დენის ძალას. ამიტომ დაუშვებელია მილაკების გადავარვარე-  
 ბა, რადგანაც ამით ჩვენ შევამცირებთ მისი მუშაობის ხანგრძლიობას, თუ დიო-  
 დი მუშაობს ნაჯერ დენზე, ე. ი. მისგან ვიღებთ მაქსიმალურ შესაძლებელ დენს  
 შევამჩნევთ, რომ ანოდი ვავარვარებთ, ამის მიზეზია კათოლიდან ანოდი სკენ  
 სექუნდში რამდენიმე ათასი კილომეტრის სისწრაფით მქროლი ა-  
 ეი ელექტრონები, რომლებიც ახდენენ ანოდის ზედაპირის  
 ე. წ. ბომბვას, რის დროსაც ელექტრონების მქმედი ენერგია გადაეცემა ანოდის  
 ზედაპირს და გამოიყოფა სითბოს სახით და ახურებს მას. ანოდის ზომაზე  
 მეტად გახურება დაუშვებელია, რადგანაც ბომბვის შედეგად გახურებულში ანო-  
 დმა, როგორც ყველა ლითონმა, შესაძლებელია გამოაყოს ფორებში არსებული  
 ე. წ. ოკლუდირებული გაზები და ამით ბალონში გაფუჭდეს ვაკუუმი. აგ-  
 რეთვე ზომაზე მეტად გახურების შემთხვევაში ანოდი შეიძლება გადნეს კიდევც.  
 ანოდზე გამოყოფილი სითბო მარევენებელია მის ზედაპირზე გაფანტული სიმ-  
 ძლავრის, რომელიც იანგარიშება ფორმულით:

$$P_a = I_e U_a \quad (103)$$

დიდი დენის საჭიროების დროს, ანოდის ზომაზე მეტად გახურების თავი-  
 დან ასაცილებლად მიმართავენ მისი ზედაპირის გადიდებას. ნორმად ითვლება  
 ანოდზე სიმძლავრის ფანტვის სიდიდე, რომელიც არ წარმოადგენს მის თითო-  
 ეულ კვ. სმ-ზე 1,5 ვატზე მეტს მაშინ, როდესაც ანოდი გაკეთებულია ნიკე-  
 ლისაგან. მოლიბდენის ანოდზე ნორმად ითვლება თითოეულ კვ. სანტიმეტრზე  
 5,6 ვატი. ხოლო ტანტალზე 10 ვატამდე აღწევს. გაშავებული ნიკელის ანოდი  
 თითოეულ კვ. სანტიმეტრზე იტანს 5 ვატამდე გაფანტულ სიმძლავრეს.

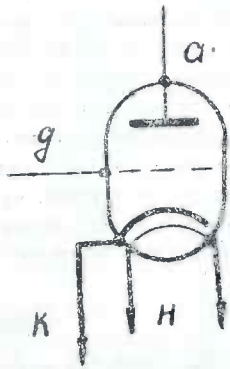
### 5. სამელექტროდიანი მილაკები (ტრიოდები) და მათი პარამეტრები

რადიოტექნიკურ დანადგარებში სამელექტროდიანი მილაკები, სურ. 65,  
 გამოიყენება ანოდის წრედში პულსური დენის მისაღებად, ანდა ბადის წრედზე  
 ზოდებული ძაბვის ამპლიტუდის გასაძლიერებლად.

თუ ორელექტროდიანი მილაკის ანოდის დენი დამოკიდებულია ანოდის  
 ძაბვის ცვალებადობაზე და ვარვარების ძაბვის სიდიდეზე, სამელექტროდიანი  
 მილაკის მუშაობის ესა თუ ის რეჟიმი დამოკიდებულია აგრეთვე მმართველი  
 ბადის ცვალებად  $U_g$  და მუდმივი  $E_g$  პოტენციალზე, ე. ი. ანოდის დენი  $I_a$   
 მუდმივი ანოდური  $U_a$  და ვარვარების  $U_{\text{II}}$  ძაბვის დროს, დამოკიდებუ-  
 ლია ბადის პოტენციალის ნიშანზე და სიდიდეზე. ზემოთქმუ-



ლის ნათელსაყოფად მივმართოთ თვით მილაკის ე. წ. სტატიკურ მახასიათებელს, რომლის გადასაღებად გვაქვს სურ. 66 მოცემული სქემა. სქემაში  $R_1$  მმართველი ბადის წრედში ჩართული პოტენციომეტრია, რომლიდან  $O$  წერტილს ზევით შეგვიძლია ავიღოთ დადებითი პოტენციალი, ხოლო ქვევით უარყოფითი. თუ პოტენციომეტრის მცოც  $a$ -ს ვამოძრავებთ ზევით და ქვევით, ბადეზე დადებითი პოტენციალი  $+U_g$  თანდათან მცირდება, რომელსაც აღრიცხავს  $V_1$  ვოლტმეტრი და, როდესაც მცოცს  $O$  წერტილთან მივიყვანთ, ვოლტმეტრი  $V_1$  გვიჩვენებს ნულს, შემდეგ ჩამოვწევთ, მისი ჩვენება გაიზრდება, მხოლოდ ამ შემთხვევაში იგი უარყოფითი  $-U_g$  პოტენციალს გვიჩვენებს. ბადის წრედში ჩართული მილიამპერმეტრი  $ma$  აღრიცხავს ბადის  $I_g$  დენს  $R_2$ , — ანოდის წრედში ჩართული პოტენციომეტრია და თუ მასზე  $b$  მცოცს გადავადგილებთ, მილაკის ანოდზე შეიცვლება როგორც ანოდის ძაბვა, ისე მისი დენის სიდიდე. ანოდის ძაბვას  $U_a$ , აღრიცხავს  $U_2$  ვოლტმეტრი, ხოლო  $I_a$  დენს კი ანოდის წრედში ჩართული  $ma$  მილიამპერმეტრი. ვთქვათ, მცოცი დავაყენეთ ისეთ ადგილზე, სადაც  $U_2$  ვოლტმეტრი გვიჩვენებდეს 100 ვოლტს, შევამჩნევთ, რომ ანოდის წრედში ჩართული მილიამპერმეტრი  $ma$  გვიჩვენებს რაღაც დენს, მილაკის ანოდის წრედში. თუ  $R_1$  მცოცს გადავწევთ, შევამჩნევთ, რომ ანოდის წრედში ჩართული მილიამპერმეტრი გადაიხრება და თუ მას  $O$  წერტილიდან ძირს ან ზევით გადავადგილებთ დენის ძალა  $ma$  მილიამპერმეტრში შეგვიძლია ჩაქსიმუმიდან ნულამდე დავიყვანოთ.



სურ. 65.

რაც უფრო მეტია ბადეზე მოდებული დადებითი ძაბვა ანოდის ძაბვის  $U_a$  მუდმივობის დროს, მით უფრო დიდი იქნება ანოდის დენი. ხოლო როდესაც ბადეზე უარყოფითი ძაბვაა, მაშინ ადგილი აქვს შებრუნებით მოვლენას. ეს იპით აიხსნება, რომ ბადის და ანოდის დადებითი ძაბვები ერთად მოქმედობენ კათოდთან ამოსხივებულ ელექტრონებზე და მათი უმრავლესობა გაადის ანოდზე. როცა ბადეზე უარყოფითი პოტენციალია, იგი ამცირებს ანოდის გავლენას ულექტრონებზე და ანოდის წრედში მივიღებთ დენის ძალის შემცირებას.

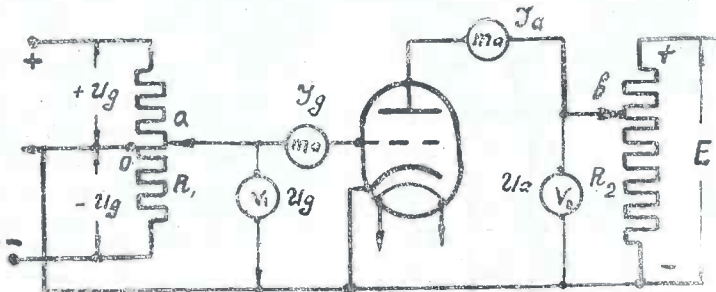
გარდა ამისა, როდესაც ბადეზე დადებითი პოტენციალი გვაქვს, მასში წარმოიშობა ე. წ. ბადის დენი, რადგანაც ელექტრონების ნაწილი მასზე გადადის\*).

თუ ხელსაწყობით აღრიცხულ ჩვენებებს კოორდინატთა სისტემაში დავაღებთ წერტილების სახით და გავავლებთ ხაზს, მივიღებთ ე. წ. სამელექტრონიანი მილაკის მახასიათებელს სურ. 67a, სადაც  $I_a = f(U_g)$ , როცა  $U_a$  მუდ-

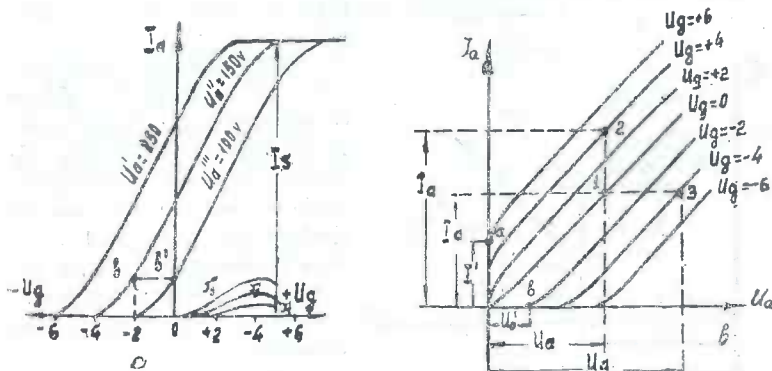
\* რაც უფრო მეტია ანოდის ძაბვა, მით უფრო მცირეა შესაბამისი ბადის დენის ძალა. მგ. სურ. 67a  $U'$  ანოდის ძაბვის დროს გვაქვს  $I'_g$  ბადის დენი,  $U''$ -ს დროს  $I''_g$  და ა. შ.

შეგია. თუ მახასიათებელს გადავიღებთ სხვადასხვა ანოდური პოტენციალის დროს, მივიღებთ მთელ რიგ მრუდეებს, რომლებსაც მახასიათებელთა ოჯახს უწოდებენ.

გარდა შემომოყვანილი მახასიათებლისა, რომელიც მოცემულია  $I_a = f(U_g)$ ; ფუნქციონალურ დამოკიდებულებაში ხშირად იღებენ მახასიათებელს  $I_a = f(U_a)$  დამოკიდებულებებით, რის დროსაც მახასიათებელს აქვს სურ. 67b-ზე მოყვანილი სახე. აქ ცვალებად სიდიდეს ანოდის პოტენციალი  $U_a$  წარმოადგენს, ხოლო თითოეულ ცალკე შემთხვევაში  $U_g$ -ს აქვს მუდმივი მნიშვნელობა.



სურ. 66.

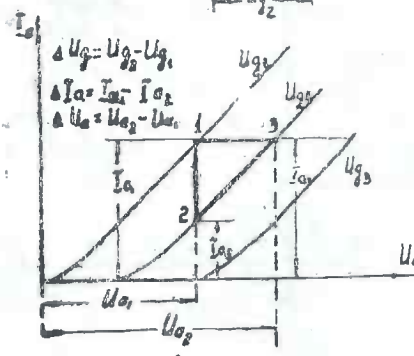
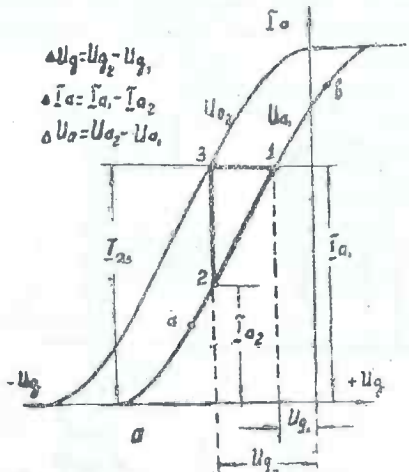


სურ. 67.

როდესაც  $U_g = 0$ , მილაკის მახასიათებელი გადის კოორდინატთა სათავეში — ორიენტორიანი მილაკის მსგავსად, ე. ი. როდესაც ბაღეზე არავითარი პოტენციალი არ გვაქვს, მილაკი მუშაობს როგორც დიოდი.

როგორც მოყვანილ სურათიდან ჩანს, როდესაც  $U_a = 0$  და  $U_g = +6$  ტოლია, ანოდის დენი  $I_a$  აქვს  $I_a'$  მნიშვნელობა (წერტილი a) და როდესაც  $U_g$  უდრის  $-4$  ანოდის პოტენციალი თუმცა  $U_a'$  ტოლია, ე. ი. არსებობს ძაბვა, მაგრამ  $I_a$  უდრის 0-ს. ე. ი. ანოდის წრედში დენი არ გვაქვს. რო-

გორც პირველი, ისე მეორე შემთხვევა იმით აიხსნება, რომ როდესაც ზადის პოტენციალი  $U_g$  უდრის  $+6s$  და ანოდის  $U_a = 0s$  ზადის დადებითი პოტენციალის გამო ელექტრონები ლებულობენ დიდ აჩქარებას და ინერციით აღწევენ ანოდამდე, ე. ი. თუ ნაწილი ელექტრონებისა გადადის ბადეზე და ქმნიან მასში ზადის დენებს, ნაწილი გაუსხლტება ზადეს, აღწევს ანოდამდე და ქმნის ანოდის დენს  $I_a$ -ს ტოლს.



სურ. 68.

$f(U_a)$  ფუნქციონალურ დამოკიდებულებაში. როგორც ჩანს, მახასიათებლებს აქვთ სწორხაზოვანი უბანი, რომლებიც უფრო ზუსტი პარამეტრებით ხასიათდებიან.

სანამ პარამეტრების განსაზღვრას შევეუდგებოდეთ, უნდა შევნიშნოთ, რომ სურ. 68a-ზე 1 და 2 წერტილი შეესაბამება ერთი და იგივე ანოდურ ძაბვას, მაგრამ სხვადასხვა ზადურ პოტენციალს ( $U_{g1}$  და  $U_{g2}$ ). ასეთივე პირობა

მეორე შემთხვევაში შებრუნებით მოვლენას აქვს ადგილი: ბადეზე არსებული უარყოფითი პოტენციალი კათოდთან სიახლოვის გამო იმდენად ძლიერია ანოდის  $U_a'$  წერტილი  $b$  პოტენციალზე, რომ იგი უკუაქცევს ყველა ელექტრონს, სანამ ანოდის დადებითი ძაბვის გავლენა ელექტრონზე მეტი არ იქნება ზადის უარყოფითი პოტენციალის გავლენაზე. იმ სიდიდეებს, რომლებიც დაახასიათებენ ელექტრონულ მილაკს მუშაობის პროცესში, მილაკის პარამეტრები ეწოდება.

მილაკებში ჩვენ გვინტერესებს დამოკიდებულება ანოდის პოტენციალსა  $U_a$ , ანოდის დენსა  $I_a$  და ზადის პოტენციალის  $U_g$  შორის. ვინაიდან სამეულქტროდიანი მილაკი ანუ ტრიოდები ელექტრონულ მილაკთა ძირითად სახეს წარმოადგენენ, ამიტომ განვსაზღვროთ მისი პარამეტრები, რომლებიც დაახასიათებენ სხვა მილაკებსაც.

ამ მიზნისათვის განვიხილოთ სურ. 68a და სურ. 68b მოცემული ტრიოდის მახასიათებლები, როგორც  $I_a = f(U_g)$  ისე  $I_a =$

გვაქვს სურ. 68ბ-ზე, სადაც 1 და 2 წერტილები ერთი და იგივე  $Ua_1$  ანოდური ძაბვით განისაზღვრება, მაგრამ სხვადასხვა  $Ug_1$  და  $Ug_2$  ბაღური პოტენციალი აქვთ, ხოლო 2 და 3 წერტილები სხვადასხვა ანოდურ ძაბვით ხასიათდებიან, მაგრამ ერთი და იგივე ბაღური პოტენციალი აქვთ. ნიღებულ სამკუთხედს, რომლის წვეროებია 1, 2 და 3 წერტილები, მილაკის პარამეტრების სამკუთხედი ეწოდება. ვანეხილოთ ერთი და იმავე დროს სურ. 68ა და სურ. 68ბ-ზე მოცემული პარამეტრების სამკუთხედები, რადგანაც პრაქტიკაში როგორც ერთის, ისე მეორეს საშუალებით ხდება მილაკის პარამეტრების გაგება, თუ ისინი მოცემული არაა და გვაქვს მახასიათებელთა ოჯახი.

როგორც ჩანს, როდესაც მილაკის ბაღეზე მოდებულია  $Ug_1$  პოტენციალი, ანოდის დენს  $Ia_1$  და ანოდის ძაბვას  $Ua_1$  განსაზღვრავს 1 წერტილის კორდინატები, წერტილი 2 გვაძლევს  $Ia_2$  ანოდის დენს, როდესაც ანოდის ძაბვა ტოლია  $Ua_1$  ხოლო ბადის პოტენციალი  $Ug_2$ -სი. გარდა ამისა  $Ug_1$  პოტენციალს შეესაბამება აგრეთვე წერტილი 3 და გვაძლევს  $Ia_1$  და  $Ia_2$  ტოლ ანოდის დენებს. თუ გვსურს, რომ  $Ug_2$  პოტენციალის დროს ანოდის დენი იყოს იმდენივე, რაც  $Ug_1$  შემთხვევაში, საჭიროა ანოდის ძაბვა ავწიოთ  $Ua_1$ -დან  $Ua_2$ -მდე. სურ. 68ა ისე სურ. 68ბ-დან ჩანს, რომ, ნამატი  $Ia$ ,  $Ua$  და  $Ug$ -სი ტოლია:

$$\Delta Ug = Ug_2 - Ug_1$$

$$\Delta Ia = Ia_1 - Ia_2$$

$$\text{და } \Delta Ua = Ua_2 - Ua_1$$

ამ ფორმულებში  $\Delta$ -თი აღნიშნულია დენის და ძაბვის ნამატი, როდესაც 1 წერტილიდან ანუ ძაბვის მნიშვნელობიდან გადავიდებით 2-ზე ანდა 1-დან მე-3-ზე.

სიდიდე  $\Delta Ug$ ,  $\Delta Ia$  და  $\Delta Ua$  საშუალებას გვაძლევს გავიგოთ მილაკის პარამეტრები, სახელდობრ მილაკის შინაგანი წინააღობა:

$$R_i = \frac{\Delta Ua}{\Delta Ia} \cdot \Omega \quad (104)$$

და გვაჩვენებს ელექტრონული მილაკის ანოდსა და კათოდს შორის არსებულ სივრცე რა წინააღობას უწევს ცვლად დენს. უდაოა, რაც უფრო მცირეა მანძილი ანოდსა და კათოდს შორის, მით უფრო ნაკლები ანოდური ძაბვა დაგვიკირდება ამოსხივებული ელექტრონების გადასატანად ანოდზე, მაშასადამე, შინაგანი წინააღობაც მცირე იქნება.  $R_i$  ომებში იზომება. პრაქტიკაში მილაკის ანოდის წრედში გამავალი დენის ძალა (გარდა მძლავრი მილაკებისა) იზომება მილიამპერებში, ე. ო. ამპერის მეათასედ ნაწილით. ამიტომ (104) ფორმულის სწორი გამოყენებისათვის საჭიროა  $Ia$  ჩავსვათ ამპერებში, მაგრამ თუ მილიამპერებს ავიღებთ, მაშინ სანაგარიშო ფორმულის სახე მცირე სიმძლავრის

მილაკებისათვის იქნება;

$$R_i = \frac{\Delta Ua}{\Delta Ia} \cdot 10^{-3} \cdot \Omega$$

მილაკის გაძლიერების კოეფიციენტი ტოლია:

$$\mu = \frac{\Delta U_a}{\Delta U_g} \quad (105)$$

და გვაჩვენებს, თუ ანოდის ტოლ პოტენციალთან შედარებით, რამდენად უფრო მეტად მოქმედებს ელექტრონების ნაკადზე ბადის პოტენციალი, აბსოლუტური მნიშვნელობა  $\Delta U_a > U_g$ . ზე ამიტომ  $\mu > 1$  და ზოგ მილაკისათვის 1600-ზე მეტსაც აღწევს.

მახასიათებელის დახრილობა ტოლია:

$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_g} \frac{ma}{v} \quad (106)$$

და გვიჩვენებს, რამდენად შეიცვლება ანოდის დენის ძალის სრდიტე მილიამპერებში, თუ ბადის პოტენციალი ერთი ვოლტით შეიცვალა. მახასიათებელის დახრილობა იზომება მილიამპერ-ვოლტებში და მით უფრო მეტია, რაც უფრო მეტადაა იგი აღმართული აბცისის მიმართ.

განვლადობა ტოლია:

$$D = \frac{1}{\mu} = \frac{\Delta U_g}{\Delta U_a} \quad (107)$$

და გვიჩვენებს, თუ ბადე ანოდის მიერ შექმნილ ელექტრულ ძალბახების რა რაოდენობას ატარებს კათოდისკენ. აქედან, რაც უფრო მჭიდროდაა დახვეული მილაკის ბადე, მით უფრო მცირეა მისი განვლადობა და მით უფრო დიდია გაძლიერების კოეფიციენტი.

მილაკის პარამეტრების ნამრავლი ერთის ტოლია და გამოიხატება ფორმულით:

$$DSR_i = 1 \quad (108)$$

ამ განტოლებას მილაკის შინაგანი განტოლება ეწოდება. მართლაც, თუ ჩავსვათ მათ მნიშვნელობას, შეკვეცის შემდეგ მივიღებთ:

$$DSR_i = \frac{\Delta U_g}{\Delta U_a} \cdot \frac{\Delta I_a}{\Delta U_g} \cdot \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a} = 1$$

გარდა ზემოხსენებული პარამეტრებისა, მილაკი ხასიაფდება ე. წ. ვარგინობით, რომელიც იზომება მილივატ-ვოლტკვადრატებში და გამოიხატება ფორმულით:

$$G = \frac{\mu^2}{R_i} = \mu S = \frac{\Delta U_a}{\Delta U_g} \cdot \frac{\Delta I_a}{\Delta U_a} \frac{m \omega t}{V^2} \quad (109)$$

მაგალითი: მოცემულია მილაკი, რომლის გაძლიერების კოეფიციენტი  $\mu = 400$ , დახრილობა  $S = 2 \frac{ma}{V}$ . გავიგოთ მილაკის შინაგან ვინაობა.

$$1) \quad DSRi = \frac{SRi}{\mu} = 1 \quad (108a)$$

მაშასადამე აქედან

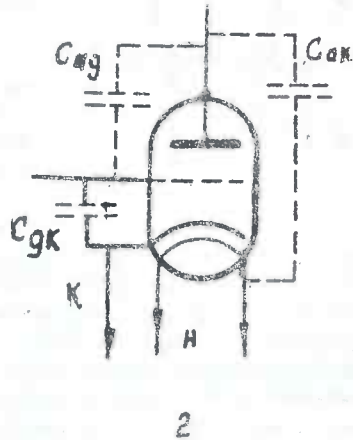
$$Ri = \frac{\mu}{S} = \frac{400}{2 \cdot 10^{-3}} = \frac{400}{2} \cdot 10^3 = 200000 \text{ } \Omega$$

### 6. ეკრანიზებული მილაკები (ტაბკოდები) და დინატრონული ემვატები

სამელექტროდიან მილაკში გვაქვს ანოდი, მმართველი ბადე და კათოდი. ამავე დროს ჩვენთვის ცნობილია, რომ ორ გაძტარს შორის ყოველთვის არსებობს ელექტრული ტევადობა, ე. ი. იგი კონდენსატორის წარმოადგენს, ამ მიზეზის გამო ანოდ-ბადესა, ბადე-კათოდსა და კათოდ ანოდს შორის გვაქვს ელექტრული ტევადობა; (სურ. 69) მათ შორის ყველაზე არასასიამოვნო გავლენას მილაკის მუშაობაზე ახდენს  $C_{ag}$  ტევადობა.

ხსენებული ტევადობა ბადეზე მოდებულ ცვლად დენს უშუალოდ ატარებს ანოდზე ისე, რომ დენის ნაწილი, რომელიც საჭიროა ელექტრონული ნაკადის სარეგულირებლად, უსარგებლოდ მტოვდება ბადესა და ანოდს შორის და არ ხმარდება ელექტრონების ნაკადის სიდიდის შეცვლას. ამ მოვლენის თავიდან ასაცილებლად საჭიროა რაიმე ხერხით შევამციროთ  $C_{ga}$ -ს სიდიდე. ამისათვის მიმართავენ შემდეგ ხერხს: მმართველ ბადესა და ანოდს შორის ათავსებენ მეოთხე ელექტროდს, რომლის დანიშნულებაც შევამციროს ანოდსა და ბადეს შორის არსებული ტევადობა და ეწოდება ეკრანი. ეკრანი ჩვეულებრივად სპირალური კეთდება და ანოდსა და ბადეს შორის ათავსებენ. ეკრანზე მოსდებენ ანოდზე არსებულ ნაკლებ ანდა ტოლ დადებით პოტენციალს, რის საშუალებითაც აღწევენ ტევადობა  $C_{ga}$  გავლენის შემცირებას, და მილაკის ეფექტურობის საკმაოდ გაუმჯობესებას. მილაკის ეკრანიზება მით უფრო აუცილებელია, რაც უფრო მაღალია გასაძლიერებელი დენის სიხშირე. მაგალითად, საშუალო და მოკლე ტალღების გენერირების ანდა მიღების დროს აუცილებელია ეკრანიზებული მილაკები. ეკრანიზებული მილაკის სქემა ნაჩვენებია სურ. 70-ზე.

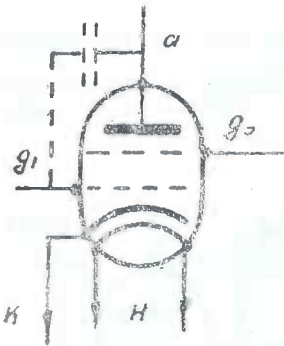
ბადესა და ანოდს შორის  $C_{ga}$  ტევადობის გავლენის საფასვლით მოსპობა შეუძლებელია. ამის მიღწევა შეიძლებოდა მხოლოდ და მხოლოდ მაშინ, თუ ეკრანი იქნებოდა არა სპირალურად დახვეული გამტარი, არამედ მთლიანი. მაგრამ მაშინ ანოდის წრედში არც ემისიის დენის გავლას ექნებოდა ადგილი. ამისათვის ეკრანი კეთდება სპირალური და  $C_{ga}$  ტევადობის ნაწილი თუმცა რჩება,



სურ. 69.



მაგრამ იმდენად უმნიშვნელოა, რომ იგი უგნებელი ხდება. ასე, მაგალითად, თუ არა ეკრანირებულ მილაკში  $Cag=10\pm 20 \mu\text{mF}$ -ის კარგად ეკრანირებულში იგი მცირდება  $0,0015 \mu\text{mF}$ -დ. ეკრანირებულ მილაკში შინაგანი წინალობა ზოგჯერ რამდენიმე ასეულ ათას ომს აღწევს. ეს ფარემოება გამოწვეულია ანოდის კათოდის სკემაო მანძილზე დაშორებით, ბადესა და ანოდს შორის



სურ. 70.

დამატებითი ელექტროდის ეკრანის მოთავსების შედეგად. ამ მიზეზით, როდესაც ეკრანზე გვაქვს ნულოვანი ანდა უარყოფითი პოტენციალი, ანოდის წრულში გვექნება არაჩვეულებრივად მცირე დენი, ანდა იგი სავსებით შეწყდება. ამ მოვლენის თავიდან ასაცილებლად ეკრანს აძლევენ ანოდის ძაბვაზე ნაკლებ ან მის ტოლ დადებით პოტენციალს, მილაკის მუშაობის რეჟიმის მიხედვით. ამგვარად, ეკრანი იცავს რა მილაკს მანუე ტუვადობისაგან, ამავე დროს უზნარება ელექტრონების სკემაო რაოდენობას შიადწვონ ანოდამდე.

ჩვეულებრივი ეკრანირებულ მილაკები ხასიათდება ე. წ. დინატრონული ეფექტით,

რაც არასასურველი მოვლენაა. დინატრონული ეფექტის შედეგად მახინჯდება ანოდის დენის ფორმა და მილაკის მუშაობის ხარისხი მკვეთრად უარესდება. ეს მოვლენა აიხსნება: მილაკის ელექტროდების დაბომბვით ანოდსა და კათოდს შორის ერთ წამში რამდენიმე ათასი კილომეტრის სისწრაფით მსრბოლაეი ელექტრონებით. თუმცა ელექტრონის მასა მცირე სიდიდეა ( $m=9 \cdot 10^{-28}$  გრამი), მაგრამ დიდი სისწრაფის დროს იგი სკემაო ენერგიას შეიცავს. ამიტომ მისი ანოდზე ანდა ბადის ზედაპირზე დაჯახების დროს, ხდება ბადის და ანოდის ლითონში მყოფი ელექტრონების ამოფრქვევა.

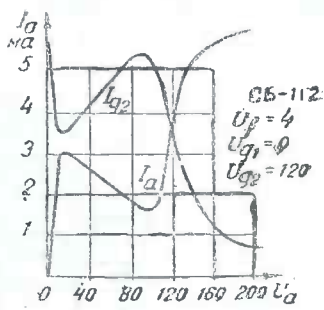
დაბომბვის შედეგად ამოფრქვეულ ელექტრონებს მეორადი ელექტრონები ეწოდებათ, და მათი რაოდენობა შესაძლებელია რამდენჯერ აღემატებოდეს დაჯახებული ელექტრონების რიცხვს.

მეორადი ელექტრონები, მაგალითად, ანოდზე იწვევს ძირითადი ელექტრონული ნაკადის მოწინააღმდეგე ნაკადს, რის შედეგად ანოდის დენი მთუფრო მცირე იქნება, რაც უფრო მეტად გამოძვანდება ლითონში (ელექტროდის) დინატრონული ეფექტი.

ამ ეფექტით ხასიათდება უმთავრესად ტეტროდები, ე. ი. ეკრანირებული მილაკები. სურ. 71 მოცემულია ეკრანირებული მილაკის მახასიათებლის ე. წ. „მარყუჟის მახასიათებელი“, და როგორც ჩანს მაეკრანირებელი ბადის დენის ( $I_{g_2}$ ) და ანოდის დენის ( $I_a$ ) მნიშვნელობები მოწინააღმდეგედ იცვლება ანოდის ძაბვის ( $U_a$ ) გადიდებათ და, როგორც ვხედავთ, ანოდის ( $I_a$ ) დენის ფორმა დამახინჯებულია.

ამგვარად, ეკრანირებულ მილაკებში (ეკრანის ანოდთან სიახლოვის გამო) ყოველთვის აქვს ადგილი დენების არასწორ გადანაწილებას, რაც ამ მილაკების ფართოდ გამოყენების საშუალებას არ იძლევა.

ეკრანირებული მილაკები ხასიათდებიან დატვირთვაზე დიდი სიმძლავრის გამოყოფით, ვიდრე სხვა რომელიმე ტიპისა. ამ დადებითი თვისების შენარჩუნების მიზნით დაგეგმარებულ იქნა სპეციალური კონსტრუქციის მილაკები, როგორცაა: 6-L-6 ანუ 6-Π-3, რომლებსაც „სხიურ“ მილაკებს უწოდებენ. თუ ჩვეულებრივ მილაკებში ებრძვიან დინატრონულ ეფექტს, სპეციალურ მილაკებში კი პირიქით, მას იყენებენ როგორც დადებით მოვლენას. ასეთებს ეკუთვნიან კუბეცკის და ვეკშინსკის ელექტრონული მამრავლები. გარდა ამისა, ამჟამად ლაბორატორიებში წარმოებს ძიება, რათა შექმნან ჩვეულებრივი ზომის დინატრონული მილაკები როგორც დაბალი, ისე მაღალი სიხშირის გაძლიერების მიზნით. როგორც ცდები გვიჩვენებს, ასეთი მილაკები ხასიათდებიან დიდი დახრილობით ( $\sigma$  აღწევს  $14 \frac{mA}{V}$ -დე) და უდაოა მათ გაცილებით უფრო მეტი გაძლიერება ექნებათ, ვიდრე ჩვეულებრივ მილაკებს.



სურ. 71.

### 7. პენტოდები და „ზარჩიუ“ მილაკები

ტეტროდებში დინატრონული ეფექტის ასაცილებლად საკმარისია ეკრანსა და ანოდს შორის მოვსპოთ არსებული პოტენციალის სხვაობა და ხელი შევეშალოთ „მეორად“ ელექტრონების ერთი ელექტროდიდან მეორეზე გადასვლას. ამისათვის ეკრანსა და ანოდს შორის შეაქვთ დამატებითი ბაღე, რომელსაც „ანტიდინატრონული ბაღე“ ეწოდება.

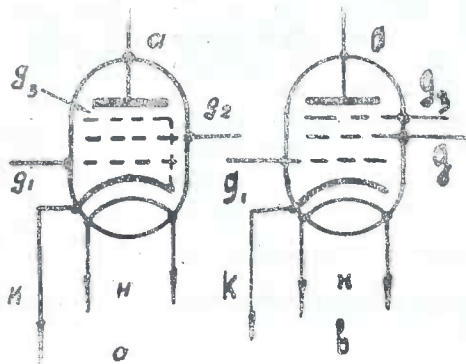
დინატრონული ეფექტის მოვლენა პენტოდში არსებითად არ ისპობა, მაგრამ ანტიდინატრონული ბაღე, რომელიც ჩვეულებრივად კათოდთანაა შეერთებული, ამცირებს  $g_2$  და  $a$  შორის, ე. ი. ანოდსა და ეკრანს შორის არსებულ ელექტრულ არეს, რომელსაც გადააქვს მეორადი ელექტრონები ბაღიდან ( $g_2$ ) ანოდზე ( $a$ ) ანდა პირიქით.

ანტიდინატრონული ბაღის შეტანა მილაკში იწვევს ანოდსა და კათოდს შორის არეს დაძაბულობის შემცირებას, ამიტომ პენტოდები ანოდზე მეტ ძაბვას საპირობებენ.

ამჟამად სამი ძირითადი ტიპის პენტოდები გვხვდება: 1. დაბალი სიხშირის გამაძლიერებელი, 2. მაღალი სიხშირის გამაძლიერებელი და 3. გენერატორული პენტოდები. სურ. 72a-ზე ნაჩვენებია დაბალი სიხშირის პენტოდის სქემა (6-Φ-6) და სურ. 72b-ზე მაღალი სიხშირის გამაძლიერებელი პენტოდი, რომლის ანტიდინატრონულ ბაღეს გარედან ცალკე გამოწყვანი აქვს (6-K-7, 6-K-9M და სხვა), რომლებიც შეგვიძლია გამოვიყენოთ მილაკის მახასიათებლის დახრილობის შესაცვლელად, ანდა შევეუერთოთ კათოდს გარე წრედით, როგორც ქვემოთ განვიხილავთ, რადიომიმღებ



აპარატურას გადამცემი რადიოსადგურების სიმძლავრის და მიღების ადგილიდან დაშორების მიხედვით სხვადასხვა პირობებში უხდება მუშაობა. გადამცემი სადგურის მიერ შექმნილი არეს დაძაბულობა ხშირად იცვლება (განსაკუთრებით მოკლელექტრონული სადგურების მიღების შემთხვევაში), რის გამოც მილაკის ბადეზე ჭან ნაკლები ალგზნების პოტენციალი გვექნება ხან კი მეტი, ამიტომ მიმღების ჭმის სიდიდე ხშირად იცვლება.



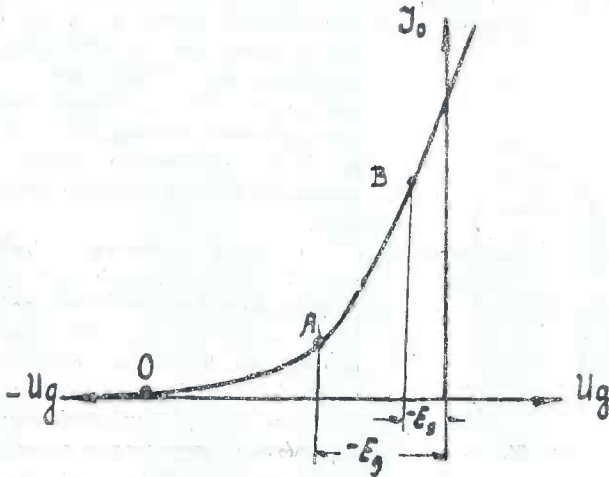
სურ. 72.

ზოგჯერ მიმღები ძლიერ ხმაურობს, ზოგჯერ კი პირიქით, ზუსტად მუშაობს. ამ უხერხულობის ასაცილებლად იყენებენ მილაკ ვარიმიუ ს\*)), რომლის საშუალებით წესრიგდება ხშიანობა. აღსანიშნავია, რომ დიდი სიგნალის შემთხვევაში გაძლიერების კოეფიციენტი ( $\mu$ ) მცირდება და, მაშასადამე, ხმაც მცირდება და პირიქით.

ვარიმიუ მილაკის მმართველი ბადის სპირალს ცვალებად ბიჯიანს აკეთებენ, ე. ი. ბადის ერთი ბოლოს სპირალის ხვევებს. შორის ნაკლები მანძილია და მეორე ბოლოში კი მეტი. ასეთი ბადე შემდეგნაირად მოქმედებს: როდესაც გვაქვს ალგზნების მცირე ამპლიტუდა, მაშინ ბადეს ეძლევა მცირე ელექტროული ძვრა— $Eg$  და ამით მილაკში სამუშაო წერტილი გადადის მახასიათებლის იმ ნაწილში, სადაც  $S$  დახრილობა მეტია ( $B$  წერტილში) და ანოდის დენის ცვალებადობა ძლიერდება ბადის მცირე პოტენციალის მიუხედავად, რის შესაბამისადაც მიმღებზე ხმამალა მუშაობას იწყებს. ამით თითქოს მილაკი უფრო „იღება“ სუსტი სიგნალებისათვის. როდესაც ბადეზე გვექნება ალგზნების დიდი ამპლიტუდა, მაშინ მილაკს ეძლევა დიდი უარყოფითი— $Eg$  ძვრა, რითაც სამუშაო წერტილი გადადის იმ უბანში, სადაც მახასიათებლის დახრილობა ნაკლებია (წერტილი  $A$ ), რის გამოც ანოდის დენის სიდიდის ცვალებადობა მცირდება და მიმღების ხმა ნორმალური ხდება. ამგვარად, მილაკი „ვა-

\* ვარიმიუ ორი სიტყვისაგან შედგება: „ვარიო“ ნიშნავს ცვალებადობას „მიუ“ ( $\mu$ ) კი გაძლიერების კოეფიციენტს, ერთად ეს სიტყვა ნიშნავს ცვლად-გაძლიერების კოეფიციენტს:

რიმიუ“ ხმის სიძლიერეს ავტომატურად არეგულირებს. სურ. 73-ზე მოცემულია ვარიმიუ მილაკის მახასიათებელი, მის ქვედა ნაწილს აქვს წაგრძელებული „კული“. მახასიათებელი შედგება ორი ნაწილისაგან: წაგრძელებული



სურ. 73.

„კულის“  $OA$  და აღმართული  $AB$  ნაწილი, რომელსაც დიდი დაბრილობა აქვს. ვარიმიუ მილაკებს მიეკუთვნება მილაკები: 6- $K$  7, 6- $A$  8, 6- $SK$  7 და სხვა.

### 8. კომბინირებული მილაკები

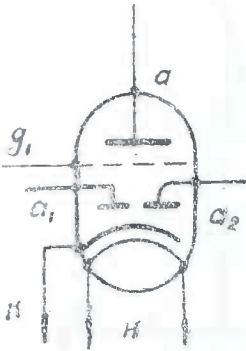
კომბინირებული მილაკები სხვადასხვა ტიპის მილაკების გაერთიანებულ სისტემას წარმოადგენენ. აქ ერთი მილაკი ასრულებს რამდენიმე დანიშნულებას. ასეთი მილაკები უფრო ეკონომიურია, რადგანაც მიწოდებში მათი რიცხვი მცირდება. კომბინირებული მილაკების გამოყენებით მოწყობილობის მონტაჟი მარტივდება და იაფდება. ასეთი მილაკებია:

ორმაგი დიოდ-ტრიოდ — როგორც სურ. 74-ზე არის ნაჩვენები, შედგება შემდეგი ელემენტებისაგან: კათოდი ( $k$ ), ორი მცირე ანოდი ( $a_1$  და  $a_2$ ), მმართველი ბადე ( $g_1$ ) და მთავარი ანოდი ( $a$ ). კათოდი და ორი მცირე ანოდი წარმოადგენენ ორანოდიან დიოდს, ხოლო იგივე კათოდი, მმართველი ბადე და ანოდი წარმოადგენენ ტრიოდს. მცირე ანოდსა და კათოდს შორის პარაზიტული ტევადობის შესამცირებლად მათ იფარავენ სპეციალური ეკრანებით.

ასეთი კონსტრუქციული გაფორმების გამო დიოდ-ტრიოდის მილაკის მმართველი ბადე გამოყოფთ ზევით ბალონზე, ანოდი კი გამოყვანილია „ცოკოლში“. თანამედროვე მიწოდებებში ერთ-ერთ მცირე ანოდს და კათოდს იყენებენ დეტექტირებისათვის. დეტექტირებული სიხშირე იგივე მილაკის სათანადო სექციაში ჩართვით მმართველი ბადის და ანოდის მეშვეობით ძლიერდება სასურველ სი-

დიდემდე. მეორე მცირე ანოდიდან იღებენ გამართულ დენს მილაკ ვარიმიუს ბადეზე—*Eg* შეცვლისათვის, ხმის ავტომატური რეგულირების მიზნით.

ორმაგ დიოდ-პენტოდი—მილაკები მიეკუთვნებიან ისეთი კომბინირებული მილაკების რიცხვს, რომელთაც დიდი გაძლიერების კოეფიციენტი აქვთ. აქ გაერთიანებულია ორი ელექტროდიანი მილაკი და ერთი პენტოდი.

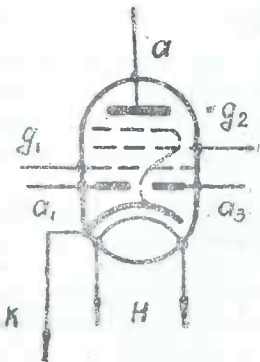


სურ. 74.

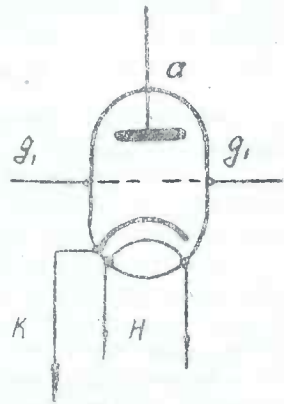
ორმაგ დიოდ-პენტოდის პრინციპული სქემა მოცემულია სურ. 75-ზე. ორი მცირე ანოდის და კათოდის დანიშნულება იგივეა, რაც დიოდტრიოდის შემთხვევაში, ხოლო სხვა დანარჩენი პენტოდური ნაწილი კი განკუთვნილია დაბალი სიხშირის გაძლიერებისათვის.

ორმაგი ტრიოდი—წარმოადგენს (სურ. 76) ორი ტრიოდის გაერთიანებას და გამოიყენება დაბალი სიხშირის გაძლიერებისათვის. იმ გამაძლიერებლებში, სადაც გვაქვს ორტაქტიანი სქემები. აქ ორი მილაკი შეიძლება შეიცვალოს ერთით და ამით აღწვევს მილაკების რიცხვის ეკონომიას. ამჟამად, ორმაგ ტრიოდ მილაკებიდან გაერთიანებულია 6-N-7 ტიპის მილაკები. გარდა ზემოჩათ-

ვლილი კომბინირებული მილაკებუსა, არსებობს სხვა მრავალი ტიპის, მაგრამ მათ განხილვას არ შევუდგებით, რადგანაც ისინი რაიმე ახალს აა შეიცავენ.



სურ. 75.



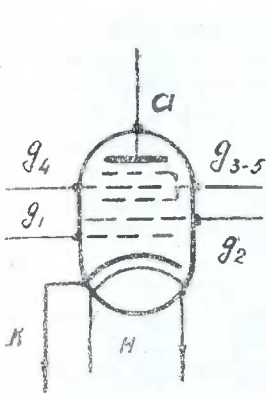
სურ. 76.

### 9. პენტაგაიდი ანუ გეპტოდი

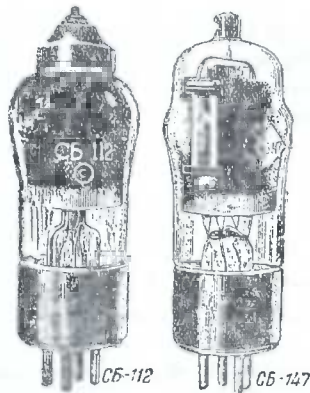
ქვემოთ ჩვენ გავცნობით ე. წ. სუპერგეტროდინულ მიილებს, სადაც დიდი გამოყენება აქვს რთულ მილაკებს. მათ შორის ყველაზე შესანიშნავია

ვერთფოდებული მილაკ პენტაგრიდი ანუ უბრალოდ პენტაგრიდი. იგი ხუთბადიანია. მასში, როგორც სურ. 77-დან ჩანს, 7 ელექტროდია, სადაც  $k$  წარმოადგენს კათოდს,  $H$  ვარვარების ძაფს,  $g_1$  პირველი მმართვის ბადეს,  $g_2$  მეორე ბადე, რომელიც ზოგ სქემაში ასრულებს ანოდის როლს.  $g_3-5$  მაქტიანიერებელი ბადეა,  $g_4$  ძირითადი მმართველი ბადეა და  $a$  ანოდი.

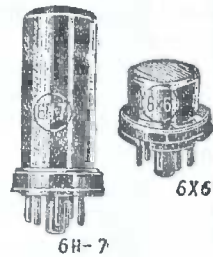
კათოდი, ვარვარების ძაფი და  $g_1$ ,  $g_2$  ელექტროდების (ბადეები) ერთობლიობა ქმნის სამელექტროდიან მილაკს, სადაც მმართავი ბადის როლს ასრულებს პირველი ბადე და ანოდის როლს კი მეორე ბადე ( $g_2$ ). ეს ელექტრო-



სურ. 77.



სურ. 78.



დები უერთდებთან სუპერული მიმღების ადგილობრივ. გენერატორს ე. ი. ამ ელექტროდებს ადგილობრივი სიხშირის მისაღებად იყენებენ, რაც შეეხება შესაძე ბადეს ( $g_3$ ). იგი ამცირებს პარაზიტულ ანუ მაენე ტეეადობას მეორე ბადესა ( $g_2$ ) და მეოთხე ბადეს ( $g_4$ ) შორის.  $g_4$  ძირითადი მმართავი ბადეა, რომელსაც უერთდება მიმღების კონტურის ერთ-ერთი წევრი. გარდა გეტოდისა, ამ ბოლო ხანებში იყენებენ აგრეთვე ოქტოდებს ანუ ექვსბადიან მილაკებს, რომელთაც უკეთესი პარამეტრები ახასიათებთ, ვიდრე პენტოდებს. სურ. 78 ნაჩვენებია მიმღებებში გამოყენებული ზოგი მილაკების გარეგანი სახე.

### 10. გენერატორული მილაკები

გენერატორული მილაკები ეწოდება ისეთ მილაკებს, რომლებიც გამოიყენება მაღალი სიხშირის გენერირებისათვის. ნებისმიერ მილაკს, გარდა დიოდისა, შეუძლია მოგვეცეს მაღალი სიხშირე, თუ იგი იქნება ზართული სათანადო საქმეში, მაგრამ მარაგი სიმძლავრის ოდენობის გამოყოფის მხრივ ყველა არ გამოდგება; უმეტეს შემთხვევაში საჭიროა არა მარტო მაღალი სიხშირის დენის გენერირება, არამედ მისი ენერჯის სიდიდეც.

იქ, სადაც მცირე სიჭლავრის მაღალი სიხშირის დენია საჭირო, მაგალითად, გამზომ ხელსაწყოებში და მიძღვბ მოწყობილობაში, შესაძლებელია დავკმაყოფილდეთ რამდენიმე მეთასედი მეთათათსედი, ეატის მაღალი სიხშირის სიმძლავრითაც. გადამცემ რადიოსადგურებში, სადაც მაღალი სიხშირის სიმძლავრეა საჭირო, მილაკმა უნდა მოგვეცეს საკმაოდ დიდი ენერგია, რათათაიდან ავიცალოთ გამამძლეებელი კასკადების დიდი რიცხვი.

როგორც ცნობილია, კათოდიდან ანოდზე გადასულ ელექტრონებს თანმიაქეთ საკმაოდ დიდი ენერგია, რასაც გადასცემენ ანოდს და მასზე სითბოს სახით გამოიყოფა.

თუ მილაკის რეჟიმი და სქემა სათანადოდ არაა გათვლილი, მაშინ ანოდზე სითბოს სახით გამოყოფილი სიმძლავრე შესაძლებელია იმდენად დიდ იყოს, რომ ანოდი გადნეს. სიმძლავრის მიხედვით თანამედროვე მაღალი სიხშირის მილაკები შესაძლებელია დავყოთ ოთხ ძირათად კატეგორიად: 1. მცირე სიმძლავრის, 2. საშუალო სიმძლავრის, 3. მძლავრი და 4. ზემძლავრი გენერატორული მილაკები.

მცირე სიმძლავრის მილაკებს მიეკუთვნება ისეთები, რომლის ანოდის ძაბვა არ აღემატება 100—750 ვოლტს და შეუძლია მოგვეცეს 20 ვა-დე მაღალი სიხშირის ენერგია.

საშუალო სიმძლავრის მილაკებს მიეკუთვნება ისეთები, რომლის ანოდის ძაბვა არ აღემატება 750—3000 ვოლტს და შეუძლია მოგვეცეს 0,5 კვ მაღალი სიხშირის ენერგია.

მძლავრ მილაკებს მიეკუთვნება ისეთები, რომელთა ანოდის ძაბვა აღწევს 10000 ვოლტამდე და შეუძლია ანოდის წრედში ჩართულ კონტურში გამოიყოს 20—20 კილოვატამდე მაღალი სიხშირის ენერგია.

ზემძლავრი მილაკების ანოდის ძაბვა აღწევს 15000 ვოლტამდე და მათ მიერ შოცემული მაღალი სიხშირის ენერგია ხშირად 500—600 კილოვატამდე აღწევს. ასეთი მილაკების ემისიის დენი 50—100 ამპერს უდრის, მცირე სიმძლავრის მილაკებში კი იგი არ აღემატება 150—200 მილიამპერს.

თანამედროვე მაღალი სიხშირის გენერატორულ მცირე და საშუალო სიმძლავრის მილაკებში, გამონაკლისის გარდა, გამოიყენება ოქსიდირებული და კარბიდირებული კათოდი, რომლის ანოდი კეთდება გაშვებული ნიკელის ფურცლისაგან, რათა გადავიღდეს მასზე გამოყოფილი სითბური ენერგიის სივრცეში გადაცემა.

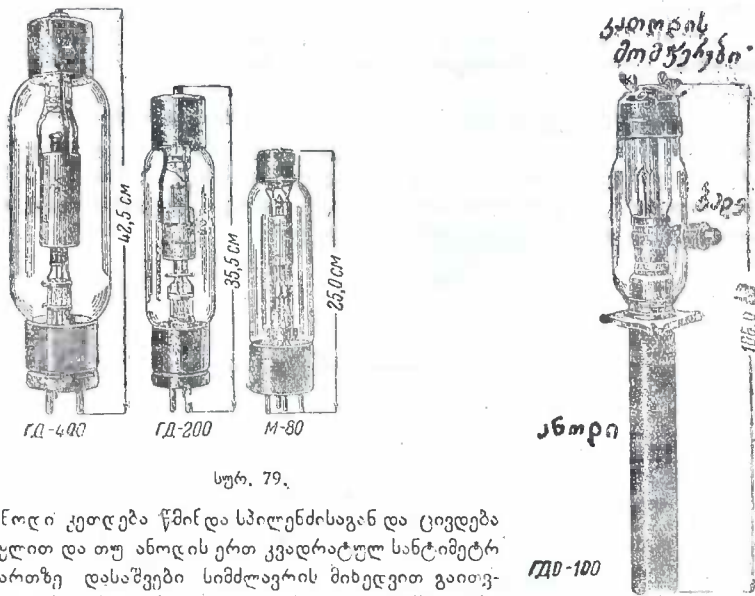
მძლავრ და ზემძლავრ მილაკებში კათოდი კეთდება ვოლფრამისაგან. დიდი ანოდური ძაბვა აქტივირებული (ოქსიდებით ანდა კარბიდით დამუშავებული) კათოდის გამოყენების საშუალებას არ იძლევა, რადგანაც ისინი ადვილად იშლებიან და კათოდი ისევ დეაქტივიზირდება.

გარდა ამისა, მილაკში დიდი ძაბვის დროს ელექტრონები კოლოსალური სისწრაფით მოძრაობენ (მაგალითად, ანოდზე 10000 ვოლტის დროს ელექტრონის სისწრაფე აღწევს 60000 კილომეტრს წამში) და საშიშროება იქმნება ბალონში, თუნდაც მცირე რაოდენობის გაზების იონიზაციის. ამის გამო მძლავრ მილაკებში კათოდად იყენებენ წმინდა ვოლფრამს, რომელიც იძლევა მილაკის ე. წ. „გაუბეშების“ საშუალებას. მილაკის გაუბეშება შემდეგში მდგომარეობს:

სანამ მძლავრი გენერატორის მილაკს ჩართავდნენ სქემში, მის კათოდს რამდენიმე საათის განმავლობაში ავარჯობენ. გავარჯობებული ვოლფრამი იერთებს ბალონში ნარჩენ ვაზებს, რის შედეგადაც უჭკობესდება ვაკუუმი.

ვაუზჯობებსული ვაკუუმის დროს (დიდი ანოდური ძაბვის შემთხვევაში) მცირდება იონიზაციის საშიშროება და აღვილდება ელექტრონების თავისუფალი გადასვლა ანოდზე, რაც ამცირებს მილაკის შინაგან წინაღობას.

მმართავი ბადე ყველა გენერატორულ მილაკებში მზადდება მოლიბდენის მავთულისაგან. მძლავრ და ზემძლავრ მილაკებში (400 ჰვ სიმძლავრეზე მეტად)



სურ. 79.

სურ. 80.

ანოდი კეთდება წმინდა სპილენძისაგან და ცივდება წყლით და თუ ანოდის ერთ კვადრატულ სანტიმეტრ ფართზე დასაშვები სიმძლავრის მიხედვით გაიხილვიან საჭირო ანოდის ფართს, იგი კონსტრუქტულად დიდი აღმოჩნდება, ამიტომ ფართის შემცირების და სითბოს ინტენსიურობის მოცილების მიზნით მილაკს წყლით აცივებენ. ვარდა ამისა, ანოდის ნორმაზე მეტად გახურება დაუშვებელია, რადგანაც ლითონიდან გამოიყოფა მის მოლეკულებს შორის მყოფი ე. წ. ოკლუდირებული ვაზები, რაც გაფუჭებდა ვაკუუმს. აგრეთვე გახურებული ლითონი, მგრძნობიერია დინატრონული ეფექტის მიმართ.

თანამედროვე, მცირე და საშუალო სიმძლავრის გადამცემ მოკლეტალღიან რადიოსადგურებში ტრიოდები შეცვლილია გენერატორული ტეტროდებით და პენტოდებით.

ეს გამოწვეულია იმით, რომ ელექტროდებს შორის დიდი ტევადობის გამო ტრიოდები ნაკლებად გამოსადეგია, მაღალი სიხშირის გასაძლიერებლად. ისინი კარგად მუშაობენ მაღალი სიხშირის წარმოსაქმნელ ანუ აღმზნებ გენერატორებში.

ტეტროლები ანოდის წრედში ჩართულ კონტურში დიდი, სიმძლავრით გაძლიერებას იძლევიან. ამავე დროს მმართველი ბადის ანოდებს შორის ტევადობა მცირეა, დინატრონული ეფექტი კი დიდი, რაც ამახინჯებს ანოდის იმპულსის ფორმას და ამცირებს ანოდური ძაბვის გამოყენების კოეფიციენტს ( $\xi \approx 0,8$ ), ეს უარყოფითი მხარე გენერატორულ პენტოდებში აცილებულია ანტიდინატრონული ბადის გამოყენებით.

ამის გარდა, ტეტროლების გაძლიერების კოეფიციენტი მეტია. თუ ტრიოდებისათვის  $\mu \approx 20$ , ტეტროლებში იგი აღწევს 40-მდე და ზოგ შემთხვევაში უფრო მეტსაც.

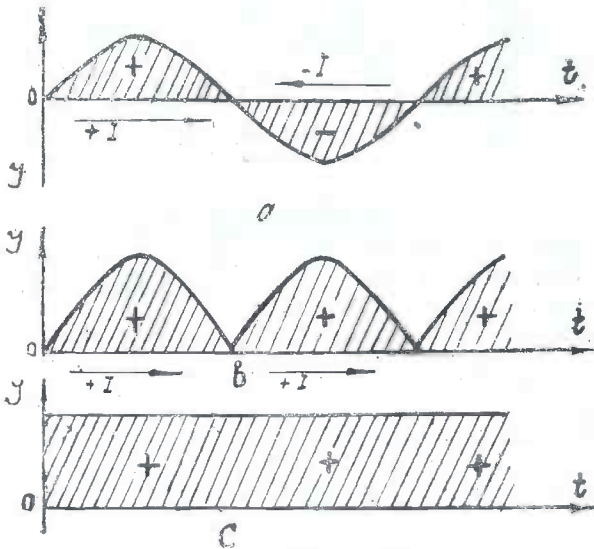
პენტოდების გაძლიერების კოეფიციენტი  $\mu$ —100-მდე აღწევს, ეს კი დიდ ეკონომიას გვაძლევს გაძლიერების საფეხურების (გადაცემის კასკადების) შემცირებაში.

სურათ 79 ნაჩვენებია გადამცემ რადიოსადგურებში გამოყენებული მილაკები (საშუალო და მცირე სიმძლავრის). მათგან  $M$ —80 გამოიყენებენ აგრეთვე დაბალი სიხშირის მძლავრ გამაძლიერებლებშიც. სურათ 80 ნაჩვენებია მძლავრი გენერატორული მილაკი, რომლის ანოდს აცივებენ წყლით, იგი (მილაკი) 100 *ლ/შ* სასარგებლო სიმძლავრეს იძლევა.



1. მართი-ნახევარ და ორი-ნახევარ პერიოდისი გამზარითვლები

რადიოდანადგარებში საჭიროა ცვლადი დენის მუდმივ დენად გარდაქმნა, ვინაიდან ელექტრონული მილაკი იმუშავებს, ანუ უფრო სწორად, დენს გაატარებს მაშინ, თუ მის ანოდზე მოდებელი ზქნება მიმართულებით უცვლელი პო-



სურ. 81.

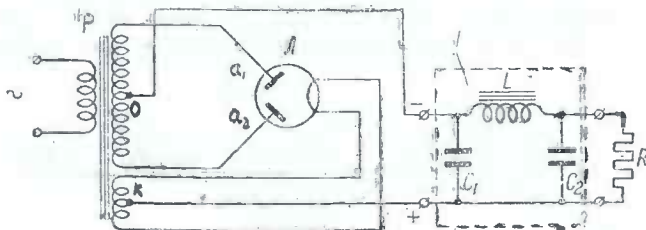
ტენციალი. მილაკის მუშაობისათვის საჭიროა ანოდზე გვექონდეს დადებითი პოტენციალი, ხოლო კათოდზე — უარყოფითი, მაშინ დენი გაივლის ანოდიდან კათოდზე, დადებით პოლუსიდან უარყოფით პოლუსისაკენ.

რადიომიმღები აპარატების უმრავლესობა ცვლადი დენით იკვებება. ამევე დროს, როგორც ზემოთ ავღნიშნეთ, მილაკებს ცვლად დენზე მუშაობა არ შეუძლია, მაშასადამე, მას უნდა ჰქონდეს ისეთი მოწყობილობა, რომელიც ქსელის ცვლად დენს მუდმივ დენად გარდაქმნის. ამ მოვალეობას ასრულებს გამართველი, რომელსაც ქვემოთ განვიხილავთ. სურ. 81-ზე მოცემულია



გამმართველს წრედებში შესაძლებელი დენის ფორმები. სურ. 81a-ზე ნაჩვენებია ცვლადი დენი, რომელიც დროის შონაკვეთში იცვლება როგორც სიდიდით, ისე მიმართულებით.

ასეთი ფორმის დენს ძდგილი აქვს ცვლადი დენის ქსელში, რომლის უშუალოდ გამოყენება მიიღების ასამუშავებლად შეუძლებელია. სურ. 81b-ზე მოცემულია ე.წ. პულსური დენის ფორმა, რომელიც მიმართულებით მდრძივია, მაგრამ დროის განმავლობაში სიდიდით იცვლება. არც ასეთი დენის გამოყენება შეიძლება მიმღებებში. სურ. 81c-ზე ნაჩვენებია მუდმივი დენი როგორც მიმართულებით, ისე სიდიდით. ზრადიოაპარატებში და დანადგარებში სწორედ ასეთი დენია საჭირო. მაშასადამე, როდესაც რადიოაპარატის ზანგალს ვრთავთ



სურ. 82.

ქსელის წრედში, ამით მიმღებში შეგვეყვს ისეთი ფორმის დენი, როგორიც ნაჩვენებია სურ. 81a-ზე. ეს დენი უნდა გარდაიქმნას ისეთ დენად, როგორიც მოცემულია სურ. 81c-ზე.

პროცესს, რომლის დროსაც ხდება ცვლადი დენიდან მუდმივი დენის მიღება, დენის გამართვა ეწოდება. ამ დანიშნულებას ასრულებს მიმღების გამმართველი, სათანადო ელექტრონული მილაკის დიოდის ანდა ორმაგი დიოდის საშუალებით.

მუშაობის პრინციპის მიხედვით გამმართველები მრავალგვარია; სახელდობრ: მქეანიკური, კუპროქსული, იონური და ელექტრონული.

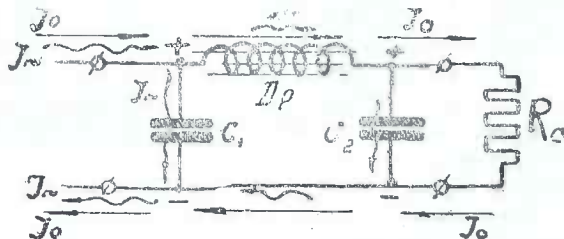
გამმართველი პერიოდების მიხედვით შესაძლებელია იყოს: ერთი-ნახევარ პერიოდისანი და ორი-ნახევარ პერიოდისანი. სურ.

82-ზე მოცემულია ცვლადი დენის ორ-ნახევარ პერიოდისანი ერთფაზა გამმართველის პრინციპული სქემა. აქ  $T_p$  წარმოადგენს ძალოვან ტრანსფორმატორს,  $J$  გამმართველი მილაკია, რომელიც დენს ატარებს ერთი მიმართულებით ანოდისკენ კათოდისაკენ. სურ. 81a, b-ზე ნაჩვენებია ტრანსფორმატორის პირველად და მეორედ გრაგნილში მოქმედი მყისიერი დენის ფორმა, ხოლო სურ. 81c კი წარმოადგენს იმ დენის ფორმას, რომელიც  $R$  წინაღობაში გადის. რომლისაც აღნიშნულია, ის აპარატი რომელიც უნდა კვებოთ გამმართველით.

თუ დავუკვირდებით ნახაზს, (სურ. 81a) დროის იმ მომენტში, როდესაც მეორედ გრაგნილში ძდგილი აქვს დადებით პირველ ნახევარ  $(+I \rightarrow)$  პერიოდს, დენი გაივლის  $J$  მილაკში, გადის  $2a, R$  წრედს და შედის ტრანსფორმატორის

შუბა  $\Theta$  წერტილში. მეორე ანოდი  $a_2$  ამ დროს დაკეტილია, რადგანაც მეორად გრაგნში ხელოვნური ნულის (0) შედეგად  $a_1$  და  $a_2$  მქმედი ძაბვები  $90^\circ$  დაძრულია. შეიცვლება თუ არა დენის მიმართულება პირველად გრაგნში ( $-I \leftarrow$ ) დაკეტილი აღმოჩნდება  $a_1$ , ხოლო  $a_2$  თავისუფლად გაატარებს დენს; ამის შედეგად იგი მეორე ნახევარ პერიოდში გაივლის  $Oa_2kR$  წრედს. როგორც ვხედავთ, წინაღობა  $R$ -ში დენი გადის ერთი მიმართულებით, თუმცა ტრანსფორმატორის როგორც პირველად, ისე მეორად გრაგნილში მისი მიმართულება ყოველ ნახევარ პერიოდში იცვლება. გამმართველის  $+$  და  $-$  მომქერებზე გვაქვს პულსირი დენი (სურ. 81b), რომელიც შეიცავს როგორც მუდმივ ისე ცვლად შემადგენელ დენს. რადიოდანადგარის საკვებავად ცვლადი შემადგენელი გამოუსადეგარია, ამიტომ საჭიროა იგი მოვიცილოთ რაიმე საშუალებით, ასეთ საშუალებას წარმოადგენს ე. წ. ელექტრული ფილტრი ( $LC_1C_2$ ), რომელიც ყველა გამმართველის განუყრელ ნაწილს წარმოადგენს. ასეთი ფილტრის ცალკე სქემა ნაჩვენებია სურ. 83-ზე.

სქემაზე ნაჩვენებ ფილტრს  $Dp C_1 C_2$  უნარი აქვს მუდმივი მიმართულების პულსური დენი (81b) ნაკლებ პულსურად გარდაქმნას და, თუ ფილტრი მრავალჯერდიანი იქნება, ძაშინ იდეალურ მუდმივ დენს მიუახლოვოს. მაგრამ მრავალჯერდიან ფილტრს იშვიათად ხმარობენ. ერთჯერდიანი სქემაც იძლევა დენის პულსაციის საკმაოდ შესუსტებას პრაქტიკული საქმიანობი-



სურ. 83.

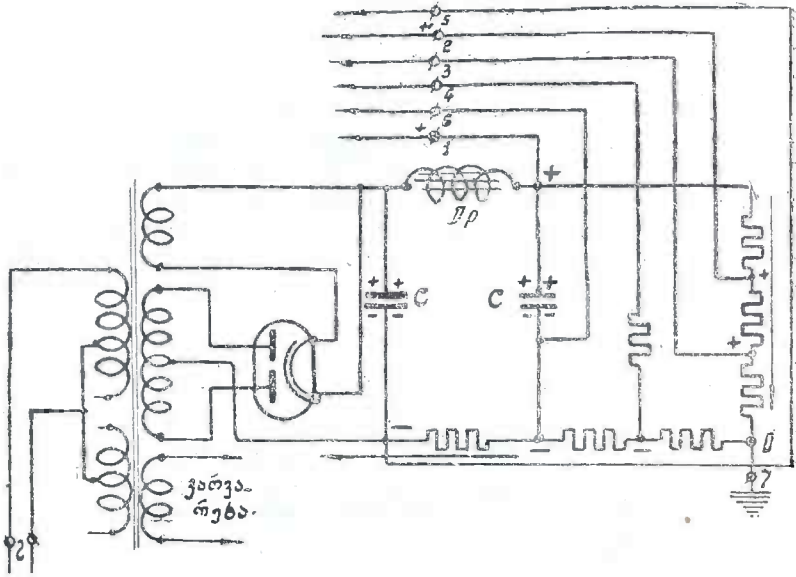
სათვის. ფილტრის სქემის (სურ. 83) მუშაობის პრინციპი შემდეგში მდგომარეობს: კონდენსატორი ( $G$ ) ატარებს ცვლად დენს, ხოლო თვითინდუქცია ( $Dp$ ) მას დიდ წინაღობას უქმნის. მუდმივი დენის მიმართ კი პირიქით, საწინააღმდეგო შემთხვევას აქვს ადგილი, ე. ი. კონდენსატორი მას არ ატარებს. ხოლო თვითინდუქცია კი უმნიშვნელო წინაღობას უწევს ცვლად დენთან შედარებით. გამორკვეულია, რომ სურ. 81b-ზე მოცემული დენის მდგენლებია:  $I \sim$  ცვლადი და  $I_0$  მუდმივი დენი. მაშასადამე გვაქვს

$$I = I_0 + I \sim$$

ჩვენთვის საჭიროა, რომ  $I_0$  გადიდდეს მიმღებში,  $I \sim$  კი ჩაიკეტოს (მიმღებში გაჩსდეს). სურ. 83-ზე სწორი ისრით ნაჩვენებია მუდმივი დენის მიმართულება, დაკლაკნით კი ცვლადი დენისა. როგორც ჩანს წინაღობა  $R$

გადის  $I_0$ ,  $I$  კი მას გვერდს აუვლის და  $C_1$  და  $C_2$  მეშვეობით უკანვე ბრუნდება. ზოგჯერ მიმღების აუტანელი გუგუნის მიზეზია ერთი ან ორივე კონდენსატორის მწყობრიდან გამოსვლა, რის შედეგად გამართული დენის გაფილტვრა მცირდება და მიმღებში გამართული დენის ცვლადი შემადგენელის დიდი ნაწილი გადის.

რადგანაც გამმართველი მიმღების მთლიან კვებას ემსახურება და იმავე დროს მისი სხვადასხვა წრედისათვის საჭიროა სხვადასხვა ნიშნის და სი-



სრუ. 84.

ღიდის ძაბვა, ამიტომ გამმართველის ფილტრიდან მიღებული დენი ნაწილდება ე. წ. ძაბვის დამყოფის საშუალებით.

ძაბვის დამყოფი წარმოადგენს წინაღობების ჯგუფს, რომლის სხვადასხვა ადგილზე გამოწყვანი სხვადასხვა ძაბვის მუდმივ დენს იძლევა. როგორც სურ. 84-ზე ჩანს, გამმართველის ფილტრიდან გამოდის 7 წვერი, რომელთაგანაც ერთი (7) ჩამიწებულია და წარმოადგენს ნულოვან პოტენციალს მიმღების მთლიანი სისტემის მიმართ.

ჩამიწებული კონტაქტი (7) ქმნის საერთო ნულოვან პოტენციალს. ამ წვერტილიდან 1, 2 და 3 გამოწყვანები როგორც ჩანს, დადებითი პოტენციალის ქვეშაა, მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ სხვადასხვა რაოდენობის წინაღობების ჩართვის გამო, მათი პოტენციალი სიდიდით სხვადასხვაა. რაც შეეხება კონტაქტ (0)-დან მეორე მხრით გვაქვს წვერები უარყოფითი პოტენციალით:

და შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს მილაკის ბაღეზე უარყოფითი ძვრის ( $-E_g$ ) მისაღებად (4, 5 და 6).

აქვე უნდა შევნიშნოთ, რომ ფილტრის ფიზიკურად  $D_p$ , რომელიც სურ. 84-ზე არის მოცემული, როგორც ცალკეული დროსელი შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს დინამიკური ხმამალა მოლაპარაკეს და მავნიტებითი კოჭის ხეიად, რითაც მიღწეული იქნება როგორც დენის ეფექტური გამოყენება, ისე ფერადი ლითონის ეკონომია.

## 2. ბგერითი სიხშირის დენის წყაროები

ბგერითი სიხშირის დენის პირველად წყაროს მიკროფონები წარმოადგენენ. თანამედროვე რადიოტექნიკაში მრავალი ტიპის მიკროფონია ცნობილი; როგორცაა

1. ნახშირიანი ანუ კონტაქტური მიკროფონი.
  2. ზონარიანი ელექტროდინამიური მიკროფონი.
  3. კოჭიანი ელექტროდინამიური მიკროფონი.
  4. კონდენსატორული ანუ ელექტროსტატიკური მიკროფონი. და
  5. პიოზოელექტრული მიკროფონი.
- უმარტივეს მიკროფონს წარმოადგენს ნახშირიანი მიკროფონი, ამიტომ განვიხილოთ იგი.

სურ. 85-ზე მოცემულია მიკროფონის ჩართვის პრინციპული სქემა, სადაც  $M$  მიკროფონია,  $E_0$  ე. მ. ძალის წყარო, რომელიც მიკროფონში ქმნის დენს.  $T_p$  მიკროფონის ტრანსფორმატორია, რომლის დანიშნულებაა მიკროფონის წრედში გამავალი ბგერითი სიხშირით პულსირებულ დენიდან გამოჰყოს ბგერითი რხევადი სიხშირე. როდესაც მიკროფონის წინ გვაქვს ბგერა, მაშინ მიკროფონის აპკის ზედაპირზე ბგერის შესაბამისი ცვლადობით ხდება დაწოლა. ამგვარად, ნახშირის ფხვნილი ხან იკუმშება, ხან უბრუნდება თავის პირვანდელ მდგომარეობას. შეკუმშვის დროს მარცვლების ერთმანეთთან შეხების ფართი დიდდება და წინალობა მცირდება, რის დროსაც მეტი დენი გაივლის. დაწოლის შემცირების დროს მარცვლების შეხების ფართი მცირდება, წინალობა იზრდება და გამავალი დენის ძალა მცირდება. თუ დაწოლით გამოწვეული წინალობის ცვლადობა შეესაბამება მიკროფონის წინ წარმოქმნილ ბგერებს, ცხადია, ამის შესაბამისად შეიცვლება მიკროფონში გამავალი დენის ძალა.

როდესაც მიკროფონის წინ სიზუმეა, მაშინ  $ME_{ab}$  წრედს აქვს  $R_0$  წინალობა, რომელსაც მიკროფონის უძრავობის წინალობა ეწოდება, და მასში გაივლის უძრავობის დენი, რომელიც ტოლი იქნება:

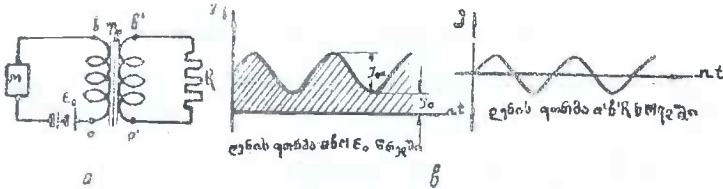
$$I_0 = \frac{E_0}{K_0} \quad (110)$$

სადაც  $E_0$  წრედში ჩართული ე. მ. ძალაა. ვთქვათ, მიკროფონის წინ წარმოიქ-

მნა სინუსოიდალურად ცვლადი ბგერა, მაშინ მიკროფონის უძრავობის წინააღმდეგ შეიცვლება, რადგანაც ბგერა მოახდენს მიკროფონის ნახშირის ფხენილზე მექანიკურ დაწოლას და ეს ცვლებადობა გამოიხატება:

$$R = R_0 + R' \sin \Omega t$$

აქ  $R$  მიკროფონის წრედი  $ME_{\text{ფ}} ab$ -ს მყისიერი წინააღმდეგობაა,  $R'$  მიკროფონის წინააღმდეგობის მაქსიმალური სიდიდე, ხოლო  $\sin \Omega t$  გამოხატავს ბგერების დაწო-



სურ. 85.

ლის ცვლებადობას. მყისი დენის ძალა  $T_p$  ტრანსფორმატორის პირველად გრადენში შეიცვლება შემდეგი კანონზომიერებით:

$$i_0 = \frac{E_0}{R_0 + R' \sin \Omega t} = \frac{E_0}{R_0} \left( \frac{1}{1 + \frac{R'}{R_0} \sin \Omega t} \right) = \frac{E_0}{R_0} \left( 1 + \frac{R'}{R_0} \sin \Omega t \right)^{-1}$$

მიღებული ფორმულის მარჯვენა ნაწილის მეორე მამრაველი დაიშლება ნიუტონის ბინომით;

$$\left( 1 + \frac{R'}{R_0} \sin \Omega t \right)^{-1} = 1 - \frac{R'}{R_0} \sin \Omega t + \left( \frac{R'}{R_0} \right)^2 \sin^2 \Omega t - \dots \text{ ა. შ.}$$

ამ მწკრივიდან, გარდა პირველი წევრებისა, შეგვიძლია უგულველვყოთ, რადგანაც  $R'$ ,  $R_0$ -თან შედარებით მცირე სიდიდეა და ცხადია, მათი უარდობის კვადრატი და კუბი უფრო მცირე იქნება და საბოლოოდ გვაქვს:

$$i_0 = \frac{E_0}{R_0} \left( 1 - \frac{R'}{R_0} \sin \Omega t \right) \quad (111)$$

მაგრამ  $\frac{E_0}{R_0} = I_0$  ხოლო  $R'$  და  $R_0$  შეფარდება გვიჩვენებს თუ რამდენად იცვლება მიკროფონის სავსებით წინააღმდეგობა, რაცაც ცვლებადობა სიმძლავრის ბგერითი დაწოლა, ამ ფარდობის მიკროფონის მოდულაციის კოეფიციენტი ეწოდება და  $M$ -ით აღინიშნება, ამგვარად გვექნება:

$$M = \frac{R'}{R_0}$$

ეს სიდიდე მიჩვენებელია იმისა, თუ რა „სიღრმით“ იცვლება დენის სიდიდე (მოდული) ბგერის გავლენით და, როგორც განყენებული სიდიდე შეგვიძლია

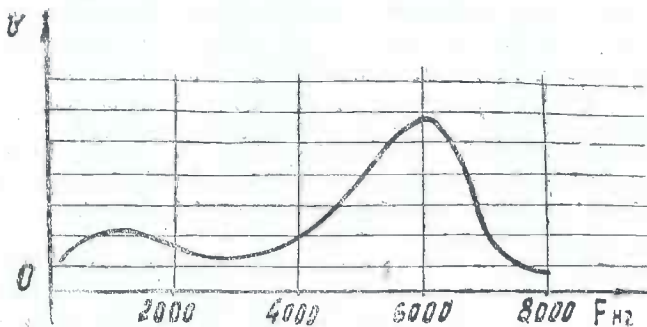
მხოლოდ პროცენტებში აღვრიცხოთ. ამგვარად, მიღებულ ფორმულაში  $M$ -ის, მნიშვნელობას თუ ჩავსვამ თმეიღებთ:

$$i = I_0 (1 + M \sin \Omega t) \quad (112)$$

ეს მისი  $2\pi F$  მნიშვნელობით თუ შევცვლით (სადაც  $F$  ბგერითი სიხშირეა) მივიღებთ:

$$i = I_0 (1 + M \sin 2\pi Ft) \quad (113)$$

როგორც ამ საბოლოო ფორმულიდან ჩანს, აქ ცვალებადი სიდიდე მხოლოდ  $\sin 2\pi Ft$  ფუნქციაა. თუ  $M$ -ს ჩავთვლით მუდმივად და დანარჩენი კი უცვ-



სურ. 86.

ლელია. შაშასადემე, მიკროფონის დენის ცვალებადობა დამოკიდებული ყოფილა  $F$  სიხშირეზე, ხოლო მისი დარხვის სიღრმე  $F$  სიხშირის სიმძლავრეზე.

როგორც ნახშირიანი მიკროფონი  $MM-2$ -ის (სურ. 86-ზე) მოყვანილბ მახასიათებელი გვიჩვენებს, იგი ტრანსფორმატორის პირველად გრაგნში სიდიდით არათანაბარ ძაბვას იძლევა სიხშირის ცვლასთან დამოკიდებით, და როგორც დაკვირვებით აღმოჩნდა, იგი დიდია  $F=6000$  Hz დროს, რაც მაჩვენებელია იმისა, რომ მოცემული მიკროფონი ინტენსიურად იცვლის წინააღობას დაახლოებით 4500—6500 პერიოდიანი სიხშირის მოქმედების შემთხვევაში. ამიტომ  $MM-2$  ტიპის მიკროფონი ვერ გვაძლევს გადაცემის სრულ შთაბეჭდილებას, მის მიერ ბგერათა სიხშირის ამპლიტუდების დიდი დამახინჯების გამო.

გარდა ამ უარყოფითი მხარისა, ნახშირიან მიკროფონს ახასიათებს საკუთარი შინაგანი „შოალი“, რაც გამოწვეულია იმით, რომ ნახშირში დენის ვავლის დროს მარცვლებს შორის თვალისათვის შეუმჩნეველი ვოლტას რკალი წარმოიქმნება. როცა არ გვსურს მიკროფონის ამ არა სასურველი თვისების გადღიგებ და ხელს არ შეგუწყობთ უფრო მეტი რაოდენობით ვოლტას რკალის გაჩენას ნახშირის მარცვლებს შორის, მიკროფონში არ უნდა ჩავრთოთ ნორმაზე მეტი ძაბვა. გარდა ამისა, დიდი დენის, ე. ბ. 20 მილიამპერზე მეტის ვატარების შემთხვევაში ხდება ე. წ. ნახშირის მარცვლების „შეკბობა“, რაც რკალის შედეგია. შეცობის თავიდან აცილება შეიძლება მუშაობის დამთავრე-



ბის შემდეგ მიკროფონის მკვეთრად დაბნევით, რითაც დავარღვევთ მარცვლების წინანდელ განლაგებას, მაგრამ ეს არ იძლევა იმის გარანტიას, რომ შემდეგში არ მოხდება „შეცხობა“. ამიტომ ასეთი ნახშირი უნდა შეიცვალოს ახალთ. ნახშირიანი მიკროფონის ერთ-ერთ კარგ თვისებას წარმოადგენს საკმაო მგრძობიარობა და შესაძინევი ცვალებადი ე. მ. ძალის მოცემა—დაახლოებით 3—5mV (მილი—ვოლტი).

როგორც ზევით აღვნიშნეთ, გარდა ნახშირიანი მიკროფონისა, არსებობს აგრეთვე კონდენსატორული ანუ ელექტროსტატიური მიკროფონი, სურ. 87a. როგორც სახელწოდება გვიჩვენებს, ამ მიკროფონში ცვალებად ფაქტორად, მასზე ქმედი ბგერითი სიხშირის მიხედვით, გამოყენებულია კონდენსატორი, რომლის ერთი შემონაფენი გაკეთებულია თხელი ლითონის ფურცლისაგან და მასზე ბგერითი ტალღების დაწოლის შედეგად იცვლება შემონაფენებს შორის მოთავსებული ჰაერის ფენის სისქე. მიკროფონის წინ ბგერების წარმოქმნის დროს მისი ტევალობა იცვლება და, მაშასადამე, იცვლება თვით კონდენსატორის დატვირთვის და განტვირთვის დენის სიდიდე.

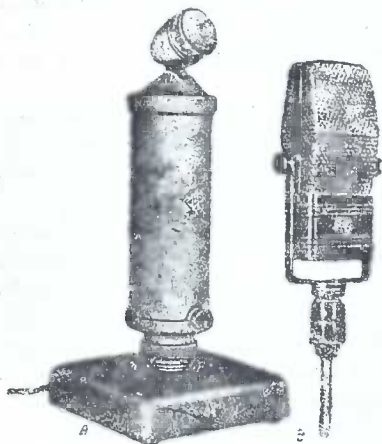
როგორც ნახშირიანი, ისე კონდენსატორული მიკროფონი შეიკეთებება ისეთ ჯგუფებს, რომლებიც თვით კი არ წარმოადგენენ ე. მ. ძ. გენერატორს, არამედ მასში გატარებულ დენის ნაწილს, მათზე მომქმედი ბგერითი სიხშირის მიხედვით გარდაქმნიან ცვალებად დენად.

კონდენსატორული მიკროფონები გამოიყენება რადიომაუწყებლობაში და კინო ატელეფონში ბგერების ჩასაწერად.

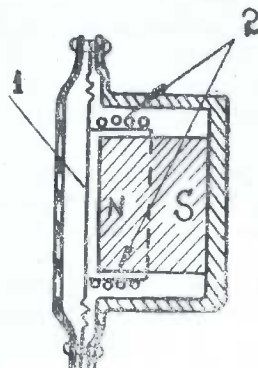
ზონარიანი ელექტროდინამიკური მიკროფონი (27b) წარმოადგენს ბგერითი სიხშირის ცვალებად დენის გენერატორს. ამ მიკროფონს ზონარიან იმიტომ უწოდებენ, რომ მთავარ დეტალს წარმოადგენს ალუმინის თხელი გოფირებული ზონარი, რომელიც მოთავსებულია მაგნიტურ პოლუსებს შორის. როგორც ელექტროტექნიკიდან ცნობილია, თუ მაგნიტურ არეში მოძრაობს გამტარი, მასში აღიძვრება ე. მ. ძალა. რადგანაც ზონარი მოთავსებულია მაგნიტურ არეში, ამიტომ მისი მოძრაობის დროს იგი გადაჰკვეთს მაგნიტურ ძალხაზებს და ზოლის მომჭერებზე აღიძვრება ბგერითი სიხშირის ე. მ. ძალა. ზონარს მაგნიტურ არეში ათავსებენ ისე, რომ მისი სიგანე ემთხვევა მაგნიტური ძალხაზების მიმართულებას. ამგვარი მდებარეობის შემთხვევაში ზონარი უფრო მეტ ძალხაზებს გადაჰკვეთს, ვიდრე მაშინ. თუ მას მოვათავსებთ ძალხაზების პერპენდიკულარულად, ეს მიკროფონები ფართოდ გამოიყენება თანამედროვე სამაუწყებლო სტუდიებში. მის დადებით თვისებას წარმოადგენს გადატვირთვის მიმართ გამძლეობა, ე. ი. მასზე დიდი სიმძლავრის ბგერითი ტალღების ზემოქმედების დროს იგი არ გადიტვირთება. ამ ტიპის მიკროფონები ხასიათდებიან მახვილი მიმართულებითი დიფერამით. ეს თვისება საშუალებას იძლევა რამდენიმე მიკროფონის არსებობის დროს, ორკესტრის განლაგებიდან უფრო „ამოვარჩიოთ“ ის უბანი, სადაც განლაგებულია მაღალი ანდა დაბალი ბგერების საკრავები, რითაც გავათანაბრებთ ყველა სასურველ ბგერებს მოქმედებას მაუწყებლობის სისტემაში.

ელექტროდინამიკური მიკროფონი — ფართოდაა გავრცელებული თანამედროვე რადიოტექნიკურ დანადგარებში, რაც გამოწვეულია მისი

მცირე ზომებით და სიიაფით. კონდენსატორულ და ზონარაან მიკროფონებთან შედარებით, სურ. 88-ზე მოცემული ელექტროდინამიკური მიკროფონი ერთმხრივ მგრძობიარე მიკროფონს წარმოადგენს. ეს მიკროფონი შედგება მუდმივი მაგნიტისაგან *NS* და მსუბუქი, ძროიანი ლითონის ცილინდრისაგან 1, რომელზედაც დახვეულია გამტარის რამდენიმე ზედა და წარმოადგენს ორწვერ გამოყვანილ კოქს 2, ცილინდრსა და მუდმივ მაგნიტს შორის არსებობს თხელ-



სურ. 87ab.



სურ. 88.

პერის ფენა, ე. ი. იგი არ ეხება მუდმივ მაგნიტის პოლუსს. როდესაც მიკროფონის წინ წარმოიქმნება ბგერა, ცილინდრი, რომელსაც მოძრავ კოქს უწოდებენ იწყებს რხევას და კოქსის ზეობში ინდუქტირდება ე. მ. ძალა.

ამ მიკროფონს ახასიათებს მცირე ე. მ. ძალა, მაგრამ უფრო მეტი, ვიდრე ზონარაან მიკროფონს. მის უპირატესობას ზონარაან და კონდენსატორულ მიკროფონთან შედარებით, წარმოადგენს მიკროფონის წრედის თითქმის 10—20 მეტრის სიგრძის გამოყენების შესაძლებლობა, რაც საშუალებას იძლევა ბგერითი სიხშირის წინასწარი გამაძლიერებელი დაშორებით ვიქონიოთ იმ ადგილიდან, სადაც დგას მიკროფონი. მათ იყენებენ აქტუალური გადაცემისათვის, სპეციალურ სატრანსლაციო პუნქტებში და მიტინგებზე სიტყვის გასაძლიერებლად, როგორც ადგილობრივ დანიშნულებისათვის, ისე რადიოსადგურის მეშვეობით ტრანსლირების საჭიროების დროს.

თანამედროვე ტექნიკის უკანასკნელ მიღწევას მიკროფონების დარგში წარმოადგენს პიეზოელექტრული მიკროფონი. ზოგიერთ კრისტალებს, როგორცაა: კვარცი (მთის ჯიშია), სევენტის ჰარილი, ტურმალინის კრისტალი და მრავალ სხვას, ახასიათებს ე. წ. პიეზოელექტრული თვისება, რაც მდგომარეობს შემდეგში: თუ ზემოხსენებული მასალისაგან დავამზადებთ კრისტალიდან განსაკუთრებული წესით ამოჭრილ თხელ ფირფიტს და მას შევკვებ-



შავთ მის იმ ზედაპირზე, სადაც წარმოებს დაწოლა, მივიღებთ ერთის მხრივ დადებით პოტენციალს, მეორეს მხრით კი უარყოფითს, და თუ დაწოლის მაგივრად მოვდებთ რაიმე ე. მ. ძალას, იგი შეიქუაშება და გაფართოვდება მასზე მოდებული პოტენციალის სიდიდის მიხედვით.

პიეზოელექტრული კრისტალის ეს თვისება გამოყენებულია მიკროფონებში ბგერითი სიხშირის მისაღებად.

პიეზოელექტრულ მიკროფონში კრისტალები შესაძლებელია იყოს ერთი ან რამდენიმე, რის მიხედვით გვხდება მარტივი და კომბინირებული მიკროფონები. მარტივი ტიპის მიკროფონს აქვს ერთი ან ზოგ შემთხვევაში ორი კრისტალი, ხოლო კომბინირებულს რამდენიმე.

პიეზოელექტრული მიკროფონი განიჩევა სიხშირით მახასიათებლის იდეალური სისწორით, რაც მას დიდ უპირატესობას აძლევს. პიეზომიკროფონის ერთ ერთი უარყოფითი მხარეა ის, რომ ხმლევა მცირე ე. მ. ძალას და მცირე შინაგანი წინაღობა აქვს, რაც აძნელებს მიღებული ძაბვის გაძლიერებას.

ამგვარად, მიკროფონები რადიოტექნიკაში წარმოადგენენ ბგერითი სიხშირის ენერჯიის პირველად წყაროს. მიკროფონით გადაცემული ბგერითი სიხშირის დენი ძლიერდება და გარემოში გამოსხივდება გადამცემა რადიოსადგურის მიერ, მოდულაციის საშუალებით. შემდეგ საჭიროებს მიღებას და ბგერის ისე იმ სახით აღდგენას, როგორც წარმოიქმნა მიკროფონის წინ. მიკროფონის ელექტრული ბგერითი სიხშირის დენი შეიძლება ვადაეცეს საქალაქო ქსელის გამაძლიერებელს სატრანსლაციოდ.

# დაბალი სიხშირის გამაძლიერებლები

## 1. გამაძლიერებლების დანიშნულება

გამაძლიერებელი რადიოტექნიკურ დანადგარების (რა დანიშნულებასაც არ უნდა ასრულებდეს იგი) აუცილებელ შეიძღვენელ ნაწილს წარმოადგენს. მისი მთავარი დანიშნულებაა მცირე სიმძლავრის ბგერითი ანდა შალალი სიხშირის დენის ანდა ძაბვის გაძლიერება. მაგალითად, ჩვენ წინა თავში განვიხილეთ მიკროფონები, რომლებიც წარმოადგენენ ბგერითი სიხშირის დენის სუსტი ენერჯიის წყაროს. ამ ენერჯიის გადიდება აუცილებელია და სწორედ ამ მოვალეობას ასრულებენ დაბალი სიხშირის გამაძლიერებლები. ნებისმიერი გამაძლიერებელი შეფასდება შემდეგი თვისებებით:

1. დაუმახინჯებელი გაძლიერება,
2. საკმაოდ სიმძლავრით გამოსასულეში,
3. კონსტრუქციური სიმარტივით და
4. მაღალი მარგი ქმედობის კოეფიციენტი.

გამაძლიერებლები იყოფა ორ ძირითად სახედ:

1. დაბალი ანუ ბგერითი სიხშირის გამაძლიერებელი და
2. მაღალი ანუ გამტანი სიხშირის გამაძლიერებელი.

პირველი სახის გამაძლიერებლები გამოიყენება მიმღებებში სატრანსლაციო კვანძებში, სტუდიებში, გამზომ ხელსაწყოებში და სპეციალურ გამაძლიერებლებში ადგილობრივად ხმის გაძლიერებისათვის. ხოლო მეორე სახე კი გადაცემ რადიოსადგურებში, მიმღებებში და ნაწილობრივად გამზომ ხელსაწყოებში.

ამ თავში ჩვენ შევისწავლით დაბალი სიხშირის გამაძლიერებლებს, ხოლო მაღალი სიხშირის გამაძლიერებლებს სპეციალურად შევხებით იქ, სადაც განხილული იქნება გადამცემები და მიმღებები.

დაბალი სიხშირის გამაძლიერებლები მათი დანიშნულების მიხედვით იყოფიან ორ ძირითად ტიპად: 1. ძაბვის გამაძლიერებელი და 2. სიმძლავრის გამაძლიერებელი. კონსტრუქციული გაფორმებისა და დეტალების გამოყენების მიხედვით: 1. გამაძლიერებელი წინააღობებზე ანუ რეოისტატური გამაძლიერებელი, 2. გამაძლიერებელი ტრანსფორმატორზე, 3. გამაძლიერებელი დროსელზე და 4. კომპინირებული გამაძლიერებელი, სადაც გამოიყენება ყველა ზემოდასაზღვრებული ან რამდენიმე სახე ერთად.

გამაძლიერებელმა თავიკი გამოსასელისწრედში უნდა მოგვეცეს მიკროფონიდან მიღებული ბგერითი სიხშირის ზუსტად შესატყვისი დენის ფორმა. მიკროფონის ტრანსფორმატორის მეორადი გრაფნი (იხ. სურ. 85ა) ჩვეულებრივად უერთდ-

ბა გამაძლიერებლის შესასვლელს, ე. ი. პირველი კასკადის მილაკს მმართავ ბადესა და კათოდს შორის. მილაკი, როგორც დანადგარის გამაძლიერებელი ელემენტი, საჭიროა სიხშირის და ამპლიტუდის ცვალებადობის მიხედვით სწორხაზობრივად იცვლიდეს თავის პარამეტრებს. მაგრამ სინამდვილეში ამას არ აქვს ადგილი, რადგანაც, როგორც ვიცით, მილაკის მახასიათებელი თავის ყველა უბანში სწორხაზოვანი არაა, ამიტომ დაუმახინჯებელი გაძლიერებისათვის საჭიროა მილაკს შეურჩიოთ სათანადო რეჟიმი—ვარვარების, ბადის ძქრის პოტენციალის (მუდმივი  $E_g$ ) ბადის ცვლადი პოტენციალის ( $U_g$ ), ეკრანის ძაბვის ( $U_a$ —თუ გამოყენებულია ეკრანირებული მილაკი) და ანოდური ძაბვის ( $U_a$ ) მიხედვით. წინააღმდეგ შემთხვევაში ადგილი ექნება გაძლიერებული სიხშირის ფორმის დამახინჯებას, რომელსაც სხვაინარად არაწრფივ დამახინჯებას უწოდებენ, რაც აღებულია იქიდან, რომ ამ დამახინჯებას ადგილი აქვს მილაკის მახასიათებლის არაწრფივხაზობრივობის გამო.

გარდა არაწრფივი დამახინჯებისა, გამაძლიერებლებში ადგილი აქვს ე. წ. ამპლიტუდურ დამახინჯებას, რომელიც დამოკიდებულია არა მარტო მილაკის რეჟიმის შერჩევაზე, როგორც ამას ადგილი აქვს არაწრფივ დამახინჯების დროს, არამედ იგი წარმოიშობა უმთავრესად გამაძლიერებელში გამოყენებული დეტალების შედეგად (დროსელი, ტრანსფორმატორი და კონდენსატორი). ამისათვის მას გამაძლიერებლების ტიპების შესწავლის დროს ცალ-ცალკე განვიხილავთ.

გამაძლიერებლის მილაკის ანოდის წრედში გვაქვს დატვირთვის ესა თუ ის სახე (წინაღობა, დროსელი ანდა ტრანსფორმატორი), რომელზედაც გამოიყოფა ისეთივე სიხშირის ბგერითი სიმძლავრე, როგორი სიხშირითაც იცვლება ბადესა და კათოდს შორის მოდებული ბგერითი პოტენციალი.

## 2. მილაკის დინამიური მახასიათებელი

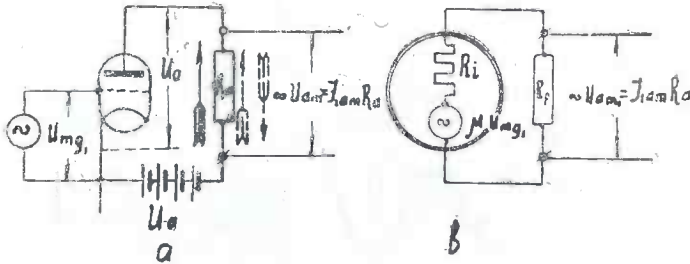
ჩვენ ზემოთ განვიხილეთ ელექტრონული მილაკების უქმი სვლის მახასიათებელს, ე. ი. მილაკის ანოდის წრედში არ გვქონდა დატვირთვა. რადიოტექნიკურ დანადგარში კი მილაკის ანოდის წრედში ყოველთვის ჩართულია ესა თუ ის წინაღობა, როგორიცაა: ომური, ინდუქტური (დროსელი ანდა ტრანსფორმატორის პირველადი გრაგნი) ანდა კომპლექსური, როგორიცაა რხევადი კონტური, სურ, 89ა-ზე მოცემულია მილაკი და მისი ანოდის წრედის დატვირთვა და აქვეა ნაჩვენები მისი ეკვივალენტური სქემა. ეკვივალენტურ სქემაში მილაკი წარმოდგენილია, როგორც სიხშირის გენერატორი, რომლის ამპლიტუდა ტოლია  $\mu U_{mg}$ . სადაც  $\mu$  მილაკის გაძლიერების კოეფიციენტია, ხოლო  $U_{mg}$  კი ბადის აღზენების ამპლიტუდა,  $R_i$  მილაკის წინაგანი წინაღობა, ხოლო გარეგან დატვირთვის წარმოდგენს (ანოდის დატვირთვა)  $R_a$ , რომლის მომქერბზე ხდება ძაბვის ვარდნა, მასში ანოდის დენის ცვლადი შემადგენელი  $I_{am}$  გავლის შედეგად.

გარდა ძაბვის ვარდნისა,  $R_a$ -ზე მოქმედებს კვების წყაროს ელემენტების ე. მ. ძალა. როგორც სურ. 89ა-ზეა ნაჩვენები, ელემენტების ე. მ. ძ. მიმართულია ზუღმივად დენის წყაროდან ერთი მიმართულებით (მთლიანი ისარი)

ზოლო  $I_{am}$ -ს მიერ  $R_a$  წინაღობაზე შექმნილი ძაბვის ვარდნა ცვლადია, ე. ი. დანდებითი ნახევარპერიოდის დროს (წყვეტილი ისაოი) თან ემთხვევა ელემენტის ე. მ. ძალას, ხოლო მეორე ნახევარი (უარყოფით) პერიოდის დროს მოწინააღმდეგეა. მაშასადამე, ბაღეზე მქმედი ცვლადი პოტენციალის არსებობის განმავლობაში მილაკის ანოდზე ელემენტების მიერ შექმნილი პოტენციალი სიდიდით ცვალეზადი იქნება. ამის შედეგად მილაკი იმუშავებს სხვადასხვა ანოდურ მახასიათებელზე, რადგანაც მასზე გვექნება სხვადასხვა ანოდური ძაბვა, ე. ი.

$$U_a = U_0 \pm I_{am} R_a = U_0 \pm U_{R_a} \quad (114)$$

სურ. 90-ზე მოცემულია მილაკის მახასიათებელთა ოჯახი  $I_a = f(U_g)$ , სადაც მარჯვენა უქანასკნელი შეეფარდება, მაგალითად, ანოდურ პოტენციალს  $U_a = 80$  ვ, ხოლო მარცხენა უქანასკნელი კი  $U_a = 160$  ვ. განვიხილოთ ის მომე-



სურ. 89.

ნტი, როდესაც ბადის აღზნება  $U_{mg}$  დადებითია და იზრდება; ამ დროს ანოდის დენი თანდათან იწყებს ზრდას და, მაშასადამე,  $R_a$  წინაღობაზე სურ. 89a იზრდება ძაბვის ვარდნა, რომელიც მოწინააღმდეგეა  $U_0$  ე. მ. ძალის, ე. ი. ამცირებს მას და მილაკი იწყებს მუშაობას უფრო მცირე ანოდურ ძაბვიან მახასიათებელზე; როდესაც ბაღეზე მოდებული პოტენციალი უარყოფითია, მაშინ ანოდის დენი მცირდება, მაშასადამე,  $R_a$  წინაღობაში ხდება უფრო ნაკლები ძაბვის ვარდნა და  $U_0$  ე. მ. ძალის მეტი როოდენობა მილწევს მილაკის ანოდაზე, რის შედეგად მილაკი იწყებს მუშაობას უფრო მეტ ანოდის ძაბვიან მახასიათებელზე.

სურ. 90-ზე მოცემულია  $a$  და  $b$  წერტილები წარმოადგენენ ანოდის ცვალეზადობის ზღურულ კიდევებს, მაშასადამე, თუ მათ სწორი ხაზით შევეერთებთ, მივიღებთ ე. წ. დინამიური მახასიათებლის ხაზს და, როგორც ვხედავთ, იგი შედგება ანოდური დატვირთვის  $R_a$ -ს და ბადის წრედში ცვალეზადი აღზნების  $U_{mg}$ , ე. მ. ძ. არსებობისა. სურათიდან ჩანს, რომ დინამიური ანუ მქმედი მახასიათებელი უფრო მეტად დახრილია ჰორიზონტალური ლერძის მიმართ, ვიდრე სტატიური მახასიათებელი, რაც ანალიტურადაც მტკიცდება.

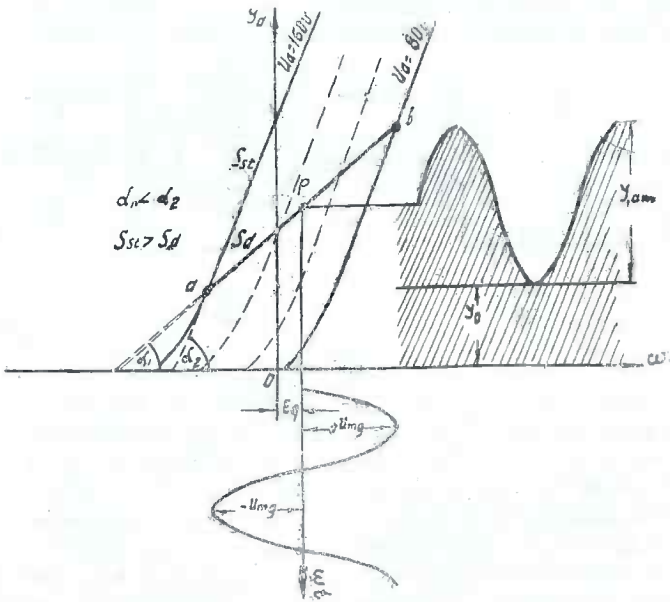
როგორც ცნობილია, სტატიური მახასიათებლის დახრილობის კოეფიციენტი ტოლია:

$$S = \frac{\Delta I_a}{\nabla U_g} \quad \text{ანუ} \quad S = \frac{I_a}{U_g} \quad (115)$$

ამის მსგავსად დინამიური მახასიათებლისათვის გვაქვს:

$$S_{id} = \frac{I_{1am}}{U_{mg_1}} \quad (115a)$$

გავიგოთ, რას უდრის დენის ძალა  $I_{1am}$   $R_a$  დატვირთვის დროს. ამისათვის მივმართოთ სურ. 89b-ზე მოცემულ ეკვივალენტურ სქემას. როგორც



სურ. 90.

ვხედავთ,  $R_i$  და  $R_a$  შეერთებულია მიმდევრობით. მაშასადამე, წრედის საერთო წინაღობა თუ არ მივიღებთ ბატარიის შინაგან წინაღობას მხედველობაში, ტოლია  $R_i + R_a$  და მასზე მოდებულია ე. მ. ძალა  $\mu U_{mg}$ , რის გამოც ომის კანონის ძალით შეგვიძლია დავწეროთ:

$$I_{1am} = \mu \frac{U_{mg_1}}{R_i + R_a} \quad (116)$$

მიღებულ ფორმულაში მილაკის შინაგანი განტოლების ფორმულის 108a მიხედვით ჩავსვათ  $\mu = R_i S$  და გვექნება:

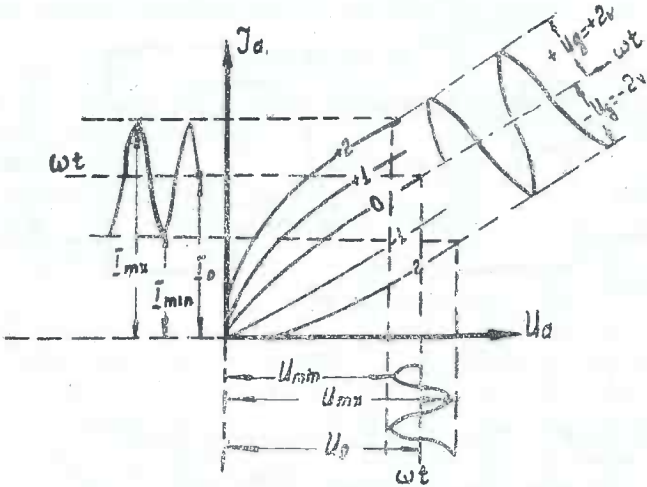
$$I_{1am} = S \cdot U_{mg} \frac{R_i}{R_i + R_a} \quad (117)$$

შეცვალოთ 115a ფორმულა  $I_{1am}$ -ის მნიშვნელობის ჩასმით და შევკვეცოთ  $U_{mg_1}$ -ზე მაშინ მივიღებთ:

$$S_d = S \frac{R_i}{R_i + R_a} \quad (118)$$

ამ ფორმულიდან ჩანს, რომ  $\frac{R_i}{R_i + R_a}$  ერთზე ნაკლები სიდიდეა, მაშასადამე:

$$S_d < S$$



სურ. 91.

ე. ი დინამიური მახასიათებლის დახრილობა უფრო მეტია; ვიდრე სტატიურის. მილაკის დატვირთვაზე მუშაობის დროს ანოდის ძაბვის ცვალებადობის ნათელ სურათს იძლევა, თუ მახასიათებელს ავაგებთ  $I_a = f(U_a)$ . კოორდინატებში, როგორც ეს სურ. 91-ზეა მოცემული, როგორც ვხედავთ, ბადის პოტენციალის ცვალებადობა იწვევს, ანოდის დენის იმავე ტაქტში ცვალებადობას, ხოლო ანოდური ძაბვა მოწინააღმდეგედ იცვლება, რაც გამოწვეულია მილაკის ანოდის წრედში ჩართული წინალობით, რომელსაც დატვირთვის წინალობა ეწოდება.

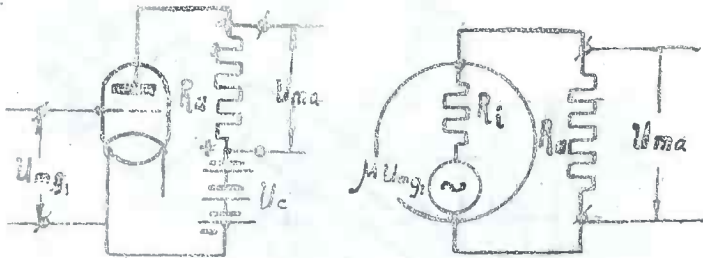
### ვ. რეოსტატული გამაძლიერებელი

რეოსტატული გამაძლიერებლის ერთკასკადიანი, ე. ი. ერთსაფეხურიანი სქემა მოცემულია სურ. 92-ზე. როგორც ვხედავთ, მილაკის მარგი დატვირ-

თვის, სადაც გამოიყოფა გაძლიერებული ბგერითი სიხშირის ძაბვა, წარმოადგენს  $R_a$  წინაღობა. ასეთი გამაძლიერებლის გაძლიერების კოეფიციენტი ტოლია ანოდის წრედში არსებული ცვლადი ძაბვის მაქსიმალური მნიშვნელობის  $U_{ma}$ -ის შეფარდებისა ბადეზე მოდებული პოტენციალის ამპლიტუდასთან ( $U_{mg_1}$ ) და აღინიშნება ასო  $K$ -ით. ამგვარად:

$$K = \frac{U_{ma}}{U_{mg_1}} \quad (119)$$

როგორც ცნობილია, ანოდის წრედში ცვლადი დენის შემაღგენლის მაქსიმალური მნიშვნელობა ტოლია:



სურ. 92.

$$I_{1am} = \mu \frac{U_{mg_1}}{R_i + R_a}$$

ხოლო მის მიერ შექმნილი ძაბვა  $R_a$  დატვირთვაზე უდრის:

$$U_{ma} = I_{am} R_a = \mu \frac{U_{mg_1}}{R_i + R_a} \cdot R_a \quad (120)$$

ჩავსვათ  $U_{ma}$ -ს მნიშვნელობა, 119-ში და გვექნება:

$$K = \mu U_{mg_1} \frac{R_a}{(U_i + U_a) U_{mg_1}} = \mu \frac{U_a}{U_i + U_a} \quad (120a)$$

მაშასადამე, რეოტატული გამაძლიერებლის გაძლიერების კოეფიციენტი გამოითვლება ფორმულით:

$$K = \mu \frac{R_a}{R_i + R_a} = \mu \frac{1}{\frac{R_i}{R_a} + 1} \quad \text{თუ } R_i = R_a \text{ მაშინ } K = 0,5 \mu \quad (121)$$

თუ გამაძლიერებელი შედგებოდა რამდენიმე კასკადისაგან, მაშინ საერთო გაძლიერება ტოლია:

$$K_0 = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \dots \cdot K_n \quad (122)$$

სადაც  $K_1, K_2, K_3$  და ა. შ. თითოეული კასკადის გაძლიერების კოეფიციენტია.

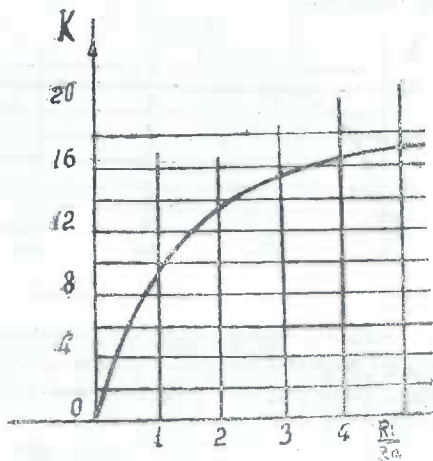
როგორც ფორმულა 120a-დან ჩანს, მარჯვენა შედადგენელი  $\frac{Ra}{Ri + Ra}$  ერთზე

მცირე სიდიდეა, მაშასადამე, რეოსტატული გამაძლიერებლის კოეფიციენტი ნაკლებია თვით მილაკის გაძლიერების კოეფიციენტზე და თუ  $Ri$  და  $Ra$  ტოლია მაშინ გაძლიერება მილაკის გაძლიერების კოეფიციენტის ნახევარია, დიდდება  $Ra$ -ს გადიდებასთან ერთად და უახლოვდება  $\mu$ -ს. სურ. 93-ზე მოცემულია დამოკიდებულება  $K$  გაძლიერების კოეფიციენტსა და  $\frac{Ra}{Ri}$  შეფარდებას შორის და, როგორც ჩანს, იგი ინტენ-

სიურად იზრდება განსაზღვრულ სიდიდემდე. გამორკვეულია, რომ მაქსიმალური გაძლიერებისათვის საკმარისი დატვირთვის წინალობა, ავიღოთ ტოლი:

$$Ra \approx 3 Ri + 4 Ri \quad (123)$$

რის შემდეგ დაგვირდებოდა კვების ძაბვის მეტად გადიდება, რაც არა ეკონომიურია. როგორც 121-ე ფორმულიდან ჩანს, გაძლიერების კოეფიციენტი დამოკიდებული არ არის მილაკის ბადეზე მოდებული ძაბვის სიხშირის სიდაღეზე ( $F$ ), მაშასადამე, რეოსტატულ გამაძლიერებლებს არ ახასიათებს სიხშირითი დამახინჯება. რადგანაც ანოდის წრედში ჩართულ გვაქვს საკმაო დიდი წინალობა, რომელსაც ზოგჯერ იღებენ 80000-100000 ომამდე, უდააო, მასზე ხდება დიდი ძაბვის ვარდნა, რის გამო ანოდზე დადებითი პოტენციალი მცირდება და იძულებული ვართ მკვებავი წყაროს ძაბვა ავიღოთ ისეთი, რომელიც ანოდზე საკმაო პოტენციალს მოგვცემს. კვების დიდი ძაბვის საჭიროება და მცირე გაძლიერების უნარი რეოსტატულ გამაძლიერებლის უარყოფითი მხარეა. სურ. 94-ზე მოცემულია რეოსტატული გამაძლიერებლის სიხშირითი მახასიათებელი და, როგორც ვხედავთ, იგი დაახლოებით 80-დან 8000 ჰერცამდე ყველა სიხშირეთა ამპლიტუდებს შეუმცირებლად ატარებს.

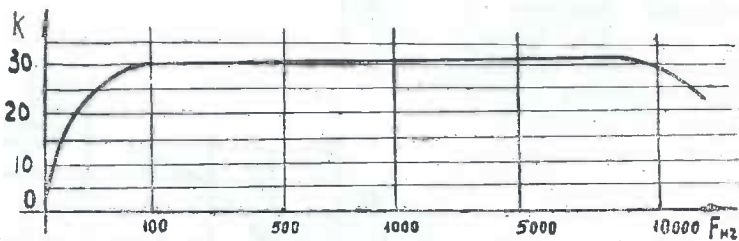


სურ. 93.

სურ. 95-ზე მოცემულია 2 კასკადიანი რეოსტატული გამაძლიერებლის სქემა, სადაც  $Cg$  და  $Rg$  ერთად წარმოადგენენ ე. წ. გრილდიკს. დატვირთვის წინალობა  $Ra$ -ზე ხდება ბგერითი სიხშირის ძაბვის ვარდნა. ამის გამო  $Cg$



კონდენსატორის შემონაფენებზე იცვლება პოტენციალი და მოდებულია მე-2 მილაკის ბადეზე. მაშასადამე, მასზე გვექნება ცვალებადი პოტენციალი, რითაც ანოდის დენის სიდიდე მე-2 მილაკის ანოდის წრედში შეიცვლება იმავე კანონზომიერებით, როგორც იცვლებოდა პირველში, მხოლოდ იგი უფრო გაძლიერებული იქნება. თუ  $C_g$  კონდენსატორი არ გვექნება, მაშინ მეორე მილაკის ბადეზე მოხდება პირველი მილაკის ანოდის მთლიანი პოტენციალი, რის შედეგად მილაკის რეჟიმი დაირღვევა. გარდა ამისა, მეორე მილაკის ბადეს დაკათოს შორის ჩართულია  $R_g$  წინაღობა რომელიც აცილებს მილაკის ბადის წრედს მასზე დაგროვილ ელექტრულ მუხტს. მეორე მილაკის მუშაობის პროცესში, მის ბადეზე გროვდება ელექტრონები, მაშასადამე, იგი თანდათან დიტვირდება უარყოფითი პოტენციალით, მიიღებს დიდ უარყოფით ძრავას და მილაკი „დაიკეტება“. იმისათვის, რომ მასზე დაგროვილ მუხტს ჰქონდეს დაცვის საშუალება, რთვენ  $R_g$  წინაღობას. მუხტის დაცვის შედეგად  $R_g$ -ში გადის  $I_g$  დენი, რომელიც კმნის ძაბვის ვარდნას და ბადეზე იძლევა სათანადო ძვრის— $E_g$  პოტენციალს, რომელიც სამუშაო წერტილ  $P$ -ს აყენებს მახასიათებლის სასურველ ადგილზე.



სურ. 94.

როგორც სქემიდან ჩანს,  $C_g$  კონდენსატორი ჩართულია იმ წრედში, სადაც დაუმბრკოლებლად უნდა გავიდეს დაბალი სიხშირის დენის ყველა ამპლიტუდა. ცნობილია, რომ კონდენსატორის წინაღობა რომელიმე სიხშირის მიმართ ტოლია:

$$X_c = 14,3 \frac{10^{19}}{f_{Hz} C_{cmf}} \quad (124)$$

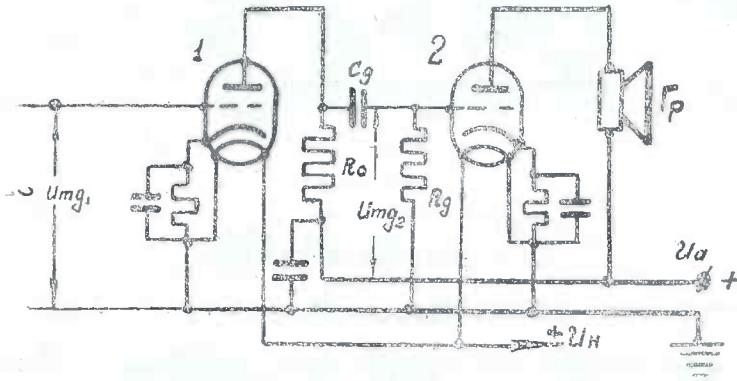
როგორც ამ ფორმულიდან ჩანს, რაც უფრო მეტია სიხშირე, მით უფრო ნაკლებია  $C_g$  კონდენსატორის წინაღობა  $X_c$ . დაბალი სიხშირის დიაპაზონის დაუმბინჯებლად გატარებისათვის საჭიროა კონდენსატორი  $C_g$  და წინაღობა  $R_g$  სათანადოდ იქნეს შერჩეული. სურ. 94-ზე მოცემული მახასიათებელი არაკმაყოფილებს თანამედროვე მოთხოვნებს, რადგანაც 100 ჰერცზე ნაკლები სიხშირე ძალზე შემცირებულია, რითაც ბევრა კარგავს თავის შეფერილობას ანუ ტემბრს.

ამ მოვლენის თავიდან ასაცილებლად პრაქტიკაში იღებენ  $R_g$ -ს ტოლს 200000—500000 ომს, ხოლო  $C_g$  შემდეგი თანაფარდობიდან იანგარიშება:

$$\frac{R_g \Omega \cdot C_{gcmf} \cdot f_{Hz}}{7 \cdot 10^{10}} = 2 + 3 \quad (125)$$

აქ  $f_{Hz}$  აღებულ უნდა იქნეს იმ უპცირესი სიხშირის ტოლი, რომლის ჩახშობა ჩვენთვის სასურველი არ არის (ასეთია  $f_{Hz} = 50 + 60$ ). 125 ფორმულიდან შეგვიძლია გავიგოთ საჭირო  $C_{g\mu F}$ -ს სიდიდე, თუ ტოლობის მარჯვენა ნაწილის რიცხობრივ მნიშვნელობას ავიღებთ საშუალოს, ე. ი. 2,5

$$C_{\mu F} = \frac{17,5 \cdot 10^{10}}{R_g \Omega f_{Hz}} \quad (125a)$$



სურ. 95.

#### 4. გამაძლიერებელი დროსელზე

როგორც სურ. 96-ზე მოყვანილი დროსელიანი გამაძლიერებლის პრინციპული სქემიდან ჩანს, იგი თითქმის არ განსხვავდება რეოსტატულ გამაძლიერებლებისაგან. აქ განსხვავება მხოლოდ და მხოლოდ იმაშია, რომ წინაღობის მაგვირად ანოდის წრედში ჩართულია დროსელი.

მუშაობის პრინციპის მიხედვით, ეს გამაძლიერებელი არ განსხვავდება ზემოთგანხილულ გამაძლიერებლისაგან. აქ ბგერითი სიხშირის ვარდნას ეღებულობთ არა წინაღობაზე, არამედ  $Dp$  დროსელზე. მისი უპირატესობა მარტო იმაშია, რომ დროსელში ანოდის დენის მუდმივი შემადგენელი  $I_{a0}$  თითქმის უმნიშვნელო ძაბვის ვარდნას განიცდის, რის გამო საჭირო არ არის მკვებავი ე. მ. ძალას წყაროს დიდი ძაბვა. ანოდის დენის ცვალებადი შემადგენელი, დროსელის ინდუქტიურობის გამო მასზე ახდენს ძაბვის ვარდნას. სურ. 97-ზე მოცემულია ერთკასკადიანი გამაძლიერებელი დროსელზე და მისი ეკვივალენტური სქემა. როგორც ამ ეკვივალენტურ სქემიდან ჩანს, გენერატორისათვის წრედი წარმოადგენს კომპლექსურ წინაღობას ( $R_i$  და  $LDp$ ), რომელზედაც

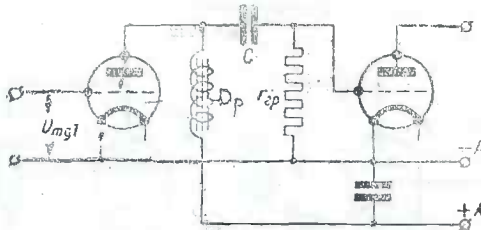
ხდება ძაბვის ვარდნა ტოლი  $\mu U_{mg_1}$  ამგვარად, წრედში წინაღობა შეგვიძლია გამოვხატოთ:

$$Z_{Dp} = \sqrt{R_i^2 + (\omega L D p)^2} \quad (126)$$

დენის ძალა, რომელიც წრედში გაივლის ტოლია:

$$I_{am} = \mu \frac{U_{mg}}{Z_{Dp}} \quad (127)$$

ბოლო ძაბვის ვარდნა დროსულზე ტოლია:

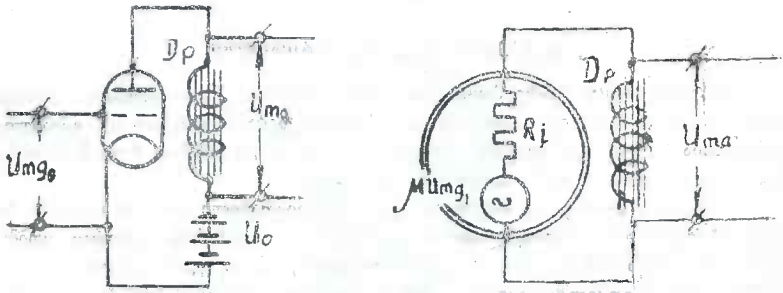


სურ. 96.

$$U_{mDp} = I D m \omega L D p = \mu U_{mg_1} \frac{\omega L D p}{Z_{Dp}}$$

ამგვარად, კასკადის გაძლიერების კოეფიციენტი ტოლია:

$$K = \frac{U_{mDp}}{U_{mg_1}} = \mu U_{mg_1} \frac{\omega L D n}{Z_{Dp} U_{mg_1}} = \mu \frac{\omega L D p}{\sqrt{U_i^2 + (\omega L D p)^2}} \quad (128)$$



სურ. 97.

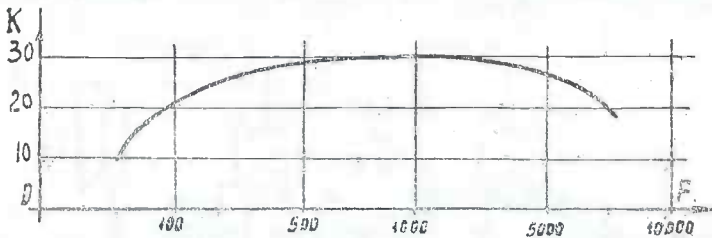
ზოგორც ამ საბოლოო ფორმულიდან ჩანს, სიდიდე

$$\frac{\omega L D p}{\sqrt{U_i^2 + (\omega L D p)^2}}$$

ერთზე მცირეა, მაშასადამე, მსგავსად რეოსტატური გამაძლიერებლისა აქაც გაძლიერების კოეფიციენტი ნაკლებია მილაკის გაძლიერების კოეფიციენტზე და გამოიხატება ფორმულით:

$$K = \mu \frac{\omega L D p}{\sqrt{R_i^2 + (\omega L D p)^2}} \quad (128a)$$

მიღებული ფორმულიდან ჩანს, რომ გაძლიერების კოეფიციენტი დამოკიდებულია სიხშირეზე ( $\omega = 2\pi f$ ). მაშასადამე, თუ სათანადოდ არ იქნება შერჩეული მისი თვითინდუქცია, უფრო დაბალ ბგერით სიხშირეებში მივიღებთ დამახინჯებას, სიხშირეთა ამპლიტუდების ჩავარდნის სახით, როგორც ეს ნაჩვენებია სურ. 98-ზე. ეს გარეკობა გამოწვეულია იმით, რომ დაბალი ბგერითი სიხშირისათვის იგი წამოადგენს ნაკლებ წინააღმდეგობას, მაშასადამე, ნაკლებ ე. მ. ძალის ვარდნას შექმნის მასზე, რაც გამოიწვევს დაბალი სიხშირეების ამპლიტუდათა შემცირებას. პრაქტიკულად დამაკმაყოფილებელი შედეგი გვექნება, თუ სქემის გაძლიერების კოეფიციენტს ყველაზე უმცირესი სასურველი სიხშირისათვის ( $F_{min}$ ) ავიღებთ მილაკის გაძლიერების კოეფიციენტის 50%/. ეს დაშვება საშუალებას მოგვცემს გავიგოთ დრონელის თვითინდუქციის შესაბამისი სიდიდე ფორმულიდან:



სურ. 98.

$$K_{min} = \mu \frac{2\pi F_{min} L H D p}{\sqrt{R_i^2 + (\pi F_{min} L H D p)^2}} = 0,5 \mu$$

აქედან გვაქვს:

$$\frac{2\pi F_{min} \cdot L H D p}{\sqrt{R_i^2 + (\pi F_{min} L H D p)^2}} = 0,5$$

ანდა

$$2 \cdot 2\pi F_{min} L H D p = \sqrt{R_i^2 + (2\pi F_{min} L H D p)^2}$$

თუ მოვსპობთ რადიკალს, მივიღებთ:

$$16\pi^2 F_{min}^2 L H D p = R_i^2 + 4\pi F_{min}^2 L H D p$$

ანდა.

$$12\pi^2 F_{min} L H D p = R_i$$

ფესვის ამოღების შემდეგ გვაქვს:

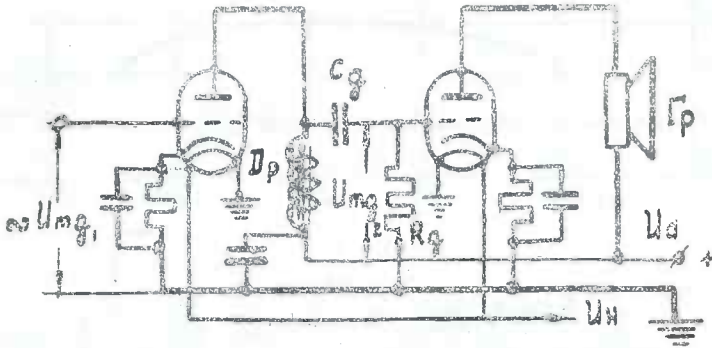
$$R_i = 10,86 F_{min} L_{HDp} \quad (129)$$

საბოლოოდ ვღებულობთ დროსელის თვითინდუქციისათვის საანგარიშო ფორმულას:

$$L_{HDp} = 0,92 \frac{R_i \Omega}{F_{min} \text{Hz}} \quad (130)$$

ეს თვითინდუქცია საკმაოდ დიდია, რის გამო დროსელი კონსტრუქტიულად დიდი გამოცემა და საჭირო ხდება ხვიათა დიდი რაოდენობა, რაც გამოიწვევს ხვიათა-შორისი ტევადობის გაზრდას. მაშასადამე, ამ შემთხვევაში დროსელის პარაზიტული ტევადობა მოკლედ ჩართავს მაღალ ბეგრით სიხშირეებს, რის გამო ახლა მაღალსიხშირეებში წარმოიშობა აშკარად აღსანიშნავი ჩაფარდნა. დროსელიანი გამაძლიერებელის მახასიათებელი მოცემულია სურ. 98.

აქ საშიშროება უმთავრესად იმაშია, რომ პარაზიტული ტევადობა, რომელიც თითქოს პარალელურადაა ჩართული, დროსელთან წარმოშობს სიხშირის განსაზღვრულ დიაპაზონისათვის რხევად კონტურს და სიხშირითი მახასია-



სურ. 99.

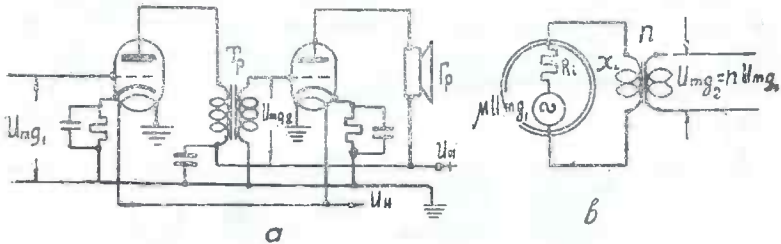
თებელი მკვეთრად უარესდება. იმისათვის, რომ ეს კონტური აპერიოდული გახადონ, დროსელის პარალელურად ჩართავენ წინაღობას, ანდა მიუერთებენ სხვა კონდენსატორს, რითაც კონტურის რეზონანსი გასაძლიერებელ დიაპაზონიდან გამოჰყავთ.

ამგვარად, გამაძლიერებელი დროსელზე ნაკლებად ხარისხოვანია, რის გამო მას ხშირად სხვა სქემებთან ერთად, სადაც იგი ერთგვარი კორექციის ანუ შემსწორებლის როლს ასრულებს. სურ. 99-ზე მოცემულია ორკასკადიანი გამაძლიერებლის პრინციპული სქემა დროსელზე.

### ა. ტრანსფორმატორული გამამატირებლები

გამამატირებლებიდან ყველაზე უფრო გავრცელებულია ტრანსფორმატორული გამამატირებელი. თუ რეოსტატული გამამატირებელი უხმაურო და სუფთა გამამატირებას იძლევა, სამაგიეროდ მას, მცირე გამამატირების კოეფიციენტა აქვს. გამამატირების კოეფიციენტის გასაზღვრად საჭიროა ვიქონიოთ დიდი წინაღობა, რისთვისაც დიდად უნდა გაიზარდოს მკვებავი ე. მ. ძალის წყაროს ძაბვა.

სათანადო ყურადღებით გათვლისა და დამონტირების შედეგად, ტრანსფორმატორიანი გამამატირებელი მოგვცემს მილაკის გამამატირების კოეფიციენტზე გაცილებით უფრო მეტ გამამატირებას და ნუშაობის საკმაო სისუფთავეს. ისე, რომ თავისი ხარისხით არ ჩამოუვარდეს რეოსტატულ გამამატირებელს. სამაგიერ-



სურ. 100.

რად მისთვის გაცილებით ნაკლებ ძაბვიან კვების ე. მ. ძალის წყარო დაგვირგნება. სურ. 100a-ზე ნაჩვენებია ტრანსფორმატორული გამამატირებლის ორკასკადიანი სქემა, ხოლო სურ 100b-ზე მოცემულია მისი პირველი კასკადის ეკვივალენტური სქემა.

პირველი მილაკის ანოდის წრედში გადის როგორც მუდმივი, ისე ცვალებადი შემადგენელი. მუდმივი შემადგენელი არ ქმნის ტრანსფორმატორში ცვალებად მაგნიტურ ნაკადს, მაშასადამე მისგან მეორად გრაგნში აღგილი არ ექნება დინდუქტირებულ ე. მ. ძალას; ხოლო ცვალებად შემადგენელი კი პირიქით, მასში გავლისას შექმნის ცვალებად მაგნიტურ ნაკადს და მეორად გრაგნში ინდუქციის საშუალებით მივიღებთ ისეთივე სახის ძაბვის ცვალებადობას, როგორიც გვექონდა პირველად გრაგნში, მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ დინდუქტირებულ მეორად გრაგნში ე. მ. ძალის ამპლიტუდა გაცილებით უფრო მეტი იქნება, ვიდრე პირველში, რაც დამოკიდებულია იმაზე, თუ რამდენჯერ მეტია მეორადი გრაგნის ხვიათა რიცხვი პირველზე, ანუ რამდენია ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი ( $n$ ).

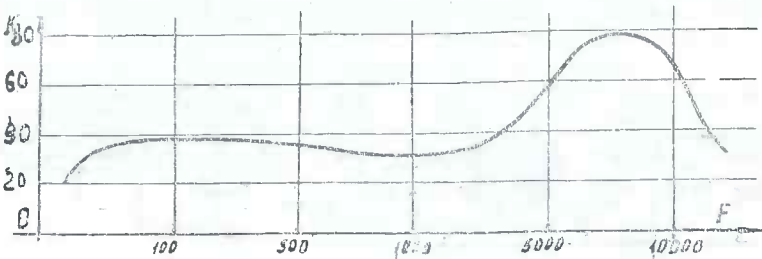
ტრანსფორმატორული გამამატირებლის გამამატირების კოეფიციენტის საანგარიშო ფორმულის მისაღებად მივმართოთ პირველი კასკადის ეკვივალენტურ სქემას, რომელიც სურ. 100b-ზეა ნაჩვენებო. აქ პირველად გრაგნში მქედელი ელექტრომაგნიტური ძალა (ანუ ანოდის წრედში მქედელი, რაც იგივეა) ტოლ-

ია  $U_{ma} = \mu U_{mg_1}$ .  $R_k$  მილაკის შინაგანი წინალობაა,  $X = \omega L_a$  ტრანსფორმატორის პირველადი გრაგნის წინალობაა, ხოლო  $n$  კი ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი.

როგორც ცნობილია, ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი უდრის მეორადი გრაგნის ხვევათა რიცხვის ( $N_2$ ) შეფარდებას პირველადი გრაგნის ხვევათა რიცხვთან ( $N_1$ )

$$n = \frac{N_2}{N_1}$$

ხოლო წრედის საერთო წინალობა, მსგავსად დროსელიანი გამაძლიერებლისა ტოლია:



სურ. 101.

$$Z_a = \sqrt{R_k^2 + (\omega L_a)^2}$$

ამავე დროს ანოდური დენის ამპლიტუდა, რომელიც მოქმედებს პირველად გრაგნში, უდრის:

$$I_{ma} = \mu \frac{U_{mg_1}}{Z_a}$$

რის შედეგად ტრანსფორმატორის პირველად გრაგნში ძაბვის ვარდნა ტოლი იქნება:

138

$$U_{n_1} = I_{ma} \omega L_a = \mu U_{mg_1} \frac{\omega L_a}{Z_a}$$

რადგანაც ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი ტოლია  $n$ -ის, ამიტომ მეორად გრაგნში დაინდუქტირდება ე. შ. ძალა:

$$U_{m_2} = U_{mg_1} \cdot n = \mu U_{mg_1} \frac{\omega L_a}{Z_a} n \quad (131)$$

მიღებული ფორმულა საშუალებას გვაძლევს გავიგოთ კასკადის გაძლიერების კოეფიციენტი. თუ ავიღებთ ბადის წრედში მქმედი  $U_{mg_1}$  და ტრანსფორმატო-



რის მეორად გრავანში მიღებულ დაინდუქტირებულ ე. მ. ძალის  $U_{m_{g_2}}$  ში  
ფარდებს, გვექნება:

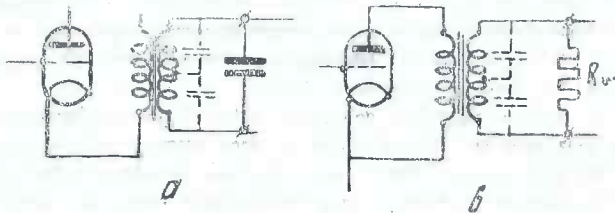
$$K = \frac{U_{m_{g_2}}}{U_{m_{g_1}}} = n \mu \frac{\omega L a}{Z a}$$

ჩვესვით  $Z a$ -ის მნიშვნელობა და მივიღებთ გაძლიერების კოეფიციენტის გამო-  
სათვლელ საბოლოო ფორმულას:

$$K = n \mu \frac{\omega L a}{\sqrt{R_i^2 + (\omega L a)^2}} \quad (132)$$

როგორც ჩანს, წინაღობის ტრანსფორმატორით შეცვლამ გაძლიერებაში მოგე-  
ცა მოგება  $n$ -ჯერ.

როგორც სურ. 102-დან ჩანს, ტრანსფორმატორის მეორად გრავანს თან-  
ახლავს ე. წ. პარაზიტული ტევადობა. რაც გამოწვეულია მეორად გრავანში დი-  
დი რხევათა რიცხვის არსებობით. ამის შედეგად შესაძლებელია გასაძლიერებე-  
ლი სიხშირის რომელიმე ნაწილთან რეზონანსში აღმოჩნდეს და მოგვეცეს რომე-  
ლიმე სიხშირის დენის დიდი გაძლიერება.



სურ. 102

მსგავს მოვლენას ადგილი აქვს ყველა ტრანსფორმატორულ გამაძლიერე-  
ბელში. როგორც სურ. 101-ზე მოყვანილ სიხშირითი მახასიათებელიდან ჩანს,  
უმალაღეს სიხშირეთა ზოლის ამპლიტუდების ნაწილი ძალზე გაძლიერებულია,  
რაც გამოწვეულია ამ უბანში პარაზიტული ტევადობის არსებობით. არსებული  
დიაპაზონის ასეთი არათანაბარი გაძლიერების შედეგად უფრო გამოძვლავნდება  
უმალაღეს სიხშირეების ამპლიტუდები და გამაძლიერებელი იწყებს მალაღ ტონებ-  
ზე „ყვირობს“. ამ მოვლენის თავიდან ასაცილებლად საჭიროა მეორად წრედში  
შექმნილი კონტურის რეზონანსული სიხშირე გამოვიყენოთ გასაძლიერებელი  
სიხშირის დიაპაზონიდან ანდა იგი აპერიოდიული გავხადოთ.

რეზონანსის, გასაძლიერებელ სიხშირიდან გამოყვანა შეიძლება ორგვარი  
ხერხით:

1. მეორად გრავანს მიუერთებენ დაშატებით კონდენსატორს, როგორც  
სურ. 102a-ზეა ნაჩვენები, ამიერ კონტურის საკუთარ სიხშირეს ამცირებენ ისე,

რომ რეზონანსში მოხვდეს ის დაბალი სიხშირეები, რომელიც ჩვენთვის საჭირო არ არის, მაგალითად,  $30 \pm 40 \text{ Hz}$  — ქვევით.

2. შესაძლებელია პირველადი და მეორადი გრაგნების ხვიათა რიცხვი შევამციროთ ისე, რომ ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი იგივე დარჩეს. მაგრამ ამ ხერხს ის უარყოფითი მხარე აქვს, რომ პირველად გრაგნში ბგერითი სიხშირის პოტენციალის ვარდნა მცირდება, რის გამო ეცემა კასკადის გაძლიერების სიღრმე. ამგვარად, თუმცა მოყვანილი ხერხით მცირდება პარაზიტული ტევადობა, მაშასადამე, კონტურის საკუთარი სიხშირე დიდდება იმდენად, რომ ჩვენთვის საჭირო მაღალ სიხშირეს არ ამახინჯებს, მაგრამ ეს ხერხი არასასურველია, რადგანაც საკმაო გაძლიერების მიღებისათვის კასკადების რიცხვი უნდა გავზარდოთ. სურ. 102ა-ზე ნაჩვენებია ხერხი, როდესაც მეორად გრაგნში ჩართვენ წინალობა  $R_{in}$ , როგორც ჩანს, ეს წინალობა აშუშტირებს მეორად გრაგნს, მაშასადამე, ამცირებს გამაძლიერებელის გაძლიერების კოეფიციენტს, რეზონანს კი ახშობს, რადგანაც მასში შეაქვს დიდი წინალობა და იზრდება ე. წ. მიღების დეკრემენტი, რის ძალითაც სიხშირითი მახასიათებლის კუზი უფრო ბლაგვი ხდება. ეს ხერხი ყველაზე მეტად გამოყენებულია სიხშირითი მახასიათებელი კორექციის ანუ შესწორებისათვის.  $R_{in}$  წინალობას პრაქტიკულად ღებულობენ  $40 \cdot 10^3 \pm 100 \cdot 10^3$  ომამდე. უფრო მცირე წინალობის აღება შეიძლება უფრო მეტ ჩაქრობას რეზონანსულ სიხშირეებში, მაგრამ მისი მაშუშტირებელი თვისების გამო ძლიერ შემცირდებოდა, მეორე მილაკის ბაღეზე ძაბვის ამპლიტუდა და კასკადის საერთო გაძლიერების კოეფიციენტი მოიკლებდა, რაც არა სასურველია.

გარდა ზემოდასახელებულ მიზეზებისა, დამახინჯება შესაძლებელია მოხდეს მეზობელ კასკადებს შორის უკუკავშირით, რის დროსაც იწყება ე. წ. „ღმეფილი“ და ხმა გაურკვეველი ხდება. ამის მიზეზია ტრანსფორმატორებს შორის შრთიერთმავნიტური კავშირი და უხეირო მონტაჟი, რის გამო გამტარებს შორის იქმნება საკმაოდ დიდი ტევადობა, რაც იწვევს კასკადებს შორის პარაზიტულ კავშირს. ამის თავიდან ასაცილებლად საჭიროა ტრანსფორმატორის დაჯავშნა ანუ ეკრანირება, რაციონალური მონტაჟი და კასკადებში სხვადასხვა ტრანსფორმაციის კოეფიციენტიანი ტრანსფორმატორის გამოყენება, მაგალითად, პირველ კასკადში 1:2, მეორეში 1:3. და ასე შემდეგ.

როგორც ვამჩნევთ, გამაძლიერებლებში დამახინჯებების წინააღმდეგ ბრძოლა უნდა წარმოებდეს ისე, რომ მილაკის რეჟიმის სწორი შერჩევით თავიდან ავიცილოთ ამპლიტუდური და არა წრფივხაზობრივი დამახინჯება.

განხილულ რეაქტატულ, დროსელიან და ტრანსფორმატორულ გამაძლიერებლებს „ამპლიტუდურ გამაძლიერებლებს“ უწოდებენ, რადგანაც მოყვანილი სქემები უფრო ძაბვის ამპლიტუდებს აღიერებენ, გამაძლიერებლის უკანასკნელ კასკადში საკმაო სიმძლავრის მისაღებად საჭიროა ე. წ. სიმძლავრის გამაძლიერებელი.

## 6. სიმძლავრის გამაძლიერებლები

სიმძლავრის გამაძლიერებელს ჩვეულებრივად წარმოადგენს გამაძლიერებლის უკანასკნელი კასკადი. წინა კასკადებში მილაკები სიმძლავრის მიხედვით

ნაკლებადაა გამოყენებული, რადგანაც აქ მთავარ მიზანს წარმოადგენს ძაბვის ამპლიტუდების გაძლიერება და ცდილობენ მილაკის მახასიათებლის წრფივზაზობრივი ნაწილიდან არ გამოვიდნენ. ამავე დროს კასკადების მილაკებზე სწორი რეჟიმის შესაბამისი ალგზნიების ამპლიტუდები უნდა მოქმედობდეს. რაც შეეხება საბოლოო კასკადს, აქ უკვე ბადის წრედში გვაქვს საკმაოდ დიდი ამპლიტუდები, რის გამო მილაკის ბადის გადატვირთვა ძაბვით, საკმაოდ საფრთხეს ქმნის, თუ იგი წესიერად არ იქნება გათვლილი. სიმძლავრის გამაძლიერებელი კასკადის რეჟიმი ისე უნდა შევარჩიოთ, რომ მილაკმა მოგვცეს შესაძლებელი მარგი სიმძლავრე, თუ მაქსიმალურად არა, მასთან მიახლოებით მაინც.

გამაძლიერებლის მთავარი დანიშნულებაა, მასზე ჩართული უკანასკნელი დატვირთვის (ტელეფონი, რეპროდუქტორი, ხაზი და სხვა) მომჭერებზე მოგვცეს მაქსიმალური სიმძლავრე.

ჩვენი მთავარი მიზანია გავარკვიოთ, თუ რა კანონზომიერ დამოკიდებულებაშია გამაძლიერებლების უკანასკნელი მილაკის პარამეტრები და დატვირთვაზე გამოყოფილი სიმძლავრე.

აქსიათვის მიემართოთ პრინციპულ და ეკვივალენტურ სქემას.

ვთქვათ, სურ. 103ა-ზე წარმოდგენილია გამაძლიერებლის უკანასკნელი კასკადი, რომლის ანოდის წრედში ჩართულია ხმამაღლა მოლაპარაკე  $I_{2p}$  როგორც დატვირთვა; ექვივალენტური სქემა (103ა) არაფრით არ განსხვავდება ჩვენს მიერ ზემოთ განხილულ სქემებისაგან. აქ  $\mu U_{mg}$  წარმოადგენს იმ ძაბვას, რომელიც არხვეს მილაკის დენს და გვაძლევს მარგ სიმძლავრეს დატვირთვა  $R_{rp}$ -ზე, რომელიც ნაჩვენებია როგორც ხმამაღლა მოლაპარაკის ანდა ხაზის წინალობა.

ცნობილია, რომ გენერატორი გარეშე წრედში მაქსიმალურ სიმძლავრეს იძლევა მაშინ, როდესაც მასში ჩართულია მისი შინაგანი წინალობის ტოლი გარეშე წინალობა. ჩვენს შემთხვევაში მილაკი წარმოადგენს გენერატორს, რომლის შინაგანი წინალობაა  $R_i$ , ხოლო პრაქტიკულად, როგორც ზემოთ გავარკვიეთ, ჩართული დატვირთვის წინალობა მაქსიმალური გაძლიერების მისაღებად ტოლი უნდა იყოს:

$$R_{rp} = (3 - 4) R_i$$

ჩვენთვის საინტერესოა გავიგოთ, თუ რას უდრის მილაკის მიერ მოცემული მარგი მაქსიმალური სიმძლავრე, როდესაც  $R_i = R_a$  ე. ი. როდესაც შინაგანი და გარეგანი წინალობები ტოლია ვიცით რომ:

$$I_{am} = \mu \frac{U_{mg}}{R_i + R_a}$$

ამავე დროს, თუ გავიხსენებთ ელექტროტექნიკის კურსიდან წინალობაზე გამოყოფილი სიმძლავრის ეფექტური მნიშვნელობა, როდესაც მასში გადის ცვალებადი დენი, ტოლია:

$$P = \frac{I^2 R'}{2} \text{ ანუ ჩვენს შემთხვევაში } Pa = \frac{I^2 am Ra}{2} \quad (134)$$

ჩავსვათ  $I^2 Ra$ -ს მნიშვნელობა და მივიღებთ:

$$Pa = \frac{I^2 am^2 Ra}{2} = \left( \mu \frac{Um g}{Ri + Ra} \right)^2 \frac{Ra}{2} = \mu U^2 m g \frac{Ra}{2(Ri + Ra)} \quad (135)$$

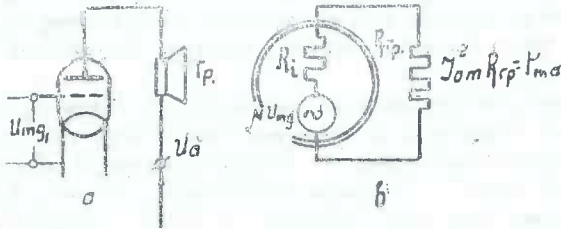
თუ მხედველობაში მივიღებთ ჩვენს პირობას, ე. ი. თუ  $Ri = Rd$  მაშინ შევანს-  
კნელად მიღებული ფორმულა (135) მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$P_{amx} = \mu^2 U^2 m g \frac{Ri}{2(Ri + Ri)^2} = \mu^2 U^2 m g \frac{Ri}{8Ri} = \mu^2 \frac{U^2 m g}{8Ri} \quad (136)$$

ეთქვათ, ბადის აღზნების ამპლიტუდა  $Um g = 1$  ვ მაშინ გვქვინება:

$$P_{amx} = \frac{\mu^2}{8Ri} \quad (137)$$

მილაკების პარამეტრების განხილვისას გავარკვეით, მათი ქრთ-ერთი საყურა-  
დღებო პარამეტრი, რომელსაც მილაკის ვარგისობა ეწოდება, აღინიშნება  
ასო  $G$ -თხ და ტოლია:



სურ. 103.

$$G = \frac{\mu^2}{Ri} = Sd \text{ (რადგანაც დატვირთვა გვაქვს ამიტომ ვიღებთ დინამიურ } Sd \text{ —}$$

დახრილობას) და, როგორც ზემოდ გამოვარკვეით, მილაკის მიერ გამოყოფილი  
მაქსიმალური სიმძლავრე, როდესაც  $Ri = Ra$ -ს უდრის მილაკის ვარგისობის  
ერთ მერველს. ბაღზე ჩვეულებრივად სხვადასხვა მნიშვნელობის ძაბვაა მოდე-  
ბული, ამიტომ ბადის აღზნების ამპლიტუდის სხვადასხვა მნიშვნელობისათვის  
ზოგადი ფორმულა რომ გვქონდეს, საჭიროა მილაკების შინაგანი განტოლების  
ფორმულიდან შევიტანოთ მნიშვნელობა:

$$\frac{\mu}{Ri} = S \frac{m\alpha}{v}$$

მაგრამ რადგანაც:

$$G = \frac{\mu^2}{Ri} = \mu \frac{\mu}{Ri} = \mu S \frac{m\alpha v}{v^2}$$

ამიტომ 137-ე ფორმულიდან გვექნება:

$$P_{amx} = U^2 mg \frac{G}{g} = U^2 mg \frac{\mu S d}{g} \quad (138)$$

ამ ფორმულიდან ჩანს, რომ, რაც უფრო მეტია მილაკის ვარგისობა, მით უფრო მეტია მ. ლებულის ალგუნების დროს გამოყოფილი მარგი სიმძლავრე.

ქვემოთმოყვანილ ცხრილში ნაჩვენებია 4 ტიპის მილაკებში და, როგორც უხედავთ, რაც უფრო მეტია მილაკის ვარგისობის კოეფიციენტი  $G$ , მით უფრო მეტია მის მიერ ანოდის წრედში გამოყოფილი სიმძლავრე.

მილაკის სახელწოდება	$\mu$	$S \frac{ma}{V}$	$G \frac{mwt}{V^2}$	$P_{amx}$ ვატებში	ტიპი
Y5-107	12	1,35	16,2	18,2 მილივატი	ტრიოდი
Y0-186	3,7	3,1	11,5	12,9 მილივატი	მძლავრი ტრიოდი
CO 122	120	1,7	204	255 მილივატი	მძლავრი პენტოდი
6-φ-6	21	2,5	500	560 მილივატი	მძლავრი პენტოდი

როგორც ამ ცხრილიდან ჩანს, პირველ ორ მილაკს არ შეუძლია დააკმაყოფილოს ოთახის მეტი სიმძლავრის „რეკორდის“ ტიპის ელექტრომეგნიტური რეპროდუქტორი კი, ხოლო CO-122 მილაკის სიმძლავრე საკმაოა ორი რეპროდუქტორისათვის.

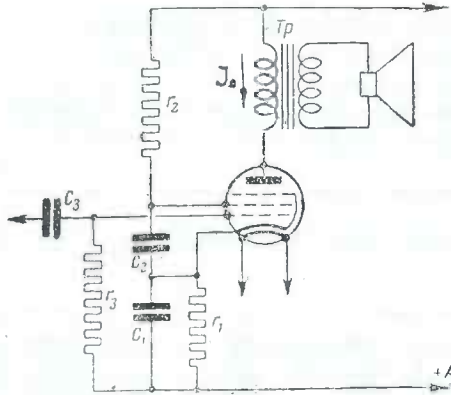
ასეთი ხმაელა მოლაპარაკეთათვის, როგორიცაა დინამიური რეპროდუქტორები, საჭიროა 500 მილივატი (0,5 ატ) და მეტიც. მაშასადამე, განხილული მილაკები არ შეიძლება სიმძლავრის გამძლიერებლად გამოვიყენოთ იმ გამძლიერებლებში, რომელიც დატვირთულია დინამიკით, გარდა 6-φ-6-სა.

მოყვანილი მაგალითი (ცხრილი) ნათლად გვიჩვენებს, რომ გამძლიერებლის გამოსასკელში სასურველი სიმძლავრის მიღება დამოკიდებულია მილაკის ვარგისობის კოეფიციენტ  $G$ -ზე. ასეთ მილაკებად ცნობილია CO-122, C-155, Y0-186, 6-φ-6, 6-L-6 და სხვა, რომელთა ვარგისობა  $350-500 \frac{mwt}{V^2}$

აღწევს. და ზოგჯერ ათასზე მეტიცაა (მაგალითად, CO-187 ანუ 6-L-6), მაგრამ უნდა შევნიშნოთ, რომ ეკრანიზებული მილაკები, რომელთაც ახასიათებთ დიდი ვარგისობა სიმძლავრის გასაძლიერებლად ნაკლებად გამოსადეგია, რადგანაც მათ ახასიათებთ დინატრონული ეფექტი, გარდა მილაკები 6-L-6 და 6-11-3-სა, რადგანაც მათში დინატრონული ეფექტის მოსახიზებად სპეციალური ზომებია მიღებული.

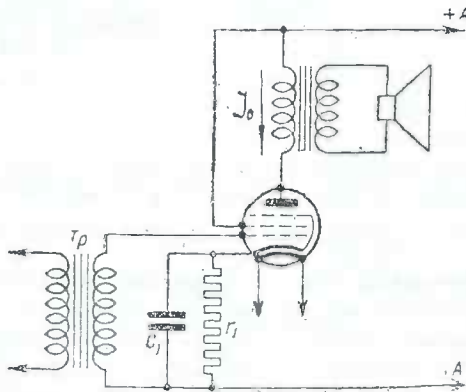
სიმძლავრის გამძლიერებელ კასკადში მილაკი მუშაობს დაძაბულ რეჟიმში, ამიტომ იქ მით უფრო საშიშია დინატრონული ეფექტი. ამ ფრიად არასასიამოვნო მოვლენის თავიდან ასაცილებლად საჭიროა უკანასკნელ კასკადში სიმძლავრის გამძლიერებლად გამოვიყენოთ არა ეკრა-

ნირებული (გარდა 6-L-6 და 6-N-3) მილაკები, არამედ პენტოდები. სურ. 104-ზე მოცემულია პენტოდის ჩართვის ისეთი პრინციპული სქემა, როდესაც ეკრანის წრედში  $r_3$  წინაღობის ჩართვის გამო ეკრანზე მოდებულია ნაკლები პოტენციალი, ვიდრე ანოდზე.



სურ. 104.

მიღებულ სქემას, თუ მასში გამოყენებული იქნება პენტოდები, როგორცაა 6-Φ-6, შეუძლია გამოსასვლელში მოგვეცეს საშუალო სიძლიერის დინამიკისათვის საესეებით საკმარისი გაძლიერება. ამიტომ თანამედროვე მიმ-



სურ. 105.

ღების (თუ იგი მუშაობის დინამიკაზე) გამოსასვლელ კასკადში უმთავრესად გამოყენებულია პენტოდები. სურ. 105-ზე მოცემულია იგივე სქემა, რაც სურ. 104-ზე, მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ ბაღეზე გამყოფი კონდენსატორით

ცკი არ ეძლევა აღზნება, არამედ ტრანსფორმატორით, რაც არსებითად არაერთად განსხვავებას არ იძლევა. აქ განსხვავება იმაშია, რომ ეკრანზე მილაკის ეძლევა იმდენივე ძაბვა, რამდენიც ანოდზე. ამ დროს რეჟიმი დიდად ფორსირებულია და იძლევა დიდ სიმძლავრეს, მაგრამ მილაკის მუშაობის დრო მკირდება, რადგანაც მუშაობა მძიმე პირობებში უზღდება.

## 7. ორტაქტიანი ანუ კუზკულური სქემები

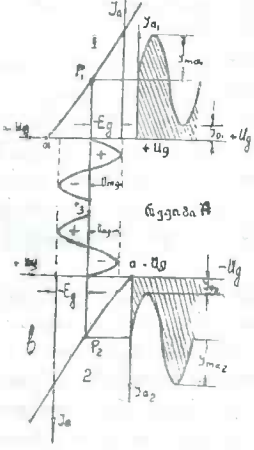
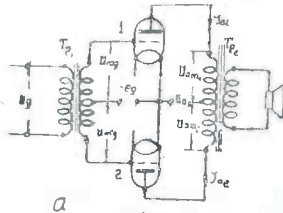
თუ დავუკვირდებით ჩვენს მიერ ზემოგანხილულ გამაძლიერებლებს (სურ. 104 და 105), რომლებიც მუშაობენ ტრანსფორმატორზე, შევამჩნევთ, რომ მასში მუდმივად გაქის ერთი მიმართულებით ანოდის მუდმივი დენი  $I_0$ , მაშასადამე ადგილი აქვს ტრანსფორმატორის გულას დამაგნიტებას მუდმივი დენით, რაც იწვევს მისი გაბარიტის ზრდას, რადგანაც ტრანსფორმატორის რკინის გულა ადვილად აღწევს მაგნიტურ ნაჯერობამდე. ამავე დროს ასეთი სქემები ტრანსფორმატორის გულას არასწორხაზობრიობის დამაგნიტების გამო იძლევიან უფრო მეტ დამახინჯებას, როგორც ეს განხილული გვექონდა, სადაც გავარჩიეთ მაგნიტიზმი (იხილეთ მაგნიტური ჰისტერეზისის მრუდი). იმისათვის, რომ ტრანსფორმატორში გვექონდეს მაგნიტურ ნაკადის სწორხაზობრივი ზრდა და შემციირება ბგერითი სიხვირის დენის ცვლადობის მიხედვით, საჭიროა თავიდან ავიცილოთ გულას უსარგებლო დამაგნიტება, რომელსაც ქმნის ანოდის მუდმივი დენი, ე. ი. მოვსპობთ ანოდის წრედში დენის მუდმივი შემადგენელი  $I_0$  ამის საშუალებას იძლევა ორტაქტიანი სქემა.

სურ. 106a-ზე მოცემულია ორტაქტიანი სქემა და, როგორც ვხედავთ, მასში მოწინააღმდეგე მიმართულებით ჩართულია ორი მილაკი. იმისათვის, რომ გასაგები იყოს ორტაქტიანი სქემის მუშაობა, საჭიროა მივმართოთ სურ. 106b-ზე მოყვანილ გრაფიკს. აქ მთლიან კოორდინატების სისტემაში ნაჩვენებია ორივე მილაკის (1 და 2) მახასიათებელი [ზედა (1) და ქვედა (2)], რომელთაც ბადეზე საერთო აღზნების პოტენციალი აქვთ (ყოველ ნახევარ პერიოდში სხვადასხვა ნიშნის). დადებითი ნახევარ პერიოდში იგი ზედა, ანუ 1-ლ მილაკში, იწვევს დენის გადიდებას, ხოლო მეორე მხლაცკი უმეცირებას. მეორე ნახევარი პერიოდის პოტენციალის დროს მილაკები იცვლიან თავიანთ ფუნქციებს, ე. ი. პირველ მილაკში დენი მკირდება, ხოლო მეორეში კი იზრდება. ამავე დროს ვაშჩნევთ, რომ ერთ და იმავე მომენტში ორივე მილაკი მუშაობს ისე, რომ მათი ანოდის დენი იცვლება ბადის პოტენციალის გადიდებისა და შემცირების მიხედვით. რადგანაც მუშა წერტილი იმყოფება მახასიათებლის სწორხაზოვანი ნაწილის შუა ადგილზე ( $P_1, P_2$ ), ამიტომ ასეთ რეჟიმს ეწოდება  $A$  რეჟიმი და უმთავრესად ხასიათდება იმით, რომ ბადის დენები არ არსებობენ\*) რადგანაც  $E_g = U_{mg}$ .

\*)  $A$ —რეჟიმი უმთავრესად გამოყენებულია ძაბვის ერთტაქტიან გამაძლიერებლებში, სადაც კასკადის კონომიურობას, ე. ი. მის დიდ მ. კ. კ. არსებითად მნიშვნელობა არ აქვს. გამაძლიერებელში, სადაც უკანასკნელ კასკადად ორტაქტიანი სქემა გამოყენებული, აუცილებლად  $B$  რეჟიმში უნდა მუშაობდეს.



თუ  $T P_1$ -ზე მოდებული არ იქნება ბგეოზთი სიხშირის ძაბვა ე. ი. გვე-  
ქნება უძრავობის პირობა, მაშინ 1-ლ მილაკის ანოდის წრედში ჩართული ტრანს-  
ფორმატორი  $T P_2$ -ს პირველად გრავნში გაივლის მუდმივი დენი  $I_{01}$  და  $I_{02}$   
როგორც ვხედავთ ეს დენები ( $I_{01}$  და  $I_{02}$ ) ერთმანეთის მოწინააღმდეგეა, მაშა-  
სადაც, მათ მიერ  $T P_2$  ტრანსფორმატო-



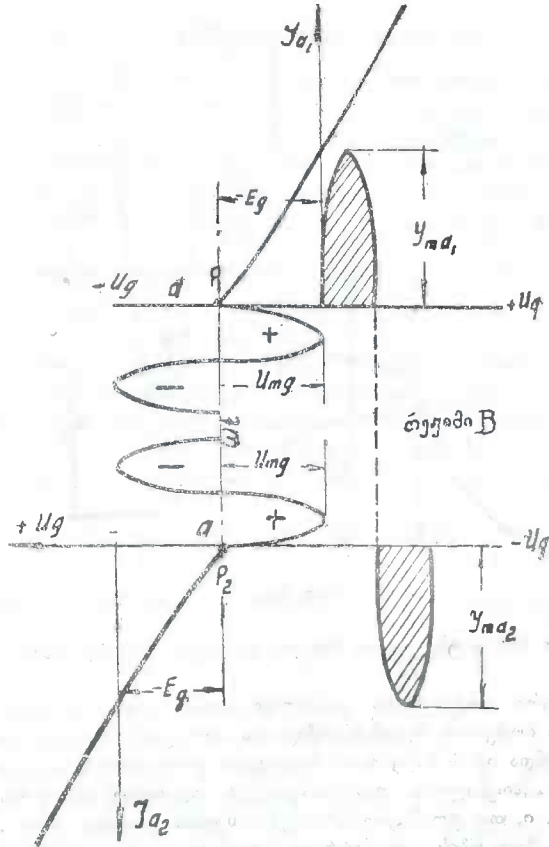
სურ. 106

ასეთ რეჟიმს  $B$  რეჟიმი ეწოდება და ფართოდ გამოიყენება როგორც  
დაბალი, ისე მაღალი სიხშირის გამამძლიერებლებში. ამ რეჟიმის დროს ეკონო-  
მიურად იხარჯება კვების წყაროს ენერჯია, რაც ფრიად საყურადღებოა იმ  
შემთხვევაში, როდესაც დანადგარი გალვანური ელემენტებით იკვებება. ჩვენი  
შემთხვევა აღებულია იმ პირობისათვის, როდესაც მახასიათებელი იდეალურია;  
რეალურ მახასიათებლისა და რეჟიმის დროს მახასიათებლის ქვედა მოლუნული  
ნაწილის გამო დამახინჯება აუცილებელია. მაგრამ სქემის ორტაქტიანობა სა-  
შუალებას იძლევა, ერთი მილაკის მიერ შეტანილი დამახინჯება მოისპოს მეორე  
მილაკის მუშაობით. რადგანაც მათი მოქმედების ფაზა  $180^\circ$  ადრეულია, ამი-  
ტომ ადგილი არ ექნება არაწრფივ დამახინჯებას, და თითოეულ მილაკში  
შექმნილი ანოდის დენის ფორმა სავსებით მსგავსია ბადის წრედში ჩართული  
ტრანსფორმატორის პირველად გრავნზე მოცემულ ბგერითი სიხშირის პოტენ-  
ციალის ცვალებადობის ფორმის. დამახინჯებების მოსპობის თვალსაზრისით

უმჯობესია ავირჩიოთ  $A$  რეჟიმი და მილაკის ეკონომიურად გამოყენების მიზნით  $B$  რეჟიმი.

იმ შუალედ რეჟიმს, სადაც ერთდროულად იქნება გამოყენებული როგორც  $A$ , ისე  $B$  რეჟიმი ეწოდება  $AB$  რეჟიმი.

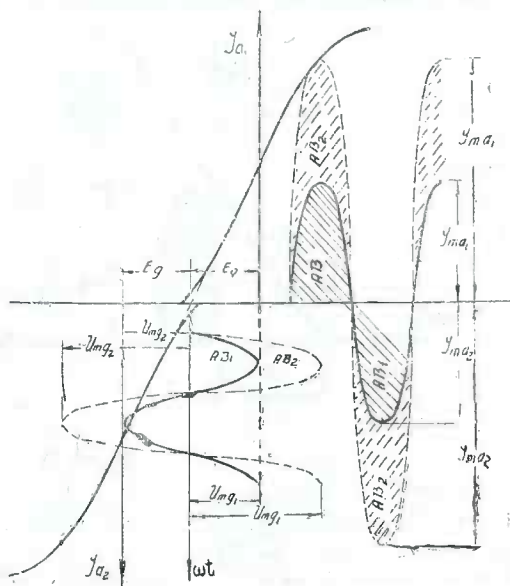
ამავე დროს უნდა შევნიშნოთ, რომ მილაკი შესაძლებელია მუშაობდეს ბადის დენებით და უბადისდენებოდ. პირველ შემთხვევაში ალგუნების ამპლი-



სურ. 107.

ტუდა გადის კოორდინატა სისტემის დადებით ნაწილში და გვექნება ბადის დენები, ხოლო მეორე შემთხვევაში ამპლიტუდები რჩებიან ორდინატის მარცხნივ, ამიტომ ზადეზე, მუშაობის პროცესში, არ გვექნება დადებითი ძაბვა, მასაღამე ბადის დენიც არ იქნება.

პირველი შემთხვევის დროს იხმარება აღნიშვნა  $AB_2$  და მეორე შემთხვევის დროს კი  $AB_1$  სურ. 108-ზე მოცემულია  $AB_1$  რეჟიმის გრაფიკული გამოსახვა, ხოლო იმავე სურათზე წყვეტილი ხაზით კი  $AB_2$  რეჟიმი. ეკონომიურობის თვალსაზრისით უფრო მისაღებია  $AB_2$  რეჟიმი, ვიდრე  $AB_1$ , ამიტომ მძლავრ გამაძლიერებლებში, სადაც სიმძლავრე 100 ვატამდეა, იხმარება  $AB_1$



სურ. 108.

რეჟიმი ხოლო 100 ვატზე უფრო მძლავრ გამაძლიერებლებში გამოიყენება  $AB_2$  რეჟიმი.

ნებისმიერი ორტაქტიანი გამაძლიერებლის კარგი მუშაობისათვის არაკმარა მარტო რომელიმე რეჟიმის არჩევა და ამ რეჟიმზე გათვლა, არამედ მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული მილაკების ერთგვაროვნებაც. გამაძლიერებელი ჩვენს მოთხოვნილებას დააკმაყოფილებს, თუ ორივე მხარე სრული სიმეტრიულია, ე. ი. თუ ტრანსფორმატორების ხვიათა რიცხვი ზუსტად შუაზეა გაყოფილი და მილაკების პარამეტრები ერთნაირია. ასეთ შემთხვევაში დამახინჯების საშიშროება სავსებით აცილებულია თავიდან. უნდა შევნიშნოთ, რომ თუ ორტაქტიანი გამაძლიერებლის მხრეები ასიმეტრიულია, იგი სავსებით კარგავს თავის აზრს და ნაკლებ სიმძლავრესთან ერთად დიდ დამახინჯებასაც ვლდებულობთ.

# მაღალი ანუ რადიოსიხშირის გამაძლიერებლები.

## 1. მაღალი სიხშირის გამაძლიერებლები

რადიოტექნიკაში ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ნაწილთაგანია მაღალი სიხშირის გამაძლიერებელი. მაღალი სიხშირის გამაძლიერებელი ელექტრონულ მილაკზეა აგებული და დიდი გამოყენება აქვს რადიოტექნიკაში, რადგანაც იგი მარტივი და მოხერხებულია. მილაკების გამოყენება დიდ სამსახურს უწევს მაღალი სიხშირის გენერატორების განვითარებას და უნდა ითქვას, რომ თანმედროვე რადიოტექნიკაში მილაკიან გენერატორებს გადაწყვეტი მნიშვნელობა აქვს.

მაღალი სიხშირის გენერატორები ორგვარია:

1. თვითაღგზნების გენერატორები და
2. გარეშე აღგზნების გენერატორები.

ჩვენ, როდესაც კონტურები განვიხილეთ, შევამჩნიეთ, რომ საკმაოა მისი კონდენსატორის შემონაფენები ელექტრონული მუხტით დავეტვირთოთ, რომ კონტურში რხევები მივიღოთ. რხევის სიხშირე დამოკიდებულია კონტურის პარამეტრები  $L_k$  და  $C_k$ -ზე ხოლო მისი მიღევის ინტენსივობა კი კონტურის აქტიურ წინაღობა  $R_k$ -ზე, რომელიც გვაძლევს ე. წ. კონტურის დეკრემენტს;

$$d = \frac{R_k}{30} \sqrt{\frac{C_{cm}}{L_{cm}}} ; d = \frac{R_k}{\rho_k} \text{ ანდა } d = \frac{1}{Q_k}$$

ანდა კონტურის ლოგარითმულ დეკრემენტს, რომელიც  $\pi$ -ჯერ მეტია დეკრემენტზე:

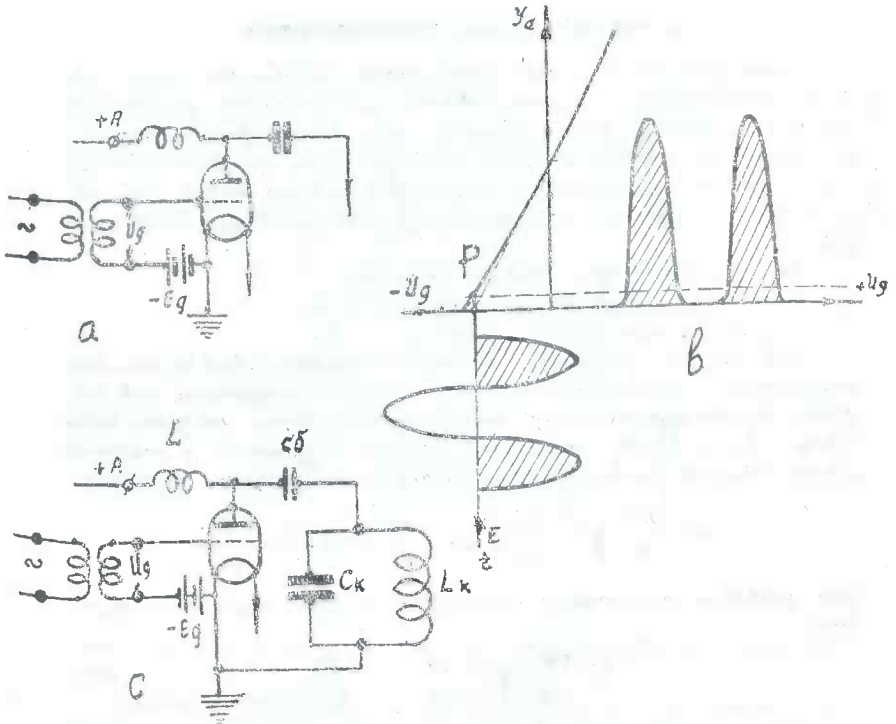
$$\delta = \frac{\pi R_k}{30} \sqrt{\frac{C_{cm}}{L_{cm}}} = \pi \frac{R_k}{\rho_k} \quad (139)$$

დეკრემენტი გვაჩვენებს, თუ ენერჯის რა ხარჯს აქვს ადგილი კონტურში ყოველ პერიოდში.

ამავე დროს კონტურის მიერ წარმოქმნილი რხევები მიღევადია, რომ კონტურში მიღევის არა ჰქონდეს ადგილი, საჭიროა რაღაც საშუალებით ყოველ მომენტში მას მივაწოდოთ გარეშე წყაროდან ენერჯია, რის საშუალებითაც კონტური ყოველ მომენტში აინაზღაურებს დახარჯულ რხევად სიმძლავრეს. ენერჯის ასეთ მომწოდებელ ხელსაწყოს წარმოადგენს სქემაში ჩართული ელექტრონული მილაკი, რომელიც იკვებება დენის წყაროდან.

რომ გავერკვიოთ, თუ სქემაში როგორ მუშაობს მილაკი, ამისათვის მივმართოთ სურ. 109-ა-ზე მოცემულ ნახაზს. ვთქვათ, მილაკის ბადეზე მოდებულია მაღალი სიხშირე, რომლის ამპლიტუდა ტოლია  $U_g$ , მას აქვს მუდმივი პოტენ-

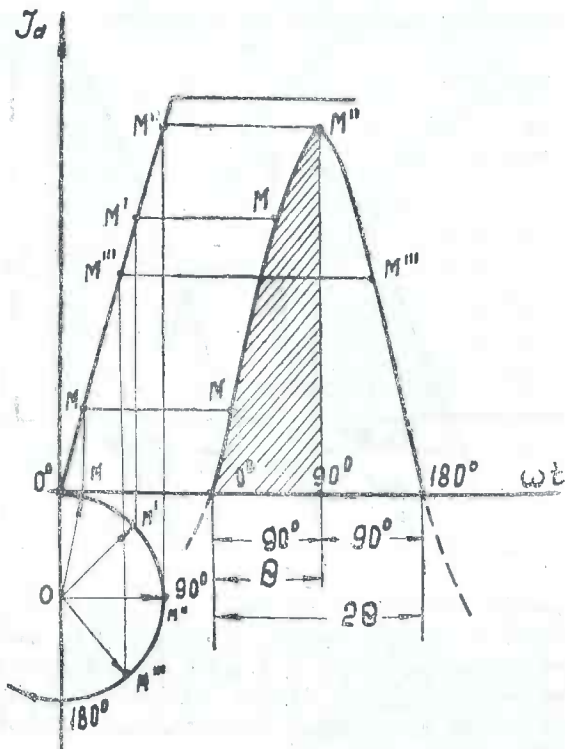
ციალი— $E_g$ , რათა სამუშაო წერტილი  $P$  იყოს მახასიათებლის დასაწყისში, ასეთ შემთხვევაში, როგორც აქვე მოყვანილ გრაფიკიდან ჩანს (სურ. 109b), ყოველი დადებითი ნახევარ პერიოდის დროს, ანოდის წრედში დენის იმპულსები გვექნება. დენის ასეთ იმპულსებს რადიოტექნიკაში წააკვეთილ დენებს უწოდებენ. სურ. 109a-ზე მოცემული სქემის ანოდის წრედს, როგორც სურ. 109c-ზეა ნაჩვენები, მიუერთაოთ კონტური  $L_k C_k$ , მაშინ კონტურის



სურ. 109.

კონდენსატორი, ანოდის წრედში დენის იმპულსების არსებობის შედეგად, ყოველ ნახევარპერიოდის განმავლობაში დაიტვირთება ელექტროობით და კონტურში შივილებთ ელექტრულ რხევებს. წარმოშობილი მაღალი სიხშირის დენი მიუღწევლი იქნება სანამ მილაკი მუშაობს ე. ი. მის ბადეზე  $U_g$  ძაბვის სიხშირეა მოდებული. საკმარისია შევწყვიტოთ მილაკის მუშაობა (ვარვარების ანდა ანოდის ძაბვის შეწყვეტით), ანდა გამოვთიშოთ აღვზნების პოტენციალი, რომ კონტურში მაშინათვე რხევები შეწყდება. ამგვარად, ყოველ მომენტში დენის იმპულსები შეავსებენ კონტურის  $R_k$  წინააღობაზე, ენერჯიის ხარჯს და მიუღწევლ რხევები გვექნება მასში.

ჩვენს მიერ განხილული გამაძლიერებელი გარეშე ალგზნებისა და პრინციპულად არაუკრიო არ განსხვავდება დაბალი სიხშირის გამაძლიერებლის ერთ-ერთი კასკადის მუშაობისაგან. განსხვავება მხოლოდ დატვირთვისა და რეჟიმშია. აქ დატვირთვის წარმოადგენს კონტური, რომელიც აწყობილია რეზონანს-



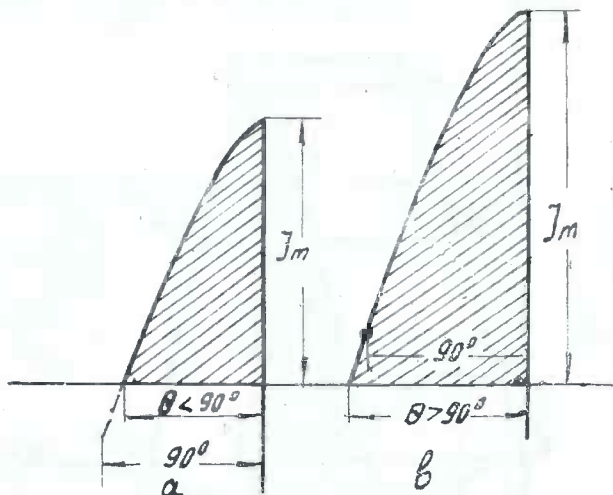
სურ. 110.

სში ბადეზე არსებულ ალგზნების სიხშირესთან. დაბალი სიხშირის გამაძლიერებლებში ანოდის წრედში ჩართულია წინაღობა, დროული ანდა ტრანსფორმატორი, და არ გვაქვს რეზონანსის მოვლენა.

მაღალი სიხშირის გენერატორის რეჟიმს, რომლის დროს ანოდის წრედში გვაქვს ნახევარ პერიოდიანი იმპულსები, ეწოდება მეორე რიგის რეჟიმი. თუ ანოდის წრედში, გვექნება სიდიდით სინუსოიდალურად რხევადი მუდმივი დენი, მაშინ გენერატორი მუშაობს პირველი რიგის რეჟიმში. პირველი რიგის რეჟიმი ანუ პირველი რიგის რხევები მაღალი სიხშირის გენერატორებში ნაკლებად გამოიყენება, მათი მ. ქ. კ. სიმცირის გამო. ამჟამად უმთავრესად გავრცელებულია მეორე რიგის რხევები, ამიტომ ჩვენ მხო-

ლოდ ასეთ რბევებს გავეცნობით. როგორც შევნიშნეთ, მეორე რიგის რბევების დროს ადგილი აქვს დენის ე. წ. „წაკვეთას“, ამისათვის საჭიროა გავარკვიოთ თუ რას ნიშნავს ცნება „დენის წაკვეთა“.

წაკვეთის ცნება და წაკვეთის კუთხე რომ გავარკვიოთ. ამისათვის საჭიროა მივმართოთ სურ. 110-ზე მოცემულ ნახაზს და გავისინოთ აგრეთვე, რომ სინუსოიდალურია ოხევა ანალოგიურია ოაღუს ვექტორის ბრუნვისა რომელიმე



სურ. 111.

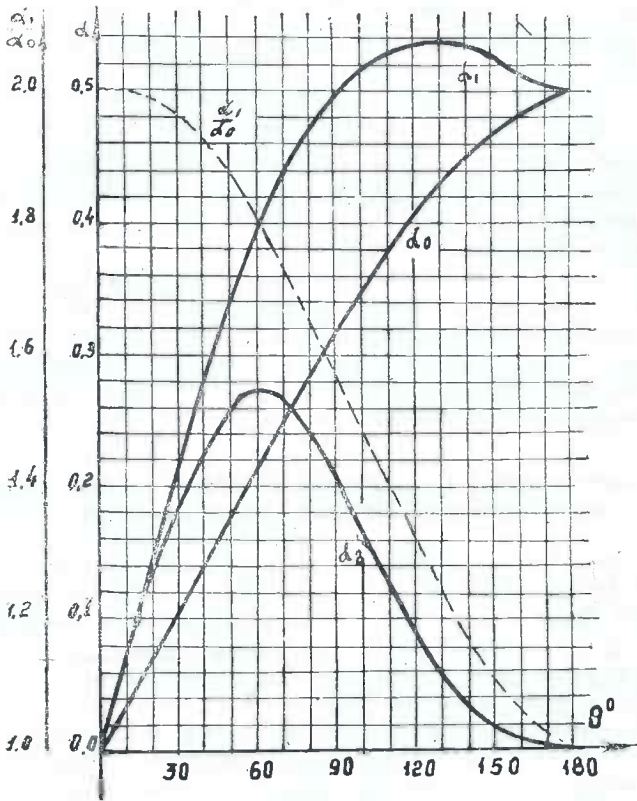
წერტილის გარშემო. ვთქვათ, წრეში მოცემული რადიუს-ვექტორი ბრუნავს  $O$  წერტილის გარშემო. იმ მომენტში, როდესაც ის იმყოფება  $C^{\circ}$ -ზე, დენის ძალა მილაკში ნულის ტოლია. მიაღწევს რა  $90^{\circ}$ -ს, დენის ძალაც მიაღწევს მაქსიმალურ მნიშვნელობას, როდესაც ვექტორი  $180^{\circ}$ -ით შემობრუნდება, დენის ძალა ისევ ნულის ტოლი გახდება. ხოლო შემდეგი შემობრუნება  $360^{\circ}$ -მდე არ გვაძლევს არაფერა დენის ძალას.

ამგვარად, თუ შემობრუნების ყოველ  $90^{\circ}$ -ს აღვნიშნავთ ასო  $\Theta$ -თი, მაშინ მილაკის ანოდის წრედეში დენი არსებობს  $2\Theta$ -ის განმავლობაში, რაც რადიანებში უდრის  $\pi$ . ამგვარად, ჩვენ შეგვიძლია დენის წაკვეთა ავლენიშნოთ ე. წ. ელექტრულ გრადუსებში და მას ეწოდება წაკვეთის კუთხე.

ანგარიშის სიაღვლისათვის იღებენ არა  $2\Theta$  მნიშვნელობის კუთხეს, არამედ  $\Theta$  კუთხეს, რაც ეთანაბრება  $90$  ელექტრულ გრადუსს და დენის იმ სახეს, რომელსაც ვლტებლობით ამ კუთხით აღვზნების ძაბვის ვექტორის შემობრუნებით, მახვილი იმჰულსი ეწოდება. გარდა  $\Theta = 90^{\circ}$  წაკვეთისა შესაძლებელია ტოლი იყოს ამაზე მეტის ანდა ნაკლების. სურ. 111ა-ზე მოცემულია შემთხვევა, როდესაც დენის წაკვეთის კუთხე ნაკლებია  $90^{\circ}$ -ზე, ხოლო სურ. 111ბ-ზე კი დენის წაკვეთა  $90^{\circ}$ -ზე მეტია. როგორც ერთ, ისე მეორე შემთხვევაში იმ-



პულსი არ შესდგება ზუსტად სინუსოიდის ნახევარ პერიოდისაგან. იმპულსის ასეთი დამახინჯება იწვევს მრავალ ჰარმონიკებს, რისთვისაც გაურბიან მას, თუ უტექნიკური პირობები არ მოითხოვს 90°-ზე მეტ თუ ნაკლებ დენის წაკვე-



სურ. 112.

თის კუთხეს. მახვილკუთხიანი იმპულსი რამდენიმე შემადგენელ ნაწილად იშლება, სახელდობრ: დენის მუდმივი შემადგენელი, ძირითადი ანუ პირველი ჰარმონიკა, მე-2 ჰარმონიკა, მე-3 და ასე შემდეგ, რის შედეგად გვაქვს ე. წ. დაშლის ჰარმონიკების კოეფიციენტები წაკვეთის კუთხესთან დამოკიდებით:

1. დენის იმპულსის მუდმივი შემადგენლის კოეფიციენტი:

$$\alpha_0 = \frac{I_0}{I_m} = \frac{\sin \Theta - \Theta \cos \Theta}{\pi(1 - \cos \Theta)} \quad (140)$$

2. დენის იმპულსის პირველი ჰარმონიკის კოეფიციენტი:

$$\alpha_1 = \frac{I_1}{I_m} = \frac{\Theta - \cos \Theta \sin \Theta}{\pi (1 - \cos \Theta)} \quad (141)$$

3. დენის იმპულსის მეორე ჰარმონიკის კოეფიციენტი:

$$\alpha_2 = \frac{I_2}{I_m} = \frac{\sin 2\Theta \cos \Theta - 2 \cos 2\Theta \sin \Theta}{3\pi (1 - \cos \Theta)} \quad (142)$$

როგორც ვხედავთ, ჰარმონიკთა შემადგენლობის კოეფიციენტის ფორმულები საკმაოდ რთულია და საანგარიშოთ უხერხულია. ამისათვის სარგებლობენ ამ ფორმულებითვე შედგენილი მრუდეებით, რომლებიც აადვილებენ კოეფიციენტების მნიშვნელობის გაგებას. მიღებულ 140, 141 და 142 ფორმულებში  $I_m$  იმპულსის მაქსიმალური სიდიდეა,  $I_0$  დენის მუდმივი შემადგენელი,  $I_1$  დენის პირველი ჰარმონიკის შემადგენელი ანუ პირველი (ძირითადი) ჰარმონიკის ამპლიტუდის სიდიდე,  $I_2$ -მეორე ჰარმონიკის შემადგენელი. სურ. 112-ზე მოცემულია გრაფიკები  $\alpha_0$ ,  $\alpha_1$  და  $\alpha_2$  გასაანგარიშებლად, სადაც ორდინატზე გადადებულია მათი რიცხობრივი მნიშვნელობა, ხოლო აბსცისაზე მოცემულია წაკვეთის კუთხე გრადუსებში  $\Theta$ .

## 2. მაღალი სიხშირის გამაძლიერებლის ძირითადი რეჟიმი, ანოდის წრედში ავტოგლი კონტურის არსებობის დროს

მაღალი სიხშირის გამაძლიერებლის მთავარი დანიშნულებაა მუშაობის პროცესში ჩვენთვის სასურველი ჰარმონიკა გამოჰყოს კონტურზე, ჰქონდეს საკმაო მარგი ქმედობის კოეფიციენტი (მ. ქ. კ.) და მაქსიმალური რხევადი სიმძლავრე. თუ სურ. 112-ზე მოცემულ მრუდს დაუფკვირდებით, შევამჩნევთ, რომ როდესაც წაკვეთის კუთხე  $\Theta = 120$ , მაშინ  $\alpha_1$  ტოლია მაქსიმალური მნიშვნელობის (0,54). მეორე ჰარმონიკის მნიშვნელობა  $\alpha_2 = 0,28$ , როდესაც  $\Theta = 60$ , ხოლო რაც შეეხება იმპულსის მუდმივ შემადგენლობის კოეფიციენტს  $\alpha_0$ -ს იგი მაქსიმალურ მნიშვნელობას აღწევს, როდესაც  $\Theta = 180$ -სს., ე. ი. როდესაც გვაქვს პირველი რიგის რხევები  $\alpha_1$  და  $\alpha_0 = 0,5$ . როგორც ზემოდ ვთქვით, ამა თუ იმ ჰარმონიკის მაქსიმალური მნიშვნელობა არ გვაძლევს საშუალებას ვიქონიოთ დიდი მ. ქ. კ., რის გამოც იძულებული ვართ შევამციროთ წაკვეთის კუთხე, მაგრამ მოვიგოთ ენერჯის ხარჯში გენერატორის ანუ მაღალი სიხშირის გამაძლიერებლის მ. ქ. კ. აწევით.

ანოდის წრედში ჩართული კონტური რეზონანსის დროს სხვადასხვა ჰარმონისათვის სხვადასხვა წინალობას წარმოადგენს. მასასადამე, სხვადასხვა ჰარმონიკა მოგვეცემს მასში მეტ თუ ნაკლებ მარგი ენერჯის გამოყოფას. კერძოდ პირველი ჰარმონიკისათვის კონტური წარმოადგენს წინალობას:

$$Z_p = \frac{\omega^2 L^2 k}{R_k} = Q_k \rho_k \quad (143)$$

ამ წინააღმდეგ პირველი ჰარმონიკა შექმნის ძაბვის ვარდნას:

$$U_1 = I_1 Z_P$$

სადაც  $I_1$  — პირველი ჰარმონიკის დენის ძალის სიდიდეა. აქ უნდა შევნიშნოთ, რომ კონტურები წარმოადგენენ დიდ წინააღმდეგობას მხოლოდ და მხოლოდ იმ ჰარმონიკისათვის, რომელზეც აწყობილი არიან ისინი, სხვა დანარჩენებისათვის მისი წინააღმდეგობა თითქმის უმნიშვნელოა, ე. ი. არ კმნიათ შესაბამისი ძაბვის ვარდნას და გამოყოფენ იმდენად მცირე ენერჯიას, რომ ხშირ შემთხვევაში შეგვიძლია იგი უგულვებელყოთ.

როგორც ცნობილია, კონტურის წინააღმდეგ რეზონანსული ჰარმონიკებისათვის ტოლია:

$$Z_P = \frac{\rho_k^2}{R_k}$$

სადაც:

$$\rho = 30 \sqrt{\frac{L_{cm}}{C_{cm}}}$$

ხოლო სხვა ჰარმონიკებისათვის კონტურის წინააღმდეგ გამოითვლება ფორმულით:

$$Z_n = \rho \frac{n}{n^2 - 1} \quad (145)$$

სადაც  $n$  ჰარმონიკის რიგითი ნომერია.

მაგალითი: ვთქვათ, გენერატორის ანოდის წრედში ჩართულია კონტური, რომლის პარამეტრებია:

$$L_k = 2,5 \cdot 10^8 \text{ cmt}; C_k = 2 \cdot 10^3 \text{ cmt}, R_k = 10 \Omega$$

და შესაბამისად ტალღის სიგრძე უდრის  $\lambda = 1400$  მეტრს, ე. ი.

$$f = \frac{3 \cdot 10^8}{\lambda \text{ mt}} = \frac{3 \cdot 10^8}{1400} = 2,14 \cdot 10^5 \text{ Hz.}$$

ამავე დროს მოცემულია, რომ ანოდის დენის ნაკვეთის კუთხე  $\Theta = 90^\circ$ , ხოლო იმპულსის მაქსიმალური მნიშვნელობა:

$$I_{amx} = 0,5a.$$

დაშლის კოეფიციენტების გასაგებად მივმართოთ სურ. 117-ს, სადაც სჩანს, რომ  $\Theta = 90^\circ$  დროს:  $\alpha_1 = 0,5$ ;  $\alpha_2 = 0,21$ .

მიღებული დაშლის კოეფიციენტების შესაბამისად გვაქვს:

$$I_1 = \alpha_1 I_{mx} = 0,5 \cdot 0,5 = 0,25a$$

$$I_2 = \alpha_2 I_{mx} = 0,21 \cdot 0,5 = 0,105$$

როგორც ამ მაგალითიდან ჩანს, რაც უფრო დიდია ჰარმონიკის ნომერი მით უფრო მცირეა ( $90^\circ$  წაკვეთის დროს) მის მიერ კონტურის მკვებავ შტოში შექმნილი დენი (ე. ი. ანოდის წრედში).

გავიგოთ, თუ რა წინააღმდეგობა გაუწევს კონტური ამ ჰარმონიკების დენებს.

1. კონტურის ტალღური წინალობა:

$$\rho = 30 \sqrt{\frac{L_{cmT}}{C_{cmT}}} = 30 \sqrt{\frac{2,5 \cdot 10^5}{2 \cdot 10^8}} = 336 \Omega$$

2. კონტურის რეზონანსული წინალობა პირველი ჰარმონიკის დენის მიმართ:

$$Z_1 = \frac{\rho^2}{R_k} = \frac{336^2}{10} = 11300 \Omega$$

3. წინალობა მე-2 ჰარმონიკის მიმართ:

$$Z_2 = \rho \frac{n}{n^2 - 1} = 336 \frac{2}{4 - 1} = 224 \Omega$$

გავიგოთ რამდენჯერ შემცირდა მეორე ჰარმონიკის მიმართ კონტურის წინალობა სარეზონანსო (პირველი ჰარმონიკა) წინალობასთან შეფარდებით:

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{11300}{224} \approx 46\text{-ჯერ}$$

1. ჰარმონიკები კონტურში ქნნიან ძაბვის ვარდნას: 1. პირველი ჰარმონიკის ანუ სარეზონანსო სიხშირის მიერ შექმნილი ძაბვის ვარდნა კონტურის მოშვერებზე:

$$U_1 = I_1 Z_1 = 0,25 \cdot 11300 = 2800 \text{ ვ.}$$

2. მეორე ჰარმონიკის მიერ შექმნილი ძაბვის ვარდნა კონტურზე:

$$U_2 = I_1 Z_2 = 0,25 \cdot 224 = 61 \text{ ვ.}$$

რაც წარმოადგენს პირველი ჰარმონიკის  $2,18\%$ -ს. მაშასადამე, რადგანაც ჰარმონიკებისათვის კონტური წარმოადგენს მცირე წინალობას, ამიტომ გამოჰყოფენ მცირე ენერგიას. მაგრამ თანამედროვე რადიოტექნიკურ დანადგარებს, განსაკუთრებით მოკლელტალღოვან გენერატორებს უფრო დიდ მოთხოვნილებებს უყენებენ, რის გამოც ჰარმონიკების მიერ გამოყოფილ სიმძლავრე თითქმის ანულამდე უნდა იქნეს დაყვანილი. ამიტომ აქ საჭიროა რთული კონტურები.

გარდა კონტურების რეზონანსული წინალობისა და მის მიერ არასასურველ ჰარმონიკების ჩახშობისა, ჩვენთვის საინტერესოა თუ რა დამოკიდებულებაშია მალ. სიხშ. გამაძლიერებლის მუშაობის დროს შემდეგი სიდიდეები: მილაკის ძვრა— $E_g$ , ალგუნების პოტენციული  $U_g$ , წაკვეთის კუთხე  $\Theta$  და ანოდის ძაბვის ცვლადი შემადგენელი  $U_a$ ; პირველ რიგში უნდა ვავარკვიოთ ანოდზე მოდებული მუდმივი ძაბვის  $U_a$ -დან, კონტურის რეზონანსული სიხშირე  $f_0$ -ის შესაბამისად. რა ნაწილი გადაიქცევა რხევად სიხშირის ძაბვად. ამისთვის შემოღებულია ე. წ. ანოდის ძაბვის გამოყენების კოეფიციენტი, რომელიც მაჩვენებელია თუ  $U_a$ -ის მერამდენე ნაწილი გარდაიქმნება მალალი სიხშირის რხევად ძაბვად ( $U_1$ ). ანოდის ძაბვის გამოყენების კოეფიციენტი გამოიხველება ფორმულით:

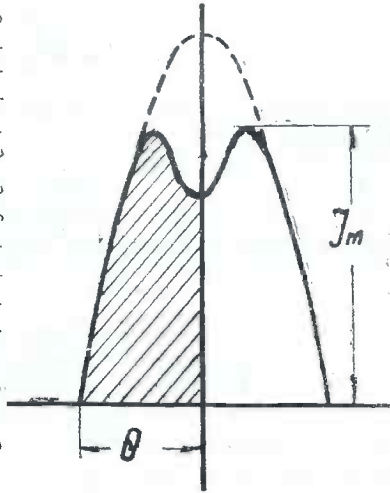
$$\xi = 1 - \frac{I_{amx}}{U_a S} \quad (.46)$$

$S$  — მილაკის მახასიათებლის დახრილობაა,  $I_{amx}$  — დენის მაქსიმალური იმპულსია-რომელიც ტოლია:

$$I_{amx} \approx \frac{5P_1}{U_a} \quad (147)$$

აქ  $P_1$  სიმძლავრეა ვატებში, რობელიც კონტურში უნდა გამოიყოს.

გენერატორებში ანუ მაღალი სიხშირის გამაძლიერებლებში უმრავლეს შემთხვევაში სასურველი არ არის ე. წ. გადაძაბვის მოვლენა, (გადაძაბვის შემთხვევაში ანოდის ცვალებადი შემადგენელი ლებულობს მეტ ამპლიტუდურ მნიშვნელობას, ვიდრე ანოდის  $U_a$  ძაბვა); რადგანაც ეს იწვევს იმპულსის დამახინჯებას და წარმოშობს მთელ რიგ ჰარმონიკებს, რაც არასასურველია. სურ. 113-ზე მოცემულია ანოდის იმპულსის დამახინჯების შემთხვევა გადაძაბვის დროს. ასეთ მოვლენას ადგილი რომ აუჭონდეს, საჭიროა ანოდის ძაბვის გამოყენების კოეფიციენტი მე-14-ე ფორმულით მიღებული, ავიღოთ 2—3%-ით ნაკლები (რათა არ მივიღოთ გადაძაბული რეჟიმი).



გაიგებთ რა ძაბვის გამოყენების კოეფიციენტს, შეგვიძლია მოკემული მილაკისათვის გავიგოთ ანოდის ძაბვის ცვალებადი შემადგენელი:

$$U_1 = \xi \cdot U_a \quad (148)$$

სურ. 113.

შესაბამისად ანოდის დენის პირველი შემადგენელი ტოლია:

$$I_1 = \alpha_1 I_{amx} \quad (149)$$

ანოდის დენის მუდმივი შემადგენელი:

$$I_0 = \alpha_0 I_{amx} \quad (150)$$

მილაკის მიერ მოკემული ცვალებადი სიმძლავრე:

$$P_1 = \frac{U_1 I_1}{2} \quad (151)$$

მილაკის მიერ კვების წყაროდან დახარჯული სიმძლავრე:

$$P_0 = I_0 U_0 \quad (152)$$

ვაწვიდით რა ანოდს მუდმივი სიმძლავრე  $P$ -ს, მისი ნაწილი უსარგებლოდ იხარჯება ანოდის გაცხელებაზე. ამ სიმძლავრეს ანოდზე განხრევის ან განფანტვის სიმძლავრე ეწოდება და ტოლია:

$$P_a = P_0 - P_1 \quad (153)$$

გამაძლიერებლის მარგი ქმედების კოეფიციენტი იანგარიშება ფორმულით:

$$\eta = \frac{P_1}{P_0} \quad (154)$$

კონტურის რეზონანსული ანუ რეჟიმის შესაბამისი წინაღობა:

$$Z = \frac{U_1^{*2}}{I_1} \quad (155)$$

აღგზნების ამპლიტუდა ბადეზე:

$$U_g = \frac{Imx}{S} \alpha_m + DU_1 \quad (156)$$

აქ  $D$  მილაკის განვლადობაა და კოეფიციენტი  $\alpha_m$  დამოკიდებულია წაკვეთის კუთხეზე და ტოლია:

$$\alpha_m = \frac{1}{1 + \cos \Theta} \quad (157)$$

მილაკის ბადეზე, ძვრის პოტენციალი ტოლია:

$$E_g = E'g - (U_g - DU_1) \cos \Theta \quad (158)$$

აქ ყველა სიდიდე ჩვენთვის ცნობილია, გარდა  $E'g$ -ს, რომლის მნიშვნელობა იმ მილაკებისათვის, რომლებიც გამოიყენება მაღალი სისწირის გამაძლიერებელში, მოცემულია გენერატორული მილაკების ცხრილში.

გენერატორის ასეთი წესით გაანგარიშების შემდეგ აუცილებელია მისი შემოწმება, რადგანაც შესაძლებელია ჩვენს მიერ გათვლილი რეჟიმი გადაძაბული გამოდგეს. გადაძაბული რეჟიმი გვექნება მაშინ, თუ:

$$e_{amin} > e_{gmx}$$

სადაც:

$$e_{amin} = U_a - U_1 \quad \text{და} \quad e_{gmx} = U_g + E_g \quad (159)$$

ბადის წრედში მაქსიმალური იმპულსი გაითვლება ფორმულით:

$$I_{gmx} = 0,15 I_{amx} \sqrt{\frac{e_g \max}{e_{amin}}} \quad (160)$$

ბადის დენის წაკვეთის კუთხის კოსინუსი ტოლია:

$$\cos \Theta_g = - \frac{E_g}{U_g} \quad (161)$$

\*) გამაძლიერებლის სწორი მუშაობისათვის რეჟიმით მიღებული  $Z$  ტოლი უნდა იყოს ანოდის წრედში ჩართული კონტურის რეზონანსული წინაღობისა, სახელდობრ:

$$Z = Z_p = 900 \frac{L_k}{C_k R_k} = \frac{p^2 k}{R_k} = Q_k \cdot p_k.$$

როთაც ვეებთ წაკვეთის კუთხის მნიშვნელობას გრადუსებში, და მისი შესაბამის. მუდმივი შემადგენლის დაშლის კოეფიციენტი  $\alpha_g$ -ს. სურ. 112-დან. ბადის იწრედში დახარჯული სიმძლავრე გამოითვლება ფორმულით:

$$\text{სადაც } P_{go} = I_g \cdot U_g \quad (162)$$

$$I_g = \alpha_g I_{gmx} \quad (163)$$

ბადის ძვრაზე დაკარგული სიმძლავრე:

$$P_{gr} = E_g \cdot I_{go} \quad (164)$$

ხოლო სხვა კარგვები ბადის წრედში, როგორცაა კარგვები ომურ წინააღობაზე და სხვა, ტოლია:

$$P'_g = P_{go} - P_{gr} \quad (165)$$

მაგალითი: მოცემულია, რომ გენერატორმა უნდა მოკვეცს სიმძლავრე ტოლი  $P_1 = 20 \text{ wt.}$  მისი ტალღის სიგრძე  $\lambda = 500 \text{ mt.}$ ;  $R_k = 5 \Omega$  და  $C_k = 1000 \text{ cmt.}$  უნდა გამოვიტვალოთ გამაძლიერებელის მთლიანი რეჟიმი, კონტურის პარამეტრები და გამოვხაზოთ სქემა. მოცემულობის მიხედვით ვირჩევთ მილაკ  $ГK-20$ , რადგანაც იგი იძლევა 20 ვატ მარგ სიმძლავრეს. (იხილეთ მილაკების ცხრილი წიგნის ბოლოში).

მილაკ  $ГK-20$ -ის პარამეტრია:

$$P_a = 15 \text{ wt.}; U_H = 5,6 \text{ v.}; I_H = 0,85 \text{ a.}; U_a = 750 \text{ v.}; \mu = 50;$$

$$S = 1,8 \frac{\text{ma}}{\text{V}}; I_e = 240 \text{ ma.}; R_i = 3 \cdot 10^3 \Omega \text{ და } E'_g = -6 \text{ v.}$$

1. დენის მაქსიმალური იმპულსი ანოდის წრედში:

$$I_a \text{ max} = \frac{5P_1}{U_a} = \frac{5 \cdot 20}{750} = 133 \text{ ma.}$$

2. ანოდის ძაბვის გამოყენების კოეფიციენტი:

$$\xi = 1 - \frac{I_{\text{max}} \cdot 10^3}{U_a \cdot S} = 1 - \frac{0,133 \cdot 10^3}{750 \cdot 1,8} = 0,9$$

როგორც აღვნიშნეთ, ეს კრიტიკული რეჟიმის ფორმულაა და რომ არ გვექნეს გადაძაბული რეჟიმი  $\xi$ -ის ვიღებთ  $2-3\%$ -ით ნაკლებს, ე. ი. მივიღოთ:

$$\xi = 88\% = 0,88$$

3. ანოდის ძაბვის ცვალებადი შემადგენელი:

$$U_1 = \xi U_a = 0,88 \cdot 750 = 660 \text{ v.}$$

\*) ამ ფორმულაში  $10^3$  შეტანილია იმიტომ, რომ მილაკის დახრილობა უნდა იყოს ამპერვოლტებში.



4. რადგანაც ცნობილია ცვალებადი სიმძლავრის სიდიდე  $P_1 = 20 \text{ wt}$  და ანოდის ძაბვის რხევადი შემადგენელი  $U_1 = 660 \text{ v}$ , ამიტომ შეგვიძლია გავიგოთ ანოდის დენის ცვალებადი შემადგენელი:

$$I_1 = \frac{2P_1}{U_1} = \frac{2 \cdot 20}{660} = 60 \text{ ma}$$

5. ვიცით რა დენის ცვლადი შემადგენელი და იმპულსის მნიშვნელობა, შეგვიძლია გავიგოთ დაშლის პირველი ჰარმონიკის კოეფიციენტი:

$$\alpha_1 = \frac{I_1}{I_{\text{amx}}} = \frac{60}{133} = 0,45$$

$\alpha$ -ის მეშვეობით სურ. 112-ზე ვეძებთ შესაბამის წაკვეთის კუთხეს. ამისათვის ორდენატის 0,45 მნიშვნელობიდან ვავლებთ ჰორიზონტალურ ხაზს და  $\alpha_1$ -ის მრუდის გადაკრის წერტილიდან ვუშვებთ შეეულს აბსცისაზე, და ვპოულობთ, რომ  $\Theta = 75^\circ$ . მართალია ამ შემთხვევაში იმპულსი სრული ნახევარ პერიოდის არ იქნება, რის გამოც გარდა მეორე ჰარმონიკისა, ადგილი ექნება მე-3 და სხვა ჰარმონიკებს, მაგრამ ჩვენ კონტური შეგვიძლია შევარჩიოთ ისე, რომ ისინი ჩაიხშოს.

6. ანოდის დენის მუდმივი შემადგენელის გასაგებად ვეძებთ  $\Theta = 75^\circ$ -სათვის  $\alpha_0$ -ის მნიშვნელობას და ვპოულობთ, რომ იგი  $\alpha_0 = 0,28$ . აქედან:

$$I_0 = \alpha_0 I_{\text{amx}} = 0,28 \cdot 133 = 87 \text{ ma}$$

7. სიმძლავრე, რომელსაც ხარჯავს გამაძლიერებელი კვების წყაროდან:

$$P_0 = I_0 U_a = 0,037 \cdot 750 = 27,6 \text{ wt}$$

8. რეჟიმის მარგი ქმედების კოეფიციენტი:

$$\eta = \frac{P_1}{P_0} = \frac{20}{27,6} = 0,725 = 72,5\%$$

9. სიმძლავრის ფანტკა ანოდზე:

$$P_a = P_0 - P_1 = 27,6 - 20 = 7,6 \text{ wt}$$

10. კონტურის წინაღობა მაღალი სიხშირით რხევადი ანოდური დენის მიმართ:

$$Z = \frac{U_1}{I_1} = \frac{660}{0,06} = 1100 \Omega.$$

11. ალგზნების ამპლიტუდა ბადის წრედში:

$$U_g = \frac{I_{\text{amx}}}{S} \alpha_m + DU_1$$

$$\alpha_m = \frac{1}{1 - \cos \Theta} = \frac{1}{1 - 0,259} = 1,34$$

$$U_g = \frac{0,133 \cdot 10^3}{1,8} \cdot 1,34 + 0,02 \cdot 660 = 113 \text{ ვ.}$$

12. გამაძლიერებლის ბადის ძვრის პოტენციალი.

$$E_g = E'_g - (U_g - DU_1) \cdot \cos \Theta = -6 - (113 - 0,02 \cdot 660) \cdot 0,259 = -40 \text{ ვ.}$$

შევამოწმოთ დაძაბულობა:

$$ea_{min} = U_a - U_1 = 750 - 660 = 90 \text{ ვ.}$$

$$ea_{max} = U_g + E_g = 113 + (-40) \approx 73 \text{ ვ.}$$

როგორც ვხედავთ:

$$ea_{min} > eg_{max}.$$

რითაც დატულია დაუძაბველობის პირობა.

13. ბადის დენის მაქსიმალური იმპულსი:

$$I_{gmx} \approx 0,15 I_{max} \sqrt{\frac{ea_{max}}{ea_{min}}} = 0,15 \cdot 0,133 \sqrt{\frac{73}{90}} = 18 \text{ მა.}$$

14. ბადის დენის წაკვეთის კუთხე:

$$\cos \Theta = \frac{E_g}{U_g} = \frac{40}{113} = 0,356.$$

აქედან:

$$\Theta_g = 69^\circ$$

ბადის იმპულსის დაშლის კოეფიციენტს ვღებულობთ სურ. 112-დან მიღებულ წაკვეთის მიხედვით:

$$\alpha_{go} = 0,251$$

15. ბადის დენის მუდმივი შემადგენელი:

$$I_{go} = I_{gmx} \cdot \alpha_{go} = 18 \cdot 0,251 = 4,5 \text{ მა}$$

16. ბადის წრედში დახარჯული სწვ ძლავი:

$$P_g = I_{go} U_g = 4,5 \cdot 10^{-3} \cdot 113 = 0,51 \text{ ვატი}$$

17. კარგეები ძვრაზე:

$$P_{gr} = E_g I_{go} = 40 \cdot 4,5 \cdot 10^{-3} = 0,18 \text{ ვატი}$$

18. სხვა კარგეები ბადის წრედში:

$$P'_g = P_g - P_{gr} = 0,51 - 0,18 = 0,33 \text{ ვატი}$$

19. გავითვალთ კონტურის თვითინდუქცია, როცა ცნობილია მისი რეზონანსული წინაღობა:  $Z = 11000 \Omega$  ფორმულიდან:  $Z = 900 \frac{L_{cm} t}{C_{cm} R_k \Omega}$

11. კ. ი. კონტრაქტი

$$L_{cmt} = \frac{Z_{\Omega} \cdot C_{cmt} \cdot R_{k\Omega}}{900} = \frac{11 \cdot 10^3 \cdot 10^3 \cdot 5}{9 \cdot 10^2} = 6100 \text{ cmt}$$

20. კონტურის ტალღური წინაღობა:

$$R_k = \sqrt{Z \cdot R_k} = \sqrt{11 \cdot 10^3 \cdot 5} = 238 \Omega$$

21. რეზონანსის შედეგად კონტურში შექმნილი დენი:

$$I_k = \frac{U_1}{R_k} = \frac{660}{238} \approx 2,8 \text{ a}$$

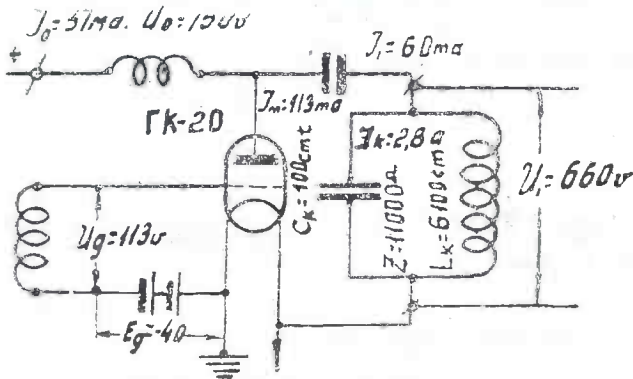
ეფექტური დენის ძალა, რომელსაც კონტურში ჩართული ხელსაწყო გვეჩვენებს, ტოლი იქნება:

$$I_{kef} = \frac{I_k}{\sqrt{2}} = \frac{2,8}{1,41} \approx 2 \text{ a}$$

22. კონტურში გამყოფილი რხევადი სიმძლავრე:

$$P_R = 2 I_{kef} R_k = 2^2 \cdot 5 = 20 \text{ wt}$$

შევაჯამოთ ნაანგარიშები სიდიდეები მოცემული მაგალითისათვის:



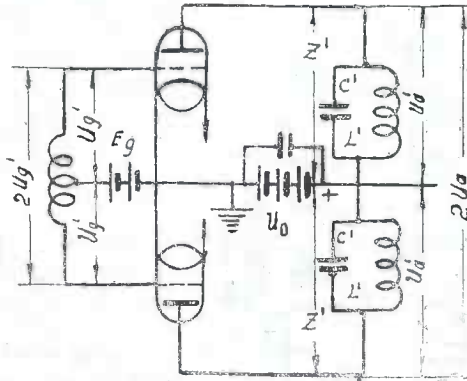
სურ. 114.

1.  $I_{max} = 113 \text{ ma}$
2.  $\xi = 0,88$
4.  $\alpha_1 = 0,45$
4.  $\alpha_0 = 0,28$
5.  $\Theta = 75^\circ$
6.  $U_1 = 660 \text{ v}$
7.  $I_1 = 60 \text{ ma}$
8.  $I_0 = 113 \text{ ma}$
9.  $P_0 = 27,6 \text{ wt}$
10.  $\eta = 72,5\%$
11.  $P_a = 7,7 \text{ wt}$
12.  $Z = 19 \cdot 10^3 \Omega$
13.  $E_g = -10 \text{ v}$
14.  $I_{gmx} = 18 \text{ ma}$
15.  $\Theta_g = 69^\circ$
16.  $I_{g0} = 4,5 \text{ ma}$
17.  $U_g = 113 \text{ v}$
18.  $P_{g0} = 0,51 \text{ wt}$
19.  $P_{gr} = 0,18 \text{ wt}$
20.  $P'_g = 0,33 \text{ wt}$
21.  $L_k = 7,1 \cdot 10^3 \text{ cmt}$
22.  $\rho_k = 238\%$
23.  $I_k = 2,8 \text{ a}$
24.  $P_k = 20 \text{ wt}$

სურ. 114-ზე ნაჩვენებია ჩვენს მიერ გათვლილი გარეშე აღზნების გენერატორის სქემა.

### 3. ორტაქტიანი მაღალი სიხშირის გამაძლიერებელი და მისი კვების ხერხები

როგორც დაბალი სიხშირის, ისე მაღალი სიხშირის გამაძლიერებელში გაძლიერების დროს შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს ორტაქტიანი ანუ პუშ-პულის სქემა. მძლავრ ვადამცემებში ხშირად ორტაქტიანი სქემა აუცილებელ ნაწილს წარმოადგენს როგორც სიმძლავრის, ისე ძაბვითი გაძლიერებისათვის.



სურ. 115.

ამ სქემის უპირატესობა მდგომარეობს შემდეგში:

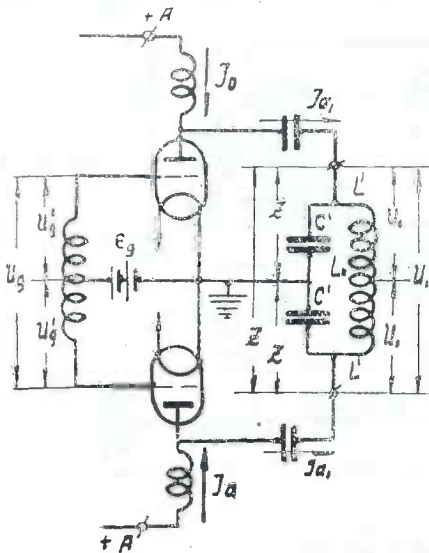
1. წყვილი ჰარმონიკები შესამჩნევად მცირდება.
2. ადვილად შეიძლება ავიცილოთ თავიდან ანოდსა და კათოდს შორის არსებული ტევადობის მავნე გავლენა ე. წ. ნეიტრალიზაციის მეშვეობით.
3. საერთო ანოდის წრედში პირველი ჰარმონიკის დენები არ არის, რასაც დიდი მნიშვნელობა აქვს განსაკუთრებით მოკლელტალიანი ვადამცემის დროს.
4. ორტაქტიანი სქემის დროს პარალელურად ერთდება მილაკების ნაკლები რიცხვი, რის გამოც მცირდება ე. წ. „პარაზიტული“ რხევების წარმოშობის შესაძლებლობა.

ორტაქტიანი სქემა ფაქტიურად ორი ერთტაქტიანი სქემის შეტყუებას წარმოადგენს და მორიგეობით მოქმედებენ, როგორც ეს დაბალი სიხშირის გამაძლიერებელში გვეხსიან.

თუ დაუფიქრებელი სურ. 115-ზე მოცემულ სქემას, შევამჩნევთ, რომ ამ ორ შეტყუებულ გენერატორებს აქვთ საერთო ძვრა  $E_g$  და საერთო კვების წყარო

ძაბვა  $U_0$ : რადგანაც ბადის წრედში ჩართული თვითინდუქციის კოჭი, რომელიც წინა კასკადთან კავშირისათვის იხმარება, შუაზეა გაყოფილი, ამიტომ სქემისათვის გვაქვს ორმაგი პოტენციალის აღზნება  $2U'_g = U'_g + U'_g$ . ასეთივე მოვლენას აქვს ადგილი ანოდის წრედში ჩართულ კონტურებში. ორივე კონტურზე საერთო ძაბვის ვარდნა ტოლია  $2U'_a = U'_a + U'_a = U_a$ .

სურ. 116-ზე მოცემულია იგივე სქემა, ხოლო აქ კონტურები გაერთიანებულია. ამის შედეგად მისი პარამეტრები როგორც ვხედავთ, იქნება: კონდენსატორები მიმდევრობითაა შეერთებული, მაშასადამე, საერთო ტევადობა  $C_K = \frac{C'}{2}$



სურ. 116.

ხოლო ინდუქციის მიმდევრობით შეერთების დროს ვღებულობთ  $L_K = L' + L' = 2L'$ , რის ძალითაც საერთო ტალღის სიგრძე არ შეიცვლება, ე. ი. დარჩება ისეთი, როგორც იყო ერთ-ერთ გენერატორში, თუ ისინი ტოლი იყვნენ როგორც ტევადობით, ისე თვით-ინდუქციით:

$$\lambda_{mt} = \frac{2\pi}{100} \sqrt{\frac{C'}{Z} 2L'} = \frac{2\pi}{100} \sqrt{C_K L_K}$$

ამავე დროს საყურადღებოა, რომ პირველი და მეორე კონტურების რეზონანსული წინააღობები  $Z_1$  და  $Z_2$  მიმდევრობით შეერთდნენ, რის შედეგად დატვირთვის წინააღობა  $Z$  ორჯერ იზარდება, რასაც დიდი მნიშვნელობა აქვს გამაძლიერებლის ეფექტური მუშაობისათვის.

ორტაქტიანა გარეშე აღზნების გენერატორის გათვლის შემთხვევაში, ჯერ გათვლიან ერთ მხარეს, საჭირო მილიანი სიმძლავრის ნახევარზე, ისე, ზოგჯერ მეორე სახესებით არ არსებობდეს, და შემდეგ მიღებულ სიდიდეებიდან ღებულობენ მნიშვნელობებს:

$$U_1 = 2U'; I_1 = I_1'; I_0 = 2I_0'; P_1 = 2P_1'; P_0 = 2P_0'; Z = 2Z'; E_g = E_g'$$

და  $U_g = 2U_g'$ .

როგორც სქემა გვიჩვენებს, კონტურში ირთება ორი მიმდევრობითად ჩართული კონდენსატორი, ამიტომ ფორმულა:

$$C' = 253 \frac{\lambda^2 mt}{L_K \text{ cm}}$$

გათვლილი სიდიდე უნდა გავაორკევოთ, ე. ი.

$$C_k = 2C'$$

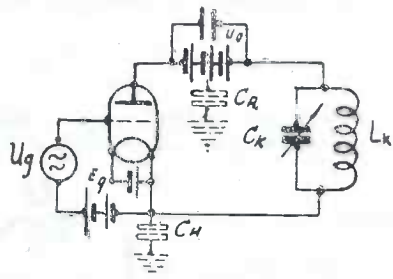
(166)

და კონტურში ჩაირთოს მიმდევრობით, რაც საბოლოოდ მიიწვება გათვლილ ტევადობას მოგვეცემს.

მალალი სიხშირის გამაძლიერებლების წრედები, რომლებიც საჭიროებენ კვების არის ანოდი, ვარვარება და ბადის წრედი. ამავე დროს გენერატორში ადგილი აქვს როგორც მუდმივ, ისე ცვალებად ძაბვებს, და დენებს, რის გამო ზოგიერთ წრედებში საჭიროა მათი გათიშვა. ამიტომ გენერატორში სათანადოდ ჩაირთვება კონდენსატორები და დროსელები იმის შესაბამისად, თუ რომელ წრედშია გასაშვები ესა თუ ის დენი.

ამავე დროს უნდა დავიმასსოვროთ, რომ კვების წყაროს არასწორი შეერთებით შესაძლებელია გამაძლიერებელმა დაკარგოს მუშაობის უნარი.

კვების ხერხები ორგვარია: 1. მიმდევრობითი კვება და 2. პარალელური კვება, სურ. 117 და 118-ზე მოცემულია გამაძლიერებლის მიმდევრობითი კვების ორი ვარიანტი. ვარიანტი 117 დროს კვების წყარო  $U_0$  ჩართულია ისე, რომ მიწის მიმართ იზოლირებულია როგორც ანოდი, ისე კათოდი და მის მიმართ აქვთ ტევადობა  $C_A$  და  $C_H$ , რომელთაგან  $C_A$  ფაქტიურად  $C_k$  კონდენსატორთან პარალელურად არის მიერთებული და მასში ვამავეალ მალალ სიხშირეს აშუქტირებს. ამავე დროს გამაძლიერებლის კონტური იმყოფება მალალი, მუდმივი ძაბვის ქვეშ, რაც არასასურველია. ვარიანტი სურ. 118 უფრო მოხერხებულია, რადგანაც ერთი პოლუსის ჩამიწების შედეგად  $C_A$  და  $C_H$  ტევადობებს არ აქვს ადგილი. ამავე დროს ამ საქმეში ანოდის მკვებავი წყაროს ერთი პოლუსი არ იმყოფება მალალი სიხშირის ძაბვის ქვეშ მისი ჩამიწების გამო. რაც შეეხება  $C_1$  კონდენსატორს, იგი  $U_0$  კვების წყაროს იცავს მალალი სიხშირისაგან.

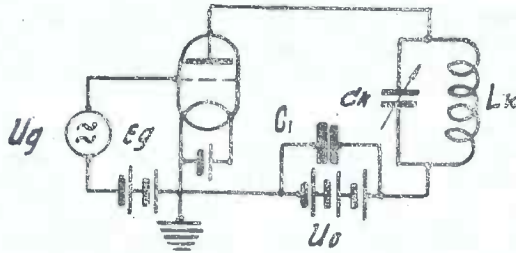


სურ. 117.

სურ. 119-ზე მოცემულია გამაძლიერებლის პარალელური კვების სქემა. აქ ჩვენს ყურადღებას იქცევს  $L_d$  და  $C_b$ .  $L_d$  წარმოადგენს მალალი სიხშირის დროსელს, რომელიც ანოდის წრედში არსებულ მალალ სიხშირეს (წარმოიქმნება  $L_k$   $C_k$  კონტურში) არ უშვებს კვების წყაროში და იცავს მას მოკლე ჩართვისაგან.  $C_b$  კი პირობით კონტურში არ ატარებს მალალი ძაბვის მუდმივ დენს, მაგრამ თავისუფლად ატარებს ცვალებად შემადგენელს. როგორც სურათიდან ჩანს, მალალი სიხშირის დროსელი კონტურთან ჩართულია პარალელურად. ამიტომ იგი ამცირებს კონტურის თვითინდუქციას და, მასადაამე გავლენას ახდენს აწყობაზე. ამავე დროს იგი ნაწილობრივად მიიწვება ატარებს მალალ სიხშირეს, ამიტომ სასურველია კვების წყაროს (რომ მასზე გავლენა არ იქონიოს მალალი სიხშირის დენმა) პარალე-

ლურად ჩავრთოთ მახლოკირებელი კონდენსატორი  $C_b$ . რაც უფრო მეტი იქნება დროსელის თვითინდუქცია, მით უფრო ნაკლებ გავლენას იქონიებს იგი კონტურზე.

მაგრამ ძლიერ დიდის აღმზაც არ შეიძლება, რადგანაც იზრდება თვით დროსელის ე. წ. შინაგანი ტევადობა, იქმნება რხევადი კონტური და იწვევს

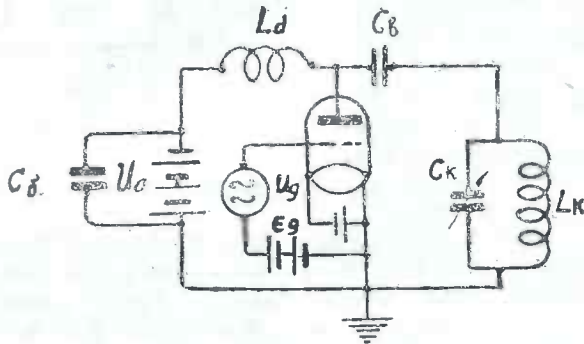


სურ. 118.

პარაზიტულ რხევებს, რამაც ადვილი შესაძლებელია ავარია გამოიწვიოს. პრაქტიკულად ღებულობენ დროსელის თვითინდუქციას ტოლს:

$$\omega L_d = (50 \div 100) Z \text{ ე. ი. } L_d = \frac{(50 \div 100) Z}{\omega} \quad (167)$$

რაც შეეხება კონდენსატორ  $C_b$  იგი შეირჩევა იმ პირობით, რომ მასში ადგილი არ ჰქონდეს მალალი სიხშირის ძაბვის ვარდნას საგრძნობი რაოდენო-



სურ. 119.

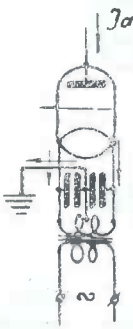
ბით და გაუძლოს მუდმივი დენის ძაბვას. ამიტომ მას გაიანგარიშებენ ისე, რომ მისი გადაფარვის ძაბვა 2-ჯერ მეტი იყოს, ვიდრე კონტურში მოსალოდნელი ძაბვის სიდიდე. 119 სქემიდან ნათლად ჩანს, რომ იმ შემთხვევაში, როდესაც  $C_b$  კონდენსატორი გადაიფარება, მაშინ დენის წყარო კონტურის თვითინდუქციის გავლით აღმოჩნდება მოკლედ ჩართული და გამოიწვევს კვების



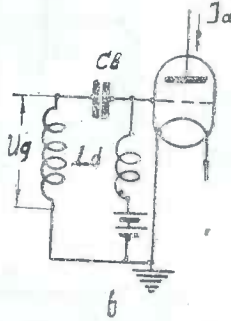
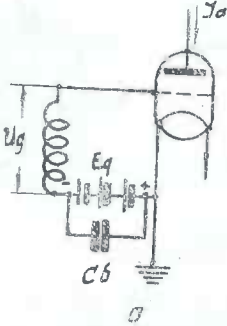
წყაროს დაზიანებას. ძაბვის შესამჩნევი ვარდნის ასაცილებლად მას ისე შეარჩევენ, რომ მისი წინაღობა  $X_c$ ,  $10 \div 20$ -ჯერ ნაკლები იყოს კონტურის  $Z$ -ზე, ე. ი.

$$X_c = \frac{Zk}{(10 \div 20)} \quad *)$$

მოკლეტალიან გამაძლიერებლებში, რადგანაც დროსელი თავისი ინდუქტიურობით და პარაზიტული ტევადობით ხელს უწყობს პარიზიტული რხევების



სურ. 120.



სურ. 121.

წარმოშობას ანოდის წრედში, (რადგანაც დროსელის თვითინდუქცია და მისი ტევადობა ქმნის რხევად კონტურს) ამიტომ აუცილებლად კვებისათვის გამოიყენება მიმდევრობითი სქემა, როგორც ეს ნაჩვენებია სურ. 118-ზე.

გამაძლიერებლის ვარვარების კვება - ხდება, ისე როგორც ეს სურ. 120-ზეა ნაჩვენები.

წრედში ნაჩვენები ისრები გვიჩვენებენ თუ რა მიმართულებით მიდის დენის ცვალებადი შემადგენელი. თუ ვიტყვი, რომ ისარი მაჩვენებელია მაღალი სიხშირის დენის მიმართულების, მაშინ წრედში კონდენსატორი რომ არ იყოს ჩართული, მაღალ სიხშირის ვარვარების ტრანსფორმატორის მეორადი გრაფი გაუწევდა დიდ წინააღობას, რის შედეგად კონტურში დენის ძალა შეწყდებოდა.

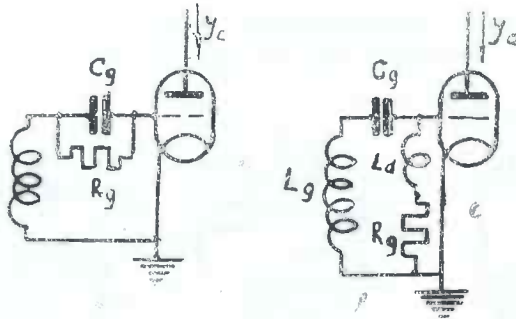
ბადის წრედის კვება შეიძლება რემდენიმე ხერხით. მცირე ძალოვან გენერატორებში, სადაც არ გვაქვს დიდი ანოდული ძაბვა, იყენებენ სურ. 121a-ზე ნაჩვენებ სქემას და, როგორც ვხედავთ, მასში ჩართული ელემენტები იძლევიან ბადის წრედში მუდმივ ძვრას, ხოლო თვითინდუქციის მომქერებზე გვაქვს ალგზნების ამალიტულა.

სურ. 121b-ზე მოცემულია ბადის წრედის ე. წ. პარალელური კვება, სადაც  $Ld$  და  $Cb$  ასრულებენ იგივე დანიშნულებას, რასაც ასრულებდა ანოდის

\*) რიცხობრივი მნიშვნელობა  $Cb$  კონდენსატორის გამოითვლება ფორმულით:

$$C_b \text{ emf} = (10 \div 20) \cdot 480 \cdot \frac{\lambda mt}{Zv}$$

წრედში ჩართული დროსელი და ტევალობა, ე. ი.  $Ld$  არ უშვებს მაღალ სიხ. შირეს კვების წყაროში და ამით არ ასუსტებს აღგზნების ძაბვის ამპლიტუდებს. ხოლო  $Cg$  კი იფარავს ბატარიის მოკლე ჩართვისაგან. სურ. 122ab-ზე მოცემულია ე. წ. ავტომატური ძვრის სქემები; სადაც ჩართულია გრიდლიკი ტევა-



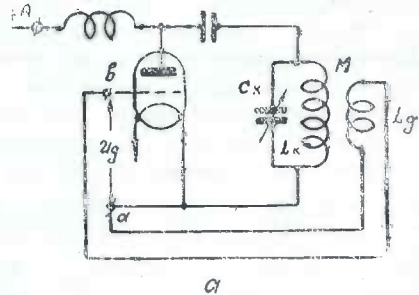
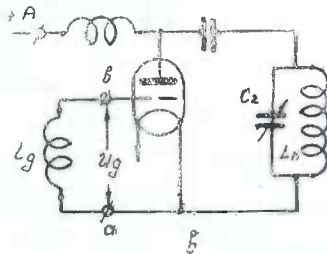
სურ. 122.

ლობით  $Cg$  და წინალობით  $Rg$ , ეს სქემა გამოსადეგია მაშინ, როდესაც ადგილი აქვს ბადის დენებს. განსაკუთრებით ამ სქემას იყენებენ ამგზნებ გენერატორებში, რადგანაც იქ აუცილებლად უნდა გვქონდეს ბადის ავტომატური ძვრა.

# მალალი დენის სიხშირის წარმომადგენელი ანუ გენერატორები

## 1. თვითაღზენების გენერატორები

ჩვენ ზემოთ განვიხილეთ გარეშე აღზენების გენერატორი ანუ მალალი სიხშირის გამამდიერებელი. მათ გარეშე აღზენების გენერატორებს უწოდებენ, იმიტომ, რომ ასაგზნებად გამოიყენება მალალი სიხშირი დენის გარეშე წყარო. ასეთ გარეშე წყაროს წარმოადგენს თვითაღზენების გენერატორები. როგორც სახელწოდება გვიჩვენებს, ისინი აღიგზნებიან თავის თავად მასში არსებული კონტურის გამო, რომელიც სინამდვილეში წარმოადგენს დენის სიხშირის პირველსაწყის ბიძგის მომცემს. კონტურში რომ გვქონდეს მუდმივი რხევები, ამისათვის საჭიროა მილაკის ბადის წრედზე არსებობდეს ძაბვის მიუღვეველი რხევები, რომელსაც თვითაღზენების გენერატორი აწვდის გარეშე აღზენების გენერატორს.



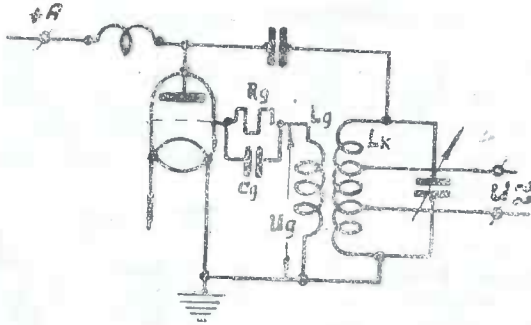
სურ. 123.

თუ კონდენსატორს  $C_k$  შეიმონაფენებს სურ. 123 მივასწვლით პოტენციალს რაღაც მცირე დროს განმავლობაში, მაშინ კონტურში მივიღებთ დენის რხევებს. ამ მოვლენამ საშუალება მოგვცა კონტურის მიერ მოცემული სიხშირე გამოვიყენოთ მილაკის აღსაგზნებად, რის შედეგად კონტურში მივიღებთ მიუღვეველ რხევებს. სურ.

123ბ-ზე ნაჩვენებია ჩვეულებრივი გარეშე აღზენების სქემა, რომლის  $ab$  წერტილებში წინა გენერატორის კონტურთან კავშირისათვის ჩართულია  $L_g$  თვითინდუქცია, რომელშიც გვაქვს მალალი სიხშირის ძაბვის რხევები. თუ ბადის  $L_g$  დაუკავშირებთ  $L_k$ ,  $C_k$  კონტურს, როგორც ეს ნაჩვენებია სურ. 123ა-ზე, მაშინ სქემაში შემდეგ მოვლენას ექნება ადგილი: ჩავრთავთ თუ არა მილაკის კვებას (ვარგარების და ანოდის ძაბვას) მაშინვე კონტურ  $I_k$

$C_K$ -ში წარმოიშობა რხევები, რის შედეგად  $L_K$  თვითინდუქციის გარშემო მივიღებთ ცვალებად მაგნიტურ ნაკადს.

გადაჭვეთს რა მაგნიტური ნაკადი  $L_G$  თვითინდუქციას, მასში დაინდუქტირდება მოწინააღმდეგე ე. მ. ძალა, რომელიც იქონიებს გავლენას ბადეზე და ანოდის წრედში წარმოიშობა იმპულსები (იხ. სურ. 109). მაშასადამე კონტური ყოველ ნახევარ პერიოდში მიიღებს ახალ-ახალი ენერჯიის იმპულსს და გვექნება მიუღწეველი რხევები. ძვრა მილაკს ეძლევა ავტომატურად გრიდ-ლიკი  $R_g C_g$ -ს მეშვეობით, როგორც ეს სურ. 124-ზეა ნაჩვენები.



სურ. 124.

ამგვარად, გენერატორში მიუღწეველი პროცესი მიიღება ე. წ. უკუქცევითი კავშირით, ე. ი. კონტურის მოქმედებით მისივე მილაკის ბადეზე, რათა არ ჩაქრეს თვით კონტურშივე ერთხელ თუნდაც ოდნავად წარმოშობილი რხევები.

სურ. 124-ზე მოცემულია თვითაღგზნების ე. წ. ინდუქტიური კავშირის სქემა, როგორც ზეხდავთ,  $L_K$  და  $L_G$  თვითინდუქციის შორის დენის რხევების არსებობის დროს, გვექნება ინდუქტიური კავშირი და თუ ცალკე განვიხილავთ მას, იგი წარმოადგენს მაღალ სიხშირის ტრანსფორმატორს. მაშასადამე, მათ შორის არსებობს ურთიერთ კავშირი, ახასიათებს ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი. მისი მეორადი გრაგნის  $U_g$  ძაბვის ცვალებადობა შეიძლება  $L_K$  და  $L_G$  ერთმანეთის დაახლოებით, ან დაშორებით, ამ სისტემის კავშირის კოეფიციენტი ( $L_K$  და  $L_G$  შორის) გამოიხატება ფორმულით:

$$K = \frac{M}{L_K} \tag{168}$$

ამ ფორმულას უკუკავშირის კოეფიციენტსაც უწოდებენ და მისი სიდიდე განსაზღვრავს ალგზნების პირობას რხევის წარმოშობისთვის. ალგზნებისათვის საჭირო უკუკავშირის კოეფიციენტის სიდიდე განისაზღვრება, პირობით თუ:

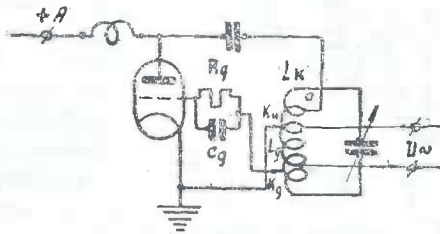
$$K \geq D + \frac{1}{ZS} \tag{169}$$

როგორც ამ ფორმულიდან ჩანს, ალგზნება დამოკიდებულია მილაკის განვლ-

დობის ( $D$ ) და დახრილობის ( $S$ ) სიდიდებზე. უქუთუბის მინიმალური სიდიდე რომლის დროსაც შესაძლებელია მივიღოთ ალგზაქა, უმცირესი ზღვრული მნიშვნელობა ტოლია:

$$K = \frac{M}{Lk} = D + \frac{1}{ZS}$$

ინდუქტიური კავშირის სქემის სახეცვლილებას წარმოადგენს ავტოტრანსფორმატორული სქემა. ამ სქემას სხვაგვარად სამწერტილოვან სქემას უწოდებენ. სურ. 125-დან ჩანს, რომ კონტურს—მილაკი ეხება სამი წერტილით



სურ. 125.

და, როგორც ვხედავთ, ნულოვანი წერტილი  $K_H$  მიერთებულია ბადის კონტაქტის  $K_g$ -ს ზევით, რაც აუცილებელ პირობას წარმოადგენს, რადგანაც მხოლოდ მაშინ მივიღებთ აღსაზნებ დაბვათა შორის ფაზათა  $180^\circ$ -ით ძვრას. წინააღმდეგ შემთხვევაში ბადეზე ვერ მივიღებთ ფაზით შებრუნებულ პოტენციალის დაბვას. თუ ინდუქტიური კავშირის სქემის ალგზების პოტენციალის სიდიდის ცვალებადობა შესაძლებელი იყო  $L_g$  და  $L_k$  კოქების მიახლოება დაშორებით, აქ იგი შეგვიძლია ვცვალოთ  $L_g$  კონტაქტის,  $L_k$ -ზე გადაადგილებით. ამავე დროს, როგორც ვხედავთ, იგი უფრო მოხერხებულია და მარტივი. ალგზების კოეფიციენტი სამწერტილოვანი სქემისათვის ტოლია:

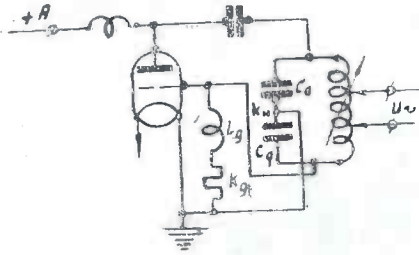
$$K = \frac{U_g}{U_k} = \frac{I_k \omega L_g}{I_k \omega L_k} = \frac{L_g}{L_k} \quad (170)$$

გარდა სამწერტილოვანი სქემისა, არსებობს აგრეთვე არანაკლებ გავრცელებული სქემა, რომელსაც ტრეადობითი კავშირის სქემას უწოდებენ. ის იგივე სამწერტილოვან სქემას წარმოადგენს იმ სახეცვლილებით, რომ აქ უქუთუბისათვის გამოყენებულია არა ინდუქტიური წინაღობები, არამედ ტრეადობითი, როგორც ეს სურ. 126-ზეა ნაჩვენები.

როგორც ჩანს, უქუთუბის მიღებისათვის სამწერტილოვანი სქემის მსგავსად, აქაც საჭიროა კათოდის და ბადის გამტარების გადაჯვარდინება. ამ სქემისათვის კავშირის კოეფიციენტი ტოლია:

$$K = \frac{C_a}{C_g} \quad (171)$$

როგორც ამ ფორმულიდან ჩანს, კავშირის კოეფიციენტის ცვლელადობა შეიძლება ერთ-ერთი კონდენსატორის ტევადობის შეცვლით, რის დროსაც შეიცვლება თვის კონტურის ტევადობა. მაშასადამე, მაღალი სიხშირეც სხვა გვექნება. ამისათვის ტევადობითი კავშირის სქემაში გამოიყენებენ მიმდევრობით ჩართულ რამდენიმე კონდენსატორს და კონტაქტს  $K_H$  გადაადგილებენ ერთიდან მეორე კონდენსატორზე, რის შედეგად კონტურის ტევადობა მუდმივი რჩება და აღზნება კი იცვლება ნახტომისებრად.

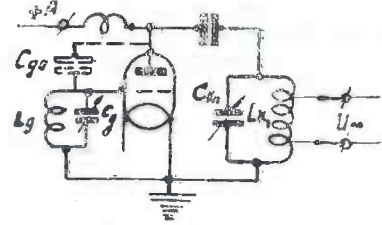


სურ. 126.

ჩვენს მიერ შემოგანხილული სქემები უმთავრესად გამოიყენება საშუალო და გრძელი ტალღების გენერატორებისათვის. ამ ბოლო ხანებში მოკლე და ულტრა მოკლე ტალღების მისაღებად

შეარობენ ე. წ. შიდა კავშირის სქემას, რომელიც მოცემულია სურ. 127-ზე.

ამ სქემის თავისებურებაა ის, რომ როგორც ანოდის, ისე ბადის წრედში ჩართულია კონტურები. აქ უწყკავშირი ხორციელდება მილაკის შიგა ტევადობის  $C_{ga}$ -ს მეშვეობით და იგი მით უფრო ნაკლებ წინაღობას წარმოადგენს, რაც უფრო მეტი იქნება  $C_g$ ,  $L_g$ , კონტურში წარმოშობილი სიხშირე და გადიდება კონტურებს შორის კავშირიც. ულტრამოკლე ტალღების შემთხვევაში ბადის წრედში კონტურს შეცვლიან სწორი მავთულით, რომელსაც, როგორც ცნობილია, გააჩნია როგორც ტევადობა ( $C$ ) ისე თვითანდუქცია ( $L$ ).

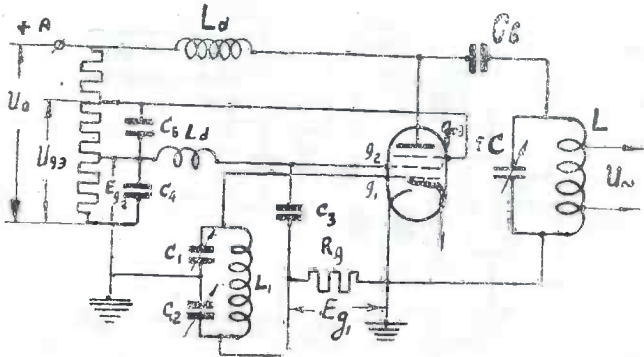


სურ. 127.

თანამედროვე თვითაღზნებ გენერატორებს დიდ მოთხოვნილებას უყენებენ—აღზნებული სიხშირის სტაბილობის ანუ მუდმივობის მიხედვით. შემოგანხილული სქემები სპეციალური ზომების მიღების გარეშე ნაკლებად აკმაყოფილებენ ამ მოთხოვნილებას (სიხშირის სტაბილობის მხრივ). ამჟამად მცირე სიმიქლავრის გადაძენებში გამოიყენებას ჰპოულობს ე. წ. ელექტრონული უკუქცევითი კავშირის გენერატორის სქემა სურ. 128.

როგორც ჩანს ამ სქემაში გამოიყენებულია არა სამელექტროდიანი, არამედ მრავალელექტროდიანი მილაკი—ბენტოდი. იუ დაუყვირდებით კონტურს  $C_1$ ,  $C_2$  და  $L_1$ -ს და გაყვებით მის ჩართვას ბადის და კათოდის შენაერთებელ გამტარების მიხედვით, შევაძინევთ, რომ იგი იგივე ტევადობითი კავშირის სქემაა.

შეიქმნება რა კონტურში პირველსაწყისი რხევა, იგი ერთ და იმავე დროს იმოქმედებს როგორც  $g_2$ , ისე  $g_2$ -ზე  $C_6$  მახლოკირებელ კონდენსატორის გავლით, რომელიც არ აძლევს საშუალებას მუდმივი პოტენციალი  $Eg_2$  მოხვედეს მმართველ  $g_1$  ბაღეზე, კონტურის  $L_1$  თვითინდუქციის გავლით.  $C_6$ -ზე მქმედი პოტენციალი, რომელიც წარმოიშობა  $C_1 C_2$  და  $L_1$  კონტურში, გაძლიერებულია  $g_1$  მმართველი ბადის გავლენით, რადგანაც, როგორც ვხედავთ, კათოდი და მმართველი ბაღე  $g_2$  საერთო კომპლექსში წარმოადგენენ სამელექტროდიან მილაკს. ამ სისტემაში არსებული რხევა გავლენას ახდენს კათოდიდან



სურ. 128.

ანოდზე გარდაბეულ ელექტრონების ნაკადებზე, რომელზედაც მოდებულია პოტენციალი  $Ua$ , ამგვარად, მივიღებთ მაღალი სიხშირის დენს, რომელიც ანოდის წრედში ჩართულ კონტურ  $LC$ -ში შექმნის მაღალი სიხშირის ძაბვის ვარდნას, რომლის დინამიური წინაღობა ჩეზონანსის დროს ტოლია:

$$Z = 900 \frac{L_K}{C_R R_K}$$

სქემაში არსებული დროსელი  $L_{\bar{a}}$  ასრულებს მაღალი სიხშირის დამკვეთის დახიზნულებას, რომელიც არ უშვებს მას მეორე ბადიდან კვების წყაროში გავლით მოკლედ ჩართოს. მაგრამ თავისუფლად გადის  $C_b$  კონდენსატორში. რაც შეეხება  $C_1$  და  $C_2$  კონდენსატორებს, ისინი ეკრანულ ბაღე  $g_2$ -ზე არსებულ მაღალ სიხშირეს მოკლედ რთავენ.  $g_2$ -ზე მოდებულია ძაბვა  $U_{g2}$ , რომელიც ნაკლებია  $U_a$ -ზე. მმართველ ბადეს ავტომატური ძერა  $Eg_2$  ეძლევა,  $R_g$  წინაღობის საშუალებით  $L_1$  თვითინდუქციის გავლით.

უკუქცევეთი კავშირის სქემას ახასიათებს შემდეგი ფრიად მნიშვნელოვანი დადებითი თვისებები:

1. გენერატორის სიხშირე არ იცვლება  $U_a$ -ს ცვალებადობით (ელექტრონული კავშირის გამოყენების მეოხებით).

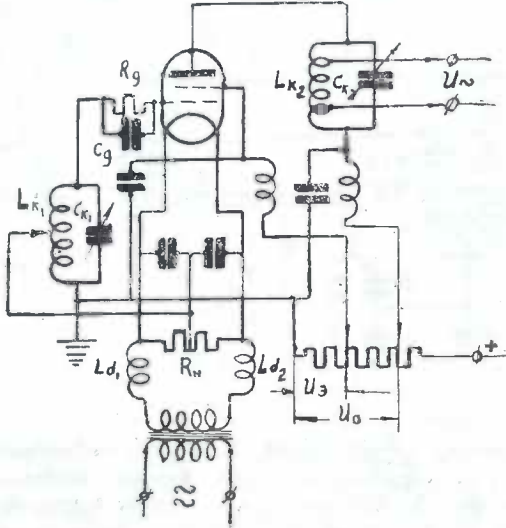
2. გენერატორზე არ ხდება შემდეგი კასკადების გავლენა, რაც თავიდან გვაცილებს გადაძვინებში ე. წ. ბუფერული კასკადის აუცილებლობას.



3. უკუქცევითი კავშირის სქემა სიხშირის დიდ სტაბილიზაციას იძლევა, რაც მას სხვა სქემებთან უდიდეს უპირატესობას ანიჭებს.

4. ამ სქემას შეუძლია იმუშაოს ნების მიერ სიხშირეზე მოკლე ტალღების ჩათვლით და განავითაროს საკმაოდ დიდი სიმძლავრე.

სურ. 129-ზე მოცემულია ეკრანირებული მილაკის გამოყენება უკუქცევითი კავშირის სქემისათვის, რომელიც არ საჭიროებს ბადესა და ანოდს შორის არაქაბე ელი პარაზიტული ტევადობის ნეიტრალიზაციას. კერძოდ, მოცემული სქემა



სურ. 129,

იგივე სურ. 128-ზე ნაჩვენებ სქემა, სადაც ალგზნების ამპლიტუდა იცვლება  $L_{K1}$  თვითინდუქციაზე კონტაქტის გადაადგილებით. სქემა შედგენილია მოკლე ტალღების გენერირებისათვის და, როგორც ვხედავთ, მისი კვების წყაროში დამატებით ჩართულია დროსელები  $L_{d1}$  და  $L_{d2}$ , რომლებიც ვარვარების ტრანსფორმატორის მეორად გრაგნს იცავენ მაღალი სიხშირის ზეგავლენისაგან. რაც შეეხება  $R_H$  წინაღობას, იგი ასრულებს ვარვარების შტოების გამათანაბრებელ როლს, რაც თავიდან გვაცილებს ვარვარების ასიმეტრიას.

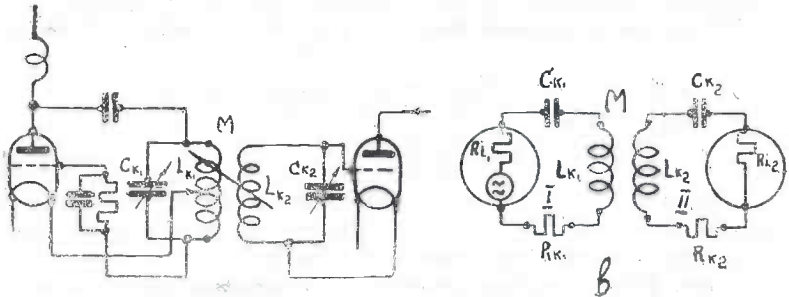
ამ სქემაში  $L_{K1}$  და  $C_{K1}$  წარმოადგენს კონტურს, რომელიც შეკრებილია სამწერტილოვანი სქემის მიხედვით, ხოლო კონტური  $L_{K2}$  და  $C_{K2}$  მილაკის ანოდის წრედში ჩართული კონტურია, რომელიც შეგვიძლია დავუკავშიროთ შემდეგი მილაკის ბადეს გაძლიერებისათვის ანდა ანტენას გამოსასხივებლად.

# მაღალი სიხშირის დენის გენერატორის და გამაძლიერებლის უმაკავშირებელი ელემენტები

## 1. უმაკავშირებელი კონტურები

წინა თავში ჩვენ განვიხილეთ მაღალი სიხშირის გენერატორები, ხოლო ამანამდე შევისწავლეთ ცალკეული კონტური და მასში არსებული მოვლენები. როგორც ვხედავთ, მაღალი სიხშირის გენერატორების აგება კონტურების, მილაკების და ჩვენს მიერ სხვა თავებში განხილული რადიოდეტალების გარეშე შეუძლებელია.

გავეცანით რა ყველა ელემენტს და საბოლოოდ განვიხილეთ გარეშე და თვითაგზნების გენერატორები, ახლა საჭიროა გავეცნოთ მათი დაკავშირების



სურ. 130.

ზერზეებს, რადგანაც ერთმანეთთან დაკავშირების გარეშე ისინი აზრს კარგავენ.

ჩვენს მიერ წინა თავში განხილული გენერატორები შეიცავენ რხველ კონტურებს. სადაც თვითაღზნების გენერატორი პირველადი მაღალი სიხშირის წყაროს წარმოადგენს და მასში აღძრული რხევები სუსტია; ამიტომ საჭიროა ჩათი სასურველ სიმძლავრემდე გაძლიერება. გარეშე აღზნების გენერატორით, რომელიც მაღალი სიხშირის გამაძლიერებელს წარმოადგენს და ამათუ იმ ხერხით უკავშირდება თვითაღზნების გენერატორს.

როგორც სურ. 130-ზეა ნაჩვენები, აღმგზნები გენერატორის ანოდის წრედში ჩართული კონტურის  $L_{K_1}$  და გარეშე აღზნების გენერატორის ბალია წრედის,  $L_{K_2}$  ერთმანეთთან დაკავშირებულია. ამის შედეგად მეორე მილაკის ანოდის წრედში მივიღებთ უფრო გამაძლიერებულ რხევებს, და თუ ეს გაძლიერება საკმაო არ იქნება, მაშინ მასაც დავუკავშირებთ შემდეგ გამაძლიერებელს და ა. შ.

თუ დაკავშირებით ჩვენს შემთხვევისათვის მოცემულ ექვივალენტურ სქემას, რომელიც ნაჩვენებია სურ. 130ბ-ზე; შევამჩნევთ, რომ ორი რხევადი კონტური დაკავშირებულია ერთმანეთთან, სადაც 1-ლი კონტური წარმოადგენს ალმგზნებ გენერატორს, როგორც პირველადი რხევების მომცემი, ხოლო მე-2 კი გარეშე ალგზნების გამაძლიერებელის ექვივალენტურ სქემას, ე. ი. მომხმარებელს.

ამ თავში ჩვენი მიზანია გავარკვიოთ, თუ როგორი ურთიერთობაა ხსენებულ კონტურებს შორის, როდესაც მათში არსებულ ელექტრულ რხევებს შორის გვაქვს რეზონანსი. ჩვენს შემთხვევაში ეს ორი კონტური დაკავშირებულია ერთმანეთთან მაგნიტური ძალხაზებით (ინდუქტიური კავშირი). გარდა ამისა, კონტურების დაკავშირება შეიძლება ელექტრული არეთი (ტევადობითი კავშირი) ანდა გაღვანური ანუ პირდაპირი (ავტოტრანსფორმატორული) კავშირით. ამ ხერხებს შორის ყველაზე უფრო გავრცელებულია ინდუქტური კავშირი, ე. ი. როდესაც კონტურებს შორის დამაკავშირებელ ფაქტორს თითოეული კოჰას გარშემო შექმნილი მაგნიტური ძალხაზები წარმოადგენს.

თანამედროვე მიმღებ მოწყობილობაში კონტურებს შორის ხშირადაა გამოყენებული ინდუქტური კავშირი, რადგანაც იგი უფრო ადვილად ასაწყობია და კონსტრუქტულად მარტივია. შეკავშირებულ კონტურებს მოვთხოვება:

1. მაღალი ამომრჩევლობა,
2. გატარებული ხოლის საკმაო სიგანე,
3. აწყობის სიადვილე და
4. კონსტრუქციის სიმარტივე.

ყველა ამ მოთხოვნილებას საკაო სიზუსტით აკმაყოფილებს ინდუქტურად შეკავშირებული კონტურები, ამიტომ განვიხილოთ იგი და გავარკვიოთ, თუ რა ელექტრული პროცესები ხდება მასში.

სურ. 230ა-ზე მოცემული კონტური წარმოვადგინოთ უფრო გამარტივებული სახით, როგორც ეს სურ. 131-ზეა ნაჩვენები. I კონტური ფაქტიურად წარმოადგენს გენერატორს. სადაც მოქმედებს მაღალი სიხშირის ენერგია, რომელიც გადატანილი უნდა იქნეს მეორე კონტურში.

პირველი შეხედვით, მოცემულ კონტურებში არსებული ელექტრული მოვლენა ჩვეულებრივი დაბალი სიხშირის ტრანსფორმატორების მუშაობის მსგავსი უნდა იყოს. ასეთი ტრანსფორმატორი გამოიყენება როგორც დაბალი სიხშირის გამაძლიერებელში, ისე მძლავრი დენის ტექნიკაში, მაგრამ ეს არაა სწორი და აი რატომ:

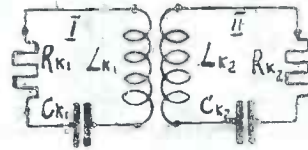
1. მძლავრი დენის ტექნიკაში ტრანსფორმატორები გამოიყენება ერთი სისტემიდან ფანსაზღვრული სიხშირის დენის და ძაბვის სიმძლავრის გადატანისათვის მეორე სისტემაში. ბუნებრივია, რომ აქ უმთავრესად ყურადღება ექცევა თვით ტრანსფორმატორის როგორც დანადგარის მარტივ ქმედობის კოეფიციენტს სიდიდეს; რის შედეგად ცდილობენ შეამცირონ მაგნიტური არხს ვაფანტა, ფუკოს დენებზე კარგვა და ჰისტერეზისის მოვლენაზე სიმძლავრის უქმი ხარჯი.

2. რადიოტექნიკაში კი ტრანსფორმატორი ანუ იგივე შეკავშირებული კონტურები, განხილული უნდა იქნეს რეზონანსის მიღების თვალსაზრისით რაც მძლავრი დენების ტექნიკაში სასურველი არ არის. ეს პირობა კი რადიკალურად ცვლის არამც თუ ელექტრულ პროცესის მაგნიტარობის სახეს, არამედ მის დანიშნულებას და კონსტრუქციას.

3. თუ მძლავრი დენების ტექნიკაში საქმე გვაქვს სინუსოიდალურად ცვლად დენტან, რადიოტექნიკაში მოდულაციის პროცესის გამო აღვილი აქვს რთული ფორმის მაღალი სიხშირის რხევებს, რომელიც შეიცავს როგორც ძირითად მაღალი სიხშირის სინუსოიდალურ რხევებს, ისე მთელ რიგ გვერდით სიხშირეებს, რომელთა მიმართ როგორც I კონტურის რეზონანსული წინაღობა ისე II კონტურისა სხვადასხვაა.

4. რადიოტექნიკურ წრედებში (გადამცემი და მიმღები მოწყობილობა) შეკავშირებულ კონტურებს მოეთხოვება დამალი სიხშირის გატარებული ზოლის სათანადო სიგანე, რათა ბეგერის მუსიკალური მთლიანობა არ დაირღვეს. აგრეთვე დიდი ამომრჩევლობა, რათა კონტურების მთლიან სისტემას შეეძლოს სათანადოდ ამოარჩიოს მრავალ სიხშირეებიდან ჩვენთვის სასურველი რადიოსადგურის სიხშირე.

რადიოტექნიკაში რეზონანსი პირველად გამოიყენა ლიდმა მეცნიერმა და გამომგონებელმა პროფესორ ალექსანდრე სტეფანეს ძე პოპოვმა და ამ პრინციპზე ააგო თავისი უძველესი კავშირის მოწყობილობა, რითაც საფუძველი ჩაუყარა თანამედროვე რადიოტექნიკას.



სურ. 131.

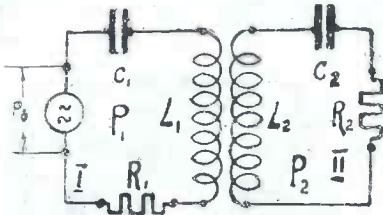
**2. შეკავშირებული კონტურების ბუნობა**

სანამ შეკავშირებული კონტურების ეწყობას შევუდგებოდეთ, საჭიროა გავარკვიოთ კონტურებს შორის კავშირის ცნება. აღვნიშნეთ, რომ კონტურებს შორის კავშირი შესაძლებელია იქნეს ინდუქტური, ტევადობითი და ავტოტრანსფორმატორული. განვიხილოთ ინდუქტურად დაკავშირებული კონტურები, როგორც რადიოტექნიკაში უფრო გავრცელებული, სურ. 132.

როგორც ვხედავთ, I კონტური წარმოადგენს ისეთ წრედს, სადაც ჩართულია გენერატორი, რომელიც იძლევა იმავე კონტურში რაღაც  $P_0$  მაღალი სიხშირით ცვლად სიმძლავრეს, რის გავლენით I კონტურში გვექმნება  $P_1$  რხევადი სიმძლავრე, რომელიც მასში შემოსული დენის ძალას  $I_1$  და ძაბვას  $U_1$ .  $I_1$  დენის ძალის გავლის შედეგად  $L_1$  თვითინდუქციაში, ან უკეთ მის გარშემო, გაჩნდება ცვლადი მაგნიტური ნაკადი, რომელიც გადაკვეთს  $L_2$  თვითინდუქციის ზეივს და მასში დაინდუქტირებს ე. მ. ძალას, რის შედეგად II კონტურის წრედში მივიღებთ ცვლად დენს  $I_2$ , უდაოა, რომ ამ შემთხვევაში I-დან II კონტურში გადადის სიმძლავრე, რომელსაც ამ უკანასკნელში უზრუნველყოფს  $P_2$  სიმძლავრის  $I_2$  დენს.

ამგვარად, მეორე კონტური პირველისათვის წარმოადგენს დატვირთვას, პირველი კი ენერგიის წყაროს.

აქ სიმძლავრის გადამტან ფაქტორს წარმოადგენს ამ ორ კონტურს შორის არსებული მაღალი სიხშირის ცვლადი მაგნიტური ნაკადი. ამავე დროს თუ  $I_1$  დენის მიერ  $L_1$  თვითინდუქციის კოქის გარშემო შექმნილი მაგნიტური ძალხაზები მოეკიდებიან  $L_2$  კოქს, უდაოა, რომ  $L_2$  კოქის გარშემო  $I_2$  დენის მიერ შექმნილი მაგნიტური ძალხაზები



სურ. 132.

გავლენას მოახდენენ  $L_1$  თვითინდუქციის კოქზე და ამ მოვლენის შედეგად მათ შორის წარმოიშობა ე. წ. ურთიერთ კავშირი.

კავშირი ორ კონტურს შორის ფასდება ე. წ. კავშირის კოეფიციენტით, და ჩვენი შემთხვევისათვის ტოლია:

$$K = \frac{M_{1-2}}{\sqrt{L_1 L_2}} \% \quad (171)$$

სადაც  $L_{1-2}$ , I და II კონტურებს შორის არსებული ურთიერთინდუქციის კოეფიციენტია და ძაშან, როდესაც კონტურები აწყობილია მთლიანად ერთ რომელიმე სიხშირეზე, იგი დამოკიდებულია კოქებს შორის მანძილზე.

თუ კავშირის კოეფიციენტი ნაკლებია  $1\%$ -ზე, მაშინ იტყვიან, კონტურებს შორის ძალზე სუსტი კავშირი აქვთ. ამ შემთხვევაში I კონტური გავლენას ახდენს II-ზე, საგრამ ეს უკანასკნელი ვერ მოქმედებს პირველზე. ძალზე სუსტი კავშირი გამოიყენება ზუსტ საზომ ხელსაწყოებში, როგორცაა ტალღზომები და სხვა.

თუ  $K$  ტოლია  $1-5\%$ -მდე, მაშინ გვაქვს სუსტი კავშირი და ხასიათდება იმით, რომ კონტურები ერთმანეთზე მოქმედებენ და მეორეს მოქმედება პირველზე ცვლის უკანასკნელის დეკრემენტს. ასე დაკავშირებული კონტურები გამოიყენება ტექნიკური მნიშვნელობის რადიოსაზომ ხელსაწყოებში და მიმღების შესასვლელებში.

იმ შემთხვევაში, თუ კავშირის კოეფიციენტი  $5$ -დან  $90\%$ -მდეა, ვუკნება მძლავრი კავშირი. მაშინ ურთიერთმოქმედება იმდენად დიდია, რომ დიდდება I კონტურის როგორც დეკრემენტი, ისე სიხშირე. პირველი კონტურის დეკრემენტის გადადება გამოწვეულია იმით, რომ II კონტური I-ს ართმევს არსებული რხევადი ენერგიის  $P_1$ -ის ნაწილს, ე. ი. I კონტურში იზრდება ენერგიის ხარჯი; რაც მსგავსია მისი წინაღობის გადიდებისა და ექვივალენტურია დეკრემენტის გადიდების. ასეთი კავშირი ფართოდაა გამოყენებული როგორც გადამცემ, ისე მიმღებ მოწყობილობებში.

$90\%$ -ზე მეტი კავშირის კოეფიციენტი  $K$  (ასეთ შემთხვევებს ადგილი არა აქვს მაღალი სიხშირის წრედებში) დაბალი სიხშირის და მძლავრი დენების ტრანსფორმატორებში გამოიყენება.

შეკავშირებული კონტურების შემთხვევაში, ჩვენი მიზანია II კონტურში მივიღოთ დენის მაქსიმალური სიდიდე, ამას კი მივალწვეთ მაშინ, თუ ორივე

კონტურის შორის რეზონანსი გვექნება, ამიტომ შეკავშირებული კონტურები აწყობის რთულ ოპერაციას საჭიროებენ. იმის და მიხედვით, თუ რადიომოწყობილობის რა წრედში გვაქვს შეკავშირებული კონტურები და რა მიზანს ემსახურებიან ისინი, აწყობის 4 ხერხს არჩევენ:

1. პირველ კერძო რეზონანსი—რომელსაც ადგილი აქვს იმ შემთხვევაში, როდესაც პირველი კონტურის აწყობა ხდება, ხოლო მეორე აუწყობელია და ამ უკანასკნელში ლებულობენ მაქსიმალურ შესაძლებელ დენს. ასეთია, მაგალითად, როდესაც მაღალი სიხშირის გამაძლიერებლის ბადის წრედს დაკავშირებული აქვს წინა მილაკის ანოდის წრედში ჩართული რხევადი კონტური. ასეთ წრედებს ბადის წრედში აშლილ კონტურიან გამაძლიერებელს უწოდებენ.

2. მეორე კერძო რეზონანსი, რომლის დროს აწყობა ხდება მეორე კონტურის პარამეტრების შეცვლით და ამ უკანასკნელში ლებულობენ მაქსიმალურ დენს. ასეთია, მაგალითად, მიმღების შესასვლის კონტურები, სადაც ანტენის წრედში ჩართული გვაქვს თვითინდუქცია და მასთან დაკავშირებული კონტური მიერთებულია მილაკის ბადესა და კათოდს შორის. ამ ხერხს მიმართავენ იმიტომ, რომ კონტური ანტენაში მომქმედი მარტო ერთ რომელიმე სიხშირის მიმართ (რომლებიც ცალკეულ რადიოსადგურების სიხშირეებს წარმოადგენენ) ამომრჩეველი არ იყოს, წინააღმდეგ შემთხვევაში კონტურებს ექნება დიდი მგრძობიარობა ერთ-ერთ რადიოსადგურების მიმართ, რაც არასასურველია.

3. რთული რეზონანსი, როდესაც — აწყობა ხდება კონტურების პარამეტრების ცვალებადობით და არ ცვლიან მათ შორის კავშირს. ამით აღწევენ მთლიანი სისტემის რეზონანსული მრუდის სხვადასხვა ფორმას გატარებული დაბალი სიხშირის ზოლის გადიდების ანდა შემცირების მიზნით.

4. სრული რეზონანსი — ამ შემთხვევაში — აწყობენ როგორც ერთ, ისე მეორე კონტურს და მათ შორის ამყარებენ ე. წ. ოპტიმალურ კავშირს. ამ დროს ადგილი აქვს I. კონტურიდან, II-ში. მაქსიმალური სიმძლავრის გადასვლას.

როგორც სრული, ისე რთული რეზონანსის დროს მაქსიმალური დენის ძალა II კონტურში როგორც დატვირთვაში, ტოლია:

$$I_{2max} = \frac{E}{2\sqrt{R_1 R_2}} \quad (172)$$

სადაც  $E$  პირველ კონტურში ჩართული გენერატორის მომჭერზე არსებული ძაბვაა, ანდა, თუ კერძო შემთხვევისათვის ავიღებთ, მიმღებ მოწყობილობის შესასვლის კონტურში, მისაღები სადგურის მერ ანტენაში შექმნილი მაღალი სიხშირის ე. მ. ძალაა.  $R_1$  პირველი კონტურის ოპორი წინააღობაა,  $R_2$  კი მეორე კონტურისა. ამავე დროს, მიღწეული უნდა იქნეს კონტურებს შორის ოპტიმალური ანუ საუკეთესო პირობის კავშირი, რომელიც ტოლი იქნება:

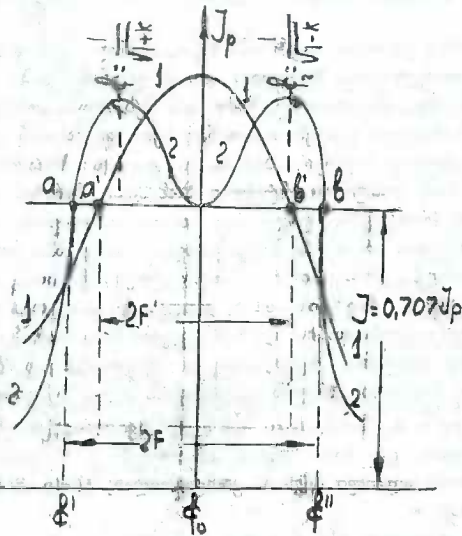
$$k_{ობტ} = 0,53 \lambda_{mt} \frac{\sqrt{R_1 \cdot R_2}}{\sqrt{L_1 \cdot L_2}} \quad (173)$$



სრული რეზონანსი უზრუნველყოფილია მხოლოდ მაშინ, როდესაც კონტურებს შორის კავშირი შერჩეულია და როგორც პირველი, ისე მეორე კონტური აწყობილია ერთ რეზონანსურ სიხშირეზე.

სრული რეზონანსის მიღება საკმაოდ ძნელია ისეთ მოწყობილობებში, სადაც რეზონანსული სიხშირე იცვლება (მაგალითად, მიმღებებში), ე. ი. როცა სხვადასხვა რადიოსადგურების მოსმენის მიზნით ტალღიდან ტალღაზე გადავდივართ.

სრული რეზონანსის მიღწევა მოითხოვს მიმღების კონტურის კონსტრუქციულ სირთულეს და აწყობისათვის—ოპერატორის დიდ კვალიფიკაციას, ამი-



სურ. 133.

ტომ მიმღებებში უფრო გავრცელებულია I და II კერძო რეზონანსი (გარდა შუალედ სიხშირის კონტურებისა, სადაც გამოყენებულია სრული რეზონანსის პირობა, რადგანაც ტალღის ანუ მისაღები ზიხშირის შეცვლა არ იწვევს შუალედ სიხშირის შეცვლას).

შეკავშირებული კონტურების მრუდის ფორმა, მათი საერთო ამომრჩევლობა და გატარებული დაბალი სიხშირის ზოლის სიგანე, დამოკიდებულია მათ შორის კავშირის კოეფიციენტზე.

როგორც ცნობილია, გატარებული ზოლის სიგანე  $2F$  და ამომრჩევლობა, ერთმანეთის საწინააღმდეგო პირობაა. სახელდობრ, კონტურმა რომ მეტი დაბალი სიხშირის ზოლი გაატაროს, საჭიროა მისი რეზონანსული მრუდი, რაც შეიძლება ბლაგვი იყოს, ხოლო ამომრჩევლობის მიზნით კი საჭიროა მისი რეზონანსული მრუდის სიმკვეთლე.

ეს ორი ერთიმეორეს საწინააღმდეგო პირობა ცალკეულ კონტურის საშუალებით ვერ გადაწყდება, რადგანაც თუ გავწრდით კონტურის ამომრჩეველობას, მრუდი შევიწროვდება, უფრო მახვილი იქნება და გატარებული ზოლის სიგანე შემცირდება.

ამ ერთმანეთის საწინააღმდეგო პირობის სასურველად გადაწყვეტის საშუალებას გვაძლევს შეკავშირებული კონტურები. ზემოთ, სადაც ჩვენ განვიხილეთ ცალკეული კონტური, აღვნიშნეთ, რომ ყველა ბგერითი სიხშირის გატარების მიზნით, კონტურის რეზონანსულ მრუდს იდეალური ფორმა უნდა ჰქონდეს.

სწორედ ასეთი რეზონანსული მრუდთან მიახლოებული მრუდის მიღების საშუალებას იძლევა შეკავშირებული კონტურები, მისი მიღალი ამოცმარჩეველობის დაცვით, თუ ადგილი ექნება სრული რეზონანსს.

სურ. 1.33-ზე ნაჩვენებია ცალკეული კონტურის (1) და შეკავშირებული კონტურები (2) მრუდები. როგორც ვხედავთ, ეს უკანასკნელი (2) არაა ისეთი ფორმის, როგორც ცალკეული კონტურის მრუდი (1). მის თავისებურებას წარმოადგენს გვერდების შეტი დახრილობა და იმავე დროს ორკუთხიანობა.

რამდენადაც მეტია კონტურებს შორის კავშირი II, რეზონანსული მრუდის სიგანე იზრდება და კუზებშორის ჩაღრმავება დიდდება. ჩაღრმავების სიდიდე შეგვიძლია განზრახ გავზარდოთ კავშირის კოეფიციენტის გადიდებით მხოლოდ იმდენად, რომ არ გადააჭარბოს მაქსიმუმის 0,707 მნიშვნელობას, რათა ადგილი არ ექნეს სმენისათვის შესაგრძობ სიდიდემდე ბგერითი სიხშირეთა ამპლიტუდების დამახინჯებას.

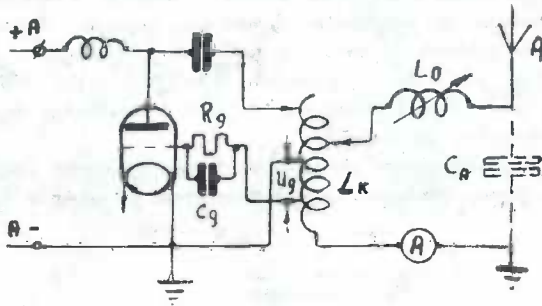
ამრიგად, შეკავშირებული კონტურები რადიოტექნიკური მოწყობილობების აუცილებელი ნაწილია, რომელთა საშუალებით ერთი კასკადიდან მეორეზე გადავდივართ.



1. გადამცემის სხემები

რადიოგადამცემი სადგურების დანიშნულებაა: 1. შოგვცეს ჩვენთვის სასურველი დენის სიხშირე ანუ ტალღის სიგრძე, 2. გაძლიეროს ეს დენი სასურველ სიმძლავრემდე, 3. დამოდულირდეს ბგერითი სიხშირის მიხედვით, (ამ პროცესს ქვემოთ შევხებით), 4. გადასცეს ანტენას ეს დამოდულირებული სიმძლავრე და 5. გამოასხივოს იგი სივრცეში.

სქემების მიხედვით გადამცემები იყოფიან ორ ჯგუფად: 1. გადამცემი მარტივი სქემით და 2. გადამცემი რთული სქემით.



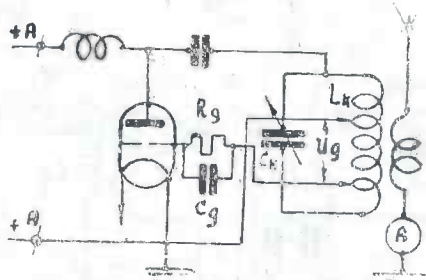
სურ. 134.

მარტივი სქემის გადამცემი ნაჩვენებია სურ. 134 და როგორც სჩანს,  $L_K$ ,  $L_0$  და  $C_A$  ერთდამავე დროს ასრულებენ, როგორც კონტურის ისე ანტენის ელემენტების დანიშნულებას. აქ  $A$ —ანტენაა,  $L_0$  ანტენის რეზონანსში ასაწყობი თვითინდუქცია,  $C_A$ —ანტენის ტევადობა, ხოლო  $L_K$  მილაკის ანოდის წრედში ჩართული თვითინდუქციის კოჭი, რომელიც მილაკთან ერთად ქმნის თვითაღზნების სამწერტილოვან სქემას. ცხადია, როდესაც გადამცემი აწყობილია რომელიმე ტალღაზე, ანტენის პარამეტრის ოდნავი შეცვლა გამოიწვევს ტალღის შეცვლას; ამ მიზეზის გამო მარტივი სქემის გადამცემებმა გამოყენება ვერ ჰპოვეს სტაციონალურ რადიო დანადგარებში.

მარტივი სქემის გადამცემებს იყენებენ უმთავრესად დაზვერვის და საექსპედიციო მიზნებისათვის ე. წ. „ჯიბის“ რადიოსადგურებში, რადგანაც აქ დიდ სიმძლავრეს გადამწყვეტი მნიშვნელობა არ აქვს, ხოლო კონსტრუქციული მინიატურულობა აუცილებელია.

მარტივი სქემიანი გადამცემის განვითარებულ სქემას წარმოადგენს სურ. 135-ზე მოცემული სქემით აგებული გადამცემი, რომელსაც ეწოდება რთულ-სქემიანი გადამცემი.

როგორც სჩანს, როგორც მარტივი სქემის დროს ისე აქაც მაღალი სიხშირის დენის გაძლიერებას არ აქვს ადგილი, სამაგიეროდ მოტივ სქემასთან შედარებით ანტენა კი არ ქმნის ანოდის წრეში არსებულ ჩხვედ კონტურს, არამედ სავანგებოდ ჩართულია  $L_k$   $C_k$ -სავან შემდგარი კონტური. რომელსაც შემდეგ ანტენა უერთდება. ასეთი გენერატორის მუშაობაზე ნაკლებად მოქ-



სურ. 135.

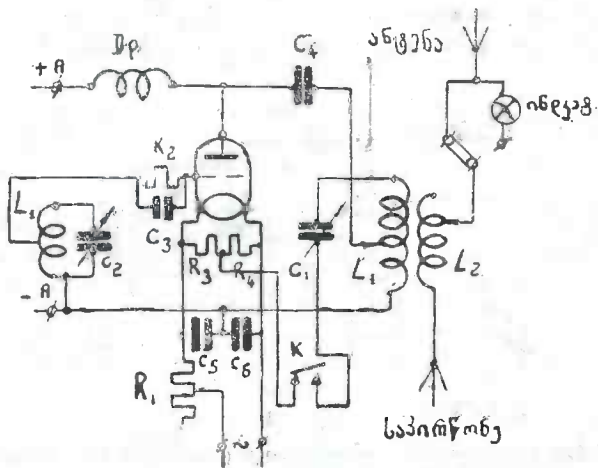
მედგეს ანტენის პარამეტრების ცვლადობა და ამიტომ მისი მუშაობა ტალღის მუდმივობის დაცვის მიხედვით უფრო მყარია.

როგორც სჩანს, ტერმინი „მარტივი“ და „რთული“ სქემა, განმარტავს გენერატორის ე. ი. მაღალი სიხშირის წყაროს კავშირს ანტენასთან და არა კასკადების რიცხვს, რომელიც მხოლოდ სიმძლავრის გაძლიერებისათვის გეჰირდება. თანამედროვე სტაციონარული რადიოსადგურები აგებულია რთული სქემით. ერთკასკადიან გადამცემებმა პრაქტიკაში დიდი გამოყენება ვერ ჰპოვეს, ამის მიზეზია მათი მცირე სიმძლავრე; მაგრამ იქ, სადაც გეჰირდება მცირე სიმძლავრე, რთული სქემების თვითაღზენების გადამცემებია გავრცელებული. ერთ-ერთი მოკლე ტალღოვან რთულ სქემის გადამცემის სქემა ნაჩვენებია სურ. 136-ზე, ეს სქემა შესანიშნავია იმით, რომ იგი იძლევა საკმაო სტაბილურ სიხშირეს და გამოიყენება მცირესიმძლავრიან გადასატანი ტიპის გადამცემებში.

რთული სქემის გადამცემები, უმთავრესად ძირეული კავშირისათვის და მაუწყებლობისათვის გამოიყენება. ასეთი გადამცემები შესაძლებელია იყოს როგორც ორკასკადიანი, ისე მრავალკასკადიანი. კასკადების რიცხვი დამოკიდებულია იმ სიმძლავრეზე, რომელიც ანტენაში საბოლოოდ უნდა მივიღოთ.

აღზენების გენერატორები ჩვეულებრივად იძლევიან მცირე სიმძლავრეს; მაგალითად, ისეთი დიდი სიმძლავრის გადამცემი, როგორიცაა ცნობილი 500 კილოვატიანი რადიოსადგური, აღმზენების გენერატორის მიერ მოცემული სიმძლავრე ათეული ვატით განიზომება.

სურ. 137-ზე მოცემულია 35 კალოუატიანი რადიოსადგურის ჩონჩხური სქემა და იქვე ნაჩვენებია სიხშირის გაძლიერების საილუსტრაციო გრაფიკი; როგორც ვამჩნევთ, ეს გადამცემი შედგება ერი აღმზნები გენერატორისაგან რომელიც იძლევა გადამცემზე მიყუთენილი სიხშირის ტალღის სიგრძეს, რომელიც შემდგომი გაძლიერების პროცესში ცვლებადობას არ განიცდის, და სხვა დანარ-



სურ. 135.

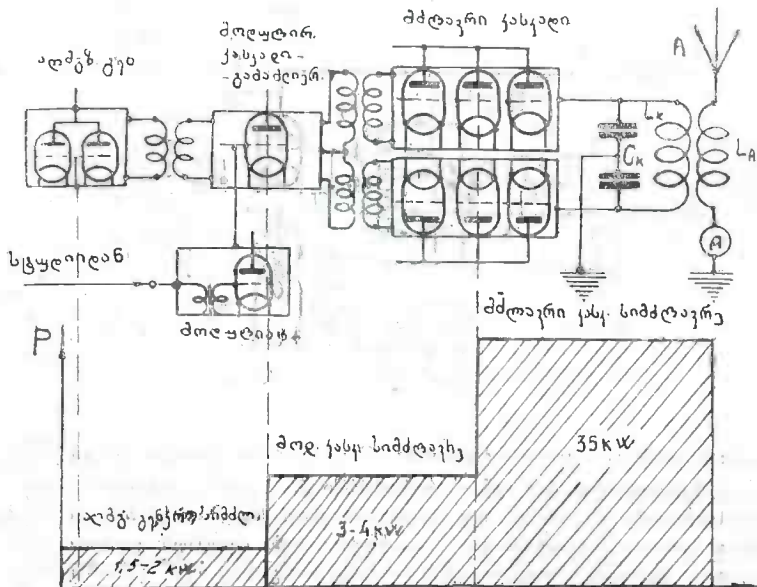
ჩენი კასკადები კი წარმოადგენს გარეშე აღმზნებ გენერატორებს, რომლის ბოლო კასკადი ე. წ.  $LK$   $C_K$  კონტურით, დაკავშირებულია  $A$  ანტენასთან,  $C_A$  კავშირის თვითინდუქციით.

ჩენთვის, გადამცემებში საინტერესოა: 1. თუ რა თანამიმდევრობით უერთდებიან ერთმანეთს კასკადები, 2. მათი მუშაობის რეჟიმი და 3. მილაკების შერჩევა თითოეული კასკადისათვის.

სურ. 138 ზე მოცემულია ორკასკადიანი გადამცემის სქემა, რომელთაგან პირველი კასკადი წარმოადგენს აღმზნებ გენერატორს, ხოლო მეორე კი ამ გენერატორის მიერ მოცემული მაღალი სიხშირის ენერჯის გამაძლიერებელს, რომლის კონტურთან მიერთებულია ანტენა. ეს სქემები ცალ-ცალკე, ჩენთვის უკვე ცნობილია. ამ პირველი მილაკი ოაჯისი კონტურით წარმოადგენს სამწერტილოვან სქემით აგებულ აღმზნებ გენერატორს, რომლის კონტურის თვითინდუქცია  $LK_1$ -თან  $K$  კონტაქტით დაკავშირებულია მეორე კასკადის ბადე  $C_g$  კონდენსატორის გავლით. ამ მილაკის ბადის წრედში ჩართულია მაღალი სიხშირის დროსელი  $Dp$ .  $C_g$  კონდენსატორის დანიშნულებაა დროსელის მოკერებზე ჩართული ძვრის ძაბვა  $-Eg$  მოკლედ არ იქნეს ჩართული და  $LK_1$

თვითინდუქციასზე  $\epsilon$  და  $\chi$  წერტილებს შორის არსებული მაღალი სიხშირის პოტენციალის ვარდნა  $U_{\epsilon\chi}$  მიაწოდოს მეორე კასკადის მილაკს. ხოლო  $DP$  დროსელი მაღალ სიხშირეს არ ატარებს და, მაშასადამე, არ ხდება  $U_{\epsilon\chi}$  ძაბვის კარგვა, ე. ი. მას მეორე მილაკის ბაღეს მთლიანად ვაწვდით, და არ „მიწდება“  $\pm E\chi$  მრმპერზე ჩართული ელემენტების გავლით.

თუ  $K$  კონტაქტს მივუახლოებთ  $\chi$  წერტილს, მეორე მილაკის აღზნების ძაბვა  $U_{\epsilon\chi}$  შემცირდება, ხოლო თუ დაეაშორებთ, მაშინ გაიზრდება. აგრეთვე



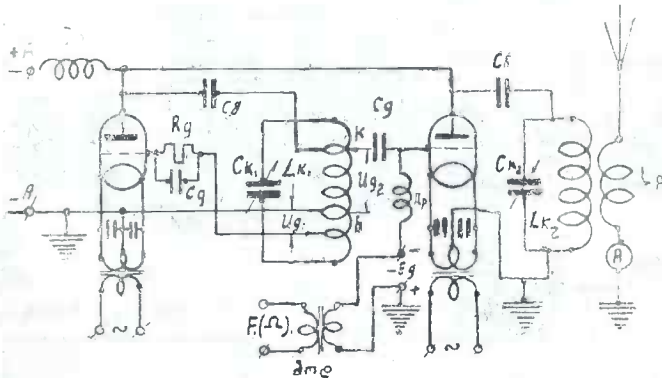
სურ. 137

$E\chi$ -ს აბსოლუტური მნიშვნელობის შემცირებით ანდა გადიდებით შეგვიძლია გველოთ ანოდის დენის იმპულსის სიდიდე. აქედან გამომდინარე შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ამ ორ  $U_{\epsilon\chi}$  და  $E\chi$  სიდიდეზე დამოკიდებული გარეშე აღგზნების, ე. ი. ჩვენს შემთხვევაში მეორე კასკადის ანუ მაღალი სიხშირის გამაძლიერებლის დენის წაქვეთის კუთხე და, მაშასადამე, ანოდის დენის პირველი ჰარმონიკის სიდიდე, მ. ჯ. კ., ანოდზე გაფანტვა და სხვა.

აღმგზნები გენერატორის კონტურში ( $L_{K1}$  და  $C_{K2}$ ) არსებული რხევა წარმოადგენს იმ დენის სიხშირეს, რომელიც უნდა გაძლიერდეს მეორე კასკადში; მაშასადამე, მეორე კასკადის კონტურის საკუთარი სიხშირე უნდა იყოს იმ სიხშირის ტოლი, რომელიც გვაქვს აღმგზნებ გენერატორში. ამ შეთხვევაში, მეორე მილაკის ანოდის წრედში არსებულ დენის იმპულსიდან კონტურში გამოიყოფა პირველი ჰარმონიკა და მივიღებთ ჩვენთვის უკვე ცნო-

ბილ რეზონანსს. მაშასადამე, თვითინდუქციის ვარჯიშო მალალი სიხშირით მაქსიმალურ ცვალებად მაგნიტურ ნაკადს მივიღებთ, რომლის რხევადობის სიხშირე ზუსტად ემთხვევა აღმგზნების გენერატორის კონტურში არსებულ დენის სიხშირეს, მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ დენი მრავალჯერ გაძლიერებულია.

თავისთავად  $L\kappa_2$   $C\kappa_2$  კონტური ანტენასთან დაკავშირებულია ინდუქტიურად  $L_A$  თვითინდუქციის ანუ ე. წ. ანტენის კავშირის თვითინდუქციის მეშვეობით. ქვემოთ, ანტენების განხილვის დროს გავარჩევთ,



სურ. 138.

რომ მათ გააჩნიათ საკუთარი ტევალობი ( $C_A$ ) და თვითინდუქცია ( $L_A$ ), მაშასადამე, შესაძლებელია იგი აეწყოს რეზონანსში  $L\kappa_2$  და  $C\kappa_2$  კონტურში არსებულ სიხშირეზე. ამგვარად, თუ დავუკვირდებით მოცემულ სქემას და გავიხსენებთ ზემოთგანხილულ მასალას, შევაძინებთ, რომ აღმგზნებ გენერატორში მიღებული ჩვენთვის სასრველი დენის სიხშირე, რომელსაც აქვს განსაზღვრული ტალღის სიგრძე, შემდეგ კასკადში გავლით ძლიერდება და გადაეცემა ანტენას, რათა ამ უკანასკნელმა გამოასხივოს სივრცეში ელექტრომაგნიტური ენერჯია. ელექტრომაგნიტური ენერჯია იწყებს გარემო სივრცის აღზნებას და გავრცელებას სამისი ათასი კილომეტრის სისწრაფით წამში.

ანტენაში მიღებული მალალი სიხშირის ენერჯია გადამცემის უკანასკნელ პროდუქციას წარმოადგენს. აქ, გადამცემის ყველა ნაწილის კომპლექსში, ანტენას განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს.

ანტენა გადამცემისათვის წარმოადგენს დატვირთვის, რომელშიც ელექტრომაგნიტური ენერჯიის სახით გამოიყოფა მალალი სიხშირის დენის სიმძლავრე. მაშასადამე, იგი გადამცემის მიერ გამოშვებული ენერჯიის მომხმარებელია.

ანტენის მიერ გამოსხივებული მალალი სიხშირის ელექტრომაგნიტური სიმძლავრე თუ თავისი სიდიდით დროის ყოველ ერთეულში მუდმივია, მაშინ ასეთი რადიოსადგურის გამოყენება რაიმე ნიშნის გადასაცემად შეუძლებელია. ამისათვის საჭიროა ანტენის მიერ ამოსხივებული სიმძლავრე იცვლებოდეს იმ ნიშნების მიხედვით, რისი გადაცემაცაა საჭირო მოცემულ გადაცემების საშუალებით. თუ

გადამცემით ხდება მორზეს ნიშნების გადაცემა, მაშინ გვაქვს ტელეგრაფული გადამცემი, ხოლო თუ მოზეს ნიშნების მაგივრად გადაცემა ბგერითი სიხშირე, ე. ი. ანტენაში არსებული სიმძლავრე იცვლება ბგერითი სიხშირის მიხედვით, მაშინ ასეთ გადამცემს სატელეფონო ანდა სამაუწყებლო გადამცემს უწოდებენ.

ანტენაში სიმძლავრის სიდიდის ცვლებადობას ანუ მართვას ბგერითი სიხშირით, ეწოდება მოდულაცია. თუ ანტენის სიმძლავრე იცვლება ტელეგრაფული ნიშნების მიხედვით, მაშინ გვაქვს მანიპულაცია. მოდულაცია ხდება მრავალი ხერხით, მაგრამ მათი მთავარი დედაზრითია, სახელდობრ, — ანტენაში გადაცემული სიმძლავრის სიდიდით შეიცვალოს გადასაცემი ნიშნის მიხედვით.

## 2. ბადური მოდულაცია

როდესაც მაღალი სიხშირის დენის ამპლიტუდა, ფაზა ან სიხშირე იცვლება, დაბალი სიხშირის მიხედვით მაშინ ადგილი აქვს მოდულაციას.

ამგვარად, მოდულაცია, როგორც მაღალ სიხშირის დენის დამახასიათებელი სიდიდეების ცვლებადობის ფიზიკური პროცესი, შესაძლებელია იყოს სამგვარი:

1. ამპლიტუდის მოდულაცია — როდესაც დაბალი სიხშირის მიხედვით იცვლება მაღალი სიხშირის ამპლიტუდა.

2. ფაზის მოდულაცია — როდესაც დაბალი სიხშირის მიხედვით იცვლება მაღალი სიხშირის დენის ფაზა.

3. სიხშირის მოდულაცია — როდესაც მაღალი სიხშირე იცვლება დაბალი სიხშირის მიხედვით.

ამჟამად ყველაზე უფრო გავრცელებულია ამპლიტუდური მოდულაცია, ამიტომ პირველ რიგში შევეჩებით მას და განვმარტავთ იმ პროცესს, რომელსაც ადგილი აქვს გადამცემ რადიოსადგურში ამპლიტუდური მოდულაციის დროს.

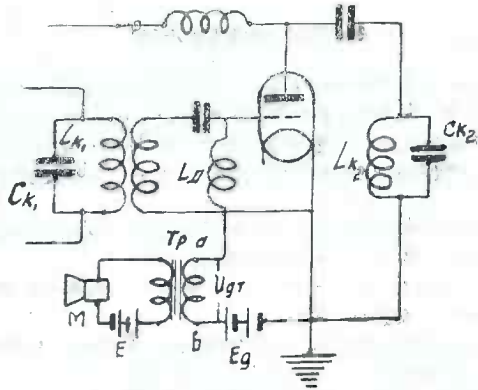
ამპლიტუდური მოდულაციის მისაღები სქემები მრავალგვარია: ბადური, ანოდური, ეკრანული და სხვა.

ბადური მოდულაციის დროს მაღალი სიხშირის ამპლიტუდის დაბალი სიხშირით ცვლებადობა ხდება გენერატორული მილაკის ბადის წრედში, ხოლო ანოდური მოდულაციის დროს კი მილაკის ანოდის წრედში.

ბადური მოდულაციის ერთ-ერთი სქემა მოცემულია სურ. 139-ზე, სადაც კონტური  $LK_1$  და  $CK_1$  წარმოადგენს გამამლიერებელი მილაკის აღმგზნებელ ნერატორს. მთლიან სისტემაში: კონტური  $LK_1$ ,  $CK_1$ , გამამლიერებელი მილაკი და  $LK_2$ ,  $CK_2$  ანოდის წრეში ჩართული კონტური, წარმოადგენენ ჩვენთვის უკვე ცნობილ სქემას, რომელსაც ადგილი აქვს ყველა გადამცემში. აქ ყურადღებას იქცევს მილაკის ბადის წრედში ჩართული მაღალი სიხშირის  $L_D$  დროსელი და  $Tr$  ტრანსფორმატორი, რომლის პირველად გრაგნი ჩართულია მიკროფონი  $M$  და მისი კვების წყარო  $E$ . განვიხილოთ ის მრძენტი, როცა აღმგზნები გენერატორი მუშაობს და ამავე დროს მიკროფონი  $M$ -ის წინ გვაქვს ბგერები, მა-

შინ მილაკის ბადეზე ერთ და იმავე დროს იმოქმედებს როგორც მაღალი, ისე ბგერითი სიხშირე. ბადის წრედში ხართული ბატარია  $E_g$  მილაკის ბადეზე იძლევა ძვრის პოტენციალს, რომელიც  $M$  მიკროფონის წინ სიყუჩის დროს, მუდმივია; ხოლო  $M$  მიკროფონის მუშაობის დროს  $T_p$  ტრანსფორმატორის მეორადი გრაგნის  $ab$  მომჭერებზე ბგერითი სიხშირის ცვალებადი  $U_{gT}$  ძაბვა გვექნება, რომელიც ცვლის ძვრას, რადგანაც იგი ნიშნით ხან დაემთხვევა  $E_g$ -ს ნაშანს ე. ი. იკრიბება, ხან კი მისი საწინააღმდეგაო ე. ი. ერთს მეორე აკლდება.

ამგვარად, მიკროფონთან წარმოქმნილი ბგერები, რომლის კუთხური სიხშირეა  $\Omega$ , პირველ რიგში ცვლის  $E_g$  ძვრის სიდიდეს  $E_{g \max}$ -დან  $E_{g \min}$  მდე.



სურ 139.

თუ ბგერებზე იცვლება ჰარმონიულად, მაშინ  $E_g$ -ს ცვალებადობაც ჰარმონიული იქნება, ე. ი.  $T_p$  — ტრანსფორმატორის მეორად გრაგნში დაინდუქტირებული სინუსოიდალური ძაბვა, იმავე კანონზომიერებით შეცვლის  $E_g$  ძვრის სიდიდეს. ამგვარად, ტრანსფორმატორის მეორად გრაგნში  $U_{gT}$  დადებითი ამპლიტუდის დროს  $E_g$  გაიზარდება, ხოლო უარყოფითის შემთხვევაში კი შემცირდება, საიდანაც შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ მილაკის ბადის წრედში მომქმედო ძვრის მყისი შეზადგენელი  $e_g$  ტოლია:

$$e_g = E_g \pm U_{gT} = E_g + U_{gT} \sin \Omega t \quad (174)$$

ესადაც  $E_g$  — ძვრის მნიშვნელობაა.  $U_{gT}$  მიკროფონის მიერ  $T_p$  ტრანსფორმატორის მეორად გრაგნში წარმოქმნილი ცვლადი ძაბვის მაქსიმალური ამპლიტუდაა.

მიღებული (174) ფორმულიდან შეგვიძლია დავწეროთ:

$$e_g = E_g \left( 1 + \frac{U_{gT}}{E_g} \sin \Omega t \right) \quad (175)$$



აელნიშნოთ  $\frac{U_{gT}}{E_g} = M$ -ით და გვექნება:

$$e_g = E_g(1 + M \sin \Omega t)$$

გარდა  $e_g$ -სა მილაკის ბადის წრედში მოქმედებს აგრეთვე  $L_{K_1}$ ,  $C_{K_1}$  კონტურიდან მიღებული მაღალი სიხშირის ძაბვა  $U_g = U_g \sin \omega t$ , ამიტომ შეგვიძლია რომ დავწეროთ: მილაკის ბადის წრედზე მომქმედი რეზულტური სიხშირე ტოლია:

$$U_M = E_g(1 + M \sin \Omega t) \cdot U_g \sin \omega t = E_g U_g(1 + M \sin \Omega t) \sin \omega t = U_m(1 + M \sin \Omega t) \sin \omega t \quad (176)$$

სადაც  $U_m = E_g U_g$  რეზულტური პოტენციალია, რომელიც მილაკის ბადეზე ერთდროულად მოქმედებს. და, როგორც ვხედავთ, იცვლება ზღვრებში:

$$U_{mx} = U_m(1 + M) \text{ და } U_{min} = U_m(1 - M) \text{ მდე} \quad (176a)$$

მიღებული (176) ფორმულა შეგვიძლია შემდეგნაირად გადავწეროთ:

$$U_m = U_m \sin \omega t + U_m M \sin \Omega t \sin \omega t \quad (177)$$

გარდავქნათ ამ ფორმულის მარჯვენა ნაწილის მეორე შემადგენელი. ტრიგონომეტრიიდან ცნობილია, რომ

$$\sin \alpha \cdot \sin \beta = \frac{1}{2} [\cos(\alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta)]$$

ამიტომ გვექნება:

$$\sin \Omega t \sin \omega t = \frac{1}{2} [\cos(\omega - \Omega) t - \cos(\omega + \Omega) t]$$

შევიტანოთ, (177) ფორმულაში და გვექნება:

$$U_m = U_m \sin \omega t + \frac{MU_m}{2} \cos(\omega - \Omega) t - \frac{MU_m}{2} \cos(\omega + \Omega) t \quad (178)$$

მაშასადამე, მილაკის ბადის წრედში, როგორც (178) ფორმულა გვიჩვენებს, მოქმედებს არა ორი, არამედ სამი სიხშირე.

1.  $U_m \sin \omega t$ , რომელსაც გამტან სიხშირეს უწოდებენ.
2.  $\frac{MU_m}{2} \cos(\omega - \Omega) t$ , ქვედა გვერდითი სიხშირეს უწოდებენ და იგი ნაკლებია გამტანზე, ბგერითი ( $\Omega$ ) სიხშირით.
3.  $\frac{MU_m}{2} \cos(\omega + \Omega) t$ , ზედა გვერდითი სიხშირესა და ჩვეულებრივ გამტან სიხშირეზე, ბგერითი ( $\Omega$ ) სიხშირით.

სურ. 140-ზე მოცემულია შოდულაციის პროცესის გრაფიკული გამოსახვა, სადაც გრაფიკი 140a წარმოადგენს მამოღულირებელ სიხშირეს ანუ ბგერით სიხშირეს, რომელიც წარმოიქმნება მიკროფონში. გრაფიკი 140b წარმოადგენს ე. წ. გამტან სიხშირეს ანუ მაღალ სიხშირეს, რომელსაც გვაძლევს აღმგზნები გენერატორი და გრაფიკი 140c წარმოადგენს მაღალი სიხშირის ამპლბტუდის, დაბალი სიხშირით ცვალებადობის შედეგად მიღებულ მოდულირებულ რხევებს, რომელსაც მოდულირებული დენი ეწოდება.

გვაქვს რა მილაკის მმართველ ბადეზე ჩამოთვლილ ძაბვების ერთობლიობა, უკნაღია  $L_{K_2} C_{K_2}$  კონტურში დენიც შეიცვლება ამავე კანონზომიერებით, და თუ კუთხური სიხშირის მაგვირად გადავალთ სიხშირეზე, კონტურ  $L_{K_2} C_{K_2}$ -ში გვექნება დენის ცვლენადობა:

$$i_K = I_K \sin 2\pi f_0 t + \frac{MI_K}{2} \cos 2\pi (f_0 - F) t - \frac{MI_K}{2} \cos 2\pi (f + F) t. \quad (179)$$

ასეთივე მდგომარეობას ექნება ადგილი, თუ კონტურის დაფუკვეშირებთ ანტენას. მაშინ ანტენის დენიც შეიცვლება იგივე კანონზომიერებით, რატაც იცვლება კონტურში და. მაშასადამე. ამოსხივებული ელექტრომაგნიტური ენერგიაც მოდულირებული იქნება.

ჩვენ სიდიდე  $M$ -ით აღვნიშნეთ მიკროფონის მიერ ტრანსფორმატორის მეორად გრაგნზე შექმნილი ბგერითი  $U_{gT}$  სიხშირით ცვლენადი ამპლიტუდის შეფარდება  $E_g$  ძვრასთან. ამ სიდიდეს ეწოდება მოდულაციის კოეფიციენტი და გამოისახება პროცენტებში. ამავე დროს მილაკის ბადის წრეზე მომქმედი რეზულტური პოტენციალი  $U_m = U_g E_g$  იცვლება  $1 + M$  სიდიდით და  $1 - M$  სიდიდემდე. როდესაც  $M=1$  მაშინ გვაქვს 100%-იანი მოდულაცია ე. ი. მაღალი სიხშირის ამპლიტუდა იცვლება მაქსიმუმიდან ნოლ ვნიშვნელობამდე. და როცა  $M=0$ , მაღალი სიხშირის ამპლიტუდის სიდიდე უცვლელია ე. ი. მოდულაცია არ გვაქვს. როგორც ფორმულა 176a-დან სჩანს მოდულაციის დროს მილაკის აღზნების პოტენციალი იცვლება  $2 U_m$ -დან — ნოლამდე.

სულ სხვა მდგომარეობას აქვს ადგილი კონტურში გამოყოფილი სიმძლავრის მიმართ. სახელდობრ, თუ ბადის წრეში მომქმედი პოტენციალი იცვლება ორკეცი მნიშვნელობიდან ნულამდე, სიმძლავრე შეიცვლება გაორჯობილი მნიშვნელობიდან ნულამდე, რაც შემდეგი მოსაზრებით მტკიცდება:

როდესაც არ გვაქვს მოდულაცია (ანუ მიკროფონის წინ სიჩუმეა), ე. ი.  $M=0$  მაშინ კონტურებში დენის ძალა (179) ფორმულის მიხედვით ტოლია:

$$i_K = I_K \sin 2\pi f_0 t$$

მაშასადამე, კონტურში გვაქვს მუდმივი ამპლიტუდიანი მაღალი სიხშირის დენი, რომლის მიერ გამოყოფილი სიმძლავრე, კონტურის  $U_K$  წინააღობაზე ტოლია:

$$P_K = \frac{I_K^2 U_K}{2} \quad (180)$$

მაგრამ მოდულაციის ცვლასთან ერთად კონტურში მომქმედი დენიც იწყებს ცვლენადობას ფარგლებში:

$I_{K_{max}} = I_K (1 + M)$ -დან  $I_{K_{min}} = I_K (1 - M)$ -მდე ამის შესაბამისად სიმძლავრე  $P_K$  შეიცვლება:

$$P_{K_{max}} = \frac{I_K^2 R_K}{2} = [I_K (1 + M)]^2 \frac{R_K}{2} = \frac{I_K^2 R_K}{2} (1 + M)^2 \quad (181)$$

ანდა:

$$P_{K_{min}} = P_K (1 + M)^2 \quad (182)$$

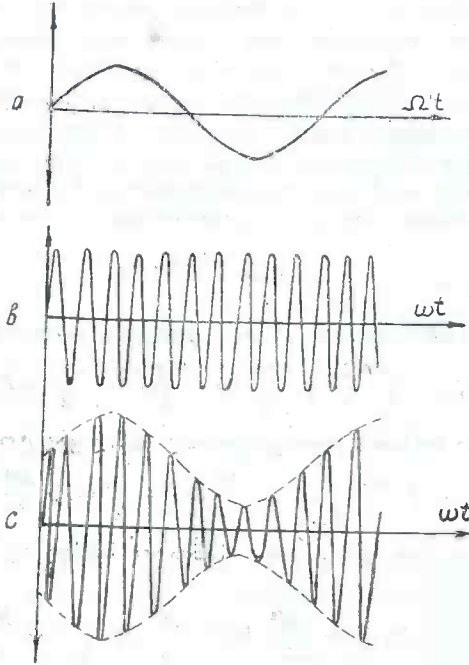
ამიტომ დენის მინიმალური მნიშვნელობის დროს გვექნება:

$$P_{\kappa \min} = P_{\kappa}(1-M) \quad (183)$$

ამგვარად, როდესაც  $M=100\%$  (ე. ი.  $M=1$ ), მაშინ კონტურში და ანტენაში სიმძლავრე იცვლება:

$$P_{\kappa \max} = 4 P_{\kappa} \text{ -დან } P_{\min} = 0 \text{ -მდე.}$$

გადამცემის გათვლის დროს დაცული რომ იქნეს ეს პირობა, საჭიროა გენერატორი და სიერთოდ გადამცემის ყველა შემადგენელი ნაწილი უგავითვალთ



სურ. 140.

გამტანი სიხშირის სიმძლავრის გაოთხეცვებულ სიდიდებზე. გაოთხეცვებულ სიმძლავრეს უწოდებენ ტელეგრაფულ სიმძლავრეს, რადგანაც ოთხეკეი სიმძლავრის გამოყენება მხოლოდ და მხოლოდ ტელეგრაფული ნიშნების გადაცემის დროს ხერხდება, რადგანაც დამახინჯებას, რომელიც ახლავს ღრმა მოდულაციას, აქ გადამწყვეტი მნიშვნელობა არა აქვს.

რაც შეეხება რადიოსამაუწყებლო სადგურებს, იქ მოდულაციის  $100\%$ -იანი სიღრმე ძნელი მისაღწევია; რადგანაც ანტენაში სიმძლავრე მილაკის ბადის წრედზე მოდებული სიხშირის ამპლიტუდური მნიშვნელობის პროპორციულად კი არ იზრდება, არამედ მოდულაციის კოეფიციენტის  $70-90\%$ -ის შემდეგ ადგილი აქვს ასიმეტრიას, მილაკის მახასიათებლის არასწორხაზობრივობის გამო, რასაც ბგერის დამახინჯება შეაქვს გადაცემაში.

ამავე დროს, თუ ტელეგრაფული (ტონალურ) სიგნალების გადაცემისას სამოდულაციოდ ერთი რომელიმე მუდმივი ბგერითი სიხშირე გვაქვს, ტელეფონით ანდა რადიომაუწყებლობის გადაცემის შემთხვევაში საქმე გვაქვს ბგერითი სიხშირეთა სპექტრთან, რომელთა ამპლიტუდა სხვადასხვაა და, მაშასადამე, ადგილი ექნება მრდულაციის კოეფიციენტის ანუ სიღრმის სხვადასხვა სიდიდეს. ამის მიხედვით თვით სიმძლავრეც დროის მონაკვეთში სხვადასხვა სიდიდით შეიცვლება. ამიტომ სამაუწყებლო სადგურის ამოსხივებულ ენერჯიას მოდულაციის დროს ვერ შევაფასებთ ერთი რომელიმე განსაზღვრული სიდიდით.

შესაძლებელია მოგვეჩვენოს, რომ რადგანაც ანტენაში მოდულაციის დროს სიმძლავრე  $P_{Amx} = 4P_A$ -დან 0-მდე იცვლება, ამიტომ თითქმის საშუალო სიმძლავრე უდრიდეს გამტან სიმძლავრეს. ასეთი დასკვნა შემცდარი და აი რატომ: მოდულირებული ჩხევის თითოეული შემადგენელი, ე. ი. გამტანი სიხშირე ( $f_0$ ), ზედა გვერდითი სიხშირე ( $f_0 + F$ ) და ქვედა გვერდითი სიხშირე ( $f_0 - F$ ), ერთმანეთისაგან სავსებით დამოუკიდებლად მოქმედებენ, სახელდობრ: გამტანი სიხშირის მიერ გამოყოფილი სიმძლავრე ტოლია:

$$P_{f_0} = \frac{I^2 \kappa R \kappa}{2}$$

ზედა გვერდითი სიხშირის მიერ კი იმავე კონტურში, გამოიყოფა სიმძლავრე:

$$P_{f_0+F} = \left(\frac{MI\kappa}{2}\right)^2 \frac{R\kappa}{2} = \frac{M^2 I^2 \kappa}{4} \cdot \frac{R\kappa}{2} = P_{\kappa} \frac{M^2}{4} \quad (184)$$

ქვედა გვერდითი სიხშირის მიერ გამოყოფილი სიმძლავრე ტოლია:

$$P_{f_0-F} = \left(\frac{MI\kappa}{2}\right)^2 \frac{R\kappa}{2} = \frac{M^2 I^2 \kappa}{4} \cdot \frac{R\kappa}{2} = P_{\kappa} \frac{M^2}{4} \quad (185)$$

ამ სამი სიხშირის მიერ ფხვიყოფილი საშუალო სიმძლავრე მათ ალგებრულ ჯამს წარმოადგენს:

$$P_{საშ} = P_{\kappa} + P_{\kappa} \frac{M^2}{2} + P_{\kappa} \frac{M^2}{2} = P_{\kappa} \left(1 + \frac{M^2}{2}\right) \quad (186)$$

როგორც მიღებული (186) ფორმულა გვიჩვენებს, გამტანი სიხშირის საშუალო სიმძლავრე ფაიზარდა არა 4-ჯერ არამედ  $\left(1 + \frac{M^2}{2}\right)$ -ჯერ, ამ პირობას იკრებითი მნიშვნელობა აქვს გადაცემი რადიოსადგურის შორს მოქმედებისათვის.

როდესაც გადაცემების მაღალი სიხშირე არ მოდულირდება, მაშინ იგი აისხივებს მართვ. გამტანი სიხშირის სიმძლავრეს და მიმღებ მოწყობილობაში არ ვლდებულობთ არავითარ ბგერებს. დაიწყება თუ არა გადაცემის გამტანი სიხშირის სიმძლავრის მოდულაცია, მისი ამპლიტუდა იცვლება ბგერითი სიხშირის მიხედვით, და მიმღებში ვლდებულობთ ბგერებს. რაც უფრო მეტად ამოდულირებს ბგერითი სიხშირე, გამტანი სიხშირის სიმძლავრის ამპლიტუდას, მით უფრო შორს „გაისმის“ რადიოსადგური.

მაგალითისათვის მოვიყვანოთ რადიოსადგური, რომლის ნომინალური სიმძლავრე ანტენაში (გამტანი სიხშირის სიმძლავრე) მიკროფონის სიყუჩის დროს ტოლია 35 კილოვატის, განვიხილოთ მოდულაციის ორი მომენტი:

1. როდესაც მოდულაციის კოეფიციენტი  $M=30\%$  ე. ი.  $M=0,3$  და
2.  $M=60\%$ -ს ანუ  $M=0,6$ . გავიგოთ რა სიმძლავრეს ამოასხივებს იგი მოდულაციის შემთხვევაში ჩვენს მიერ აღებული გამტანი სიმძლავრის დროს.

პირველ შემთხვევაში ანტენის მიერ ამოსხივებული სიმძლავრე ტოლია:

$$P_A (M=0,3) = P_A (1 + 0,3)^2 = 35 \cdot 1,68 = 59,3 \text{ კვ.}$$

მეორე შემთხვევაში კი:

$$P_A (M=0,6) = P_A (1 + 0,6)^2 = 35 \cdot 2,56 = 89,6 \text{ კვ.}$$

როგორც აქედან ჩანს, გადამცემის ანტენაში სიმძლავრის ცვალებადობის სიდიდე მკვეთრად დამოკიდებული ყოფილა მოდულაციის სიღრმესთან, მაშასადამე, რაც უფრო ღრმად მოდულირდება გადამცემის გამტანი სიხშირის სიმძლავრე ბგერითი სიხშირით, მით უფრო მეტია ანტენით ამოსხივებული ენერგია და, მაშასადამე, სადგურიც შორს ისმის.

გარდა ამისა, გადამცემის შორს მოქმედება არაა დამოკიდებული მართომის მიერ შექმნილი არეს დაძაბულობის მიკროვოლტმეტრის სიდიდეზე\*) მიღების ადგილზე, არამედ დამოკიდებულია გვერდითი სიხშირეების სიმძლავრეზე, ე. ი. სადგურის შორსქმედობის მიზნით საჭიროა, რაც შეიძლება მეტ მოდულაციის სიღრმის აღება.

რადიოსამუწყებლო სადგურებში ეს პირობა განისაზღვრება ე. წ. სამოდულაციო მახასიათებლით, რომელიც მაჩვენებელია თუ მოდულაციის რა სიღრმემდე გვაქვს სწორხაზობრივი დამოკიდებულება, მოდულაციის სიღრმესა და ანტენიდან ამოსხივებულ სიმძლავრეს შორის.

თანამედროვე სამუწყებლო რადიოსადგურები საშუალებას იძლევიან გვექონდეს ხსენებული სწორხაზობრივი დამოკიდებულება 70—90%-მდე, რის შემდეგ მამოღებელი სიგნალის ფორმა მახინჯდება და გადამცემის მიღება, განსაკუთრებით მუსიკალურის, არაბუნებრივი ხდება.

თუ ცნობილია გადამცემის საშუალო მოდულაციის სიღრმე და მისი ნომინალური სიმძლავრე, სადგურის მუშაობის რომელიმე მომენტისათვის ადვილად შეგვიძლია გავიგოთ შესაბამისი მოდულაციის კოეფიციენტის მიახლოებითი სიდიდე.

ფორულა 186-დან შეგვიძლია დავწეროთ:

$$1 + \frac{M^2}{2} = \frac{P_{საშ.}}{P_{κ}} \text{ აქედან } M \approx \sqrt{2 \frac{P_{საშ.}}{P_{κ}} - 2} \quad (187)$$

ვთქვათ, სადგურის საშუალო სიმძლავრე ტოლია 60 კვტ, ხოლო მისი გამტანი სიხშირის კი 45 კვტ, მაშინ (187)-ე ფორმულიდან გვექნება:

\*) გადამცემის მიერ ამოსხივებული სიმძლავრე მის გარშემო ქმნის ელექტრომაგნიტური არეს დაძაბულობას. რადგანაც დედამიწის ზედაპირის პოტენციალი ნოლია, ამიტომ დაძაბულობის ის სხვაობა, რომელიც იქმნება სიმაღლის რომელიმე წერტილიდან მიწის ზედაპირამდე, იზომება მიკროვოლტმეტრებში.

$$M = \sqrt{\frac{P_{\text{საშ.}}}{P_K}} - 2 \approx \sqrt{\frac{2 \cdot 60}{45}} - 2 = 0.775 = 77,5\%$$

გადამცემის საშუალო სიმძლავრე, როგორც (186) ფორმულა გვიჩვენებს, არ შეიძლება 50%-ზე მეტად გაიზარდოს გადამცემის გამტანი სიმძლავრიდან, რადგანაც ვიცით, რომ:

$$P_{\text{საშ.}} = P_K \left( 1 + \frac{M^2}{5} \right)$$

და თუ  $M=1$ , ე. ი. 100%-იანი მოდულაცია გვაქვს, მაშინ:

$$P_{\text{საშ.}} = P_K \left( 1 + \frac{1}{5} \right) = 1,5 \cdot P_K$$

ხოლო, რაც შეეხება გვერდითი სიხშირეებს, ისინი 100%-იანი მოდულაციის დროს არ აღემატებიან 25%-ს, რასაც (184) ე ფორმულაც გვიჩვენებს. მართლაც, თუ  $M=1$ , მაშინ

$$P_{f_0 \pm F} = P_{f_0} - F = P_K \frac{M^2}{4} = \frac{1}{4} P_K = 0,25 P_K.$$

მიმღების დეტექტორის მიერ გამოყოფილი დაბალი სიხშირის დენის ძალა გადამცემის მიერ გამოსხივებული გვერდითი სიხშირის სიმძლავრეზეა დამოკიდებული. რაც უფრო მეტია მოდულაციის სიღრმე, მით უფრო მეტია გვერდითი სიხშირის სიმძლავრე და ამ ფაქტორით ფასდება გადამცემა რადიოსადგურის სმენადობის სიდიდე, მისი გამტანი სიხშირის სიმძლავრის მოქმედების არეში.

ზემოთქმულის ილუსტრირებისათვის განვიხილოთ ორი სხვადასხვა სიმძლავრის რადიოსადგური. მოცემულია სადგური № 1, რომლის სიმძლავრე ანტენაში, როდესაც მიკროფონი არ მუშაობს, ე. ი. ადგილი არა აქვს მოდულაციას, ტოლია 40 კვტ-ის. ამავე დროს გვაქვს № 2 რადიოსადგური, რომლის სიმძლავრე იმავე პირობებში ტოლია 10 კვტ.

ვთქვათ, № 1 სადგურის მოდულაციის კოეფიციენტი  $M=0,4$  (40%), ხოლო № 2 კი  $M=0,8$  (80%). გავიგოთ, რომელი სადგური გაისმის უფრო შორ მანძილზე.

1. № 1 რადიოსადგურის გვერდითი სიხშირის სიმძლავრე:

$$P_{f_0 \pm F} = P_K \frac{M^2}{4} = 40 \frac{0,4^2}{4} = 40 \cdot 0,04 = 1,6 \text{ კვტ.}$$

2. № 2 რადიოსადგურის გვერდითი სიხშირის სიმძლავრე:

$$P_{f_0 \pm F_0} = P_K \frac{M^2}{4} = 10 \frac{0,8^2}{4} = 10 \cdot 0,16 = 1,6 \text{ კვტ.}$$

როგორც ამ მაგალითიდან ჩანს, რადიოსადგური № 2 სიმძლავრე თუმცა 4-ჯერ უფრო მცირეა № 1-თან შედარებით, მაგრამ მისი მოდულაციის სიღრმე 2-ჯერ მეტია; ამიტომ ზედა და ქვედა გვერდითი სიხშირის სიმძლავ-

რეში განსხვავება არა გვაქვს. მაშასადამე, რადგანაც, სადგურის სტენდარდის სიზორე მის მიერ ამოსხივებული გვერდითი სიხშირის სიმძლავრეზეა დამოკიდებული, ამიტომ ჩვენს მიერ აღებულ კერძო შემთხვევისათვის 10 კილოვატიანი რადიოსადგური იგივე მანძილზე იმოქმედებს, რა მანძილზედაც 40 კილოვატიანი რადიოსადგური. საიდანაც ამ უკანასკნელის მოდულიაციის სიღრმე ორჯერ ნაკლებია, პირველთან შედარებით.

როდესაც რადიოსადგური მოდულირდება ბგერითი სიხშირე  $F$ -ით, მაშინ მისი გამტანი სიხშირე  $f_0$ , სიმეტრიულად იცვლება  $f_0 + F$ -დან  $f_0 - F$ -მდე. ამიტომ რადიოსადგური მოდულიაციის დროს სივრცეში იკავებს საკუთარ არხს. მეზობლად მომუშავე რადიოსადგურებმა ხელი რომ არ შეუშალონ ერთმანეთს ე. ი. მიმღებში ერთდამივე დროს არ მოისმოდეს რამდენიმე სადგური, საჭიროა მათი დაშორება ამოსხივებული სიხშირის მიხედვით, განსაზღვრული ინტერვალით.

მაგალითი: მოცემულია რადიოსამუშაებლო სადგური, რომლის გამტანი სიხშირის ტალღა  $\lambda = 500 \text{ m}$ , მოდულირდება ბგერითი სიხშირის დიპაზონის სიხშირით  $F_{min} = 50 \text{ hz}$ -დან  $F_{mx} = 9000 \text{ hz}$ -მდე გავიგოთ რა სიგანეს არხს ანუ ზოლს დაიკერს იგი სივრცეში.

1. გავიგოთ გამტანი სიხშირე:

$$f_0 = \frac{v}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8}{500} = 6 \cdot 10^5 \text{ hz.}$$

2. ზედა გვერდითი სიხშირე, როდესაც მოდულირდება რადიოსადგური  $F_{min} = 50 \text{ hz}$ .

$$f_0 + F_{min} = 6 \cdot 10^5 + 50 = 6000050 \text{ hz.}$$

3. ზედა გვერდითი სიხშირე, როდესაც იგი მოდულირდება  $F_{max} = 9000 \text{ hz}$ .

$$f_0 + F_{max} = 6 \cdot 10^5 + 9 \cdot 10^3 = 609000 \text{ hz.}$$

4. ქვედა გვერდითი სიხშირე, როდესაც მოდულირდება  $F_{min} = 50 \text{ hz}$ .

$$f_0 - F_{min} = 6 \cdot 10^5 - 50 = 599950 \text{ hz.}$$

5. ქვედა გვერდითი სიხშირე, როდესაც მოდულირდება  $F_{max} = 9000 \text{ hz}$ .

$$f_0 - F_{max} = 6 \cdot 10^5 - 9 \cdot 10^3 = 591000 \text{ hz.}$$

6. მთლიანი ზოლი, ანუ სიხშირითი არხის სიგანე, რომელსაც გადაძევი დაიკავებს სივრცეში, ტოლია:

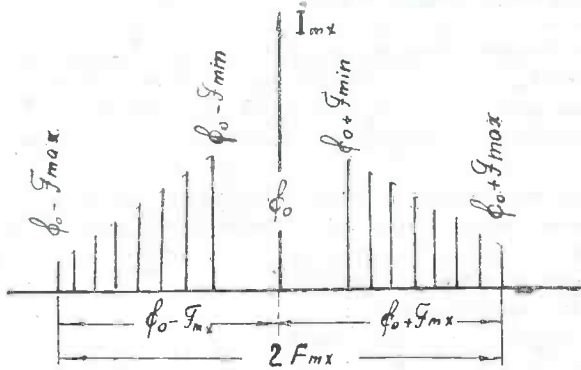
$$2 F_{mx} = 2[(f_0 + F_{mx}) - (f_0 - F_{mx})] = 2[(609000 - 591000)] = 18000 \text{ hz.}$$

თვალსაჩინოებისათვის სურ. 141-ზე მოცემულია ჩვენს მიერ განხილული რადიოსადგურის მიერ გატარებული სიხშირეთა სპექტრი, სადაც  $f_0$  გამტანი სიხშირეა და ტოლია  $6 \cdot 10^5 \text{ hz}$ .  $f_0 + F_{mx} = 609 \cdot 10^3 \text{ hz}$  მარჯვნივ დაკავებული ზოლის სიგანე ანუ ზედა გვერდითი სიხშირე და  $f_0 - F_{max} = 591 \cdot 10^3 \text{ hz}$  მარცხნივ დაკავებული ზოლის სიგანე ტოლი ანუ ქვედა გვერდითი სიხშირე.

განხილული მაგალითის არსი პირობად ედგება ეთერში ერთდროულად მომუშავე რადიოსადგურების განლაგებას. ამჟამად ერთდროულად მუშაობს



მრავალი გადამცემი რადიოსადგურები, რის გამოც ეთერში დიდი სივრცეა, ამიტომ დაკანონებულია, რომ სამაუწყებლო საშუალო და გრძელტალღოვანი სადგურები სიხშირით უნდა განსხვავდებოდეს ერთმანეთისაგან 9 ათასი ჰერციით. ხოლო მოკლე ტალღოვანი სადგურებს შორის ინტერვალი 30÷40 ათას ჰერცამდე აღწევს. დღეს მთავარი ყურადღება ექცევა რადიოსადგურებზე მიკუთვნიებული სიხშირის სტაბილურობას— მუდმივობას, რომლის დარღვევა საერთაშო-



სურ. 141.

რისო კანონის დარღვევად ითვლება. წინააღმდეგ შემთხვევაში სადგურების ტალღები შეიკრებოდა ერთმანეთის არხებში და ნორმალური მიღება შეუძლებელი იქნებოდა.

ამავე დროს გვერდითი სიხშირეების არსებობის გამო მცირდება გრძელტალღოვანი დიაპაზონში მომუშავე სადგურების რიცხვი.

აღნიშნულის საილუსტრაციოდ მოვიყვანოთ მაგალითი, რომელიც საშუალებას მოგვცემს გავარკვიოთ თუ რა რაოდენობის ერთდროულად მომუშავე რადიოსადგურები დაეტევა ეთერში ისე, რომ ერთმანეთს ხელი არ შეუშალონ. გრძელ, საშუალო, მოკლე და ულტრა მოკლეტალღოვანი დიაპაზონებში თუ მამოღებული სიხშირე  $F = 4500 \text{ hz}$  ( $2F = 9000 \text{ hz}$ ), მაშინ თითოეული დიაპაზონი დაიტევდა:

1. გრძელტალღოვანი სამაუწყებლო დიაპაზონი  $\lambda = 2000 \div 600$  მეტრამდე ( $2000 \text{ mt} = 15 \cdot 10^4 \text{ hz}$ ,  $600 \text{ mt} = 50 \cdot 10^4 \text{ hz}$ ) დაიტევს:

$$N = \frac{f_2 - f_1}{2F} = \frac{5 \cdot 10^4 - 15 \cdot 10^4}{9 \cdot 10^3} = \frac{350}{9} = 29 \text{ სადგურს.}$$

2. საშუალო ტალღოვანი სამაუწყებლო დიაპაზონი  $\lambda = 600 - 200$  მეტრამდე ( $600 \text{ mt} = 50 \cdot 10^4 \text{ hz}$ ,  $200 \text{ mt} = 15 \cdot 10^6 \text{ hz}$ ) დაიტევს:

$$N = \frac{f_2 - f_1}{2F} = \frac{15 \cdot 10^6 - 50 \cdot 10^4}{9 \cdot 10^3} = \frac{1000}{9} = 111 \text{ სადგურს.}$$

3. მოკლეტალღოვანი დიაპაზონი  $\lambda = 50 - 16$  მეტრამდე ( $50 \text{ mt} = 60 \cdot 10^5 \text{ hz}$ ,  $10 \text{ mt} = 300 \cdot 10^5 \text{ hz}$ ) დაიტევს:

$$N = \frac{f_2 - f_1}{2F} = \frac{300 \cdot 10^5 - 60 \cdot 10^5}{9 \cdot 10^3} = 2560 \text{ სადგურს.}$$

4. ულტრამოკლე დიაპაზონი  $10 - 1$  მეტრამდე ( $10 \text{ mt} = 300 \cdot 10^5 \text{ hz}$ ;  $1 \text{ mt} = 3 \cdot 10^8 \text{ hz}$ ) დაიტევს:

$$N = \frac{f_2 - f_1}{2F} = \frac{3000 \cdot 10^5 - 300 \cdot 10^5}{9 \cdot 10^3} = 30000 \text{ სადგურს.}$$

როგორც მოყვანილი მაგალითიდან ჩანს, რაც უფრო გრძელია გადამცემის ტალღა, მით უფრო ნაკლები სადგურების რიცხვი ეტევა ეთერში და ტალღის შემცირებასთან ერთად მცირდება სიფიწროვეც, ე. ი. დიაპაზონში ერთდროულად მომუშავე რადიოსადგურების რიცხვი იზრდება.

### 3. ანოდური მოდულაცია

ანოდური მოდულაცია თანდათან ფართო გამოყენებას პოულობს და ხმარებიდან დევნის ბადურ მოდულაციას, რადგანაც პირველს მუშაობის პროცესში გაცილებით უფრო მეტი სწორხაზობრიობა ახასიათებს ბგერითი სიხშირით სიმძლავრის ცვალებადობის დროს. ამავე დროს მილაკის რეჟიმი გადაძაბული უნდა იყოს. ეს პირობა საშუალებას იძლევა გვეკონდეს უფრო მეტი სიღრმის მოდულაციის კოეფიციენტი და, მაშასადამე, მივიღოთ გვერდითი სიხშირეთა მაქსიმალური სიმძლავრე და დიდი მ. ქ. კ.

ანოდური მოდულაციის ფიზიკური არსი მდგომარეობს გენერატორის ანოდის ძაბვის სიდიდის ცვალებადობაში, დაბალი სიხშირის ცვალებადობის მიხედვით. ანოდური მოდულაციის სქემებს შორის ყველაზე უფრო გავრცელებულია ე. წ. პარალელური სქემები, რომლის სქემა ნაჩვენებია სურ. 142-ზე. იგი შედგება ორი ნაწილისაგან: მოდულატორისაგან და გარეშე აღგზნების მაღალი სიხშირის გამაძლიერებელი სისტემისაგან. მოდულატორის  $M\theta\theta$  და ტრანსფორმატორი  $Tp$  ჩვენთვის უკვე ცნობილ დაბალ სიხშირის გამაძლიერებელს წარმოადგენს, ხოლო მაღალი სიხშირის გამაძლიერებელი მილაკი  $\Gamma$  და კონტური  $Ck$   $Lk$  წარმოადგენს მაღალი სიხშირის გამაძლიერებელს, რომლის ბაღეზე მიერთებულია აღგზნები გენერატორი მაღალი  $f$  სიხშირის  $M$  ტრანსფორმატორებით.

როგორც ვხედათ, მილაკი  $M\theta\theta$  და  $\Gamma$  იკვებებიან პარალელურად  $U_0$  ე. მ. ძ. წყაროდან, რომელიც დაშუნტირებულია  $C$  დიდი ტევადობის კონდენსატორით.

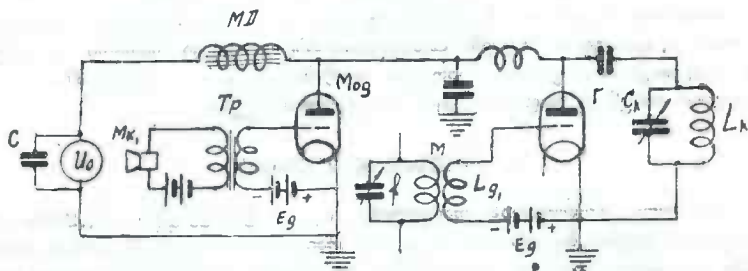
სქემაზე ჩვენს ყურადღებას იქცევს  $MD$  დროსელი, რომელიც სამოდულაციო დროსელია. იგი მცირე წინაღობისა და კეთდება რკინის გულათი.

განვიხილოთ სქემის მუშაობის პრინციპი, როდესაც  $M\theta\theta$  მილაკი უკმსვლაზეა, ე. ი. მიკროფონ  $Mk_1$ -ს. წინ არ გვაქვს ბგერები, მაშინ მილაკში გადის ანოდის დენი  $I_{am}$ . ასეთივე მდგომარეობაა  $\Gamma$  მილაკშიც, სადაც უკმ მუშაო-

ბის-დროს\*) ზნდის ანოდის დენის პირველი შემადგენელი  $I_1$  და მუდმივი შემადგენელი  $I_0$ . იმ მომენტში, როდესაც  $T_p$  ტრანსფორმატორის პირველად გრაგნიში ჩართულ მიკროფონის წინ ვაქებს ბეგრები, უდაოა, იგი ელექტრული რხევების სახით გადაეცემა მილაკმოდულატორის ბადეს ( $Mod$ ) და მისი ანოდის დენის  $I_{am}$  შეიცვლება ისეთივე სიხშირით, როგორ ბეგრასაც აქვს გავლენა  $M_k$  მიკროფონზე:

$$i_{am} = I_{am} \sin \Omega t$$

ამვე დროს  $MD$ -დროსელზე  $Mod$  მილაკის ანოდის დენის ასეთი ცვალებადობა გამოიწვევს ძაბვის ვარდნას დროსელზე, რომელიც ამავე კანონითვე



ურ 142.

შეცვლის  $U_a$  ანოდის ძაბვას  $\Gamma$ -მილაკზე, და რადგანაც  $Mod$  და  $\Gamma$ -მილაკები იკვებებიან ერთი და იგივე წყაროდან, უდაოა, გენერატორულ მილაკ  $\Gamma$ -ზე ანოდის ძაბვა შეიცვლება მოდულატორულ მილაკში გამავალი  $I_{am}$  დენის ძალის ცვალებადობის ტაქტში.

$\Gamma$ -მილაკზე ანოდის ბადის ცვალებადობა გამოიწვევს  $L_k$   $C_k$  კონტურში დენის ამპლიტუდის სიდიდის, ბეგრითი სიხშირით ცვალებადობას. სქემის ასეთი მუშაობის დროს, დაბალი სიხშირის გამაძლიერებლის ანუ მოდულატორის ანოდის წრედში წარმოიშევა ბეგრითი სიხშირით ცვალებადი ძაბვა, რომელიც  $MD$ -დროსელის მომუქერებზე შექმნის ძაბვის ვარდნას:

$$U_{MD} = U_m \sin \Omega t = \mu U_{MT} \sin \Omega t$$

სადაც  $\mu$  მილაკის გაძლიერების კოეფიციენტი, ხოლო  $U_{MT}$  მოდულატორის ( $Mod$ ) ბადის წრედში არსებული ბეგრითი სიხშირის ძაბვა.  $MD$ -დროსელზე ცვალებადი ძაბვა გავლენას ახდენს  $U_0$  წყაროს ძაბვაზე, მაშასადამე,  $U_{md}$  და  $U_0$  იკრიბებიან ალგებრულად, რის გამო ანოდის ძაბვა ღებულობს მნიშვნელობას:

$$U_a = U_0 + \mu U_{MT} \sin \Omega t = U_0 + U_T \sin \Omega t$$

სადაც

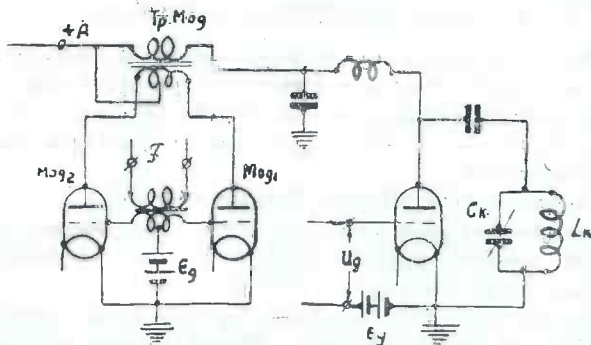
$$U_T = \mu U_{MT}$$

\*) ე. ი. როდესაც არ აქვს უდგილი მოდულაციის ანუ ბეგრითი სიხშირის გავლენას კონტურის რხევად სიმძლავრეზე.

აქედან:

$$U_a = U_0 \left( 1 + \frac{U_T}{U_0} \sin \Omega t \right) = U_0 (1 + M \sin \Omega t) \quad (188)$$

ამგვარი კანონით შეიცვლება ხოლმე  $\Gamma$  მილაკის ანოდზე ძაბვა, სადაც  $M = \frac{U_T}{U_0}$  წარმოადგენს მოდულაციის კოეფიციენტს და მაჩვენებელია, თუ რამდენად იცვლება ანოდის ძაბვის ამპლიტუდა;  $M$ -მ მილაკის ბადის წრედზე, მომქმედი ბგერითი სიხშირის ამპლიტუდების მიხედვით.



სურ. 143.

ამავე დროს  $\Gamma$  მილაკის ანოდის წრედში მოქმედებს მაღალი სიხშირე, რის ძალთაც შეგვიძლია დაწვწროთ, რომ დენის ჯამური ცვალებადობა, რომელიც მილაკში ზდება, ტოლია:

$$i_{am} = I_{a1} (1 + M \sin \Omega t) \sin \Omega t \quad (189)$$

ეს ფორმულა ჩვენთვის უკვე ცნობილია ბაღური მოდულაციიდან. ალბათ ანოდის დენის ცვალებადობა კონტურშიც გამოიწვევს დენის ამპლიტუდის სიდიდის ცვალებადობას, და შეგვიძლია გამოვხატოდ ფორმულით:

$$i_k = I_k (1 + M \sin \Omega t) \sin \omega t$$

სადაც  $I_k$  კონტურის დენის ამპლიტუდაა რეზონანსის დროს. მოდულაციის კოეფიციენტის ზრდის ანუ, რაც იგივეა, მოდულაციის სიღრმის ზრდის სწორხაზობრიობა, ანოდური მოდულაციის დროს მილაკის სათანადო რეჟიმის შერჩევით შესაძლებელია აყვანილ იქნეს 90%-მდე.

ანოდური მოდულაცია უმთავრესად ზდება ვადამცემის უკანასკნელ კასკადში და ამიტომ სამოდულაციო მილაკი უნდა იყოს ისეთივე სიმაღლის, როგორც გენერატორული. ამის გამო ანოდური მოდულაცია მოითხოვს ბგერითი სიხშირის დიდ გაძლიერებას.

დაბალი სიხშირის გამაძლიერებლის ანუ მოდულატორული მილაკის ეკონომიური გამოყენების მიზნით, მას აყენებენ  $B$  რეჟიმში, სქემას კი ირჩევენ ორტაქტიანს, როგორც ეს მოყვანილია სურ. 143-ზე. მილაკები ამ შემთხვევაში ზუსტად ერთნაირი პარამეტრების მქონე უნდა იყოს, წინააღმდეგ შემთხვევაში იგი კარგავს თავის მნიშვნელობას, როგორც ამას გავეცანით დაბალი სიხშირის ორტაქტიან გამაძლიერებელში.

1. ანტენის დანიშნულება. ვიზუალური

ანტენები წარმოადგენენ ისეთ ტექნიკურ დანადგარს, რომლებიც: ან იძლევიან სივრცეში მაღალი სიხშირის ელექტრომაგნიტური ენერგიის გამოსხივებას, ანდა სივრცეში მქმედ ელექტრომაგნიტური ენერგიის ზეგავლენით მათში მაღალი სიხშირის დენს ვლდებულობთ.

თავისი დანიშნულების მიხედვით ანტენები ორგვარია:

1. ანტენები, რომლებიც მათში ელექტრულ და მაგნიტური რხევების არსებობის გამო გარემოში ელექტრომაგნიტურ ენერგიას გამოსხივებენ. ასეთ ანტენებს გადაძვებ ანტენებს უწოდებენ.

2. ანტენები, რომლებზეც მოქმედებენ სივრცეში მყოფი ელექტრომაგნიტური რხევები, რის ზეგავლენით, მათში იქმნებიან მაღალი სიხშირის დენები. ასეთ ანტენებს მიმღები ანტენები ეწოდება.

ეს ორი საეხებით სხვადასხვა დანიშნულების ანტენები, მათში არსებული ელექტრული მოვლენების მიხედვით ერთი და იგივე კანონზომიერებას ექვემდებარებიან. განსხვავება მხოლოდ მათ დანიშნულებასა და კონსტრუქტულ გაფორმებაშია.

ელექტრომაგნიტური ენერგია კი წარმოადგენს ელექტრული და მაგნიტური არეების ერთობლიობას, რომელსაც ანტენა გამოსხივებს.

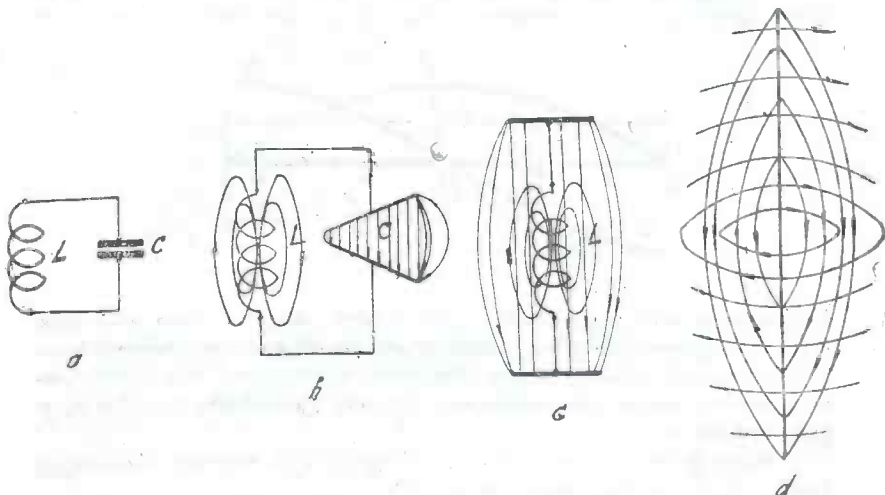
ელექტრომაგნიტურ ენერგიის გავრცელებას და მის ფიზიკურ არსს ჩვენ ქვემოთ შევეხებით, ამჟამად კი განვიხილოთ ანტენა, როგორც „მანქანა“, რომელიც კონსტრუქტებში არსებული ელექტრული და მაგნიტური არეებისაგან ქმნის მათ ერთობლიობას და გვაძლევს ელექტრომაგნიტურ ენერგიას.

ელექტრომაგნიტური ენერგიის არსებობა, მისი ბუნების თეორიული დებულებები და დასკვნები ჩამოაყალიბა მაქსველმა, ხოლო პრაქტიკულად დაამტკიცა ჰერცმა.

ელექტრომაგნიტური ენერგია რადიოკავშირისათვის გამოიყენა დიდ რუსმა გამოგონებელმა ალექსანდრე სტეფანეს-ძე პოპოვმა.

ნებისმიერი გამტარი, რა სიგრძის არ უნდა იყოს იგი, ელექტრული თვალსაზრისით შეიკავს ყველა იმ ელემენტს, რომელიც საჭიროა მაღალი სიხშირის რხევების მისაღებად. ასე, მაგალითად, თუ გვექნება გაშლილი გამტარი მას აქვს თვითინდუქცია  $L$  ტევადობა  $C$  და ომური წინაღობა  $R$ . იგივე სიდიდეებს ექნება ადგილი, თუ იმავე გამტარს კოჭისებრად დავახვევთ, განსხვავება მხოლოდ იმაშია, რომ როდესაც გამტარი გაშლილია, ზემოაქვეთვლილი

სიდიდეები ( $L$ ,  $C$  და  $R$ ) განაწილებული იქნება გამტარის მიერ სიგრძეზე. ამ თვალსაზრისით განვიხილოთ კონტური სურ. 144a. თუ კონდენსატორ  $C$  დავტვირთავთ, მასში მივიღებთ ელექტრულ ძალხაზებს, ხოლო  $L$ -ის გარშემო გვექნება მაგნიტური ძალხაზები. კონტურის თანდათანობით გაშლით, მივიღებთ იმ სურათებს, რომლებიც ნაჩვენებია სურ. 144 b, c და d-ზე. როგორც ვხედავთ, როდესაც  $CL$  კონტურის გამტარი გაშლილია მთლიანად, მის გარშემო გვაქვს როგორც ელექტრული, ისე მაგნიტური ძალხაზები. (როცა  $L$  და  $C$  ცალ-ცალკე გამტარის ცალკე უბნებში არსებობდა, მათში ცალ-ცალკე იყო



სურ. 144.

თავმოყრილი მაგნიტური და ელექტრული ძალხაზები). აქედან შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ გაშლილი გამტარი შესაძლებელია გამოიყენოთ რხევების მისაღებად, რადგანაც იგი, იგივე ელემენტებს შეიცავს, რასაც შეკრული კონტური. ასე, მაგალითად: ულტრამოკლე და სანტიმეტრული ტალღების მისაღებად გამოიყენება არა ისეთი კონტურები, სედაც ჩართულია  $L$  და  $C$ , არამედ გვაქვს გაშლილი გამტარები.

საერთოდ რადიოტექნიკაში გაშლილ გამტარებს ანტეხად გამოიყენებენ, რადგანაც თუ ასეთ გამტარში შევქმნით მაღალი სიხშირის რხევებს, იგი სიგრძეში იმავე სიხშირის ელექტრომაგნიტურ ენერგიას ამოასხივებს.

რადგანაც ნებისმიერ გამტარს გააჩნია საკუთარი  $L$  და  $C$ , ამიტომ მასზე შესაძლებელია გვექონდეს ელექტრული რხევები და ხასიათდება საკუთარი ტალღით. ანტენის საკუთარი ტალღის სიგრძე დამოკიდებულია თვით გამტარის სიგრძეზე. რაც უფრო მეტია მისი სიგრძე, მით უფრო მეტი იქნება მისი ტევალობა და თვითინდუქცია, და პირიქით.

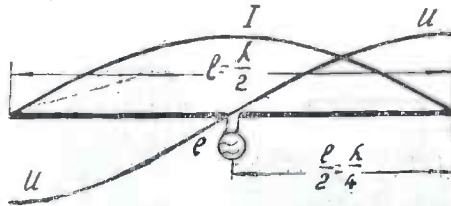
გამტარს, რომელზედაც ელექტრული რხევები წარმოებს, ვიბრატორს უწოდებენ და მისი ტალღის სიგრძე ტოლია:

$$\lambda_{\text{ომტ}} = 2l_{\text{მტ}}$$

(190)

სადაც  $l$  გამტარის სიგრძეა მეტრებში. სურ. 145-ზე მოცემულია ნახევარ-ტალღოვანი ვიბრატორზე დენის და ძაბვის განაწილება, როდესაც მასში ჩართულია გენერატორი  $e$ , რომლის ტალღის სიგრძე  $\lambda = 2l$ . როგორც ვხედავთ, მის ბოლოებში გვაქვს ძაბვის სიბურცე და დენის კვანძი, შუაში კი დენის სიბურცე და ძაბვის კვანძი.

ზვირად რადიოტექნიკის ლიტერატურაში ასეთ ვიბრატორს „ჰერცის დი-ჰოლს“ უწოდებენ; რადგანაც პირველად იგი, როგორც გამოსხივებული სისტემა, ჰენრიხ ჰერცმა გამოიყენა, როდესაც მაქსველის ელექტრომაგნიტურს თეორიის



სურ. 145.

პრაქტიკულად დამტკიცების მიზნით ექსპერიმენტს ახდენდა. ასეთი დიპოლები ანუ ნახევარტალღოვანი ვიბრატორები მოკლე და ულტრამოკლე ტალღების გამოსხივებისათვის გამოიყენება. თუ ვიბრატორი აღგზნებულია მისი გეომეტრიული სიგრძის ორჯერ გრძელი ტალღით, იტყვიან: „ვიბრატორი საკუთარ ტალღაზე მუშაობს“.

მოკლე ტალღიანი ანტენების დიდი გამოყენება აქვს როგორც რადიოტექნიკაში, ისე რადიომოყვარულთა პრაქტიკაში.

ეს ანტენები წარმოადგენენ გაშლილ გამტარებს, რომელსაც აღაგზნებენ მისი გეომეტრიული სიგრძის გაორჯეცებული ტალღის სიგრძის შესაბამისი სიხშირით.

მოკლეთალღიანი ანტენების დამახასიათებელი თვისებებია:

1. გამოსხივების მიმართულება (ან მიმართული ანტენა).
2. გამოსხივების დიდი წინაღობა\*) (და ამით დიდი მარგი ქმედების კოეფიციენტი).
3. კონსტრუქციული სიმაღრივე (და ამით დანადგარის ეკონომიურობა).

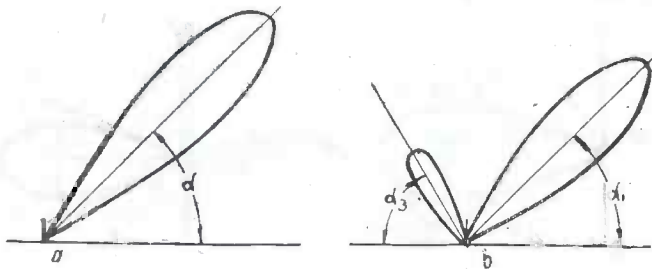
ნაკლად ჩაითვლება ის, რომ მისი ფართო დიაპაზონისათვის გამოყენება ზემოთ ჩამოთვლილი თვისებების შენარჩუნებით ძნელია. თითოეული ანტენა გაითვლება განსაზღვრულ ტალღაზე, რის გამო თუ კავშირისათვის მუშაობის დროის განმავლობაში საჭიროა რამდენიმე ტალღის გამოყენება, მაშინ იძულებული ვართ ვიქონიოთ ანტენების იმდენივე რიცხვი, რამდენიც სამუშაო ტალღაა, ე. ი. თითოეული სიგრძის ტალღისათვის სპეციფიკური ანტენა უნდა ვკვრინდეს.

\*) ვნებას—გამოსხივების წინაღობის შესახებ შევხებით ჩამოწმებული ვიბრატორის განხილვის დროს.



ამჟამად საბჭოთა სპეციალისტები ნადენენკოს, ტატარინოვის და აიზენბერგის მიერ დამუშავებული ისეთი მოკლეტალლოვანი ანტენები, რომლებიც საშუალებას გვაძლევენ ერთი და იგივე ანტენით რამდენიმე ტალღაზე ვიმუშაოთ. მოკლეტალლიანი ანტენა უნდა იდგეს ღია გაშლილ ადგილზე, განსაკუთრებით იმ მიმართულებით, საითკენაც ხდება ინტენსიური გამოსხივება, რადგანაც ახლო მდებარე საგნები სიმძლავრის დიდი რაოდენობით, შთანთქავენ.

მოკლეტალლიანი ანტენები ხასიათდება ე. წ. გამოსხივების პოლარული დიაგრამებით, რომლებიც მაჩვენებელია იმისა, თუ რა მიმართულებით უფრო ინტენსიურად გამოასხივებს ახდა იღებს ელექტრომაგნიტურ ტალღებს.



სურ. 146.

პოლარულ დიაგრამებს აგებენ როგორც ვერტიკალურ, ისე ჰორიზონტალურ სიბრტყეში. ვერტიკალურ სიბრტყეში აგებული პოლარული დიაგრამები ხაზულებას გვაძლევს წარმოვიდგინოთ, თუ მიწის ზედაპირის ჰორიზონტთან რა კუთხისათაა აღმართული გამოსხივების მთავარი გეზრი, რის ცოდნას როგორც მას შემდეგ ვავიგებთ, დიდი მნიშვნელობა აქვს ტალღის შორის მოქმედებისათვის.

ჰორიზონტალური დიაგრამა კი საშუალებას გვაძლევს ვიქონიოთ წარმოდგენა, თუ როგორი შეჯგუფულობით განსხივდება ელექტრომაგნიტური ენერგია ამა თუ იმ მიმართულებით.

სურ. 146ა-ზე მოცემულია ნახევარტალლიანი დიპოლის ვერტიკალური დიაგრამა\*), სადაც ნათლად ჩანს მთავარ სხივისა და მიწის ჰორიზონტს შორის არსებული კუთხე  $\alpha$ , რაც იმის მაჩვენებელია, თუ რა მიმართულებით ხდება ენერგიის გასხივება სივრცეში. იქვე სურ. 146ბ ნაჩვენებია იგივე დიპოლი, რომელიც აღვხნებულა არა საკუთარ სიბრტყის ტალღაზე, არამედ მისი ჰორიზონტი და, როგორც ვხედავთ, დიპოლის მიერ გამოსხივება ამ შემთხვევაში სხვა მიმართულებითაც ხდება, რაც არასასურველია, რადგან სასურველი მხრით მცირდება გამოსხივებული ენერგიის სიდიდე. სურ. 147ა და ბ-ზე იგივე შემთხვევებია მოცემული, რაც სურ. 146ა და ბ-ზე მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ აქ დიაგრამა ჰორიზონტალურ სიბრტყეშია გადაღებული და გვიჩვენებს, თუ როგორ კონცენტრაციას აქვს ადგილი ენერგიის ერთი მიმართულებით გამოსხივების დროს.

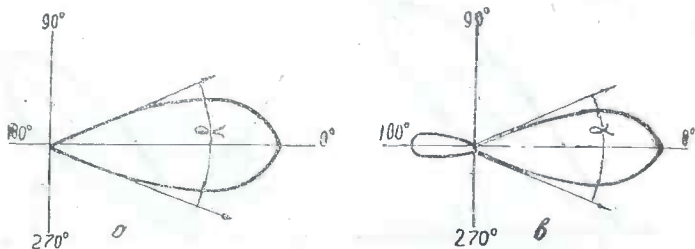
\*) აქ ნაჩვენებია ისეთი დიპოლის გამოსხივების დიაგრამა, რომელსაც თან ახლავს ე. წ. აზრეკლი მოწყობილობა, წინააღმდეგ შემთხვევაში გამოსხივების დიაგრამა ორმხრივი იქნებოდა, რომლის შესახებ ქვემოთ გვეყენება საუბარი.

ნახევარტალღოვან ვიბრატორის ამოსხივების წინაღობა ტოლია:

$$R_2 = 73,2 \Omega \quad (191)$$

გარდა ცალკეულ ვიბრატორისა, მოკლე ტალღების ტექნიკაში იხმარება ერთ სიბრტყეში განლაგებული რამდენიმე ვიბრატორი, ასეთი ანტენის მთლიანი გამოსხივების წინაღობა უფრო მეტია, ვიდრე ერთი ვიბრატორიანის და დიდი სიმძლავრის ამოსხივებისათვის იხმარება.

ნათქვამის ილუსტრირებისათვის ერთ მთლიანობაში განვიხილოთ ორი ერთმანეთისაგან  $d$  მანძილით დაშორებული ვიბრატორი, სურ. 148.



სურ. 147.

როგორც ჩანს, ისინი ნახევარტალღოვან ანტენებს წარმოადგენენ და უდაბლა მათზე ღენის რხევის დროს ხდება ურთიერთ გავლენა. თითოეული გამტარის მიერ გამოსხივებული სიმძლავრე ორი შემადგენელისაგან შედგება: პირველი  $P_o$  — ე. ი. სიმძლავრე, როდესაც მასზე არ მოქმედებს მეორე ვიბრატორი, და  $P_d$  — სიმძლავრე, როდესაც მასზე მეზობელი ვიბრატორი მოქმედებს, მაშინ ერთი ვიბრატორის ანუ დიპოლის მიერ გამოსხივებული სიმძლავრე ტოლია:

$$P_{\Sigma} = P_o + P_d.$$

სიმძლავრე კი, რომელსაც ორივე ერთად ამოსხივებს, ტოლია:

$$2P_{\Sigma} = 2P_o + 2P_d.$$

აქ:

$$P_{\Sigma} = I^2_m R_{\Sigma}; P_o = I^2_m R_o \text{ და } P_d = I^2_m R_d.$$

მთლიანი სისტემის გამოსხივების წინაღობა ტოლი იქნება:

$$2R_{\Sigma} = 2R_{\Sigma o} + 2R_{\Sigma d} \quad (192)$$

ხოლო თუ ვიბრატორზე რხევების ფაზები მოწინააღმდეგეა, მაშინ:

$$2R_{\Sigma} = 2R_{\Sigma o} - 2P_{\Sigma d} \quad (192a)$$

მოყვანილი მსჯელობა საშუალებას გვაძლევს გავიგოთ საერთო გამოსხივების წინაღობა მთლიანი სისტემისათვის, რომელიც  $d = \frac{\lambda_0}{2}$  მანძილითაა ერთმანეთისაგან დაშორებული ვიბრატორები.

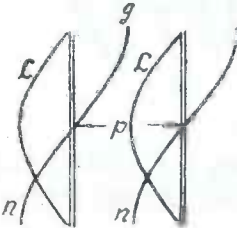
ვთქვათ, გვაქვს სამი ვიბრატორი ერთ მთლიან სისტემაში სურ. 149, გავი-  
თვალთ მათი ამოსხივების წინაღობა ერთმანეთზე მოქმედების მხედველობაში  
შილებით.

პირველი ვიბრატორის გამოსხივება მეზობლების ზეგავლენის ჩათვლით  
ტოლია:

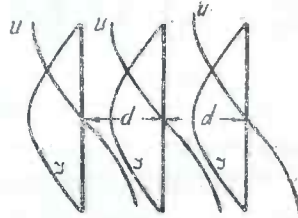
$$R_{\Sigma 1} = R_{\Sigma 0} + R_{\Sigma d} + R_{\Sigma 2d}$$

მეორე დიპოლისათვის:

$$R_{\Sigma 2} = R_{\Sigma 0} + R_{\Sigma d}$$



სურ. 148.



სურ. 149.

მესამე დიპოლისათვის:

$$R_{\Sigma 3} = R_{\Sigma 0} + R_{\Sigma d} + R_{\Sigma d}$$

მთლიანი სისტემისათვის კი მივიღებთ:

$$R_{\Sigma} = R_{\Sigma 1} + R_{\Sigma 2} + R_{\Sigma 3} = (R_{\Sigma 0} + R_{\Sigma d} + R_{\Sigma 2d}) + (R_{\Sigma 0} + 2R_{\Sigma d}) + \\ + (R_{\Sigma 0} + R_{\Sigma d} + 2R_{\Sigma 2d}) = 3R_{\Sigma 0} + 4R_{\Sigma d} + 2R_{\Sigma 2d}$$

პრაქტიკაში, მცირე გამონაკლისის გარდა, დიპოლებს ანუ ვიბრატორებს სივრ-  
ცეში ალაგებენ  $0,5 \lambda_0$  მანძილი, ე. ი.  $d_{mt} = 0,5 \lambda_{omt}$ . ამ შემთხვევისათვის პის-  
ტოლკორსმა მოგვცა ქვემოთმოყვანილი ცხრილი, რომელიც გვიჩვენებს  $R_{\Sigma d}$   
წინაღობას იმისდამხედვით, თუ რა მანძილითაა დაშორებული ერთი დიპო-  
ლისაგან სხვა.

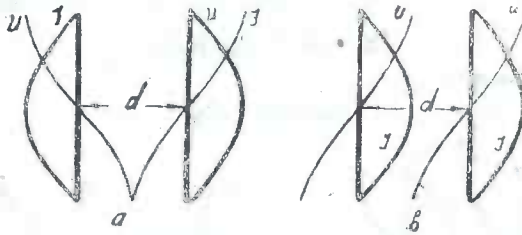
$d$	0	0,25	0,5	0,75	2	2,5	3
$R_{\Sigma d}$	73,2	-12,4	4,11	-2,13	1,14	-0,87	0,15

მაგალითი: ვთქვათ გვაქვს სურ. 149-ზე მოცემული დიპოლები და სა-  
ჭიროა ვავითვალთ მისი საერთო წინაღობა, თუ ცნობილია, რომ  $L=0,5 \lambda_0$   
და  $d=0,5 \lambda_0$  მაშინ გვაქვს:

$$R_{\Sigma} = 3R_{\Sigma 0} + 4R_{\Sigma d} + 2R_{\Sigma 2d} = 3 \cdot 73,2 + 4(-12,4) + 2 \cdot 4,11 = 178,5 \Omega$$

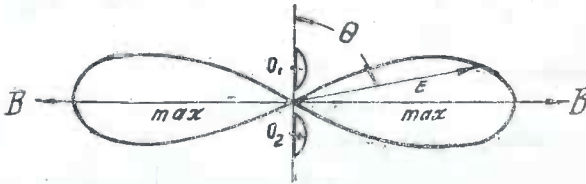
ელექტრული რხევების მიხედვით ანტენები ორგვარი ტიპის გვხვდება:  
სინფაზური და ცვალებად ფაზური. ცვალებად ფაზური ანტენები  
ეწოდება ისეთ ანტენებს, სადაც დიპოლებზე დენები სხვადასხვა ფაზებშია.

მაგალითად, თუ გვაქვს ორი დიპოლი და ერთზე დენის სიბურცე ერთი მიმართულებითაა, ხოლო მეორეზე კი მოწინააღმდეგე მიმართულებით, მაშინ გვექნება ცვალებად ფაზური ანტენა, როგორც ეს სურ. 150a-ზეა ნაჩვენებ-



სურ. 150.

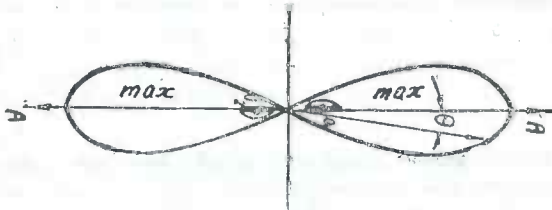
ნები; ხოლო სინფაზური რხევების დროს, როგორც სურ. 150b-ზეა ნაჩვენები, დენის მიმართულებები ერთნაირია, ე. ი. შეთანხმებულად ირხებიან ერთ-



სურ. 151.

ფაზაში. ასეთ შემთხვევაში იტყვიან, რხევები სინფაზური იაო, ანდა სინფაზური ანტენააო.

გავარკვიოთ რა კანონზომიერებას ექვემდებარება სინფაზური და ცვალებად ფაზური ანტენების მიერ შექმნილი ელექტრომაგნიტური არეს პლარული დიაგრამა და რა მიმართულებით გამოასხივებენ ისინი ენერგიას.



სურ. 152.

სურ. 151-ზე ნაჩვენებია სინფაზური ანტენის გამოსხივების პორიზონტალური დიაგრამა. როგორც ჩანს,  $\theta_1$  და  $\theta_2$  დიპოლებზე დენების რხევა ფაზაშია, ე. ი. ერთ და იმავე დროს და ერთი და იმავე მიმართულებით დებულობენ

როგორც დადგა, იეს უარყოფით მნიშვნელობას და ენერგია მათი განლაგების ხაზის პერპენდიკულარულად გამოსხივდება.

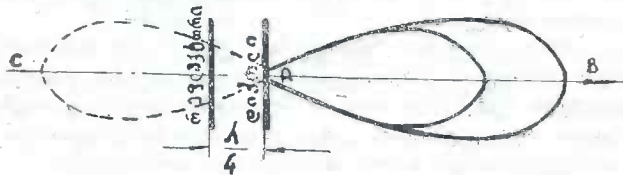
საწინააღმდეგო მოვლენას აქვს ადგილი, როდესაც ანტენის დიპოლებზე დენის რხევები არაა თანხვედნილი. კერძოდ, როდესაც ისინი  $180^\circ$ -თა დაძრული, ე. ი. ცვალებად ფაზურია, მაშინ გამოსხივების მიმართულება ემთხვევა დიპოლების  $O_1$  და  $O_2$  განლაგების ხაზს. სურ. 152.

როგორც ჩანს, სინფაზური და ცვალებად ფაზური ანტენების გამოსხივების მიმართულება მოწინააღმდეგეა. ამას პრაქტიკული გამოყენება აქვს. ჩვენ განვიხილეთ უკიდურესი შემთხვევები, ე. ი. როდესაც დიპოლებზე დენები ფაზით ემთხვეოდნენ ან მოწინააღმდეგე ფაზაში იყვნენ. შუალედი პირობები, ე. ი. როდესაც დენები დაძრულია, მაგ.  $20^\circ$ ,  $40^\circ$ ,  $60^\circ$  და ა. შ. ანტენის მიერ ენერჯიის გამოსხივებას სხვადასხვა მიმართულება ექნება.

ამგვარად, გამოსხივების მიმართულების შეცვლის მიზნით, თუ ანტენის ელემენტებზე დენების რხევის ფაზას შევცვლით, შეიცვლება ენერჯიის გამოსხივების მიმართულებაც.

## 2. ამაკალი მოწყობილობა ანუ რეფლექტორი

როდესაც სურთ ანტენისური გამოსხივება მიმართულებით აწარმოონ, ე. ი. სასურველ მიმართულებით ჰქონდეთ ენერჯიის გასხივების მაქსიმალური კონცენტრაცია, მიმართავენ რეფლექტორიან მრავალ დიპოლიან და მრავალსარ-



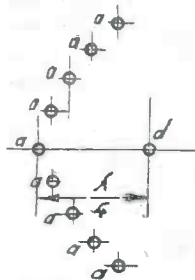
სურ 153.

თულიან ანტენებს. ასეთ ანტენებს რთულ ანტენებს უწოდებენ. მათი სახეები მრავალგვარია და ურეფლექტორო ანტენებთან შედარებით შემდეგი უპირატესობა აქვთ:

1. სასურველ ადგილზე არეს დაძაბულობის გაზრდა, სადგურის სიძლიერის გადიდების გარეშე, რასაც დიდი ეკონომიური მნიშვნელობა აქვს.
2. ფეილინგის\*) შესუსტება, რაც ადიდებს ადგილზე მიღების სიძიარეს.
3. რადიო ეზოს ანუ გამოძახისის შესუსტება.
4. სადგურებს შორის ურთიერთხელშეშლის შემცირება. ყველა ეს დადებითი თვისება რთულ ანტენებში მიღწეულია ამრეკლი მოწყობილობის ანუ რეფლექტორების მეშვეობით. რთული ანტენების შემთხვევაში შესანიშნავია ანტენების დიაგრამა და როგორც სურ. 153-ზე ვხედავთ, იგი ერთმხრივია მიმართული, რაც გამოწვეულია რეფლექტორის გამოყენებით.

\*) ფეილინგი—მიღების ადგილზე არეს დაძაბულობის ცვალებადობას ეწოდება. ამ მოვლენას განვიხილავთ რადიოტალღების გავრცელების შესწავლის დროს.

რეფლექტორი ზგივე გამტარია, რომელიც დიპოლებიდან  $0,25 \lambda_0$  მანძილითაა დაშორებული ანტენის უკან. რეფლექტორი რომ არ გვექონებოდა, მაშინ გამოსხივების პორალური დიაგრამა მიიღებდა სურ. 153-ზე ნაჩვენებ პუნქტირებიანი მრუდის ჩათვლით სახეს. როგორც ვხედავთ, თუ ჩვენი კორესპონდენტი ანუ ადგილი, სადაც უნდა ვაწარმოოთ მიღება,  $B$  მიმართულებითაა, მაშინ  $C$  მიმართულებით გვექნებოდა ენერჯის უქმი გასროლა, რაც არაეკონომიურია და  $B$  მიმართულებით შემცირდებოდა ენერჯის ინტენსივობა.



სურ. 154.

ასეთი მიმართულების რეფლექტორიან ანტენებს მაგისტრალურ კავშირისათვის იყენებენ. რეფლექტორი ასრულებს სარკის, ე. ი. ამრეკვლის დანიშნულებას, რომელიც  $C$  მხრით ამოსხივებულ ელექტრომაგნიტურ ენერჯიას უკუაქცევს.

მაგისტრალურ კავშირს უწოდებენ ისეთ კავშირს, სადაც მოლაპარაკება ანდა დეპეშების გაცვლა-გამოცვლა ხდება ერთი გეოგრაფიული მიმართულებით; ძირეული კავშირი კი იგივე სარაიონო კავშირია, სადაც მიმართულება იცვლება საჭიროების მიხედვით, ამიტომ აქ მიმართული ანტენის გამოყენება ხელსაყრელი არაა.

ძირეული კავშირის და რადიომოყვარულთა პრაქტიკაში რეფლექტორის გამოყენება არ არის მიღებული, რადგანაც როგორც ერთ, ისე მეორე შემთხვევაში კორესპონდენტები ნებისმიერი მიმართულებით იმყოფებიან.

ულტრამოკლეტალების შემთხვევაში იყენებენ ე. წ. პარაბოლურ რეფლექტორებს, რომლებიც წარმოადგენენ დიპოლის სიგრძის რამდენიმე ცალ გამტარს ანტენის უკან დაკიდებულს, რომლებიც პარაბოლურად აარიან განრიგებული. ასეთი რეფლექტორების განლაგებას სქემა მოცემულია სურ. 154-ზე, სადაც  $a$  რეფლექტორებს ხოლო,  $d$  კი დიპოლს წარმოადგენენ.

### 3. ძირეული კავშირის და რადიომოყვარულთა უბანი

ძირეული კავშირისათვის (კავშირი რაიონებს შორის, რომელთა შუა მანძილი არ აღემატება 400—500 კილომეტრს) და რადიომოყვარულთა პრაქტიკაში უმთავრესად ორი ტიპის ანტენა იხმარება:

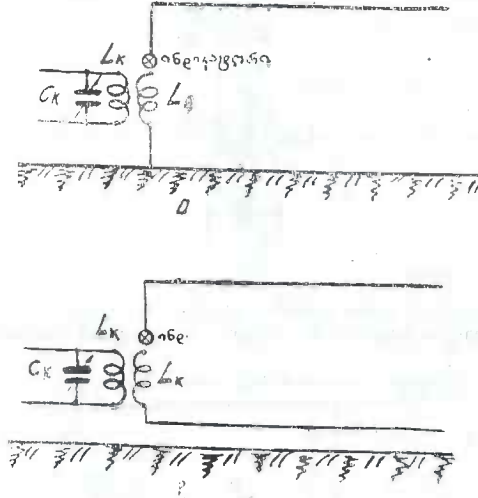
1. ფიდერებზე მდგარი ტალღით მომუშავე ანტენები და
2. ფიდერებზე გამრბენი ტალღით მომუშავე ანტენები.

უნდა აღინიშნოს, რომ პირველი ტიპის ანტენები ნაკლებად ეფექტიური არიან, რადგანაც ანტენასთან ერთად, მასზე მდგარი ტალღის არსებობის გამო, ფიდერიც გამოასხივებს ენერჯიას. რაც შეეხება მეორე ტიპის ანტენებს, ისინი უფრო ეკონომიურია, რადგანაც, ფიდერზე მდგარი ტალღის მაგივრად გამრბენი ტალღა გვაქვს.

ფიდერზე მდგარ ტალღას ვლებულობთ იმ შემთხვევაში, თუ ანტენის შესასვლის წინალობა და ფიდერის ტალღური წინალობა ტოლნი არ არიან. ამ შემთხვევაში ანტენამდე მისული ენერჯის ნაწილი უკან ბრუნდება და შემხვედრ-

თან ქმნის ფიდერის გასწვრივ განსაზღვრულ ადგილებზე დენის და ძაბვის კვანძებს და სიბურცეებს.

ფიდერზე ტალღა გამრბენია მაშინ, როდესაც ანტენის შესასვლის წინალობა და ფიდერის ტალღური წინალობა ტოლია. ამ შემთხვევაში ანტენის შესასვლელთან ენერგიის არეკლას არ აქვს ადგილი, რადგანაც მიღებული ენერგია მთლიანად იხარჯება ანტენაში. სამაგიეროდ გამრბენი ტალღით მომუშავე ანტენები მოითხოვენ ზუსტ აწყობას ანტენის ამწყობი ელემენტებით.



სურ. 155.

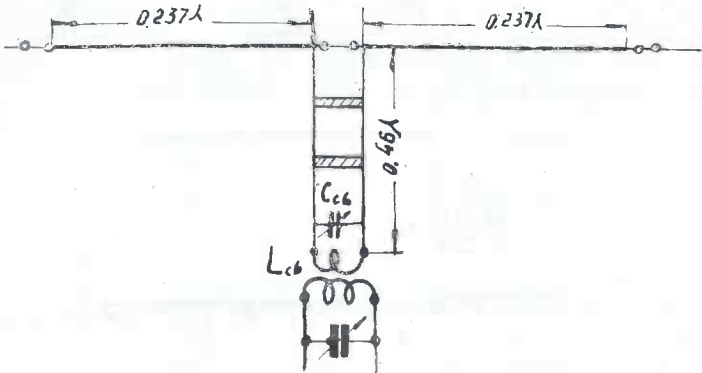
მოკლე ტალღების ტექნიკაში ზოგჯერ იყენებენ ე. წ. „ჰარმონიკებზე“ მომუშავე ანტენებს, რომლებიც სხვადასხვა ჰარმონიკაზე მოშობის საშუალებას იძლევიან ანტენისა და ფიდერის სიგრძის შეუცვლელად. მათი უარყოფითი მხარეა ის, რომ ფიდერიც ასხივებს ენერგიას სივრცეში და მისი მოქმედების რადიუსი ენერგიის უწესრიგო ხარჯვის გამო მცირდება. სურ. 155a და 155b-ზე მოცემულია ჰარმონიკებზე მომუშავე ანტენები. პირველი მათგანი (სურ. 155a) წარმოადგენს  $\Gamma$ -ს მაგვარ ანტენას ერთი წვერით ჩამიწებულს, ხოლო თვით ანტენა გადამცემთან შეერთებულია  $L_A$  თვითინდუქციით, ხოლო  $L_K$  და  $C_K$  კი წარმოადგენენ გადამცემის უკანასკნელი კასკადის კონტურს. ასეთი ანტენები იხმარება მაშინ, როდესაც გადამცემის ტალღის დიაპაზონი 40 mt-დან 160 mt-ს არ აღემატება.

სურ 155b-ზე მოცემული ანტენა იგივეა, რაც სურ. 155a-ზეა ნაჩვენები, იმ განსხვავებით, რომ აქ ჩამიწებას არა აქვს ადგილი, არამედ მიწის ზედაპირის ახლოს რამდენიმე მეტრის სიმაღლეზე გაკიმულია გამტარი, რომელსაც საპირწონეს უწოდებენ. ასეთი ანტენა დამაკმაყოფილებელ შედეგებს იძლევა ტალღებზე 19 mt-დან 40 mt-დე.

14. კ. ი. კონტრიკაძე

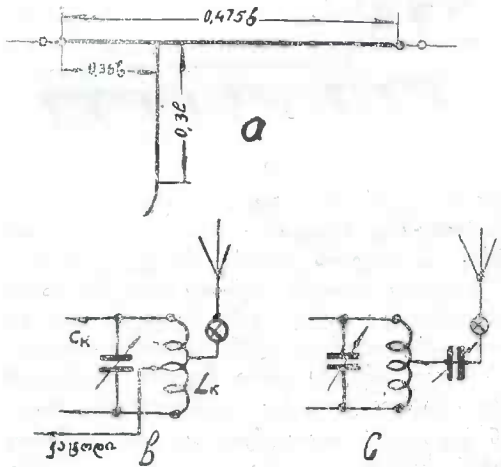


სურ. 156-ზე მოცემულია ჰერცის ტიპის ძდგარი ტალღით მომუშავე მოკლეთალღიანი ანტენა თავისი გეომეტრიული პარამეტრების ჩვენებით მომუშავე ტალღასთან შედარებით. ჰერცის ანტენას სხვანაირად სიმეტრულ ანტენ-



სურ. 156.

ნას უწოდებენ და იგი დენის კვანძში იკვებება. ანტენებს, რომლებიც მდგარ ტალღიანი ფიდერით იკვებებიან, შემდეგი უარყოფითი თვისებები ახასიათებთ



სურ. 157.

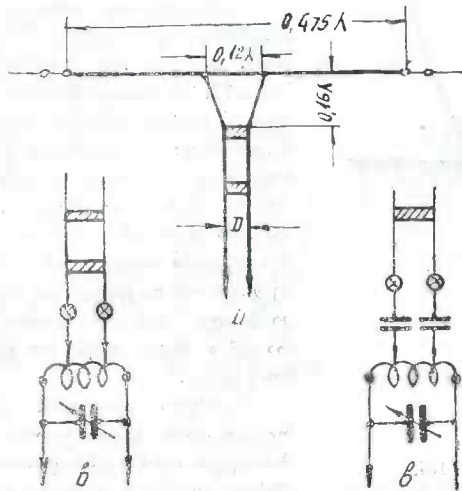
1. სხვადასხვა დიამაზონის დროს საჭიროა შეეცვალოს ან ფიდერის გეომეტრიული სიგრძე, ანდა აუაწყოთ იგი მასში ჩართული თვითინდუქციისა  $L_{cb}$  და ტევადობის  $C_{cb}$  მეშვეობით,

2. ფიდერი თვით ასხივებს, რადგანაც მასზე გვაქვს მდგარი ტალღა, რაც იწვევს ენერგიის უსარგებლო ხარჯს.

3. მდგარტალლიანი ფიდერის მ. ქ. კ. მცირეა. როგორც სჩანს, ჩვენს მჭერ განხილულ ანტენებს ახასიათებთ მრავალი უარყოფითი თვისებები, რაც გამოწვეულია ფიდერში მდგარი ტალღის არსებობით. აქედან გამომდინარე სასარგებლოა ანტენა ვკვებოთ არა მდგარი ტალღით ფიდერზე, არამედ გამრბენით.

ფიდერში, როგორც ენერჯის გადამტანში, ადგილი რომ არ ექნეს ენერჯის ხარჯს, საჭიროა გამოსხივების წინაღობა უდრიდეს ფიდერის ტალღურ წინაღობას.

სურ. 157-ზე ნაჩვენებ ანტენას „ერთფიდერიან დუბლეტ ანტენას“ უწოდებენ და იგი გამოსადეგია იმ შემთხვევაში, როდესაც გადამცემი სადგურის



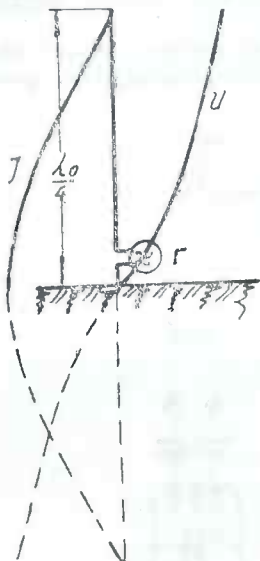
სურ. 158.

უკანასკნელი კასკადი ერთტაქტიანია. იმ შემთხვევაში კი, როდესაც გადასცემის უკანასკნელი კასკადი ორტაქტიანია, უკეთესია გამოვიყენოთ ე. წ. „ჭერცის დუბლეტ ანტენა“ ანუ მოკლედ „დუბლეტი“, რომლის ზომები მომუშავე ტალღების მიხედვით მოცემულია სურ. 158ა-ზე. ხოლო 158ბ-ზე ნაჩვენებია ანტენის გადამცემის კონტურთან შეერთების სქემა. ხოლო ფიდერის გამტარებს შორის მანძილი, იღებენ გამტარის დიამეტრზე 75-ჯერ მეტს სანტიმეტრებში. დუბლეტ ანტენის ერთადერთი უარყოფითი მხარეა ის, რომ იგი ცუდად მუშაობს წყვილ ნომრიან ჰარმონიკაზე ე. ი. მე-2, მე-4 და ა. შ.

ფიდერი, რომელიც აერთებს ანტენას გადამცემთან, უნდა იყოს რაც შეიძლება სწორხაზობრივი და უნდა ვერიდოთ მკვეთრ შებრუნებას კუთხიბ, რადგანაც გადახრის ადგილთან ვკეწნება ტალღის არეკლა და გამტარებზე მივიღებთ მდგარ ტალღას.

4. გრძელტალღოვანი ანტენების მართვის ორგანოები და დენის დაკავის განაწილება მასზე

გრძელტალღოვანი ანტენები მოკლეთალღოვანებისაგან იმით განსხვავდება, რომ აქ გამოსხივებული სისტემის ერთი წვერი ან ჩამოწებულია ანდა უერთდება მიწის ზედაპირიდან მცირე სიმაღლეზე გაკიმულ გამტარების ქსელს, რომელსაც საპირწონეს უწოდებენ.



სურ. 159.

როგორც ვიცით, სწორი გამტარის საკუთარი ტალღა ტოლია:

$$\lambda_{\text{გრძ}} = 2 l_{\text{მტ}}$$

გენერატორი, რომელიც ამ გამტარის ასაგზნებად გამოიყენება, ჩაირთვება შუაში. (სურ. 145) და მისი გამოსხივების წინალობა  $R_N = 72,3 \Omega$ . მოკლეთალღები საშუალებას იძლევიან ვიბრატორები მცირე სიგრძის იყოს, მაგალითად: 20 მეტრიანი ტალღის გამოსახივებლად საკმარისია 10 მეტრის სიგრძის გამტარი, მაგრამ, თუ ტალღის სიგრძე იქნებოდა 200 ანდა 1000 მეტრი, მაშინ პირველ შემთხვევაში დაგვირდება 100 მეტრის სიგრძე გამტარის დაკიდება და მეორე შემთხვევაში კი მთელი ნახევარ კილომეტრიანის, რაც, რა თქმა უნდა, ტექნიკურ უხერხულობას გამოიწვევდა.

გრძელი ტალღების ტექნიკაში საჭირო არ არის გენერატორის ორივე ბოლოში ჩართული იყოს ვიბრატორის ე. წ. „ულვაშები“, არამედ საკმარისია ერთი ბოლო შეიცვალოს გენერატორის ერთი პოლუსის ჰამიწებით.

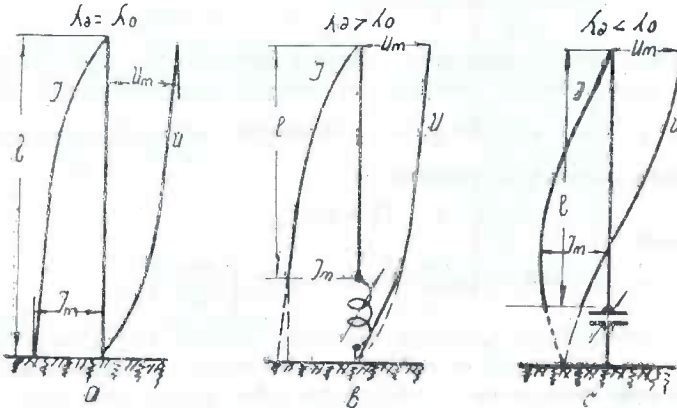
დიპოლის ანუ ვიბრატორის ჩამოწება ექვივალენტურია მის ბოლოში უსასრულო დიდი ტევადობის მიერთების, ამიტომ მიწაში პირველი ნახევრის სარკულ გამოსახულება ვიბრატორის მეორე ნახევარს წარმოადგენს.

ჩამოწებულ პოლუსზე ჩასართავ დიპოლის მეორე ნახევრის დანიშნულებას ასრულებს მიწაში პირველის სარკული გამოსახულება, როგორც ეს სურ. 159-ზე ნაჩვენებია. ამ შემთხვევაში ვიგებთ ანტენის გეომეტრიულ სიგრძეში, რადგანაც მასზე მოფასებულ იქნება არა ნახევარტალღა, არამედ მეოთხედი. რადგანაც იგი რეზონანსშია გენერატორის სიხშირესთან, ამიტომ მისი რეაქტიული წინალობა ნულის ტოლია და გვრჩება მარტო აქტიური წინალობა, რომელიც ანტენაში ენერჯის ხარჯის მიზეზია, რის გამო ადგილი აქვს გამოხსივებას. იმ წინალობას, რომელიც უზრუნველყოფს ანტენაში მიწოდებულ ენერჯიის გამოსხივებას, ამ მოსხივების წინალობა ეწოდება.

ჩამოწებული გამტარი შესაძლებელია აეწყოს საკუთარ ტალღაზე, რომელიც ტოლია:

ანდა მასზე მეტ ან ნაკლებ ტალღაზე, მხოლოდ ამ შემთხვევაში საჭიროა შევიტანოთ მასში სათანადო ე. წ. მართვის ორგანოების ესა თუ ის წინაღობა. ანტენის მართვის ორგანოს წარმოადგენს მის წრედში ჩართული კონდენსატორი ანდა თვითინდუქცია.

მაგალითად, თუ საჭიროა ჩამიწებულ ვერტიკალურმა გამტარმა იმუშაოს უფრო გრძელ ტალღაზე, ვიდრე მისი საკუთარი ტალღაა, მაშინ მასში უნდა შევიტანოთ ინდუქტიური წინაღობა ანუ ჩაერთოთ თვითინდუქცია და ასეთ



სურ. 160.

შემთხვევაში იტყვიან, რომ ანტენა წაგრძელებაზე მუშაობსო, ხოლო თუ სასურველია ანტენა აღვაგზნოთ უფრო მოკლე ტალღის სიხშირეზე, ვიდრე მისი საკუთარი ტალღაა, მაშინ ჩაერთავთ ტევადობით წინაღობას—კონდენსატორს და იტყვიან, ანტენა დამოკლებაზე მუშაობსო.

როდესაც ანტენაში ჩართული გენერატორის ტალღა გრძელია, ვიდრე ანტენის საკუთარი ტალღა, მაშინ ანტენა გენერატორისათვის წარმოადგენს ისეთ რეაქტიურ წინაღობას, რომელსაც ტევადობითი ( $X_C$ ) ხასიათი აქვს და მის გასაბათილებლად საჭიროა ტოლი ინდუქტიური წინაღობა ( $X_L$ ) შევიტანოთ, რათა ანტენა რეზონანსში აეწყოს გენერატორის სიხშირეს. საწინააღმდეგო მოვლენას აქვს ადგილი, თუ გენერატორის ტალღა ნაკლებია ანტენის საკუთარ ტალღაზე.

სურ. 160 ზე მოყვანილია ანტენის მუშაობის სამი შემთხვევა. 160a-ზე ნაჩვენებია საკუთარ ტალღაზე მომუშავე ანტენა, ე. ი.  $\lambda_{0მომუშ.} = \lambda_0$ . 160b-ზე ნაჩვენებია ანტენა, როდესაც იგი წაგრძელებაზე მუშაობს, ე. ი.  $\lambda_{0მომუშ.} > \lambda_0$ , ხოლო 160c-ზე კი მოცემულია შემთხვევა, როდესაც ანტენა მუშაობს დამოკლებაზე, ე. ი.  $\lambda_{0მომუშ.} < \lambda_0$ .

5. ანტენის ამოსხივების წინაღობა, ეფექტური სიმაღლე  
და მ. ძ. კოეფიციენტი

როგორც გვითხრობს, ანტენა წარმოადგენს ღია რხევად კონტურს, რომელშიაც ხდება გადამცემის უკანასკნელ კონტურში გამომუშავებულ ელექტრულ ენერგიის გადასვლა და მისი გასხივება სივრცეში ელექტრომაგნიტურ ენერგიის სახით. მაშასადამე, ანტენა გადამცემა სადგურის მიმართ წარმოადგენს მომხმარებელს, რომელიც ხასიათდება ენერგიის ამოსხივების სიმძლავრით.

გამოსხივებული სიმძლავრის საანგარიშო ფორმულა შემდეგნაირად გამოიხატება:

$$P_{\Sigma} = 160 \pi^2 \left( \frac{h_{ef}}{\lambda_0} \right)^2 I_A^2 \quad (194)$$

სადაც  $h_{ef}$ —ანტენის ეფექტური სიმაღლეა მეტრებში;  $\lambda_0$ —საკუთარი ტალღა და  $I_A$  დენის საშუალო მნიშვნელობაა ანტენის ფუძეში. როგორც ვხედავთ

$160 \pi^2 \left( \frac{h_{ef}}{\lambda_0} \right)^2$  აქვს წინალობის განზომილება; მაშასადამე გამოსხივებული სიმძლავრე გამოიხატება სიდიდით:

$$P_{\Sigma} = R_{\Sigma} I_A^2$$

მაშასადამე:

$$160 \pi^2 \left( \frac{h_{ef}}{\lambda_0} \right)^2 = R_{\Sigma} = 1580 \left( \frac{h_{ef}}{\lambda_0} \right)^2 \quad (195)$$

ამ სიდიდეებიდან  $\lambda_0$  ანტენის საკუთარი ტალღაა. ხოლო რაც შეეხება  $h_{ef}$ -ს, იგი წარმოადგენს იმ ოთხკუთხედის სიმაღლეს, რომლის ფუძე მასშტაბში ტოლია დენის სიბურცის და ამ ოთხკუთხედის ფართი ტოლია დენის სინუსოიდისა და ანტენას შორის მოთავსებული ფართის სურ. 161. რიცხვობრივი მნიშვნელობა ეფექტური სიმაღლის  $h_{ef}$ , როდესაც ანტენა მუშაობს საკუთარ ტალღაზე იანგარიშება ფორმულით:

$$h_{ef} = \frac{2}{\pi} h_A = 0,637 h_A \quad (196)$$

მაგრამ  $h_A$  წარმოადგენს გამტარის გეომეტრიულ სიგრძეს, რომელიც, თუ ანტენა მუშაობს საკუთარ ტალღაზე — ტოლია  $\frac{\lambda_0}{4}$ -ის, ამიტომ, თუ ჩავსვამთ (196-ე) ფორმულას (195)-ში, მივიღებთ; ჩამიწებული გამტარის გამოსხივების წინაღობას:

$$R_{\Sigma} = 1580 \left( \frac{2}{\pi} \frac{\lambda_0}{4} \right)^2 = \frac{1580}{4 \pi^2} = 40 \Omega \quad (197)$$

(194)-ე ფორმულა მიღებულია მრავალი გამარტივების და დაშვებების შედეგად, რის გამოც ამოსხივების წინაღობის სიდიდე არ არის საკმაოდ ზუსტი. ხოლო უფრო ზუსტი ანგარიშით ვერტიკალური ჩამიწებული გამტარის გამოსხივების წინაღობის ოდენობა ტოლია:

$$R_{\Sigma} = 36,6 \Omega \quad (198)$$

როგორც ვხედავთ, იგი ორჯერ ნაკლებია, ვიდრე ნახევარტალღოვანი ეიბრატორის გაოსხივების წინაღობა.

გარდა გამოსახვების წინააღობისა, ანტენაში ადგილი აქვს ე. წ. კარგეების წინააღობას. გენერატორი, გადასცემს რა თავის სიმძლავრეს ანტენას, ეს უკანასკნელი, ყველას კი არ გამოასხივებს, არამედ ნაწილი იხარჯება უსარგებლოდ ე. წ. კარგვის წინააღობაზე.

გენერატორიდან ანტენაში გადასული მთლიანი სიმძლავრე ტოლია:

$$P_A = P_{\Sigma} + P_{\Omega} = I^2 A_{\Sigma} R + I^2 A_{\Omega} R_{\Omega} = I^2 A (R_{\Sigma} + R_{\Omega}) = I^2 A R_A$$

სადაც  $P_{\Sigma}$  გამოსხივებული სიმძლავრეა.

$P_{\Omega}$  — კარგვაზე დახარჯული სიმძლავრე ანტენის მარგი ქმედების კოეფიციენტი ტოლია:

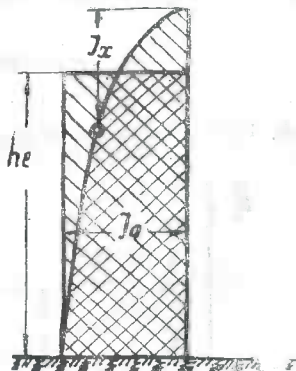
$$\eta_A = \frac{P_{\Sigma}}{P_{\Omega}} = \frac{P_{\Sigma}}{P_{\Sigma} + P_{\Omega}} = \frac{I A R_{\Sigma}}{I^2 A R_{\Sigma} + I A R_{\Omega}} = \frac{P_{\Sigma}}{I^2 A (R_{\Sigma} + R_{\Omega})} = \frac{R_{\Sigma}}{P_{\Sigma} + R_{\Omega}}$$

რადგანაც  $R_{\Sigma} + R_{\Omega} = R_A$  ამიტომ

$$\eta_A = \frac{R_{\Sigma}}{R_A} \quad (159)$$

აქ  $R_{\Sigma}$  ცნობილი სიდიდეა და წარმოადგენს მარგ წინააღობას და, რაც უფრო დიდია იგი, მით უფრო დიდია ანტენის მ. ქ. კ.  $R_{\Omega}$  წარმოადგენს სთელრიგ მავნე წინააღობათა ჯამს, რომელზედაც იხარჯება მაღალი სიხშირის სიმძლავრე, როგორცაა:

1. კარგეები დიელექტრიკულ პისტერეზისზე, ჰაერის ნაწილობრივი იონიზაცია, ანტენის დამკავებელი იზოლატორების გამტარებლობა და სხვა ( $R_H$ ).
2. ფუკოს დინებაზე — ანტენის გარშემო არსებულ ლითონში ე. წ. გრივალური დენების შექმნაზე. ( $R_f$ ).
3. ჯოულის სითბოზე — ანტენის გამტარის გახურებაზე ( $R_g$ ).
4. ინდუქციაზე — მაღალი სიხშირის სიმძლავრის ნაწილი ინდუქტირდება გარშემო მდებარე გამტარებში ( $R_L$ ).
5. მაკონინტრებელ გამტარებზე ( $R_p$ ). ანტენის დამკვიმები რეზონანსში ხვდებიან ზოგიერთ გამოსხივებულ ჰარმონიკებს ანდა უარეს შემთხვევაში გამოსხივებულ ტალღას, რაც ენერჯიის დიდ შთანთქმვას გამოიწვევს. ამისათვის საჭიროა დამკვიმის სიგრძეები არ იყოს ტოლი ამოსხივებული ტალღის ნახევრის სიგრძის, რისთვისაც დამკვიმებში ჩასვამენ იზოლატორებს სხვადასხვა მანძილებზე.



სურ. 161.

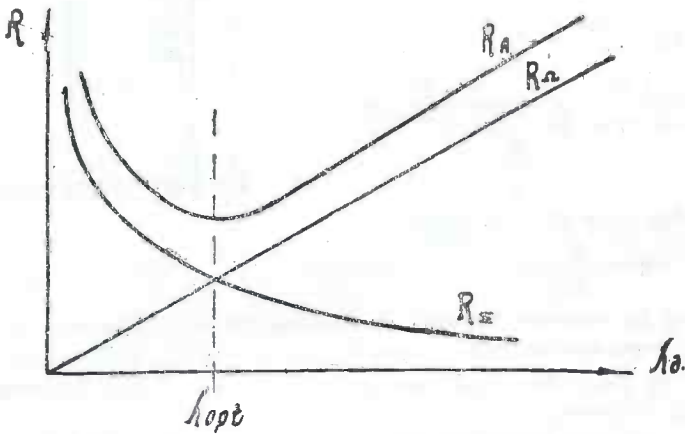
საერთო კარგების საანგარიშოდ აკადემიკოს შულტიკინმა მოგვცა ემპირიული ფორმულა:

$$R_D = A \frac{\lambda_{\text{მომ.}}}{\lambda_0} \quad (200)$$

სადაც  $A$  ემპირიული კოეფიციენტი და დამოკიდებულია უმთავრესად ანტენის კარგ ჩამიწებაზე. საშუალოდ  $A$  ანგარიშისათვის შესაძლებელია აღებულ იქნეს 3-ის ტოლი. ამგვარად, ანტენის მთლიანი წინაღობა ტოლია:

$$R_A = 1580 \left( \frac{h e f}{\lambda_0} \right)^2 + \frac{\lambda_{\text{მომ.}}}{\lambda_0} A. \quad (201)$$

სურ. 162-ზე მოცემულია მრუდები  $R=f(\lambda_0)$  და, როგორც ვხედავთ,  $R_D$  იზრ-



სურ. 162.

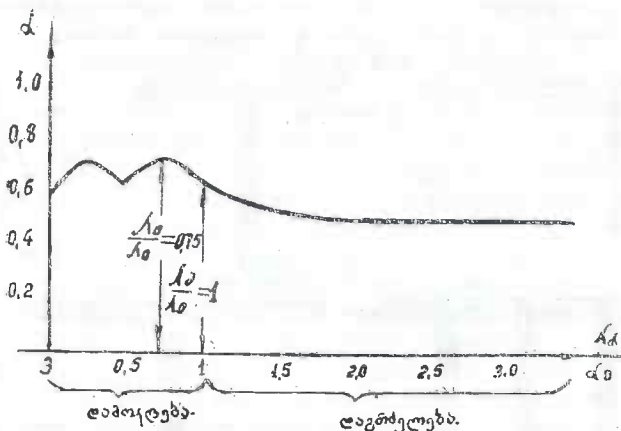
დება სწორხაზობრივად, ხოლო  $R_D$  ტალღის წაგრძელებასთან ერთად აბცისას ასიმტოტურად უახლოვდება, ე. ი. თანდათან მცირდება.

რაც შეეხება  $R_A$  საერთო წინაღობას, იგი ჯერ მცირდება, აღწევს მინიმუმს. მაგრამ შემდეგ იზრდება მზენე წინაღობების გაზრდის ხარჯზე, რაც იმის ძაჩენებელია, რომ წაგრძელებასთან ერთად ანტენის მუშაობის ეფექტურობა ეცემა.

სურ. 163-ზე მოცემულია დამოკიდებულება  $\alpha=f\left(\frac{\lambda_0}{\lambda_0}\right)$ , სადაც ნათლად ჩანს, როდესაც ანტენა მუშაობს საკუთარ ტალღაზე, ე. ი.  $\lambda_0 = \lambda_0$  ანუ  $\frac{\lambda_0}{\lambda_0} = 1$  მაშინ ანტენის ეფექტური სიმაღლე უფრო მცირეა, ვიდრე ნაწილო-



ბრივი დამოკლების დროს, სახელდობრ, როცა  $\frac{\lambda_0}{\lambda_0} = 0,75$ . ამისათვის დაგეგმა-  
რების დროს ანტენებს ისე გაივლან, რომ მომუშავე ტალღაზე მუშაობამ ნაწი-  
ლობრივი დამოკლება მოითხოვოს, რის დროსაც ანტენის ეფექტური სიმაღლე  
შეიძლება ყველა შესაძლებლობიდან აყვანილ იქნას მაქსიმალურამდე.



სურ. 163

### 6. გრამატალლოვანნი ანტენის ტიპები

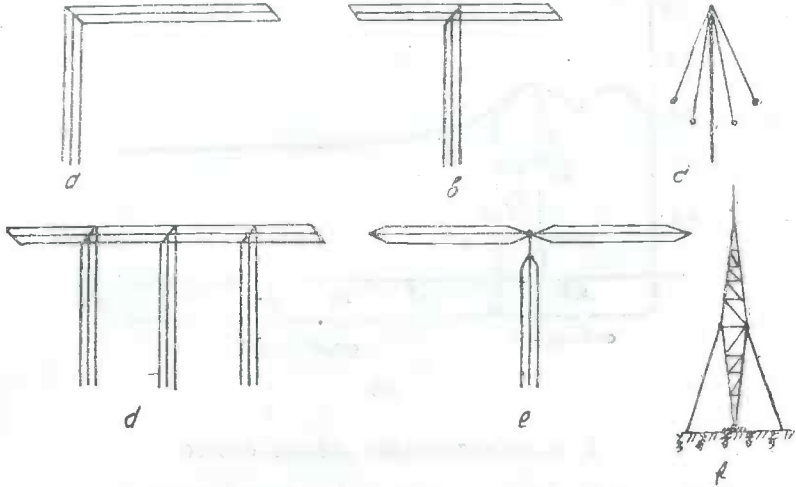
გაღამცემ ტექნიკაში, სადაც საქმე გვაქვს გრძელ ტალღებთან და საკმაოდ  
დიდ სიმძლავრესთან, გამოიყენება, რთული სახის, ანტენები.

გარეგნული ფორმის მიხედვით გვხვდება: რუსული ასო T-ს და Γ-ს მა-  
ფვარი, ქოლგისებრი, ცილინდრული, ანძანტენები და მრავალი სხვა. გარდა  
ანძა ანტენებისა, ყველა სხვა ტიპის ანტენა შედგება ჰორიზონტალური  
და ვერტიკალური ნაწილისაგან. როგორც ერთი, ისე მეორე შესა-  
ძლებელია დახრილი იყოს ჰორიზონტალურ და ვერტიკალურ სიბრტყის მიმართ,  
ზემოხსენებული ანტენების ესკიზები მოცემულია სურ. 164-ზე.

რთული სახის ანტენების გამოყენება იმით აიხსნება, რომ ამ შემთხვევაში  
დიდება ანტენის ტევადობა, რის ზრდასთან ერთად იზრდება ეფექტური სიმა-  
ღლე და წვერებში მოქმედი ძაბვა შედარებით მცირდება, რის შედეგად კლე-  
ბულობს წვეროებში ე. წ. „გვირგვინების“ წარმოშობის (მოციმციმე დაც-  
ლა) საშიშროება და გადაფარვის (ანტენის იზოლატორსა და ანძას შორის)  
საფრთხე. პრაქტიკაში ყველაზე უფრო გავრცელებულია Γ-ს და T-ს მაგვარი  
ანტენები, რომლებიც შედგებიან რამდენიმე პარალელურ გამტარისაგან და  
სხვა დანარჩენები მათ სახეცვლილებას ანდა გაერთიანებას წარმოადგენენ.  
ამ ანტენებში მრავალ გამტარს ლებულობენ მათი ტევადობის და საჭე-  
თარი ტალღის გაზრდის მიზნით, რადგანაც რამდენიმე გამტარის გამოყე-

ნების დროს იზრდება მისი ექვივალენტური სიგრძე. სურ. 164-ზე მოცემულ ანტენებს შორის ყველაზე უფრო საინტერესოა ალექსანდერსენის ტიპის ანტენა (სურ. 164d) და ანძანტენა (სურ. 164e).

ალექსანდერსენის ტიპის ანტენა რამდენიმე  $T$ -ს მაგვარ ანტენას წარმოადგენს და მისი გამოსხივების პოლარულ დიაგრამას ელიფსის ფორმა აქვს. ეს ანტენა გამოყენებულია ჩვენი 500 კილოვატიანი რადიოსადგურისათვის და მისი გამოსხივების დიაგრამა, თავისი წაგრძელებული ნაწილით გაწოლილია



სურ. 164.

აღმოსავლეთიდან დასავლეთისაკენ, რადგანაც ამ მიმართულებით სადგურს შეუძლია რაც შეიძლება მეტ მოსახლეობას მოემსახუროს.

ანტენებში ჰორიზონტალური ნაწილის გამოყენება იმითაა გამართლებული, რომ ამ შემთხვევაში შესაძლებელია შედარებით ნაკლები სიმაღლის ანძები იქნეს გამოყენებული და უნდა ითქვას, რომ ზოგიერთ შემთხვევაში მაღალი ანძების აგებაზე გაწეული კაპიტალური ხარჯები არ ჩამოუვარდება თვით გადამცემის აგებაზე დახარჯულ თანხის რაოდენობას. თანამედროვე მძლავრ გადაცემ რადიოსადგურის ანძის სიმაღლეები 250 მეტრის სიმაღლეს აღწევენ.

გრძელი ელექტრომაგნიტური ტალღების ეფექტური გავრცელების მიზნით სასურველია ანტენის მარტო ვერტიკალური ნაწილი ასხივებდეს. ამ მიზნით ყველაზე კარგია  $T$ -ს მაგვარი ანტენა, რომლის ჰორიზონტალურ ნაწილში დენის ყოველ მომენტში მოწინააღმდეგე მიმართულების გამო მათ მიერ შექმნილი არეები ერთმანეთს სპობენ და არ იწვევენ გამოსხივებას. ვერტიკალური კი რადიალურად (ირგვლივ) ამოაფრქვევს ელექტრომაგნიტურ ენერგიას ეთერში. რაც შეეხება  $F$ -ს მაგვარ ანტენას, აქ ასხივებს როგორც ვერტიკალური ისე ჰორიზონტალური ნაწილი და ამოსხივების დიაგრამა გაწოლილია ჩამოშვების მიმართულებით, ე. ი. ენერგიის მეტ ნაწილს ამ მხრით ასხივებს. ანძა ანტენებს დიდი გამოყენება აქვთ საშუალო ტალღის დიაპაზონში, რადგანაც მცირდება ფეილინგის მოვლენა.

1. რადიოტალღის რაობა და მისი გავრცელება

რადიოტალღები წარმოადგენს ელექტრულ და მაგნიტურ რხევების ერთობლივობას და ახასიათებს ყველა ის თვისებები, რაც ხილულ სხივს. ჯერ კიდევ 1864 წელს ჯემს კლარკ მაქსველმა გამოაქვეყნა თავისი ელექტრომაგნიტური არეს ელექტროდინამიკური თეორია, სადაც დიფერენციალური განტოლებების სახით გარკვეული იყო ფარადეის აზრი. ეთერში ელექტრომაგნიტროცესის არსებობის შესახებ. მაქსველმა ნათელჰყო, რომ ხილული სხივიც ელექტრომაგნიტური რხევებია. თავისი ბუნებით ხილული სხივი მსგავსია რადიოტალღების, მაგრამ, თუ რადიოტალღის სიგრძე რამდენიმე ათეულ, ასეულ და ასათეულ მეტრს უდრის. ხილული სხივის ტალღა მილიმეტრის რამდენიმე მილიონედია. ელექტრომაგნიტურ რხევებს მსგავსად მზის სხივისა, ახასიათებენ გადატება და დიფრაქცია, და აქვს იგივე გავრცელების სისწრაფე რაც სხივს.

მაქსველის გარდაცვალების შემდეგ ჰერნის ჰერცმა, მაქსველის თეორიული მოსაზრება, რომელიც მხოლოდ ქაღალდზე იყო დასაბუთებული, ცხადყო პრაქტიკულად ჩატარებული ცდებით.

ამგვარად, ჰერნის ჰერცმა მაქსველის მიერ ელექტრომაგნიტური ტალღების არსებობა ბუნებაში — ცდებით დაამტკიცა, რომლის შედეგი მან მოახსენა ბერლინის მეცნიერებათა აკადემიის 1888 წლის 13 დეკემბერს და დასაბუთა მაქსველის მიერ წამოყენებული მოსაზრებები.

მაქსველის და ჰერცის ნაშრომები ელექტრომაგნიტური ტალღის შესახებ არ გაცილებია თეორიულ დასკვნებს და ლაბორატორიულ ცდებს. 1895 წელს დიდმა რუსმა გამომგონებელმა ალექსანდრე სტეფანეს-ძე პოპოვიმ ელექტრომაგნიტური რხევები დაუმორჩილა ადამიანის ნებისყოფას და კაცობრიობას მისცა თანამედროვე რადიო.

რადიოტექნიკის შემდეგი განვითარების პროცესში მეცნიერება ადგა იმ აზრს, რომ რადიოტალღები ვრცელდებოდნენ ჰორიზონტს იქით. ე. წ. დიფრაქციის გამო. დიფრაქცია ეწოდება იმ მოვლენას, რომელიც გვიჩვენებს სხივის გადახრას მის მიერ აღებული გეზიდან. მაგალითად, თუ ეკრანზე დაუშვებთ სხივის წვირალ კონას, დაცემის ადგილზე მკვეთრს ზღვარს კი არ შევამჩნევთ, არამედ ნაპირები თანდათან შემცირებით იქნება განათებული. სხივის ასეთ გადახრას პარველსაწყისი მიმართულებიდან დიფრაქციას უწოდებენ.

როდესაც ინგლისიდან ამერიკამდე პირველად გადაცემულ იქნა რადიოთი სიგნალები, მაშინ რელეიმ ეს მოვლენა დიფრაქციის მიაწერა, რადგანაც რადიოტალღის დედამიწის ზედაპირის ასეთი დიდი მოხრილობის გადაფარვის მიზეზის ამხსნელი სხვა მოსაზრება არ არსებობდა.

მაგრამ ეკვს იწვევდა ის გარემოება, რომ თუ დიფრაქციის მეთოდით მიუღებოდნენ ელექტრომაგნიტური არეს დაძაბულობის ანგარიშს, მიღების ადგილზე უფრო ნაკლები გამოდიოდა, ვიდრე სინამდვილეში ჰქონდა ადგილი.

1924 წლიდან დიფრაქციის მიხარტ ინტერესი შემცირდა, რადგანაც წამოყენებული იქნა უფრო დამაჯერებელი მოსაზრებები. ამ მოსაზრებებს საფუძვლად დაედო მაქსველის მტკიცება იმის შესახებ, რომ ელექტრომაგნიტური ენერგიის არეკვლას იწვევს ელექტროობის გამტარი ზედაპირი. ამის საფუძველზე წამოყენებულ იქნა აზრი ე. წ. ატმოსფეროს ზედა ფენის იონიზაციის შესახებ. ეს მოსაზრება ემყარებოდა ჰიპოთეზას, რომელიც დამტკიცებას მოითხოვდა. შემდეგ წლებში საფუძვლიანად იქნა შესწავლილი ამ ფენის გავლენა რადიოტალღების გავრცელებაზე. ამ მხრით განსაკუთრებული ადგილი უჭირავთ საბჰოთა მეცნიერებს შულებინს, ვედენსკის და შჩუკინს, რომლებმაც ნოვცევს იონიზირებული ფენის გავლენის ბუნება რადიოტალღების გავრცელებაზე.

აქამად ატმოსფერო შესწავლის საგანს შეადგენს არა მარტო გეოფიზიკოსებისათვის, არამედ რადიოსპეციალისტებისათვისაც, და უნდა ითქვას, ამ ბოლო ხანებში ატმოსფეროს შესწავლაში ინიციატივა ამ უკანასკნელთ ეკუთვნის. ამ დარგში რადიოსპეციალისტების შესწავლის საგანს უმთავრესად წარმოადგენს ატმოსფეროს უმაღლესი ფენები, რომლებიც სტრატოსფეროს ზევილი მდებარეობენ და, ვარდა გაიშვიათებული გაზებისა, ელექტროდენის გამტარებლობითაც ხასიათდებიან ე. ი. იონიზირებულია.

რადიოტექნიკური საშუალებების დანმარებით შესაძლებელი ხდება უმაღლესი (300—400 კილომეტრის სმაღლეზე) ფენების თვისების გამოკვლევა რადიოტალღების გავრცელების ხასიათის მიხედვით, ამ ფენის სიმაღლე სადაც ტალღა აირეკლება, მისი ფიზიკური თვისება და ელექტრული მდგომარეობა.

თამამად შეგვიძლია ვთქვათ; რომ ატმოსფეროს უმაღლესი ფენების იონიზაციის გარეშე თანამედროვე რადარკავშირგაბმულობა 90—95%-ით შეიკვეცებოდა.

მოსაზრებამ ატმოსფეროს ზედაფენების იონიზაციის შესახებ მტკიცე საფუძველი ჰპოვა 1921 წელს; როდესაც რადიომაყვარულთა მიერ მოკლე ტალღების მეშვეობით დამყარებული იქნა რადიოკავშირი მცირე სიშლავრიანი რადიოგადამცემის საშუალებით რამდენიმე ათასი კილომეტრის მანძილზე.

ამჟამად ჩვეულებრივია ის ფაქტი, რომ რამდენიმე ვატიანი მოკლეტალღებიანი გადამცემების მეშვეობით რადიოკავშირი დედამიწის ნებისმიერ პუნქტებს შორიაა შესაძლებელი. თუმცა ეს კავშირი არ არის ხანგრძლივი, მაგრამ ფაქტი კი მოწმობს იმას, რომ რადიოტალღის გავრცელებაზე გავლენას ახდენს დედამიწის გარშემო არსებული ისეთი ფენა, რომელიც საშუალებას არ აძლევს რადიოტალღას გავიდეს კოსმიუო სივრცეში. არამედ აიძულებს გადატყდეს და დაბრუნდეს ისევ უკან დედამიწის ზედაპირზე.

ის ფენა, რომელიც უკუაქცევს რადიოტალღას, იონიზირებულია.

იონიზირებული ფენა ეწოდება ატმოსფეროს ზედა ფენის იმ შრეს, სადაც არსებობს ისეთი ატომები, რომელთაც აკლიათ ელექტრონი, რის შედეგად ატომში კარბობს დადებითი მუხტი და ეწოდება დადებითი იონი იონების წარ-

მომზობის პროცესს იონიზაციის პროცესი ეწოდება. ატომის პირვანდელი სახე რომ აღსდგეს, ე. ი. იგი ელექტრულად ნეიტრალური ვახდეს, საჭიროა იმდენი უარყოფითი მუხტი, ე. ი. ელექტრონი მიემატოს, რამდენიც გამოაკლდა იონიზაციის დროს. ასეთ პირვანდელი სახეს აღდგენას რეკომბინაცია ეწოდება.

იონიზირებულ ფენაში საკმაო რაოდენობითაა თავისუფალი ელექტრონები, ამიტომ მას ელექტროგამტარებლობა ახასიათებს. და რადგანაც იგი სფერულად გარს ეკვრის დედამიწას, ამიტომ იონოსფეროს უწოდებენ.

რომელიმე მოვლენის სრულ შინაარსს ვერ ახსნის თვით მოვლენის ანდა ფაქტის აღმოჩენა, არამედ საჭიროა ამ ფაქტის წარმოშობის მიზეზის გაგება. მაშასადამე, შევეცადოთ ავხსნათ იონისფეროს წარმოშობის მიზეზი იმდენად, რამდენადაც საშუალებას გვაძლევს წინამდებარე წიგნი. იონისფეროს გამოჩენვა და საერთოდ მისი რადიოტალღის გავრცელებაზე გავლენა ცალკე შესწავლის საგანს წარმოადგენს.

იონისფეროს წარმოშობის მთავარ ფაქტორია მზე. თანამედროვე მეცნიერული მოსაზრებით სხივური ენერგია, რომელსაც მზე იძლევა არ წარმოადგენს ვანუწყვეტელს, იგი შედგება ცალკეული მატერიალური ნაწილაკებისაგან — ფოტონებისაგან, რომელთაც გააჩნიათ კოლოსალური კინეტიკური ენერგია.

უდაოა ასეთი დიდი ენერგიის მქონე ფოტონი, რომელიც სხივის სისწრაფით შემოიჭრება ატმოსფეროში, ეჯახება მის შემადგენელი გაზის ატომს, მოაცილის მას ელექტრონს და ამის შედეგად ჩნდება თავისუფალი ელექტრონები და დადებითი იონები. რაც უფრო მეტია ერთეულ ფართზე დაცემული ფოტონების რიცხვი, მით უფრო მეტია იონიზაციის რაოდენობა ანუ მეტა იონიზაციის ხარისხი; ამავე დროს იონიზირდება უფრო მეტი სისქის ფენა, ვიდრე მაშინ, როდესაც ერთეულ ფართზე ნაკლები ფოტონების რიცხვი მოდის. ფოტონები წარმოადგენენ „კოსმიურ ნაწილაკებს“, რომელსაც „კოსმიურ სხივს“ უწოდებენ და მის მთავარ წყაროს დედამიწისათვის წარმოადგენს მზე. თუმცა კოსმიური სხივები სხვა კოსმურ სხეულებიდანაც მოდიან, როგორცაა: ვარსკვლავები, რომლებიც ისეთივე განვითარების სტადიაში იმყოფებიან, როგორც მზე, მაგრამ მათი რაოდენობა მცირეა.

კოსმიური სხივის ანუ ფოტონი თავის კინეტიკურ ენერგიას ხარჯავს დაახლოებით დედამიწის ზედაპირიდან 10—12 კილომეტრამდე. სწორედ ეს გარემოება იცავს ცოცხალ ორგანიზმს დედამიწის ზედაპირზე იმ გამანადგურებელი ძალისაგან, რომელიც გააჩნია კოსმიურ სხივებს. ამგვარად, ატმოსფერო გარდა იმასა, რომ ცოცხალ ორგანიზმს აძლევს სუნთქვის საშუალებას, მასში არსებული ჟანგბადის მეშვეობით, აგრეთვე იცავს მას კოსმიური სხივებისაგან. კოსმიური სხივის სპექტრი ულტრაიისფერი სხივის მიღმა მდებარეობს, ამიტომ იგი ხილული არაა.

კოსმიური სხივის ზემოქმედება ატმოსფეროს უმაღლეს ფენებზე არაა მუდმივი ერთ და იმავე დროს დედამიწის ყველა პარალელზე და მერიდიანზე. იგი იცვლება მზის დისკოს მდებარეობის მიხედვით დედამიწის ჰორიზონტის მიმართ. მაგალითად, იონიზაცია მით უფრო მეტია, რაც უფრო ახლოსაა მზე ზენიტთან, ე. ი. ზათხულში შუადღეს და მინიმალურია ზამთარში შუალამე.



გარდა ამისა, ატმოსფეროს ზედაფენების იონიზაციაზე გავლენას ახდენს ისეთი არაპერიოდული მოვლენები, როგორიცაა:

1. მატერიალური ნაწილაკების შემოჭრა, რომელიც არაპერიოდულად ამოიფრქვევიან მზის დისკოს ზედაპირიდან.
2. მეტეოროების და კოსმური მტვრის ნაკადის შემოჭრა.
3. ქეკაქუხილი, რომელიც ხდება ტროპოსფეროში ანუ ატმოსფეროს იმ ნაწილში, სადაც ადგილი აქვს ქუხილის ღრუბლებს (ტროპოსფეროს ზედაფენის ზედაპირიდან 10—12 კილომეტრს ან ალმეტება).

გარდა ჩამოთვლილი არაპერიოდული მათიონიზირებელ პირობებისა, არსებობს აგრეთვე პერიოდული იონიზაციის პირობა, რომელსაც 11 წლიანი პერიოდი ეწოდება.

როგორც ყოველწლიური დაკვირვება გვიჩვენებს მზის ზედაპირზე ყოველ 11 წლის განმავლობაში გროვდება ლაქების მაქსიმალური რაოდენობა და ამავე დროს შენიშნულია, რომ სწორედ ამ ლაქების მაქსიმალური რაოდენობის დროს რადიოტალღების გავრცელების ჩვეულებრივი გრაფიკი ირღვევა.

როგორც ზეკით განვმარტეთ, იონოსფეროს ახასიათებს იონიზაციის სხვადასხვა ხარისხი, წელიწადის დროს და დღე-ღამის მიხედვით.

თუ მაგალითად, ზაფხულში დილიდან შუადღემდე იონიზაცია იმატებს, შუადღის შემდეგ ადბილი აქვს ე. წ. რეკომბინაცია.

იონოსფეროს იონიზაციის ხარისხს დიდი მნიშვნელობა აქვს მასზე დაცემული რადიოტალღის უკუქცევაში.

განსახილველი იონიზაციის ხარისხს შეესაბამება განსახილველ ტალღის სიხშირე, რომლის უკუქცევას იგი შესძლებს. თუ ტალღის სიხშირე უფრო მეტია, ე. ი. ტალღა ნაკლები სიგრძისაა, რაც შეეფარდება მოცემულ იონიზაციის ხარისხს, იგი ვერ აირეკლება იონიზირებულ ფენიდან და გაივლის კოსმოურ სივრცეში. ამავე დროს ტალღის არეკლეა დამოკიდებულია აგრეთვე იმ კუთხეზე, რომლითაც ეცემა იგი იონიზირებულ ფენას.

ბუნებაში არ არსებობს უსასრულოდ დიდი რაოდენობის იონიზაცია. იონიზაციის ხარისხის მაქსიმალური სიდიდე გვაქვს ზაფხულში, შუადღეს. რაც შეეხება ელექტრომაგნიტური ტალღის სიხშირეს, იგი დიდი დიაპაზონით იცვლება, გრძელი ტალღებიდან დაწყებული ულტრამოკლე და დეციმეტრულ ტალღამდე, და უფრო მცირეც. მაშასადამე, არსებობს სიხშირეთა ისეთი რაოდენობა, რომლის არეკლეა იონიზირებულ ფენას არ შეუძლება და გადის კოსმოურ სივრცეში. ასეთ ტალღას, რომელიც წლის ნებისმიერ დროს ვაღიან კოსმოურ სივრცეში, მიეკუთვნება ულტრამოკლე და მასზე უფრო მოკლე ტალღები, ე. ი. 10 მეტრიან ტალღიდან ქვევით.

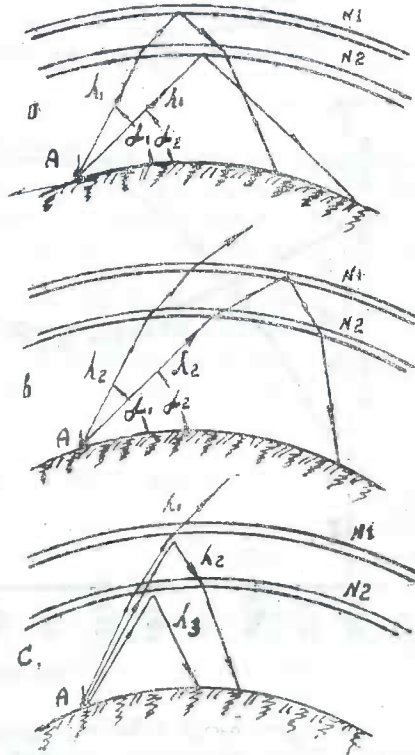
იმ ზღვრულ სიხშირეს, ანდა უმოკლესი ტალღის სიგრძეს, რომელიც აირეკლება იონიზირებული ფენიდან, კრიტიკულ სიხშირეს უწოდებენ. კრიტიკული სიხშირე გვიჩვენებს ამა თუ იმ ფენის იონიზაციის ხარისხს და ფართოდ გამოიყენება ე. წ. „რადიო ამინდის“ გასაგებად, რომელიც საშუალებას იძლევა მოცემული პირობისათვის შევარ-

ჩიოთ ოპტიმალურად ანუ საუკეთესოდ გამსვლელი ტალღის სიგრძე. სურ. 165ა. ჩაჩვენებია დედამიწის სფეროს ნაწილი, რომელიც შემოკრულია იონიზირებული ფენით № 1 და № 2, მათგან № 1 ფენა უფრო იონიზირებულია ვიდრე № 2. თუ  $A$  წერტილიდან  $\alpha_1$  და  $\alpha_2$  კუთხით გაეასხივებთ ერთდაიგივე სიგრძის ტალღას შევამჩნევთ, რომ  $\alpha_1$  კუთხით გასხივების დროს იგი გადატყდება და გაჰკვეთს № 2 ფენას და აირეკლება № 1 ფენაზე, რის შემდეგ ბრუნდება უკან მიწის ზედაპირზე. ხოლო იგივე ტალღა  $\alpha_2$  კუთხით გასხივებული რომელიც  $\alpha_1$ -ზე ნაკლებია, ვერ ჰკვეთს № 2 ფენას და მასზევე აირეკლება.

აქედან შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ტალღის არეკვლვადამოკიდებულია არა მარტო იონიზაციის ხარისხზე, არამედ იმ კუთხეზედაც თუ რა კუთხით ეცემა იგი ამ ფენაზე. აგრეთვე რაც უფრო დიდი კუთხით გასხივდება ტალღა, ჰორიზონტთან შედარებით მით უფრო მაღალ ფენებში იჭრება იგი, და გადამცემიდან შედარებით მცირე მანძილზე დაბრუნდება, ვიდრე მაშინ, როცა მცირე კუთხითაა იგი გასხივებული.

სურ. 165ბ მოცემულია იგივე შემთხვევა, რაც სურ. 165ა მხოლოდ განსხვავება ტალღის სიგრძეშია. სახელდობრ— $\lambda_2$  ნაკლები სიგრძისაა ვიდრე  $\lambda_1$  ტალღა. აქ ნათლად სჩანს, რომ  $\lambda_2$  იგივე  $\alpha_1$  კუთხით გასხივებული, რაც  $\lambda_1$  (სურ. 165ა), ჰკვეთს როგორც ერთ ისე მეორე ფენას. ხოლო აირეკლება მაშინ თუ დაეხრით მის მიმართულებას  $\alpha_2$  კუთხემდე. აქ გადატყხდება № 2 ფენაში ხოლო არეკლება № 1-ში. აქედან დასკვნა: რაც უფრო მოკლეა რადიოტალღა მით მის გასხივების კუთხე ჰორიზონტის მიმართ მცირეა.

სურ. 165გ-ზე მოცემულია იგივე ორი № 1 და № 2 ფენა, ხოლო აქ  $A$  გადამცემი ასხივებს სამ ტალღას ერთი და იგივე კუთხით, რომელთა სიხშირეები სხვადასხვაა, სახელდობრ:  $\lambda_1 < \lambda_2 < \lambda_3$  ე. ი. ყველაზე უფრო მოკლეა  $\lambda_1$  ტალღა. როგორც ჩანს  $\lambda_1$  ჰკვეთს იონიზირებულ ფენებს და გადის კოსმიურ სივრცეში,  $\lambda_2$  გადატყდება № 1 ფენაში, ხოლო  $\lambda_3$  კი № 2 ფენაში. როგორც ჩანს,



სურ. 165.

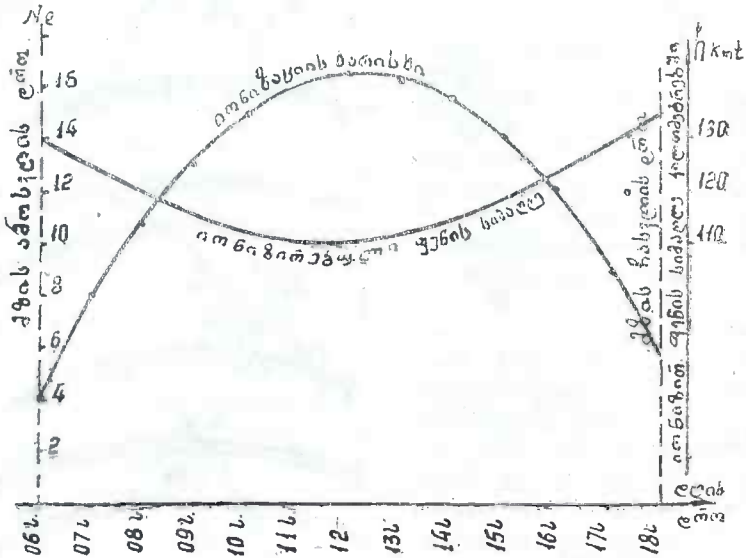


რაც უფრო მოკლეა ტალღა მით უფრო მაღალ ფენაში უკუეჭევა იგი, ხოლო რაც უფრო გრძელია, უფრო დაბალ ფენებში განიცდის უკუეჭევას, რადგანაც ამ ფენის შესაბამისი კრიტიკული სიხშირე ნაკლებია.

რიცხობრივად კრიტიკული სიხშირე ტოლია:

$$f_{კრ} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \frac{e^2}{m} N_{max} \cdot 9 \cdot 10^3 \sqrt{N_{max}}}$$

სადაც  $e$  ელექტრონის მუხტია,  $m$ —მისი მასა, ხოლო  $N_{max}$  იონების კონცენტრაცია, ე. ი. მათი რაოდენობა ერთ კუბიკურ სანტიმეტრ მოცემულობაში.



სურ. 166.

იონისფერო იყოფა რამდენიმე ფენად, რომლებიც ხასიათდებიან იონიზაციის ხარისხის ანუ იონების კონცენტრაციის სხვადასხვაობით. ასეთი ფენასამია:  $E$ ,  $F_1$  და  $F_2$ . ყველაზე უფრო დაბლა  $E$  ფენაა, ყველაზე უფრო მაღლა კი  $F_2$  ფენა.

$F$  ფენის სიმაღლე ზოგჯერ 110—130 კილომეტრს აღწევს და არ არის დამოკიდებული წლის დროზე. კრიტიკული სიხშირის დიაპაზონი ამ ფენისათვის იკვლება ფარგლებში დღისით— $3 \div 4 \cdot 10^6$  hz-დან  $6 \div 7,5 \cdot 10^6$  hz-მდე ღამით ე. ი. დღისით ხსენებული  $E$  ფენა უკუეჭევა ტალღას ლღის.  $\approx 200 \div 50$  mt და ღამით ლღის  $\approx 400 \div 500$  mt-მდე (უფრო მოკლე ტალღები გასჭრიან ამ ფენას, ხოლო მათზე გრძელი კი აირეკლებიან).  $E$  ფენა გავლენას ახდენს საშუალო და გრძელ ტალღების გავრცელებაზე.

სურ. 166-ზე მოცემულია იონიზაციის ხარისხის ცდით მიღებული ფუნქციონალური დამოკიდებულების მრუდი დღის საათებთან  $E$  იონიზირებული ფენისათვის,  $Ne = f$  (დღის საათები), და, როგორც ვხედავთ, იონიზაცია მაქსიმალურ სიდიდეს დღის 12 საათზე აღწევს.

რაც შეეხება ფენა  $F_1$  და  $F_2$  ზამთრის პერიოდში გაერთიანებულია  $F_1$  ფენად და იმყოფება 250—300 კილომეტრის სიმაღლეზე, ხოლო ყოველი წლის მაისიდან სექტემბრამდე ისინი გაიყოფიან და ქმნიან ცალცალკე  $F_1$  და  $F_2$  ფენებს.

$F_2$  ფენის კრიტიკული სიხშირის დიაპაზონი დღისით ტოლია 7000—13000  $Khz$ -მდე, ხოლო ღამით 3500—4500  $Khz$ -მდე, ე. ი. დღისით ამ ფენიდან აირეკლება ტალღა, რომლის სიგრძე  $\lambda_{დღის} = 42 \div 23 \text{ mt}$ -მდე, ხოლო ღამით  $\lambda_{ღამის} = 86 \div 67$  მეტრამდე.

რაც შეეხება  $F_1$  ფენას, მისთვის კრიტიკული სიხშირის დიაპაზონის ზედა ზღვარი იწყება 4000—6000  $Khz$ -დან და ეშვება ძირს, ვიდრე  $F_2$  ფენის დიაპაზონამდე. ამგვარად, ამ ფენას, რომელიც უმთავრესად დღისით წარმოიშობა უნარი აქვს არეკლოს თავისი ზედაპირიდან ტალღა, რომელიც ტოლია 25—15  $mt$ -მდე.

მიწის ზედაპირიდან, ზაფხულში დღის 12 საათზე,  $F_2$  ფენის სიმაღლე აღწევს 400 კილომეტრამდე,  $F_1$  კი დღის ამ დროისათვის იმყოფება 200—250 კილომეტრის სიმაღლეზე. ამ მიზეზით აისხნება, მაგალითად, დღისით ზაფხულში 19 და 16 მეტრიანი ტალღა ეკვდიპაზონის შორის გასვლა, რომელზედაც გავლენას ახდენს  $F_2$  ფენა.

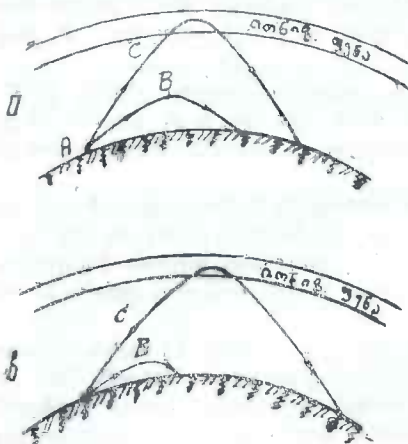
## 2. რადიოსამაუწყებლო ტალღების გაზრცელება

რადიოსამაუწყებლო ტალღების დიაპაზონი უმთავრესად სამ ქვედიაპაზონად იყოფა: გრძელი ტალღები: 2000—550 მეტრამდე, საშუალო ტალღები: 550—200 მეტრამდე და მოკლე ტალღები: 60—14 მეტრამდე, და ულტრა მოკლე ტალღები: 10—1 მეტრამდე. რადგანაც რიგით რადიოსმენელს ამ ტალღებზე მომუშავე სამაუწყებლო სადგურების მოსმენა უხდება, ამიტომ შეეხოთ იმ მოვლენებს, რომლებიც დაახასიათებენ ამ დიაპაზონებს.

ცნობილია, რომ ანტენა გამოასხივებს ორი მიმართულების ტალღას: მიწის ზედაპირულს და ციურს. რაც უფრო მეტია ტალღის სიგრძე, მით უფრო დიდია გამოსხივებული ელექტრომაგნიტური ენერგიის მიწის ზედაპირული მდგენელი, ხოლო ტალღის სიგრძის შემცირებასთან ერთად იგი მცირდება ციური სხივის მდგენელის გაზრდის ხარჯზე.

მიწის ზედაპირული სხივი უმთავრესად ატმოსფეროს დაბალ ფენებსა და დედამიწის ზედაპირს შორის ვრცელდება. უფრო გარკვეულად ექვემდებარება დიფრაქციის მოვლენას და მის გავრცელებაზე დიდი მნიშვნელობა აქვს დედამიწის რელიეფს. თუ ზედაპირი ტყიანი ან მთაგრებილიანია, მიწის ზედაპირული სხივის ენერგია ადვილად შთაინთქმება და არც დაძაბულობა მკვეთრად მცირდება გადამცემიდან მანძილის გადიდებასთან ერთად.

სურ. 167a-ზე მოცემულია *A* გადამცემი, რომლის *B* სხივი წარმოადგენს მიწის ზედაპირულს, ხოლო *C* კი ციურს. როგორც ვხედავთ, ციური სხივი დედაპირის ზედაპირს სცილდება, ალწევს იონიზირებულ ფენამდე და ანტენიდან გადის უფრო შორს მანძილზე, ხოლო მიწის ზედაპირული სხივი ვერ აღწევს იონიზირებულ ფენამდე და დედაპირის ზედაპირის გასწვრივ ვრცელდება.



სურ. 167.

სურ. 167b-ზე კი მოცემულია ზგივე პირობა, როდესაც ტალღა უფრო მოკლეა და, როგორც ვხედავთ, ტალღის ციური მდგენელი უფრო მეტია, ვიდრე მიწის ზედაპირული.

მაშასადამე, ზედაპირული სხივის გავრცელება არაა დამოკიდებული იონისფეროს მდგომარეობაზე და ამიტომ მის მიერ შექმნილი არეს დაძაბულობა მიღების ადგილზე არ განიცდის ცვალებას დობას წლის და დღის დროს მიხედვით. რაც შეეხება ციურ სხივს მისი არეს დაძაბულობა მიღების ადგილზე დამოკიდებულია იონიზირებული ფენის სიმაღლეზე, ამიტომ გრძელი ტალღიან

გადამცემები უფრო შორს გაისმის ღამე და ზამთარში ვიდრე დღისითა და ზაფხულში.

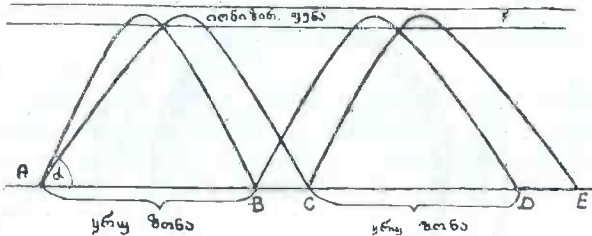
მოკლე ტალღები მცირე რაოდენობით შეიცავენ მიწის ზედაპირულ შეზადგენელს. აქ ციური შემადგენელი გამოსხივებული სიმაღლავრის თითქმის 95—98%-ს შეიცავს, ასე რომ მოკლეთალღიან ანტენის მიერ გამოსხივებული ელექტრომაგნიტური ენერჯია შეგვიძლია ზავთვალთ მთლიანად ციურ სხივად.

გავრცელების სიშორის მიხედვით მოკლე ტალღები დიდად დამოკიდებულია იონიზირებული ფენის სიმაღლეზე, დღე და ღამის და წლის დროზე.

ამავე დროს მოკლე ტალღებს ახასიათებთ ე. წ. ფედინგები და ყრუ ზონები. ფედინგი ეწოდება იმ მოკლენას, როდესაც მიღების ადგილზე არეს დაძაბულობა იცვლება. ეს გამოწვეულია იმით, რომ მიღების ადგილზე ერთმანეთს მოწინააღმდეგე ფაზაში ხვდებიან სხვადასხვა მანძილ გავლილი ერთი და იგივე სადღურის ტალღები, რითაც მცირდება არეს დაძაბულობა. ამ მოკლენას ებრძვიან მიმღებებში მგრძობიერობის ავტორეგულატორული სქემის შეტანით და სპეციალურ მიმღებ ცენტრებში ე. წ. „გატანილი“ ანტენების გამოყენებით, ე. ი. მიმღების შესასვლელს უერთებენ 2-ს ერთმანეთისაგან 2—3 ტალღის სიგრძის მანძილზე დაშორებულ მიმღებ ანტენებს.

რაც შეეხება ყრუ ზონებს, იგი გამოწვეულია იმით, რომ არ აღსებობენ მიწის ზედაპირული სხივები.

სურ. 168-ზე მოცემულია ჰორიზონტალურ სიბრტყეში დედამიწის  $AE$  ზედაპირი და  $F$  იონიზირებული ფენა. ვთქვათ,  $A$  წერტილში დგას გადამცემი, რომელიც რაღაც  $\alpha$  კუთხით განსაზღვრულ მიმართულებით ასხივებს ელექტრომაგნიტურ ენერგიას. როგორც ვხედავთ,  $AB$  მანძილზე სადგურის მიერ გამოასხივებული ტალღების მოქმედებას ადგილი არ აქვს,  $BC$  მანძილზე ისინი იძ-



სურ. 168.

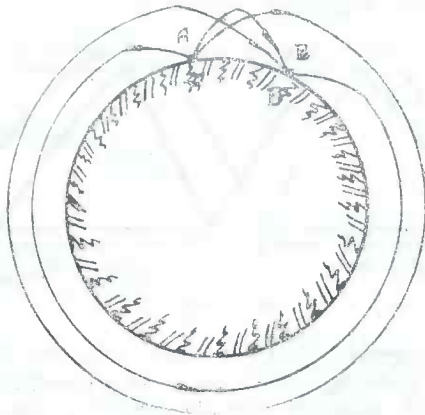
ლევიან არეს დაძაბულობას, შემდეგ შეორეჯერ არეკვლის შედეგად დედამიწის ზედაპირიდან  $CD$  მანძილზე ისევ არ გვაქვს არც დაძაბულობა და ა. შ.

აქ  $AB$  და  $CD$ . მანძილებს ეწოდება ყრუ ზონა, რადგანაც ამ ადგილებში მოკლეტალღიანი გადამცემის მიერ გამოსხივებული ტალღის მიერ შექმნილ არეს დაძაბულობას არ აქვს ადგილი.

რაც შეეხება ულტრამოკლე ტალღებს, მათთვის ბუნებაში არ გვაქვს იონიზაციის ისეთი ხარისხი, რომ უკუ-აქციოს ისინი და ამიტომ გადიან კოსმიურ სივრცეში. ზოგჯერ ეს ტალღებიც უკუიქცევიან ხოლმე, მაგრამ მას დროებითი, ე. ი. ეპიზოდური ხასიათი აქვს და მათი უკან დედამიწის ზედაპირზე მიღების ხანგძლივობა რამდენიმე საათს გრძელდება. ამიტომ ულტრამოკლე ტალღებით კავშირის დამყარება შეიძლება მხოლოდ და მხოლოდ ხილული მანძილის სიშორეზე.

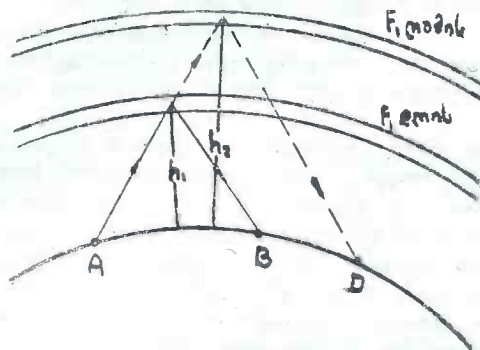
გარდა ამისა, მოკლე ტალღებს ახასიათებთ ე. წ. ეხოს მოვლენას ადგილი აქვს მაშინ, როდესაც ერთი და იმავე სადგურის მიერ ამოსხივებულ ორი სხივიდან ერთი რომელიმე დიდი მანძილის გავლის გამო განიცდის მიღების ადგილზე დაგვიანებას დროით. ეხოს შესაძლებელია ადგილი ექნეს რადიოტალღის დედამიწის ირგვლივ შემოვლის შედეგად, როგორც ეს სურ. 169-ზე ხანს. აქ  $A$  გადამცემია, ხოლო  $B$  მიმღები პუნქტი, სადაც ორი სიგნალი ხვდება ერთმანეთს, პირდაპირი და მიწის სფეროს გარს შემოვლილი. ცხადია, ეს უკანასკნელი უფრო მეტ მანძილს გადის, მაშასადამე, იგი ჩამორჩება პირდაპირ  $AB$  მანძილით და მიმღებში ერთი და იგივე სიგნალს მივიღებთ ორჯერ. გარდა ამისა ეხოს მოვლენას შესაძლებელია ადგილი ჰქონდეს მიწის სფეროს გარს შემოვლის გარეშე, თუ ორი სხივი იონიზირებულ ფენას დაეცემიან სხვადასხვა ადგილზე და გადატყდებიან ერთი მიმართულებით, მაშინ ამ სხივებს შორის ადგილი ექნება სვლის სხვაობას დროით და დაგვიანებული სხივი შექმნის ეხოს.

იონოსფეროს სიმაღლის და იონიზაციის ხარისხის ცვალებადობის გამო მოკლებულები სხვადასხვა სიმაღლეზე განიცდიან გადატეხას. ამიტომ გადამტეხი ფენის სხვადასხვა სიმაღლის დროს ტალღის გავრცელების სიშორეც იცვლება. სურ. 170-ზე მოცემულია იონოსფეროს მდებარეობის ორი პირობა.



სურ. 169.

ვთქვათ, გვაქვს  $F_1$  ფენა, რომლის სიმაღლე დღისით ტოლია რაღაც  $h_1$ -ის, მაშინ სხივი გადატეხის შემდეგ მოხვდება  $B$  წერტილში. თუ იგივე ტალღას განვიხილავთ ღამის პირობებში, ე. ი. როდესაც  $F_1$  ფენა უფრო მაღლა



სურ. 170.

დგას  $h_2$  სიმაღლეზე, მაშინ უდაოა სხივი  $B$  წერტილის მაგივრად  $D$  წერტილში შექმნის არეს დაძაბულობას.

თუ ჩვენ გვსურს  $B$  წერტილში ვიქონიოთ  $A$  გადამცემისაგან გამოსხივებული ელექტრომაგნიტური ენერჯიის მიერ შექმნილი მუდმივი არე, იძულებული ვიქნებით ღამით ტალღა ავიღოთ უფრო გრძელი, რათა მას ეყოს  $h_2$

მანძილზე არსებული იონიზაციის ხარისხი და მაშინ გადატეხა მოხდება იმ სიმაღლეზე, რა სიმაღლეზედაც გადატყდა უფრო მოკლე ტალღა დღისით, და B წერტილში მივიღებთ სასურველი არეს დაძაბულობას.

ამგვარად, მოკლე ტალღების ტექნიკაში გვაქვს დღის და ღამის ტალღები. ჩვენს მიერ გარკვეული მიზეზის გამო დღის ტალღა უფრო მოკლეა, ვიდრე ღამის. გარდა დღის და ღამის ტალღისა, დიდ სამაგისტრალიო რადიოკავშირის ხაზზე გამოიყენება ტალღები წლის დროების მიხედვითაც და ზოგჯერ იძულებული არიან ერთი დღის განმავლობაში მისი სიგრძე შეცვალონ 4—5-ჯერ და მეტად.

ამ მიზეზის გამო ცვლიან ხოლმე სამაუწყებლო რადიოსადგურის ტალღის სიგრძეს, დაწყებული 16 მეტრიანი დიპაზონიდან 19, 25, 31 და 49 მეტრამდე—ერთი დღე-ღამის განმავლობაში. ეს ტალღები უკეთ გადიან და ამიტომ ყველა სამაუწყებლო მიმღებში შევხვდებით მას, თუ იგი მოკლე ანდა ყველა ტალღოვანია.

**1. ზიგვადის დანიშნულება და მათი ტიპები**

თანამედროვე რადიომიმღები აპარატურა იყოფა ორ ძირითად ტიპად: სპეციალური და ინდივიდუალური.

სპეციალური, ანუ როგორც სხვანაირად უწოდებენ, პროფესიონალური მიმღებებს გამოიყენებენ განსაკუთრებული დანიშნულებისათვის, ხოლო ინდივიდუალური მოხმარების მიმღებების კი პირადი, ოჯახური გამოყენებისათვის.

თუ ინდივიდუალური მოხმარების მიმღების დანიშნულებაა მოგვცეს გამოსავლელში მარტო ბგერა — მათ ფართო მაუწყებლობის მიმღებს უწოდებენ, ხოლო თუ მიმღების საშუალებით შესაძლებელია მოძრავი გამოსახულების მზერა — მაშინ მას ტელევიზიური მიმღები ეწოდება.

იმ ქალაქებში, სადაც სწარმოებს სატელევიზიო გადაცემა, სატელევიზიო და ფართომუწყებლობის მიმღებს აერთიანებენ. ასეთ მიმღებებს ჩვეულებრივად ორი არხი აქვს. 1. ბგერითი სიხშირის და 2. სატელევიზიო არხი. პირველის პროდუქცია ბგერითი რხევებია, რომელიც დინამიკაში მექანიკურ რხევებად იქცევა, ხოლო მეორესი კი გამოსახულება და ჩანს კინესკოპის ეკრანზე.

სპეციალური მიმღები აპარატურა მრავალნაირია და თავიანთი გამოყენების მიხედვით უმთავრესად დაიყოფიან:

1. ტელეგრაფული სიგნალების მიმღები — გამოიყენება ორპუნქტს შორის ტელეგრაფული კავშირისათვის.

2. სატელეფონო მიმღები — გამოიყენება ტელეფონური მოლაპარაკებისათვის.

3. სანავიგაციო მიმღები აპარატურა — გამოიყენება საზღვაო საპერო ნავიგაციის დარგში და აქვს სპეციალური სახელწოდება: რადიონახევარკომპასი, რადიოკომპასი და რადიოავტოპილოტი.

4. რადიოლოკაციური მიმღები აპარატურა — ამ მიმღებების დანიშნულებაა გადამცემ რადიოლოკატორთან ერთად აწარმოოს გარემოს დაზვერვა და ობიექტამდე მანძილის განსაზღვრა — დღისით და ღამით, ნისლში და კარგ თუ ცუდ ამინდში.

5. ფოტოტელეგრაფული აპარატურა — ეს მიმღებები გამოიყენებიან ფოტოტელეგრამების და უძრავ გამოსახულებათა მისაღებად.

6. ტელემექანიკური მიმღები აპარატურა — ამ მოწყობილობის მეშვეობით შესაძლებელია ადგილიდან სხვა დანიშნულების დანადგარების და მოძრავი შემადგენლობის მართვა, როგორცაა: დაზგები, საპერო და საზღვაო ხომალდები, ტრაქტორი, კომბაინები და სხვა.



როგორც სპეციალური, ისე ინდივიდუალური მიმღებების მუშაობის პრინციპი მცირედ განსხვავდება ერთმანეთისაგან. განსხვავება იმაშია, რომ რადიოსადგურის მიერ გადაცემულ სიგნალებს ერთი ბგერით რხევად აქცევენ. მეორე კი სინათლის სხიურ ენერგიად და შეგვიძლია ვუწვიროთ; სხვა კი მიღებულ სიგნალებს მექანიკურ ენერგიად ქმნის და ჩვენი ნების მიხედვით შეგვიძლია შორიდან ვმართოთ დანადგარი.

მაგალითად, რადიოლოკაციის მიმღები მცირედი დროის ინტერვალში ლებულობს ადგილზე მყოფი გადამცემის და იმავე გადამცემის მიერ გამოსხივებული ელექტრომაგნიტური ტალღის დასაზვერ ობიექტიდან არეკილ სიგნალებს და ეკრანზე გვიჩვენებს ამ ორ სიგნალების სვლის სხვაობას დროით, რითაც შეგვიძლია გავიგოთ დასაზვერ ობიექტის სიშორე და გადაადგილების სისწრაფე. რადიოავტოპილოტი კი თავის გამოსასვლელში მიღებულ ე. მ. ძ. გადასცემს სპეციალურ ძრავებს. ეს უკანასკნელი კი ავტომატურად მოქმედებენ საჭაერო ხომალდის საჭეებზე, რის საშუალებით პილოტს შეუძლია ნებაზე მიუშვას თვითმფრინავი, ალბუელი კურსიდან გადახრის საშიშროების გარეშე.

ქვემოთ ჩვენ განვიხილავთ ჯერ რადიომიმღების უმარტივეს სახეებს და ნაწილებს, შემდეგში კი შევუდგებით რადიოსამაუწყებლო მიმღებების ცალკეული აგრეგატების განხილვას.

## 2. დეტექტორული მიმღები

დეტექტორული მიმღები ყველაზე უფრო მარტივი მიმღებია. სურ. 171 მისი მთავარი ნაწილებია: 1. *A* ანტენა, 2. კონტური *Lk, Ck*, 3. დეტექტორი *A* და 4. ტელეფონი *T*. კონტური, რომელიც შედგება *Lk* და *Ck*, თვითინდუქციასა და ტევადობისაგან ჩვენთვის საკმაოდ ცნობილია. როდესაც ვცვლით *Ck*, კონდენსატორის ტევადობას, ამით იცვლება კონტურის საკუთარი სიხშირე. ანტენაზე კი მოქმედებს რომელიმე რადიოსადგურის მიერ შექმნილი ელექტრომაგნიტური არე, რომლებსაც განსაზღვრული სიხშირე აქვთ. დაემთხვევიან თუ არა ანტენიდან შემომავალი და კონტურის საკუთარი სიხშირეები ერთმანეთს, მაშინვე კონტურის *a b* წერტილებს შორის მივიღებთ მაქსიმალურ პოტენციალთა სხვაობას, და დეტექტორში გაივლის გადამცემის შესაბამისი მაღალი სიხშირის დენი.

უტკვათ, ის გადამცემი, რომელზეც აწყობილია მიმღების კონტური, არ მოდულირდება, ე. ი. მის მიერ გამოსხივებული ენერგია ბგერითი სიხშირის მიხედვით არ იცვლება; ამავე დროს დაფუძვით, რომ დეტექტორი მოკლედ ჩართულია, ე. ი. ტელეფონსა და კონტურს შორის არსებობს პირდაპირი კავშირი, მაშინ ტელეფონში არავითარ ხმას არ გავიგონებთ. ასეთივე მოვლენას ეწეება ადგილი, თუ მისაღები სადგური მოდულირებული სიხშირის ამოსხივებას დაიწყებს. ეს იმიტომ, რომ ტელეფონის მემბრანა ვერ შესძლებს აყვეს ასეთ დიდ სახშირეს, რომელსაც გამოასხივებს რადიოსადგური.

გადაცემული სიგნალები ანდა მუსიკა რომ მოვისმინოთ ტელეფონში განხილული დეტექტორული მიმღებით, ამისათვის საჭიროა ორი აუცილებელი პირობა:

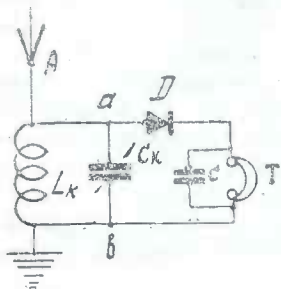
1. გვეკონდეს გადამცემ სადგურის მიერ არანაკლებ 2-3 ათასი მიკროვოლტი არეს დაძაბულობა.

2. სქემაში ჩართული იქნეს დეტექტორი.

რადიოტექნიკაში დეტექტორი გვხვდება სამგვარი:

1. კრისტალიანი დეტექტორი,
2. მილაკ-დეტექტორი,
3. კუპროქსული დეტექტორი.

დეტექტორულ მიმღებებში გამოიყენება კრისტალური ანუ, როგორც უწოდებენ, კონტაქტური დეტექტორი; რაც შეეხება მილაკ-დეტექტორებს, იგი დამოკიდებულია მილაკის მუშაობის რეჟიმზე და თითქმის ყველა ელექტრონული მილაკი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს დეტექტორად. რაც შეეხება კუპროქსულ დეტექტორებს, ისინი გამოიყენებულია სპეციალურ რადიოხელსაწყოებში და განმარტვებებში, სადაც საკმაოდ დიდი დენის დეტექტირება ანუ გამართვა საჭირო.



სურ. 171.

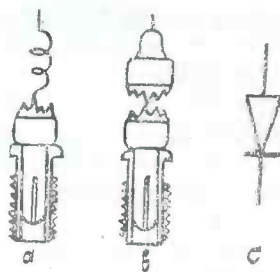
კრისტალებს, რომლებიც გამოიყენება დეტექტორად, ახასიათებს ერთმხრივი გამტარებლობა, რაც აიხსნება მათი პიეზოელექტრონული თვისებებით. ასეთი კრისტალებია:

გალენი, თუთიის ქანგი, ხალკობირიტი და სხვა\*).

სურ. 172 ა-ზე ნაჩვენებია ზამბარიანი დეტექტორი, მას ახასიათებს დენის ერთმხრივი მიმართულებით ნაკლები და მეორე მიმართულებით მეტი წინაღობა, როდესაც მის ზედაპირს ზამბარა ეხება. ამგვარად, ლითონის და კრისტალის შეხების ადგილზე იქმნება კონტაქტი, რომელსაც ახასიათებს ერთი მიმართულებით დენის კარგად გატარება, ხოლო მოწინააღმდეგე მიმართულებით კი სუსტი. სურ. 172 ბ-ზე კი ნაჩვენებია დეტექტორის აღნიშვნა სქემებში.

დეტექტორულ წყვილად გამოიყენება უმთავრესად: გალენი და ფოლადის ზამბარა, გალენი და სპილენძის ზამბარა და სხვა.

დეტექტორის მგრძობიარობა დამოკიდებულია შეხების ადგილის შერჩევაზე, რაც იმის მაჩვენებელია, რომ კრისტალი ყველგან ერთნაირი მგრძობიარე არ არის და მუშაობისათვის საჭიროა შერჩეულ იქნეს მგრძობიარე ადგილი. აგრეთვე უნდა გვახსოვდეს, რომ კრისტალსა და გამტარს შორის შეხების ადგილი მცირე უნდა იყოს, ე. ი. ზამბარა უნდა იყოს მახვილწვერიანი.



სურ. 172.

\*) ამჟამად კრისტალიანი დეტექტორი გამოყენებას პოულობს დეციმეტრული და სანტიმეტრული ტალღების ტექნიკაში, როგორცაა რადიოსალოცაციო სადგურები და სხვა, რადგანაც აღმოჩნდა, რომ კრისტალიანი დეტექტორი ამ ტალღებისათვის უფრო ეფექტურია, ვიდრე ელექტრონული მილაკი.

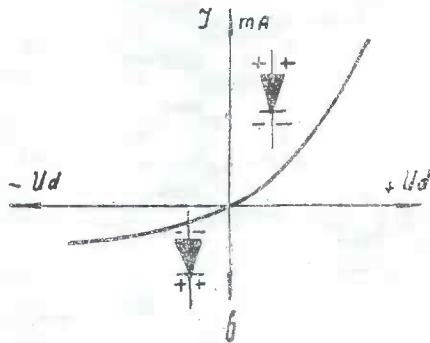
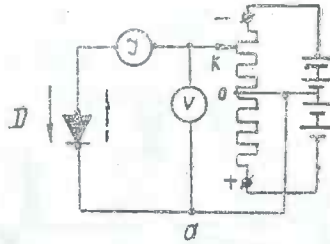
როდესაც გამოყენებულია ორი კრისტალი, მაგალითად, თუთიის ჟანგი და ხალკობირიტი, მაშინ კრისტალები ერთმანეთს მახვილი წვეტებით უნდა ეხებოდეს. სურ. 172 *b*

ყველა დეტექტორს — კრისტალური იქნება იგი, კუპროქსული თუ მილაკიანი, ახასიათებთ ერთი საერთო თვისება, რაც იმაში გამოიხატება, რომ ერთი მიმართულებით დენს კარგად ატარებს, მეორეთი კი სუსტად:

დეტექტორის თვისებაზე წარმოდგენას გვაძლევს მისი ე. წ. ვოლტამპერული მახასიათებელი, რომელიც ნათელ სურათს იძლევა, თუ რამდენად გამართავს მოცემული დეტექტორი მასზე მოდებული ცვალებად დენს. სურს. 173 *a*-ზე მოცემულია დეტექტორის ვოლტამპერული მახასიათებლის გადასაღები სქემა. ვოლტმეტრი გვიჩვენებს მიღებულ ე. მ. ძ., ხოლო მილიამპერმეტრი დეტექტორში გამავალი დენის ძალას, რომლის ერთი ბოლო მიერთებულია პოტენციომეტრის შუა წერტილში ე. წ. ნულოვანი პოტენციალის (0) მისაღებად.

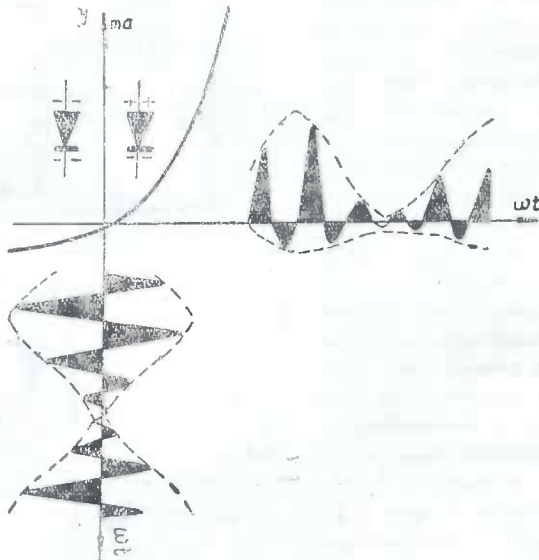
მცოცი *k*-ს საშუალებით შეგვიძლია მაქსიმალური პლიუსი (+) მნიშვნელობიდან მაქსიმალურ მინუს (-) მნიშვნელობამდე ცვცალოთ დეტექტორზე მოდებული ე. მ. ძალა. როდესაც *D* დეტექტორზე დადებითი პოტენციალია მოდებული, მაშინ მასში გამავალი დენის მნიშვნელობა მეტი იქნება და მიმართება ისე, როგორც მთლიანი ისრითაა ნაჩვენები, ხოლო მაშინ როდესაც დეტექტორზე უარყოფითი პოტენციალია, დენის მიმართულება შეიცვლება ისე, როგორც პუნქტირითაა ისრითაა ნაჩვენები, მაგრამ მისი სიდიდე გაცილებით უფრო მცირე იქნება, ვიდრე პირველ შემთხვევაში, რაც იმის მაჩვენებელია, რომ ამ მიმართულებით იგი დენს გაცილებით სუსტად ატარებს, ე. ი. მეტი წინაღობა აქვს. თუ მიღებულ ოდენობებს გადავდებთ კოორდინატთა სისტემაში, მივიღებთ სურ. 173 *b*-ზე მოცემულ მრუდს. როგორც ვხედავთ, მისი ერთი ბოლო უფრო აღმართულია და მოცემულ პოტენციალის დროს საკმაოდ დიდ დენს ატარებს უკუმიმართულულებასთან შედარებით.

როდესაც სურ. 171-ზე მოყვანილ სქემის  $Lk Ck$  კონტურში გვაქვს მოდულირებული სიხშირის რეზონანსი, მაშინ ცხადია, რომ დეტექტორზე მოდებული მაღალი სიხშირის დადებითი ნახევარპერიოდები, როგორც ეს სურ.



სურ. 173.

174-ზე ნაჩვენებია, წრედში შექმნიან სრული ამპლიტუდის დენებს, ხოლო უარყოფითი პერიოდები კი შესუსტებულს. რადგანაც მაღალი სიხშირის ამპლიტუდა იცვლება ბგერითი სიხშირის მიხედვით, ამიტომ მოდულირებულ სიხშირიდან დეტექტირების შედეგად გამოიყოფა ერთ-ერთი გვერდითი სიხშირე, (სურ. 174) და ტელეფონზე იმოქმედებს არა მაღალი სიხშირე, არამედ დაბალი ბგერითი სიხშირე, რასაც თავისუფლად აყვება ტელეფონის მემბრანა.



სურ. 174.

დეტექტორიანი მიმღები იაფი და ადვილი მოსახმარია, მაგრამ საკიროებს დიდი არეს დაძაბულობას (არანაკლებ 2—3 ათას მიკროვოლტმეტრამდე).

დეტექტორული მიმღების ერთ-ერთ დადებით თვისებას წარმოადგენს ბგერითი სიხშირეების მინიმალური დამახინჯება და არ საკიროებს სპეციალურ კვების წყაროს.

დეტექტორი ყველა მიმღების განუყოფელი ნაწილია, განსხვავება მხოლოდ და მხოლოდ იმ საშუალებაშია, თუ რა ხერხით ხდება დეტექტირება. ე. ი. ბალური დეტექტირებაა თუ ანოდური ანდა დიოდური. მაგალითად, უმარტივეს უმილაკო მიმღებში დეტექტირებას ახდენს კრისტალური დეტექტორი, ხოლო მილაკიან მიმღებებში, როგორც ქვემოთ გავეცნობით, ელექტრონული მილაკი.

ამგვარად, რა ტიპისაც არ უნდა იყოს მიმღები, სულერთია, მასში აუცილებლად არის დეტექტორი, და როგორც სახელწოდება გვიჩვენებს, იგი მიმღების ის ნაწილია, რომლის საშუალებით მოდულირებულ სიხშირიდან ხდება ბგერითი სიხშირის გამოყოფა.

გარდა რადიომიმღებისა, მილაკ-დეტექტორის ამა თუ იმ სახეს ფართო გამოყენება აქვს სადენიან კავშირგაბმულობის საქმეში. მაგ. მაღალსიხშირიანი საქალაქთაშორისო სატელეფონო ქსელში. გამოიყენება აგრეთვე სხვადასხვა-გასაზომ ხელსაწყოებში, საექსპერიმენტო მოწყობილობებში და სხვა.

### 3. დიოდური და ბადური დეტექტირება

ელექტრონული მილაკების გამოკვლევისას შევამჩნიეთ, რომ იგი, დენს ერთ მხრივ ატარებს. მილაკის ეს თვისება სასებით ანალოგიურია კრისტალური დეტექტორის მიერ დენის ერთმხრივი გატარების თვისებასთან.

ამგვარად, ნებისმიერი მილაკი შე-საძლებელია გამოყენებულ იქნეს დეტექტორად თუ მას სათანადო რეჟიმში ჩა-ვაყენებთ.

დეტექტირების ხერხის მიხედვით მილაკდეტექტორები გამოიყენებიან როგორც: 1. დიოდური დეტექტორი, 2. ბადური დეტექტორი და 3. ანოდური დეტექტორი. განვიხილოთ თითოეული მათგანი.

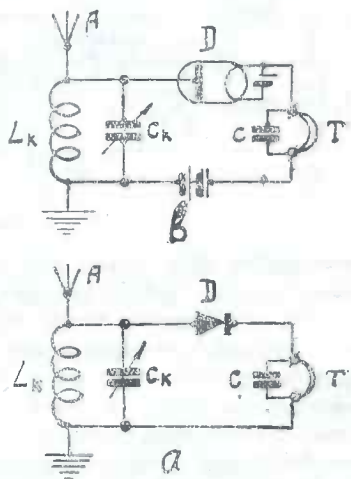
დიოდური დეტექტირების დროს გამოყენებულია ჩვენს მიერ ზემოთაღნიშნული მილაკის თვისება. სურ. 175-ზე თვალსაჩინო შედარებისათვის მოცემულია როგორც დეტექტორული (175 ა) ისე დიოდდეტექტორებულის სქემა (175 ბ). როგორც ვხედავთ, ამ ორ მოყვანილ სქემებს შორის განსხვავება მხოლოდ და მხოლოდ იმაშია, რომ კრისტალური დეტექტორი შეცვლილია ორელექტროდინი ნილაკით. დიოდურ დეტექტორს აქვს როგორც უარყოფითი, ისე დადებითი თვისება.

დადებით თვისებებს მიეკუთვნება:

1. გამოყოფილ დაბალ სიხშირეში არ შეაქვს თითქმის არაერთი დამახინჯება და უზრუნველყოფს მის ზუსტ აღდგენას, რასაც დიდი მნიშვნელობა აქვს მხატვრული გადაცემის სისრულით აღდგენაში.

2. არ ეშინია ნორმალურზე უფრო 5—10 ჯერ მეტი გადატვირთვისა, რაც უზრუნველყოფს მიწოდებული დიდ ამპლიტუდინი იმპულსების ზუსტ აღდგენას. უარყოფით თვისებებს მიეკუთვნება:

1. იგი ნაკლებად მგრძობიარეა, რის გამო ანოდზე საჭიროა მოდებულ იქნეს 1—2 ვოლტამდე მაღალი სიხშირის ბაძვა, რის გამო დიოდური დეტექტორის ნორმალურ მუშაობისათვის საჭიროა მიმღებში გვეკონდეს მაღალი სიხშირის გამაძლიერებელი.

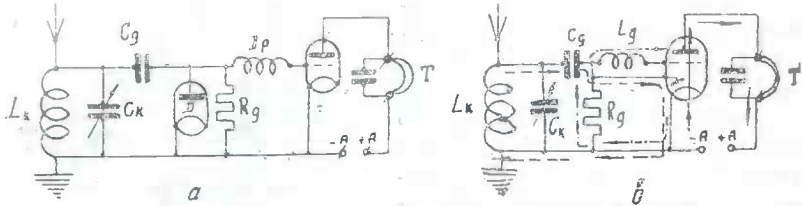


სურ. 175.

2. დიოდ-დეტექტორი საშუალებას არ გვაძლევს მიმღებში გამოვიყენოთ ე. წ. უკუქცევითი კავშირი, რადგანაც მიმღების ანომრჩველობის შემცირებას იწვევს.

დიოდური დეტექტორის ზემო ჩამოთვლილი დადებითი თვისებების შენარჩუნებასთან ერთად, შესაძლებელია თავიდან იქნეს აცილებული მისი უარყოფითი მხარეები სპეციალური კონსტრუქციის მილაკების გამოყენებით, როგორცაა: დიოდ-ტრიოდი, დიოდ-პენტოდი და აგრეთვე სპეციალური მაღალი სიხშირის პენტოდების გამოყენებით, რის დროსაც შესაძლებელია გაძლიერების აყვანა დიდ სიდიდემდე.

სურ. 176-ზე. მოცემულია ორი სქემა: 176 *a*-დიოდური დეტექტორი გამოყოფილი ბგერითი სიხშირის შემდეგი გაძლიერებით, და 176 *b*-დიოდ-



სურ. 176.

ტრიოდულიმა სქემა, სადაც ერთ და იმავე დროს ერთი მილაკი ორ ფუნქციას ასრულებს. სქემებში ჩართული  $L_g$  ასრულებს მამლოკირებელ თვითინდუქციის დანიშნულებას, რითაც თავიდან ვიცილებთ კონტურის მაღალი სიხშირის მოქმედებას ტრიოდის ბადეზე.  $C_g$  კონდენსატორი საშუალებას არ აძლევს დეტექტორზე გამოყოფილ დაბალ სიხშირეს, კონტურის თვითინდუქციის  $L_k$  კოჭის გავლთ მოკლედ ჩაირთოს. დეტექტირებული დენი გაივლის  $R_g$  წინალობაში და ამის შედეგად მილაკის ბადეზე გვექმნება დაბალი სიხშირით ცვალებადი პოტენციალი, რის საშუალებითაც ხდება კათოდიდან ამოსხივებულ ელექტრონების ნაკადის მართვა და ბგერითი სიხშირის გაძლიერება. სურ. 176*b* მთლიანი ისრით ნაჩვენებია გაძლიერებული დენის წრედი, წყვეტილი ისრით მოდულირებული მაღალი სიხშირის დენის წრედი, ხოლო წერტილხაზიანი ისრით კი დენის მიმართულება, რომლითაც მილაკის ტრიოდულ ნაწილის ბადეზე მოქმედებს დეტექტირების შედეგად მიღებული დაბალი სიხშირის ძაბვა.

სურ. 176*b* ნაჩვენებია სქემა საშუალებას იძლევა ერთი და იგივე მილაკით ერთდროულად მოვახდინოთ დეტექტირებაც და გაძლიერებაც. რიგის მიხედვით ჯერ ხდება დეტექტირება და შემდეგ კი გაძლიერება.

ბადური დეტექტირება ეწოდება დეტექტირების იმ რეჟიმს, რომელიც საშუალებას გვაძლევს მოდულირებული სიხშირიდან ბადის დენების საშუალებით მოვახდინოთ ბგერითი სიხშირის გამოყოფა.

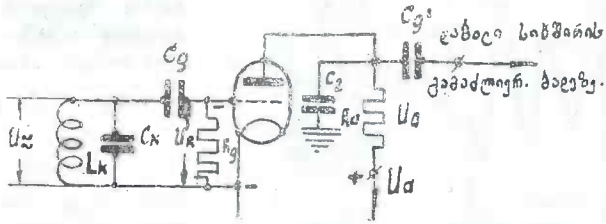
როგორც სახელწოდება გვიჩვენებს, ბადური დეტექტირება ბადის დენების მეშვეობით ხდება. ამავე დროს ვიცით, რომ ბადის დენები სიდიდით მცირეა და მისი მახასიათებელი ნაკლებადაა აღმართული. მაშასადამე, ბადის დენების დასარჩევად მცირე ელექტრო-მამოძრავებელი ძალაა საჭირო.



თვალსაჩინოებისათვის განვიხილოთ სურ. 177, სადაც ნაჩვენებია სამედექტრონიანი მილაკი და მისი ბადის და კათოდის წრედში ჩართული წინაღობა და ტევადობა  $R_g$  და  $C_g$ .  $L_k$  და  $C_k$  კონტურში არსებული პროცესი შეგვიძლია-ორნაირ პირობებში განვიხილოთ, სახელდობრ:

1. როდესაც კონტურში მოქმედებს მხოლოდ და მხოლოდ გამტანი სიხშირე და
2. როდესაც კონტურში მოქმედებს დაბალი სიხშირით მოდულირებული გამტანი სიხშირე;

განვიხილოთ ამ ორ პირობიდან რა მოვლენას ექნება ადგილი, როდესაც კონტურ  $L_k$   $C_k$  მოქმედებს მარტო გამტანი სიხშირე: მმართველ ბადეზე მო-



სურ. 177.

დებული ცვლადი ძაბვის ყოველ მეორე ნახევარპერიოდის განმავლობაში გვექნება დადებითი პოტენციალი, მაშასადამე, ბადეზე ადგილი ექნება ელექტრონების დაგროვებას.

დაგროვებული ელექტრონები  $I_{g0}$  დენს შექმნის  $R_g$  წინაღობაში და ბადეზე კათოდის მიმართ მივიღებთ  $U_r$  უარყოფითი პოტენციალს, ხოლო გამტანი სიხშირის ძაბვა  $C_g$  კონდენსატორის გავლით უშუალოდ მოქმედებს ბადეზე. მაშასადამე, როდესაც კონტურში არადაამოდულირებული სიხშირეა, მაშინ ბადის დენის ორი შემადგენელი გვაქვს: მუდმივი  $I_{g0}$  და მაღალი-ანუ გამტანი სიხშირის ცვლადი შემადგენელი  $I_g \approx$ . როდესაც კონტურში მოდულირებული რხევებია, მაშინ ბადის დენს აქვს სამი შემადგენელი: მუდმივი ( $I_{g0}$ ), მაღალი სიხშირის ( $I_g \approx$ ) და ბგერითი სიხშირის ( $I_{g\Omega}$ ), ე. ი. როდესაც კონტურში მოდულირებული სიხშირე მოქმედებს, მაშინ ბადის წრედში გვაქვს დენი ტოლი:

$$I_g = I_{g0} + I_g \approx + I_{g\Omega} \tag{203}$$

დეტექტირება ან მაღალი სიხშირიდან ბგერითი სიხშირის გამოყოფა რომ მოხდეს, ამისათვის საჭიროა მილაკის ბადის წრედში ჩართული  $C_g$  და  $R_g$  არჩეული იყოს ისე, რომ  $C_g$  თავისუფლად ატარებდეს მხოლოდ და მხოლოდ მაღალ სიხშირეს, ხოლო ბგერითი და მუდმივი შემადგენელი გადიოდეს  $R_g$  წინაღობაში.

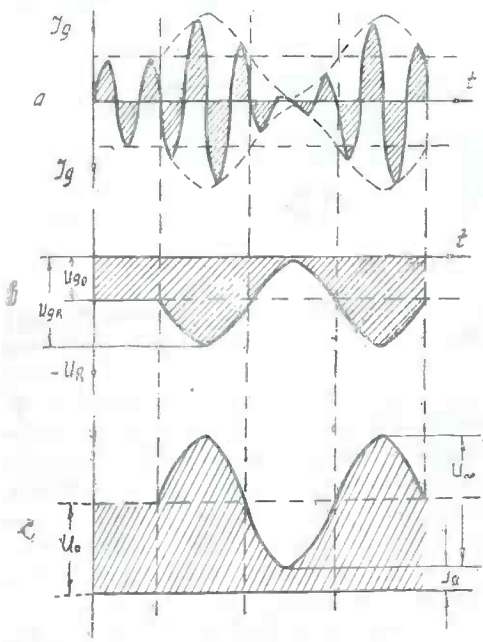
სურ. 178-ზე მოცემულია დენის და ძაბვის გრაფიკი 177 სქემის სათანადო წრედებში. როგორც ვხედავთ, გრაფ. 178 a გვიჩვენებს მოდულირებულ მაღალ სიხშირის ძაბვას, რომელიც მოქმედებს  $L_k$   $C_k$  კონტურში და  $C_g$  კონდენსა-



ტორის გავლით მოდებულია შილაკის ბადებსა და კათოდს შორის და ხდება დეტექტირება, რის შემდეგ  $R_g$  წინაღობაში გადის დეტექტირების შედეგად მიღებული დენი და ვლუმბობთ ძაბვის ვარდნას

$$-U_R = R_g(-I_{g0} \pm I_{\Sigma}) \quad (204)$$

ამ ძაბვის ვარდნის ფორმა მოცემულია გრაფიკ 178 ბ-ზე და, როგორც ჩანს, იგი მილაკის ბადის მიმართ იცვლება უარყოფითი სიდიდით, რის შედეგად მილა-



სურ. 178.

და აშუქტირებს მას. სურ. 178ბ-ზე კი ნაჩვენებია  $R_g$ -ზე უკვე საბოლოოდ გამოყოფილი ბგერითი სიხშირის ძაბვა, რომელიც მივიღეთ დეტექტირების შედეგად და, როგორც ვხედავთ, იგი წარმოადგენს მაღალი სიხშირის ანუ გამტანი სიხშირის შემომწერს.

ბაღური დეტექტორების სწორი მუშაობისათვის ერთ-ერთ აუცილებელ პირობას წარმოადგენს სიდიდე  $R_g$  და  $C_g$ -ის სათანადო შერჩევა\*).  $R_g$  და  $C_g$  ერთად უწოდებენ „გრიდიკს“, ხოლო მათ რიცხობრივ ნამრავლს, ე. ი.  $R_g \cdot C_g$  ეწოდება „დროის მუდმივა“, რადგანაც ამ ორ პილიდის ნამრავლს განსაზღვ-

ვა  $U_a$  შეიცვლება მოწინააღმდეგე ტაქტში, ეს ნათელია თუნდაც იქიდან, რომ

$$-U_r = R_g(-I_{g0} \pm I_{\Sigma}) = -U_{g0} \pm U_{gRg} \quad (205)$$

სადაც  $U_{gRg}$  იცვლება ბგერითი სიხშირის მიხედვით და  $U_r$ -ს მუდმივად აქვს უარყოფითი მნიშვნელობა კათოდის მიმართ.

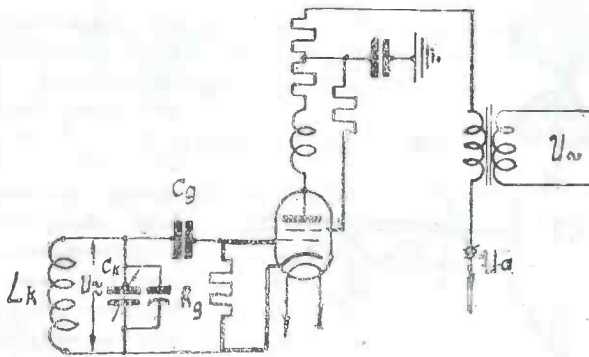
დაბალი სიხშირის პოტენციალის გარდა, ბაღურე მოქმედებს გამტანი ანუ მაღალი სიხშირის ძაბვაზე, რის გამო ანოდის დენი შეიცავს დენის მაღალი სიხშირის შემადგენელსაც, რომლის თავიდან ასაცილებლად საჭიროა ანოდის წრედში ჩართოს კონდენსატორი  $C_g$  (სურ. 177), იგი მაღალი სიხშირის დენისათვის მცირე წილობას წარმოადგენს

\*)  $R_g$  აღებული უნდა იქნეს ომებში, ხოლო  $C_g$  კი ფარადებში.

რაც ბადის წრედში დაგროვილ ელექტრულ მუხტების დაცლის დროს წამებში, და არ უნდა იყოს 0,0005 წამზე მეტი. ამ დროის განმავლობაში კონდენსატორმა  $C_g$  მიღებული ელექტრული ტვირთი  $37\%$ -მდე უნდა „დაკარგოს“, პრაქტიკულად  $C_g$ -ს იღებენ  $100 \div 500$   $\mu F$ -დე, ხოლო  $R_g$  კი 1—2 მეგომამდე. ჩვეულებრივად  $R_g$ -ს იღებენ მილაკის შინაგანი წინაღობის  $R_i$ -ზე  $10 \div 20$ -ჯერ მეტს.

იმ შემთხვევაში, როდესაც დაცლის დრო არ უდრის 0,0005 წამს, ადგილი ექნება დიდ დამახინჯებას, სახელდობრ, მიმღები იწყებს „ბლუკუნს“ და თუ იგი მეტია 0,0005 წამზე, მაშინ სიტყვების ბოლო ყოველთვის იკარგება, ხოლო დასაწყისში ადგილი აქვს წამოყვირებას.

სურ. 179-ზე მოცემულია ბადური დეტექტორების ერთ-ერთი შესაძლებელი სქემა ტეტროდზე აქ გრიდლიკს წარმოადგენს  $R_g$  და  $C_g$ . კონტური



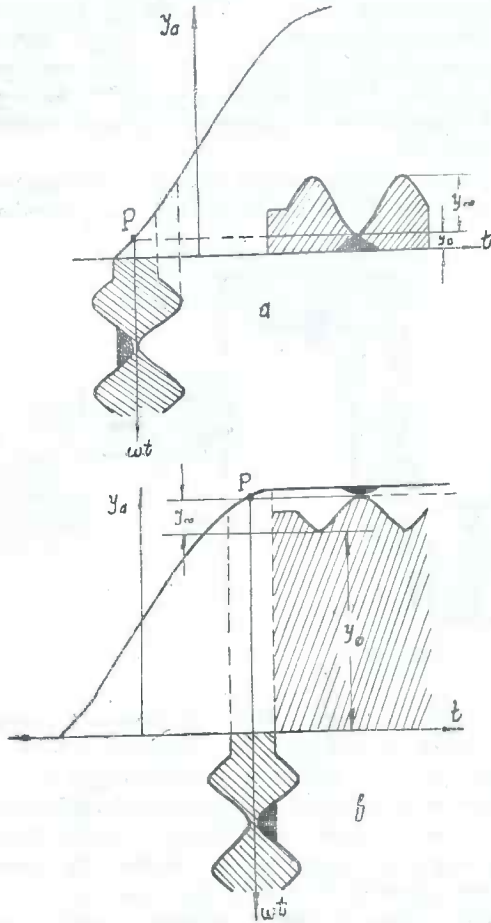
სურ. 179.

$L_k$   $C_k$  მომკერებზე მომკმედი მაღალი სიხშირის ძაბვა მოდებულია მილაკის მძარტველ ბადესა და კათოდს შორის  $C_g$  კონდენსატორის ვაკეით. იმ მომენტში, როდესაც მართველ ბადეზე დადებითი პერიოდებია, ადგილი აქვს ბადის დენს, რომელიც  $C_g$  კონდენსატორის შემონაფენებზე ქმნის მუდმივ პოტენციალს და იცლება  $R_g$  წინაღობით კათოდის წრედში, რის შედეგად ბადის წრედში ვლტულობთ ძვრის  $E_g$  ძაბვას და დეტექტორის სამუშაო წერტილს აადგილებს ბადის წრედის მახასიათებლის ჩვენთვის სასურველ ადგილზე.

რადგანაც კონტურში მომკმედი მაღალი სიხშირე მოდულირებულია, ამიტომ დეტექტირების შედეგად ბადის წრედში ადგილი ექნება ძაბვის ისეთ სახეს, როგორც ეს სურ. 178 *ა*-ზეა ნაჩვენები. ამგვარად,  $R_g$  წინაღობაზე გვექნება ძაბვის ვარდნის ცვალებადობა ბგერითი სიხშირის იმპლიტუდის ცვალებადობის მიხედვით, რის შედეგად სურ. 179-ზე ნაჩვენებ მილაკის მართველ ბადეზე იმოკმედებს ბგერითი სიხშირის ძაბვა და ანოდის წრედში მივიღებთ მამოდულარებელი ანუ ბგერითი სიხშირის დენს.

#### 4. ანოდური დეტექტირება

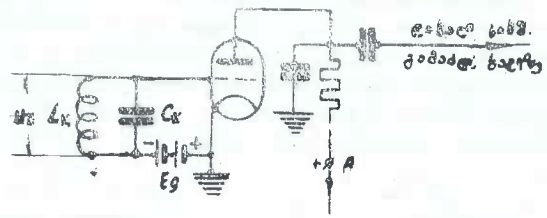
თუ ბაღური დეტექტირების დროს დეტექტირება ანუ, როგორც განვიხილეთ, მაღალი სიხშირიდან ბგერითი სიხშირის გამოყოფა ხდებოდა ბადის დენების მეშვეობით, ანოდური დეტექტირების დროს ბადის დენები მონაწილეობას არ ღებულობენ, არამედ დეტექტირება ანოდის დენის საშუალებით ხდება; ამიტომ ანოდური დეტექტირებისათვის შესაძლებელია გამოვიყენოთ მილაკის მახასიათებლის როგორც ზედა, ისე ქვედა მოღუნული ნაწილი. უფრო ხშირად დეტექტირებისათვის მახასიათებლის ქვედა მოღუნულ ნაწილს იყენებენ, რადგანაც დენის მუდმივი შემადგენელი მცირეა და ანოდის კვებაზე იხარჯება ნაკლები ელექტროენერგია, რაც ნათლად ჩანს სურ. 180 ა-ზე მოყვანილი გრაფიკიდან, სადაც გამოყენებულია მახასიათებლის ქვედა მოღუნული ნაწილი, ხოლო 180 ბ-ზე კი მახასიათებლის ზედა მოღუნული ნაწილი. ამავდროს, როდესაც მუშა წერტილი  $P$ , ზედა მოღუნულ ნაწილშია, მაშინ უდაოა, ბადის დენებაც ექნება ადგილი, რაც გამოიწვევს დიდ დამახინჯებებს. სურ. 181-ზე მოცემულია ანოდური დეტექტირების სქემის ერთ-ერთი ვარიანტი.



სურ. 180.

ანოდური დეტექტირების დროს საჭიროა უფრო მეტი ამპლიტუდიანი სიგნალები, მაშასადამე, იგი სუსტი სიგნალების მიმართ ნაკლებად მგრძნობიარეა, რაც ანოდური დეტექტირების ერთ-ერთ და მთავარ უარყოფით მხარედ ითვლება. სამაგიეროდ, თუ ბაღური დეტექტირების დროს მძლავრი იმპულსები გამოიწვევდა წრედის გადატვირთვას, ანოდური დეტექტირებისათვის

თამამად შეიძლება გვეკონდეს დიდი ამპლიტუდები. ძაბვის ნორმალურ ამპლიტუდად ითვლება 2 ვოლტზე მეტი პოტენციალი, ბაღური დეტექტირების დროს კი დასაშვებია მისი ცვალებადობა 0,2—1,4 ვოლტის ფარგლებში.

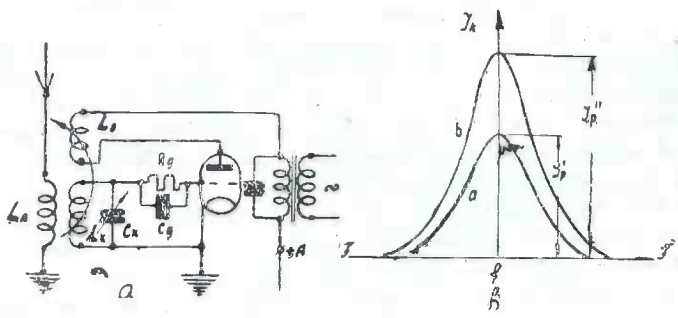


სურ. 181.

ამეამად, როგორც ანოდური, ისე ბაღური დეტექტირება იშვითად იხმარება. უფრო ხშირად იყენებენ ჩვენს მიერ განხილულ დიოდურ დეტექტირებას, რომელსაც მძლავრ დეტექტირებას უწოდებენ.

**5. რეგენერაციული მიღება**

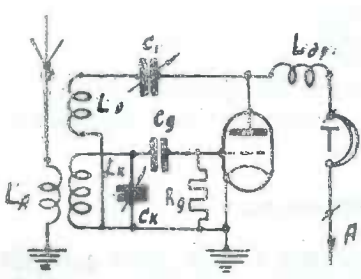
მილაკიანი მიმღებების განვითარების პირველ ხანებში დიდი გამოყენება ჰქონდა ე. წ. რეგენერაციულ მიმღებებს. ასეთ მიმღებებს დიდი მგრძობ-



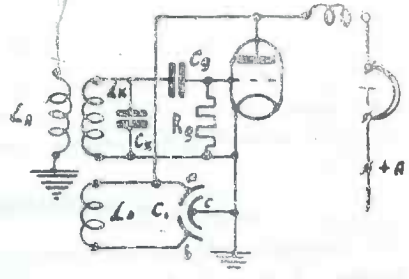
სურ. 182.

ბიარობა ახასიათებთ და როგორც წესი, მათში გამოიყენება ბაღური დეტექტირება. სურ 182-ზე მოცემულია რეგენერაციული სქემის ერთ-ერთი ვარიანტი, სადაც  $L_o$  წარმოადგენს ე. წ. უკუტყევეთი კავშირის კოქას, რომელიც ინდუქტიურად დაკავშირებულია კონტურ  $L_k C_k$ -სთან. სურ. 182 ბ-ზე მოცემულია  $L_k C_a$  კონტურის რეზონანსული მრუდეები, სადაც  $a$  მრუდი წარმოადგენს კონტურის რეზონანსულ მრუდს, როდესაც უკუტყევეთი კავშირი არ გვაქვს; ხოლო მრუდი  $b$  კი, როდესაც უკუტყევეთი კავშირი გვაქვს. მიმღების მგრძობიარობის გაზრდა გამოწვეულია მილაკის ანოდის წრედში გაშვავალი  $I_a$  დენის მიერ  $L_o$  კოქის ვარშემო შექმნილი მაგნიტურ არეს ძალხაზების  $L_k$  თვით-

ინდუქციის გადაკვეთით, რომელშიც ინდუქტირდება დამატებითი ე. მ. დ. როდესაც რხევად კონტურებს შევხებით, აღვნიშნეთ, რომ რაც უფრო მახვილია კონტურის რეზონანსული მრუდი, მით უფრო მეტია მისი მგრძობიარობა. ამ პირობისათვის კი საჭიროა კონტურის ომური წინალობა მცირე იყოს. უკუქცევითი კავშირის გამოყენებით  $L_k C_k$  კონტურის მგრძობიარობა, მასზე მომქმედ სისშირთა მიმართ იზრდება, საშასადამე, მისი ომური წინალობა თითქოს მცირდება. სინამდვილეში  $L_k C_k$  კონტურის ომურ წინალობის შემცირებას კი არ აქვს ადგილი, არამედ ამ წინალობის მიერ კონტურში რხევადი ენერგიის ხარჯვის ანაზღაურება ხდება  $L_0$  კოპში გამავალი ბატარეის დენის ენერგიის



სურ. 183.



სურ 184.

ხარჯზე, რაც ისეთივე ეფექტს გვაძლევს თითქოს  $L_k C_k$  კონტურის წინალობა შემცირებულ იყოს. რეგენერაციული მიწლები მუშაობენ ე. წ. რეგენერაციის ზღვარზე, რადგანაც სწორედ მაშინ არიან ისინი მაქსიმალურად მგრძობიარე და ამომრჩეველი. მაგრამ ზღვრულ უკუქცევითი კავშირით მუშაობა ნაკლებ სიმყარეს იძლევა. ამიტომ ისეთ მიმღებებში, სადაც დიდა მნიშვნელობა აქვს მყარ მუშაობას, რეგენერაციულ სქემას არ იყენებენ.

როგორც ვხედავთ, აქ  $L_0$  და  $L_k$  თვითინდუქციებს შორის საუკეთესო კავშირი ანუ ზღვრული კავშირის შერჩევა ხდება მისი მიახლოებით ან დაშორებით. უკუქცევითი კავშირის ასეთ რეგულირებას აქვს ნაკლი, სახელობრ, მდორე მიახლოება ზღვრულ კავშირთან ძნელია და უკუქცევითი კავშირის გამო კონტური აიშლება. ამის თავიდან ასაცილებლად შექმედში გამოყენებულ იქნა 182 სქემის სახეცვლილება, რომელიც ნაჩვენებია სურ. 183-ზე. აქ  $L_0$  და  $L_k$  ერთხელ და სამუდამოდ დაკავშირებულია ერთმანეთთან განსაზღვრულ სიდიდემდე, ხოლო კავშირის ცვალებადობა ხდება ცვალებადი  $C_1$  კონდენსატორით. იგი ერთ და იმავე დროს ორ დანიშნულებას ასრულებს.

1. ანოდის წრედში დეტექტირების მეშვეობით მიღებულ და დაბალ ანუ ბევრითი სისშირეს არ უშვებს  $L_k C_k$  კონტურში.
  2. ცვლის უკუკავშირის კოეფიციენტს.
- $C_1$  კონდენსატორის ტევადობა არ აღემატება 100—150  $\mu\mu F$ .

დროსელი *Lox* მილაკის ანოდის წრედში მქმედი მაღალი სიხშირეს არ აზრებს ტელეფონში და ამით აცილებულია მისი მოკლედ ჩართვა.

სურ. 183-ზე ნაჩვენებია სქემის სახეცვლილებას წარმოადგენს ე. წ. რეგენერაციული დიფერენციალური სქემა სურ. 184, სადაც გამოყენებულია დიფერენციალური კონდენსატორი. ამ კონდენსატორს აქვს ორი ცალ-ცალკე დამაგრებული სტატორი. (*a b*), რომელშიც მოძრაობს როტორი *C*. როგორც ვხედავთ, ანოდის წრედიდან მიღებულ მაღალ სიხშირეს კატოდთან აქვს ორი გზა, *ac* და *Lo b c*. როგორც ვამჩნევთ, თუ *c* როტორი *a*-ს პირდაპირ დგას, მაშინ მაღალი სიხშირის დენი *Lo* თვითინდუქციაში არ გადის; მაშასადამე, მის გარეშე იმდენი არ ექნება მაგნიტურ ძალხაზებს და უკუქცევითი კავშირიც არ გვექნება *LK* და *Lo* თვითინდუქციის კოჭებს შორის. მაგრამ თუ *b*-ს პირდაპირ დგას როტორი *C*, მაშინ დენი გაივლის *Lo* თვითინდუქციას და მივიღებთ მაქსიმალურ უკუკავშირს *Lo* და *LK* თვითინდუქციის კოჭებს შორის. სხვა შუალედ მნიშვნელობის უკუქცევითი კავშირის მიღება დამოკიდებულია *c* როტორის და *a* და *b* სტატორის ურთიერმიმართ სხვადასხვა მდებარეობაზე.

თუ სქემას დავუკვირდებით, შევამჩნევთ, რომ ანოდის დენი დანაწილდება *a c* და *Lo b c* წრედებში იმდენად, რამდენადაც იცვლება ტევადობა *c*, და *c* ფირფიტებს შორის, და რადგანაც მაღალი სიხშირის დენის სიდიდის ცვლადობას კი არ აქვს ადგილი, არამედ მის გადანაწილებას ფირფიტებს შორის, ამიტომ სქემის მუშაობა საკმაოდ მყარია.

## 6. პირდაპირი გამაძლიერების და სუპერჰული მიმღები

მიმღები მოწყობილობის განვითარების პირველ ხანებში გავრცელებული იყო დეტექტორული და უკუქცევითი კავშირის ერთმილაკიანი მიმღები. შემდეგში მათი გაუმჯობესების შედეგად მივიღეთ ჩვენთვის უკვე ცნობილი სურ. 183 და 184-ზე ნაჩვენები სქემები. ერთმილაკიანი მარტივი სქემის მიმღების შემდეგი გაუმჯობესებიდან შეიქმნა მრავალმილაკიანი ე. წ. პირდაპირი გამაძლიერების მიმღები, რომლის ბლოკი სქემა მოცემულია სურ. 185-ზე; სადაც 1. ანტენა, 2. მაღალი სიხშირის გამაძლიერებელი (რომლის კასკადების რიცხვი ზოგ შემთხვევაში 3-4-მდე აღწევს) უკუქცევითი კავშირით. 3. დეტექტორი, 4. დაბალი სიხშირის გამაძლიერებელი და 5. რეპროდუქტორი ან დინამიკი.

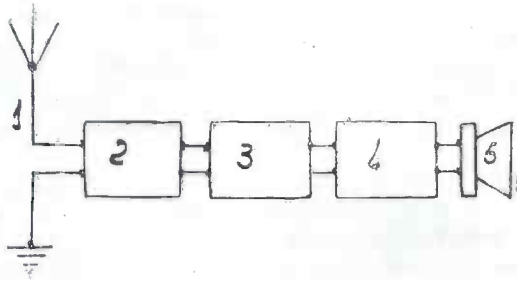
ნებისმიერი მარტივი სქემის ერთმილაკიანი მიმღები აუცილებლად შეიცავს ანტენას, მაღალი სიხშირის გამაძლიერებელის ერთ კასკადს უკუქცევითი კავშირით, დეტექტორს და ტელეფონს.

ასეთ მიმღებებს მცირე სიმძლავრე აქვთ და ამიტომ მათ არასაკმარის მარტობიარობა გააჩნიათ; ამიტომ საჭიროა მათ დაემატოს მაღალი სიხშირის გამაძლიერებელი კასკადი, ცალკე დეტექტორული კასკადი და დაბალი სიხშირის გამაძლიერებელი. ამგვარი სქემით აგებულ მიმღებს თამამად შეუძლია ააშუშაოს 1,5-3 ვატიანი ხანძარაკე და დააკმაყოფილოს საკმაოდ გრძელი აუდიტორია. მაგრამ, გარდა ხმის სიმძლავრისა, მიმღებს მოეთხოვება ამოკრჩევილობის სიმახვილე, დაბალი სიხშირის გატარებული ზო-



ლის საკმაო სიგანე, მუშაობის სიმყარე, ნაკლები არაწრფივი დამახინჯება, მოხმარების (მართვის, აწყობის) სიმარტივე და დიაპაზონის მთელ სიგანეზე თანაბარი გაძლიერება.

ყველა ზემოჩამოთვლილ პირობებს, რომელიც დაახასიათებს მიმღების ვარგისობას, ვერ დაიცავს ზემოხსენებული სქემით აგებული მიმღები, რომელსაც პირდაპირი გაძლიერების მიმღებს უწოდებენ. სახელწოდება „პირდაპირი გაძლიერების მიმღები“ უმოდებულ იქნა იმიტომ, რომ აქ გამტანი სიხშირე დეტექტორამდე არ განიცდის სიხშირით ცვლილებას. ზემოდახასიათებული მიმღების სქემის ნაკლოვანების გაუმჯობესებასთან ერთად წარმოებდა ელექტრომაგ-



სურ. 185.

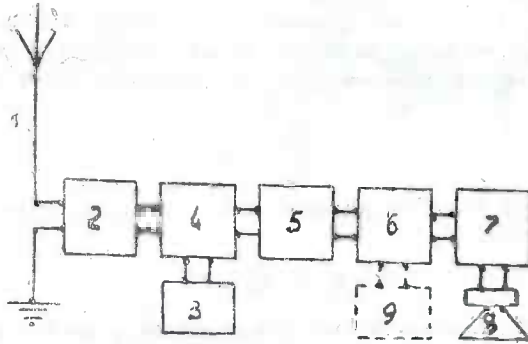
ნიტური მაღალი სიხშირის ენერჯის მიღების სხვა პრინციპის ძიება, რომლის შედეგად შედგენილი იქნა სუპერგეტეროდინული ანუ მოკლედ სუპეროდინული სქემა.

თუ პირდაპირი გაძლიერების მემღებში, გამტანი სიხშირე ბგერითი სიხშირის გამოყოფამდე ნულშივე რჩება, სუპერგეტეროდინული მოვლენას აქვს ადგილი. აქ გამტანი სიხშირის სათანადო გარდაქმნა ხდება სხვა უფრო ნაკლებ სიხშირედ. გამტანი სიხშირის გარდაქმნის შედეგად მიღებულ სიხშირეს შუალედ სიხშირეს უწოდებენ და აღწევენ მიმღებში სპეციალური მაღალი სიხშირის გენერატორის არსებობით, რომელსაც ადგილობრივ გეტეროდინს უწოდებენ. ამგვარად, სუპერგეტეროდინული სიხშირე, ბგერითი სიხშირის გამოყოფამდე ე. ი. დეტექტირებამდე განიცდის სიხშირით ცვლილებას (შემცირების მხრით). შემდეგ შუალედი სიხშირე დამოუკიდებლად ძლიერდება დეტექტირებისათვის საჭირო ძაბვის ამპლიტუდების სიდიდის მიღებამდე. სურ. 186-ზე მოყვანილ ბლოკ-სქემაზე ნაჩვენებია სუპერის შემდეგი შემადგენელი ნაწილები: 1. ანტენა, 2. მაღალი სიხშირის გამაძლიერებელი, 3. ადგილობრივი გეტეროდინი (ხშირ შემთხვევაში პირველი გეტეროდინი), 4. გარდამქმნელი ანუ პირველი დეტექტორი, 5. შუალედი სიხშირის გამაძლიერებელი, 6. მეორე დეტექტორი (სადაც შუალედ გაძლიერებულ სიხშირიდან გამოყოფა ბგერითი სიხშირე), 7. დაბალი სიხშირის გამაძლიერებელი, 8. დეტეირთვა ანუ დენამიკი და 9. მეორე გეტეროდინის, რომელიც პუნქტირითაა ნაჩვენები იმიტომ, რომ კერძო მოხმარების და სამაუწყებლო მიმღებებში არ



ინმარება და გვაქვს მაშინ, როდესაც იგი ვათვლილია სატელეგრაფო, არამოდულური სიგნალების მისაღებად. მეორე გედეტროდინი ჩაირთვება მხოლოდ და მხოლოდ არამოდულირებული, ე. ი. მანიპულირებული ტელეგრაფული სიგნალების მიღების დროს.

როგორც განხილული სუპერის ბლოკ-სქემიდან ჩანს, იგი უფრო რთულია, ვიდრე პირდაპირი გაძლიერების მიმღები, მაგრამ ეს სირთულე გამართლებულია იმ მაღალი ხარისხით, რომლითაც ხასიათდება სუპერი, სახელდობრ: მაღალი ამქომრჩეველობით, დაბალი სიხშირის ფართო



სურ. 186.

ზოლის გატარებით, დიაპაზონის შთელ სიგანეზე თანაბარი გაძლიერებით და აწყობის ანუ მართვის სიმარტივით.

ამ უკანასკნელ პირობას განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს რიგითი მომხმარებლისათვის, რომელსაც ხშირად ოდნავი წარმოდგენაც არ აქვს იმ რთულ პროცესზე, რომელიც მიმღებში ხდება ერთი ტალღიდან მეორეზე გადასვლის დროს. თუ პირდაპირი გაძლიერების მიმღები სხვა ბევრ უარყოფით მხარეებთან ერთად ხასიათდება მართვის სირთულით სახელურთა დიდი რაოდენობის გამო. სუპერი პირიქით, საშუალებას იძლევა მართვის სახელურების რაოდენობა მინიმუმამდე დაეცეანოთ და შევიწარმნოთ მიმღების მუშაობის კეთილხარისხოვნება.

გარდა ბლოკ-სქემაზე მოყვანილი ნაწილებისა, თანამედროვე მიმღებ აპარატურას აქვს სხვა აუცილებელი კვანძები, როგორცაა, მაგალითად: გაძლიერების ავტორეგულატორი, აწყობის ინდიკატორი, ტონრეგულატორი, ხმის რეგულატორი, ნეგატური კავშირი, გამხსნელი ფილტრები, მილაკების ავტომატური ძვრა, სიხშირეთა შეწყვილება, შკალის განათება, შკალის მექანიზმი, სიგნალიზაცია, ადაპტერის მექანიზმი, გამმართველი ფილტრით და სხვა, რომელთა უმრავლესობა ავტომატიზირებულია და მოქმედებით დროს არ მოითხოვს ოპერატიულ ჩარევას.

## 7. მაღალი სიხშირის გამაძლიერებელი მიმღებავი

მაღალი სიხშირის გამაძლიერებელს ტექნიკურ ლიტერატურაში ხშირად რეზონანსულ გამაძლიერებელს უწოდებენ; რადგანაც სუბერულ მიმღებებში იგი ერთადერთი კასკადია, რომელიც რეზონანსში აეწყობა ხოლმე გამტან სიხშირეს. რეზონანსული გამაძლიერებელი, როგორც მიმღების შემადგენელი ნაწილი, უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ ძირითად მოთხოვნილებებს: გაძლიერების კოეფიციენტი, მუშაობის სიმყარეს, ამომრჩეველობის სიმახვილეს, ნაკლებ დამახინჯებებს და დიაპაზონის მთელ უბანში თანაბარ გაძლიერებას. გაძლიერების კოეფიციენტი წარმოადგენს განყენებულ სიდიდეს და გვიჩვენებს ანოდის წრედზე მიღებული ამპლიტუდის  $U_2$  შეფარდებას ბადის წრედში არსებული  $U_1$  ცვალებადი ძაბვის ამპლიტუდასთან, ე. ი.

$$\frac{U_2}{U_1} = K \quad (206)$$

თუ საქმე გვაქვს რამდენიმე კასკადთან, მაშინ კასკადების გაძლიერება კოეფიციენტი ტოლია:

$$K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \dots \cdot K_n \quad (205 a)$$

სადაც  $K_1$ ,  $K_2$  და ა. შ. სათანადო კასკადების გაძლიერების კოეფიციენტებია. უნდა ითქვას, რომ თანამედროვე სუბერები იმდენად მგრძობიარენია მიღობის ადგილზე შექმნილი ელექტრომაგნიტური არეს დაძაბულობის მიმართ, რომ ფართო მაუწყებლობის მიმღებებში იშვიათად თუ გამოიყენება ერთზე მეტი რეზონანსული გამაძლიერებელი კასკადი. ხშირ შემთხვევაში კი ერთი კასკადიც არ აქვს და ჯერდებიან მარტო შესასვლელი კონტური, რომელსაც გარდამქნელი მილაკის ბადეს უერთებენ პირდაპირ. ასეთ მიმღებს თუმცა ნაკლები ამომრჩეველობის უნარი აქვს, მაგრამ იგი იაფია და მასიურ წარმოების შესაბამისი. რაც შეეხება პირველი კლასის მიმღებებს, მათ აუცვლებელ ნაწილს შეადგენს რეზონანსული გამაძლიერებელი შესასვლის კონტურთან ერთად და მაღალი ამომრჩეველობა ახასიათებთ. ამ კასკადის გაძლიერების კოეფიციენტი მცირეა \*) და თამამად შეგვიძლია ვთქვათ, რომ მას უფრო მიმღების ამომრჩეველობის გაზრდა აკისრია, ვიდრე რხევების ამპლიტუდების გაძლიერება.

ამვე დროს შეგვიძლია შევნიშნოთ, რომ შუალედი სიხშირის ანუ ზოლური გამაძლიერებლების კეთილხარისხოვნობა იმდენად დიდია, რომ საჭიროებას არ წარმოადგენს პირველ დეტექტორზე სათანადო ამპლიტუდების დასაყვანად მაღალი სიხშირის სპეციალური გამაძლიერებელი გამოვიყენოთ. ამის გამო მიმღებში, სადაც დიდი ამომრჩეველობა ტექნიკურ პირობად არაა მიღებულ, არ იყენებენ რეზონანსულ გამაძლიერებელს.

რეზონანსული გამაძლიერებელი მრავალგვარი გვხვდება, როგორცაა ანოდის წრედში კონტურის ტრანსფორმატორული ჩართვი,

\*) რეზონანსული კასკადის მცირე გაძლიერება გამოწვეულია იმით, რომ მის ბადის წრედში ჩართულ შეკავშირებულ კონტურებს შორის ამომრჩეველობის გადადების მიზნით იღებენ სუსტ კავშირს  $1=5\%$ -მდე.

ავტოტრანსფორმატორული ჩართვით, ინდუქტიურ-ტევადობითი ჩართვით და მრავალი სხვა, მაგრამ ყველაზე უფრო მეტად გავრცელებულია ტრანსფორმატორული ჩართვა, ანოდის წრედში აუწყობელი კონტურით, როგორც ეს სურ. 187-ზეა ნაჩვენები. ამ სქემას მას სხვა სქემებთან შედარებით მთელ დიაპაზონზე თანაბარი გაძლიერება ახასიათებს. ვარდა ამისა, ტრანსფორმატორული კავშირი საშუალებას იძლევა მილაკის ანოდის წრედს

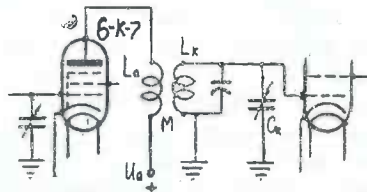
$L_a$  და აწყობილ  $L_k C_k$  კონტურს შორის საუკეთესო კავშირი ადვილად დავამყაროთ.

მრავალტალღიან ანუ მრავალდიაპაზონიან მიმღებებში რეზონანსულ გამაძლიერებელს ყველა დიაპაზონში თანაბარი გაძლიერება მოეთხოვება; მაგრამ ეს პრაქტიკულად მოუხერხებელია,

რადგანაც კასკადში ჩართული მილაკის მმართველ ზადესა და ანოდს შორის არსებული  $C_{ga}$  ტევადობის მაშინტირებელი მოქმედება დიდდება სიხშირის გადიდებითან ერთად, ე. ი. რაც უფრო ნაკლებია ტალღის სიგრძე, მით უფრო მეტად მოქმედებს  $C_{ga}$  ტევადობა და ამცირებს გაძლიერების კოეფიციენტს. ამიტომ დიდი მნიშვნელობა აქვს იმას, თუ რა მილაკია გამოყენებული ამ კასკადში. ამჟამად თითქმის ყველა მიმღებში, რომელსაც რეზონანსული გამაძლიერებელი აქვს, გამოიყენება მილაკი 6— $K_1$ —7, რადგანაც მისი  $C_{ag}=0,005 \mu F$ , რომელიც საკმაოდ მცირეა თანამედროვე მოკლეტალღიანი სააუწყებლო დიაპაზონებისათვის ( $\lambda=16 \text{ mt}$ -დან  $\lambda=50 \text{ mt}$ -მდე). მიმღების გათვლის დროს, საერთო გაძლიერების კოეფიციენტი გაითვლება იმ უმოკლესი ტალღიდან, რომლის მიღებაცაა სასურველი. მაგრამ საშუალო და გრძელტალღოვან დიაპაზონზე გადასვლის დროს მიმღები გადატვირთული აღმოჩნდება, რადგანაც მილაკის გაძლიერების უნარიანობა უფრო გრძელ ტალღაზე ავტომატურად დიდდება; ყველა დიაპაზონზე თანაბარი გაძლიერების მიღების მიზნით მიმართავენ შუალედის სიხშირის კასკადების ავტომატურად სხვა რეჟიმში გადაყვანას, როდესაც მიმღები მოკლედან გრძელ ტალღაზე გადაირთვება.

რეზონანსული გამაძლიერებლის მყარი მუშაობის ერთ-ერთ და მთავარ ფაქტორს წარმოადგენს კონტურებს და წრედებს შორის უშუალო კავშირის თავიდან აცილება. წინააღმდეგ შემთხვევაში კასკადში თვითნებურ აღზნებას მივიღებდით.

ეს პირობა მით უფრო საყურადღებოა, რომ რეზონანსულ გამაძლიერებლის პარამეტრები ყოველ ტალღიდან ტალღაზე გადასვლის დროს იცვლება, რადგანაც, ვცვლით რა კონტურის ტევადობა  $C_k$ -ს, იცვლება კონტურის დეკრემენტის დეკრემენტის შეცვლა იწვევს კონტურის რეზონანსულ წინაღობის შეცვლას, ეს უკანასკნელი ამომრჩევლობას ცვლის და ამომრჩევლობის შეცვლის შემდეგ უდაოა



სურ. 187.

ადგილი ექნება მილაკის ბადის და ანოდის წრედში ჩართულ კონტურებს შორის რეზონანსის სიზუსტის დარღვევას. ეს უქანასკნელი უშუალო მიზეზი ხდება კასკადის თვითნებური აღგზნებისა. აი, რა როლს პოტენციალს აქვს ადგილი მიმდებარეობაში, როდესაც ერთი ტალღიდან მეორეზე გადავდივართ. ამიტომ მიმდებარეობაში სპეციალური ზომებია მიღებული, რათა მასში ადგილი არ ჰქონდეს თვითნებურ აღგზნებას. ამ ზომებს წარმოადგენენ: 1. სათანადო წრედების ეკრანირება. 2. დეტალების გონიერი განლაგება და 3. გამხსნელი ანუ მამლოკირებელი ფილტრების გამოყენება. ეკრანირება, მთავარ აგრეგატებს და დეტალებს უზრუნველყოფს ერთმანეთთან უშუალო კავშირისაგან. დეტალების გონიერი განლაგება ითვალისწინებს როგორც კონსტრუქციულ სრულყოფას, ისე მათ შორის ურთიერთ გავლენის შეუძლებლობას. რაც შეეხება გამხსნელ ფილტრებს, ისინი შედგებიან წინააღმდეგობისა და ტევადობისაგან და მკვებავ წრედებს იცავენ მიმდებარეობაში მოქმედ მაღალი სიხშირის დენებისგან, რადგანაც იგბვე კვების წრედები ელექტრულად ერთმანეთთან აკავშირებს კასკადის ცალკეულ კვანძებს.

#### 8. ადგილობრივი გაბრუნების და უშალედი სიხშირის მიღება

სუპერის მუშაობის ფიზიკური არსი პირდაპირი გაძლიერების მიმდებარეობაში მუშაობისაგან იმით განსხვავდება, რომ ანტენიდან მიღებული გამტანი სიხშირე განიცდის სიხშირით გარდაქმნას, ე. ი მიმდებარეობაში ხდება მისი სიხშირის შეცვლა უფრო ნაკლებ სიხშირედ, რომელსაც შუალედ სიხშირეს უწოდებენ. შუალედი სიხშირე მიმდებარეობის ნებისმიერ აწყობაზე შემდეგი თანაფარდობით უნდა გამოიხატოს:

$$F \ll F_{საშ} \ll f_{გამტ.} \quad (207)$$

სადაც  $F$  ბგერის უდიდესი შესაძლებელი სიხშირეა,  $F_{საშ}$  შუალედი სიხშირე და  $f_{გამტ.}$  ნებისმიერი გამტანი სიხშირე, რომლის მიღება შეუძლია მიმდებარეობაში. მიმდებარეობაში არხში უცვლელია, ე. ი. ერთხელ მიღებული შუალედი სიხშირე მიმდებარეობის ნებისმიერ დიაპაზონში და ტალღაზე ყოფნის დროს მუდმივი რჩება. რაც შეეხება  $f_{გამტ.}$ , იგი მიმდებარეობის აწყობის სახელურის ყოველ შემობრუნების დროს იცვლება.

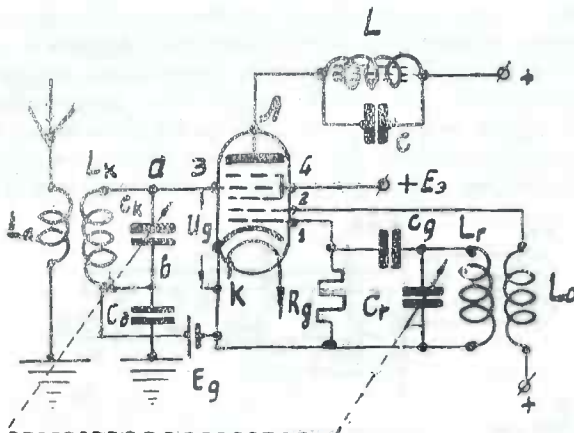
გამტანი სიხშირის შუალედ სიხშირედ გარდაქმნა მოსახერხებელია მიმდებარეობაში ადგილობრივი გეტეროდინის გამოყენებით.

სიხშირის გარდაქმნის პროცესის გასაარჩევად მივმართოთ სურ. 188-ზე მოცემულ სქემას. აქ  $L_a$  ანტენაში ჩართული თვითინდუქციის კოჭაა, რომელშიც გადის სხვადასხვა რადიოსადგურების ტალღით ანტენაში შექმნილი მაღალი სიხშირის დენები.

ეს დენები უდავოა  $L_a$  თვითინდუქციის გარშემო ქმნიან თავიანთი სიხშირის შესაბამის ცვალებად მაგნიტურ აოეს და მოქმედებენ  $L_k C_k$  კონტურის თვითინდუქციის კოჭაზე, ვთქვათ  $C_k$  კონდენსატორის შემობრუნებით კონტურის საკუთარ სიხშირე გაუტოლდა:

$$f_k = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_k C_k}}$$

თუ ანტენის კოჭა  $L_a$ -ში მქმედი ერთ-ერთი სიხშირეთაგანი ამ სიხშირის ტოლია, მაშინ ადვილი ექნება რეზონანსის მოვლენას და  $L_k C_k$  კონტური  $L_a$  თვითინდუქციაში ქაოტურად მოქმედი სიხშირებიდან ერთს ამოარჩევს და კონტურის  $a$  და  $b$  წერტილებს შორის მივიღებთ მაღალი სიხშირის ძაბვას.  $ab$  წერტილებში მოქმედი სიხშირის ძაბვა მოქმედებს  $K$  კათოდსა და  $3$  ბაღეს შორის ( $U_g$ ). ამავე დროს  $K$  და  $1$  ბაღეს შორის ჩართული  $L_r C_r$  კონტური წარმოადგენენ ადგილობრივი გეტეროდინის კონტურს და  $L_r$  თვითინდუქციასთან ინდუქტურად დაკავშირებულია  $L_0$  კავშირის კოჭა; რომელიც მიერთებულია  $2$  ბაღესთან. თუ დაუეკვირდებით  $L_r C_r$  და  $L_0$  წრედებს მილაკის ჩათვლით, შევამჩნევთ, რომ იგი მაღალი სიხშირის  $f_r$  ცვლა



სურ. 188.

შეიძლება  $C_r$  ცვალეზადი კონდენსატორით, ამ ორი კონტურის  $L_k C_k$  და  $L_r C_r$ -ს, მილაკის ელექტრონების ნაკადზე ერთობლივი მოქმედების შედეგად ანოდის წრედში ჩართულ  $LC$  კონტურში ვლდებულობთ  $f_k$  და  $f_r$  განსხვავებულ სიხშირეს, რომელიც, როგორც ერთზე, ისე მეორეზე ნაკლებია და შუალედი სიხშირე ეწოდება.

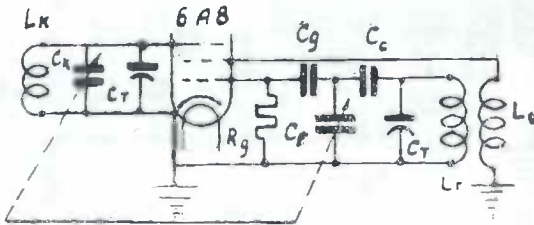
ამგვარად, ანტენიდან მიღებულ სიხშირესა და ადგილობრივი გეტეროდინის სიხშირეს ურთიერთ მოქმედების შედეგად მილაკის ანოდის წრედში ვლდებულობთ სამ სიხშირეს:

1.  $f_k$  ე. ი. გამტან სიხშირეს.
2.  $f_r - f_k$  ე. ი. შუალედ სიხშირეს (რადგანაც იგი წარმოადგენს გამტანი და გეტეროდინის სახშირეთა სხვაობას) და
3.  $f_r + f_k$  ე. ი. რეზულტიურ სიხშირეს, რომელიც გამტან და გეტეროდინის სიხშირეთა ჯამს წარმოადგენს.

სურ. 188-ზე ნაჩვენები ანოდის წრედში ჩართული  $LC$  კონტურის  $F_{საგ.} = f_r - f_k$  სიხშირეზე ააწყობენ ერთზე და სამულამოდ. ამ კონტურის შუალედ სიხშირის ანუ ზოლური გამაძლიერებელის კონტური ეწოდება.

მილაკი, რომლის ბაღებზე მოქმედებს ორი ერთმანეთისაგან განსხვავებული მაღალი სიხშირე და ამ სიხშირეთა გავლენით ანოდის წრედში წარმოიშება სხვა სიხშირე, სიხშირეთა გარდამქმნელი ანუ მოკლედ გარდამქმნელი ეწოდება. ზემოთ ჩვენ აღვნიშნეთ, რომ რა ტალღებზედაც არ უნდა იყოს მიმღები აწყობილი, მისი შუალედი სიხშირე მუდმივი რჩება. ეს იმას ნიშნავს, რომ მიმღების მართვის და სხვადასხვა ტალღაზე აწყობის დროს გამტანი და გეტეროდინის სიხშირის სხვაობა მუდმივი რჩება. ეს პირობა დაცული იქნება იმ შემთხვევაში, თუ მიმღების აწყობის სახელურის ნებისმიერი კუთხით შემობრუნების დროს გეტეროდინის და გამტანი ტალღის სიხშირეთა სხვაობა მუდმივი და ტოლი იქნება მიმღებისათვის არჩეული შუალედი სიხშირისა.

ყველა დიაპაზონისათვის და თითოეული დიაპაზონის ყველა ტალღისათვის ზუსტი სხვაობის მიღება საკმაოდ ძნელი ამოცანაა. რადგანაც აწყობის სახელურის თითოეული შემობრუნების დროს შესასვლელი კონტურის და გეტეროდინის სიხშირეთა სხვაობა მუდმივი უნდა იყოს; ამიტომ ამ ორი კონტურის ეკვალებად კონდენსატორებს ერთ ლერძზე ავებენ, ხოლო გეტეროდინის სქემას კრებენ რაული სქემით, როგორც ეს სურ. 189-ზეა ნაჩვენები, სადაც  $L_K$   $C_K$  და  $C_T$  წარმოადგენენ შესასვლის კონტურს ანუ სელექტორს, რომელიც ანტენაში მოქმედი მრავალ სიხშირიდან ერთ-ერთს ამოარჩევს, ხოლო  $L_T$ ,  $C_T$



სურ. 189.

$C_T$  და  $C_c$  გეტეროდინის კონტურია. აქ კონდენსატორები  $C_K$   $C_T$  ერთ ლერძზეა დასმული, ხოლო რაც შეეხება  $C_T$  კონდენსატორებს, ისინი როგორც პირველში, ისე მეორე კონტურში პარამეტრების ზუსტი შეთანხმებისათვის ააჩართული. ჩვეულებრივად მათი ტევადობა 10—20  $\mu\mu F$  არ აღემატება დამატებით ტრიმერებს უწოდებენ. რაც შეეხება  $C_c$  კონდენსატორს, იგი წარმოადგენს ე. წ. შეწყვეილების ტევადობას და, როგორც ვხედავთ, იგი მიმდევრობითაა ჩართული გეტეროდინის თვითინდუქცია  $L_T$  და ტევადობა  $C_T$ -ს მიმართ.

შეწყვეილების კონდენსატორის გონიერი შერჩევით შეგვიძლია მიმღების მთელ დიაპაზონზე გამტანი და გეტეროდინის სიხშირეთა მუდმივი სხვაობის საკმაო სიზუსტეს მივაღწიოთ.

ეს პირობა მით უფრო საგულისხმოა, რომ შემდეგი კასკადები (შუალედი სიხშირის ანუ ზოლური გამამდიერებლები) აწყობილია ზუსტად გათვლილ შუალედ სიხშირეზე და თუ უხვირო შეწყვეილების შედეგად სხვადასხვა ტალღაზე მუშაობის დროს არ მივიღებთ სიხშირეთა სხვაობის მუდმივ სიდიდეს (შუალედ სიხშირეს), მაშინ უდაოა, რომ ზოლური გამამდიერებლები აშლილი



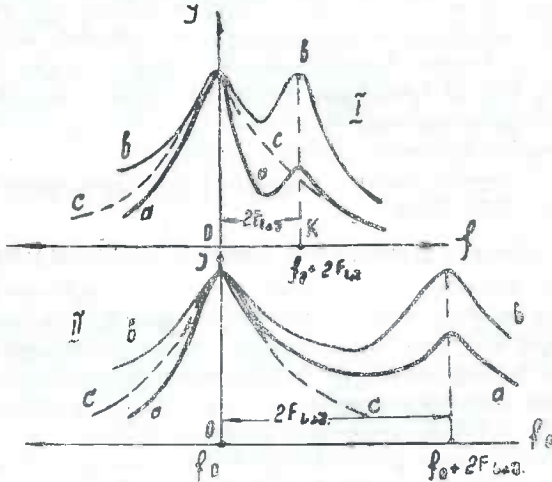
აღმოჩნდებიან შუალედი სიხშირის მიმართ, და მიმღების საერთო გაძლიერების კოეფიციენტი მკვეთრად შემცირდება.

გარდა იმისა აუცილებელია, რომ გარდამქნელი, ნებისმიერი სიგრძის ტალღის-მიმღების დროს, მუდმივი სიდიდის შუალედ სიხშირეს უნდა იძლეოდეს. აგრეთვე საჭიროა თვით შუალედი სიხშირე იმგვარად იყოს შერჩეული, რომ იგი ან მისი ჰარმონიკები არ დაემთხვას რომელიმე მომუშავე სადგურის ტალღას. მაგალითად, გამორიცხული არაა შემთხვევა, რომ მეზობლად მომუშავე სადგურები დაშორებული იქნება მისაღები სადგურის  $f_0$  სიხშირესთან  $2F_{საშ.}$  სიხშირით.

$$\text{აქ } 2F_{საშ.} = f_{გამტ.} - f_{ხელშეშ.}$$

$$\text{საიდანაც } f_{ხელშეშ.} = f_{გამტ.} - 2F_{საშ.}$$

აქ  $f_{ხელშეშ.}$  — ხელშემშლელი,  $f_{გამტ.}$  — გამტანი, ხოლო  $2F_{საშ.}$  ორმაგი შუალედი სიხშირეა. მაშასადამე, მიმღებში ერთ და იმავე დროს შეიძლება მოისმოდეს ორი სადგური, როგორც  $f_{გამტ.}$  სიხშირეზე, ისე  $f_{გამტ.} - 2F_{საშ.}$  სიხშირეზე.



სურ. 190.

ამ მოვლენის გარდამქნელის შემდეგ კასკადებში თავიდან აცილება შეუძლებელია, იგი უნდა ჩაიხშოს შესასვლელ კონტურებში ანდა მაღალი სიხშირის გამაძლიერებელში.

სურ. 190-ზე მოცემულია მრუდები, სადაც ნახ. I და II-ზე მრუდი  $c$  წარმოადგენს სელექტორის ანდა მაღალი სიხშირის გამაძლიერებლის რეზონანსულ მრუდს.  $b$  სუბერის ამომრჩევლობის მრუდია, როდესაც არ ხდება სელექცია, ე. ი. როდესაც არ გააქვს შესასვლის კონტური ანდა რეზონანსული გამაძლიერებელი.  $a$  კი, როგორც I ისე II ნახაზებზე ნაჩვენებია, წარმოადგენს სუბერის რეზონანსულ მრუდს, როდესაც ადგილი აქვს სელექციას.

როგორც ვხედავთ,  $k$  წერტილი, რომლის სიხშირე ტოლია  $f_{ხელშეშ.} = f_0 + 2F_{საშ.}$  გატარებული ზოლის სივანეში ხდება, ამიტომ ერთ და იმავე



დროს მიმღების არხში გაძლიერდება როგორც  $f_0$  სიხშირე, ისე ჩხელშეშ. სიხშირეც და, მაშასადამე, თუ ჩხელშეშ. ტოლია რომელიმე მომუშავე სადგურის სიხშირის, რეპროდუქტორში ერთ და იმავე დროს ორ გადაცემას მოვისმენთ. ერთს ძირითადს ( $f_0$ ) და მეორეს ხელშემშლელს ( $f_0 + 2F_{საშ.}$ ).

როგორც სურ. 190-დან ჩანს, მრუდეები I და II ერთმანეთისაგან შესამჩნევად განსხვავდებიან. სახელდაბრ იმით, რომ  $k$  წერტილი, რომელიც ხელშემშლას შეეფარდება, პირველ შემთხვევაში ახლოსაა  $f_0$  სიხშირესთან, მეორე შემთხვევაში კი საკაოდ შორსაა. მრუდეები I შეეფარდება იმ პირობას, როდესაც:

$$F_{საშ.} < f_0 \min.$$

ანუ შუალედი სიხშირე ნაკლებია, ვიდრე მიმღების უდიდესი ტალღა. თუ, მაგალითად, მიმღები ყველა ტალღოვანია და  $\lambda_{mx}$  უდიდესი ტალღის სიგრძეა, მაშინ შუალედ სიხშირედ აღებული უნდა იქნეს  $\lambda_{mx}$  ტალღის სიგრძეზე ნაკლები, ე. ი. შუალედი სიხშირის ტალღა  $\lambda_{შუალ.} < \lambda_{mx}^*$ ). II ნახაზზე წარმოადგენილი მრუდი კი შეეფარდება იმ პირობას, როდესაც შუალედი სიხშირე ძვეს ტალღის ისეთ დიაპაზონში, რომელზედაც რადიოსადგურები არ მუშაობენ. ამგვარად, I პირობით აგებული სუპერის შუალედი სიხშირე ნაკლებია, ვიდრე II პირობით და, როგორც ჩანს, II შემთხვევაში ხელშემშლის არსებობა ნაკლებად მოსალოდნელია. ერთი და იგივე სადგურის შკალის ორ ადგილზე (მეზობლად) მოსმენის ამ მოვლენას სუპერებში „სარკულ“ მიღებას უწოდებენ.

სარკული მიღების თავიდან ასაცილებლად ზოგჯერ შუალედ სიხშირეს რაც შეიძლება მეტს ირჩევენ.

### 9. შუალედი სიხშირის ანუ ზოლურ გამაძლიერებელი

შუალედ სიხშირის ანუ ზოლურ გამაძლიერებელს ტექნიკურ ლიტერატურაში ხშირად შუალედი სიხშირის ფილტრებს უწოდებენ; ეს ტერმინი მიღებულია იმიტომ, რომ, როგორც გავარკვიეთ, მომსვლელი სიგნალის გეტეროდინის რხევების მილაცხე ერთობლივი მოქმედების შედეგად ანოდის წრედში ძირითადად სამ სიხშირეს ვლტებულობთ:  $f_{იკ} = f_r - f_{კ}$  და  $f_{კ} = f_r + f_{კ}$ .

შუალედი სიხშირის კონტურები მუდმივად აწყობილია  $f_r - f_{კ}$  სიხშირეზე, ხევა დანარჩენისათვის კი იგი აშლილს წარმოადგენს და, მაშასადამე, ფილტრავს მას. რაც შეეხება ტერმინ „ზოლურ“-ს ხმარობენ იმიტომ, რომ ეს კონტურები სიხშირეთა განსაზღვრულ  $2F$  ზოლზეა აწყობილი და მიღების ექსპლუატაციის დროს არ იცვლება.

შუალედი სიხშირის გამაძლიერებლები შესაძლებელია აგებულ იქნეს პირველი რიგის ანუ მარტივი სქემით სურ. 191\*\*\*) და ტრანსფორმატორული სქემით სურ. 192.

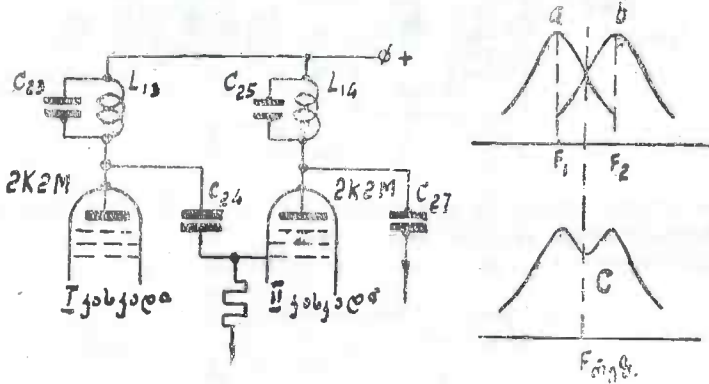
პირველი რიგის კონტურიანი შუალედი სიხშირის გამაძლიერებლებს სურ. 191 კონტურები ერთმანეთის მიმართ მცირედ აშლილი უნდა იყოს, რის შედეგადაც ვლტებულობთ იდეალურ რეზონანსულ მრუდთან მიახლოებულ მრუდს. აქ  $a$  წარმო.

\*) ჩვენი წარმოების მიმღებებში შუალედ სიხშირედ მიღებულია 465  $\text{kHz}$  ე. ი.  $\lambda = 650 \text{ m}$  რადგანაც ამ ტალღაზე გადამცემი სადგურები არ მუშაობენ. ამჟამად ე. წ. სარკული მიღების შესამცირებლად, თანდათან შექმნის ხმარებაში  $F_{საშ.} > 2000 \text{ kHz}$ .

\*\*) სურ. 191 წარმოადგენს მიმღებ „როდინას“ შუალედი სიხშირის გამაძლიერებლის კასკადებს.

ადგენს  $C_{23}$  და  $L_{13}$  კონტურის რეზონანსულ მრუდს, რომელიც აწყობილია რომელიმე  $F_1$  სიხშირეზე, ხოლო კონტური  $C_{25}$  და  $L_{14}$  კი რომელიმე  $F_2$ -ზე, რომლის რეზონანსული მრუდია  $b$ . ეს ორი სიხშირე ერთმანეთიდან დიდად არ განსხვავდება და ყოველ შემთხვევაში მათი აშლილობა ნაკლებია გაორკეცებული მაშინდელი რეზონანსული მრუდების სიხშირეზე.

$F_1$  და  $F_2$ -ს რეზულტურია  $C$  მრუდი და, როგორც ვხედავთ, იგი ცოტად თუ ბევრად უახლოვდება იდეალური მრუდის ფორმას, რაც შეეხება ტრანსფორმატორულ სქემას სურ. 192, აქ გამოყენებულია არა ორი კონტურის ერთმანეთის მიმართ აშლილობა, არამედ პირიქით ორივე ზუსტად შუალედ.



სურ. 191.

სიხშირეზე აწყობილი, ხოლო რეზონანსული მრუდის ფორმას, რომელიც ორკუთხიანი უნდა იყოს, აღწევენ ამ კონტურებს შორის კავშირის კოეფიციენტის შერჩევით. შუალედი სიხშირის გამაძლიერებელმა უნდა დააკმაყოფილოს შემდეგი პირობები:

1. მაღალი ამომრჩევლობა,
2. გაძლიერების კოეფიციენტის სიდიდე და
3. დაბალი სიხშირის გატარებული ზოლის საკმაო სიგანე.

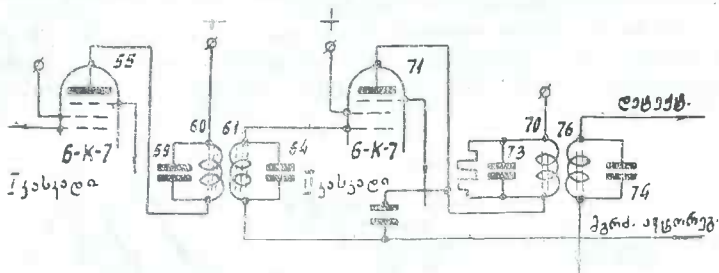
პირველი პირობა განისაზღვრება კონტურების აშლილობით იმ გამტან სიხშირეთა მიმართ, რომელნიც მოქმედებენ მიმღების ანტენაში და არაა სასურველი რომ მივიღოთ ისინი.

მეორე პირობის დაცვა სიძნელეს არ წარმოადგენს, სუბერულ მიმღებებში, რადგანაც საქმე გვაქვს ერთ განსაზღვრულ სიხშირესთან და ამიტომ კონტურები შესაძლებელია მაღალხარისხოვანი გაკეთდეს. გაძლიერების კოეფიციენტი ასეთი კონტურისათვის დიდია. იმის მიხედვით, თუ რა დანიშნულებას მოემსახურება კასკადები და რა რაოდენობის გაძლიერება გვსურს გვექონდეს, საერთო გაძლიერების კოეფიციენტი შესაძლებელია აღწევდეს რამდენიმე ათეულიდან რამდენიმე ასეულ ათასამდე.

რაც შეეხება უკანასკნელ, მესამე მოთხოვნილებას, ე. ი. გატარებული ზოლის სიგანეს, იგი დიდ ფარგლებში იცვლება იმის მიხედვით, თუ რა დანიშნულებისაა მიმღები. ამიტომ შუალედი სიხშირის კონტურები ქარხნებში ზუსტადაა აწყობ-

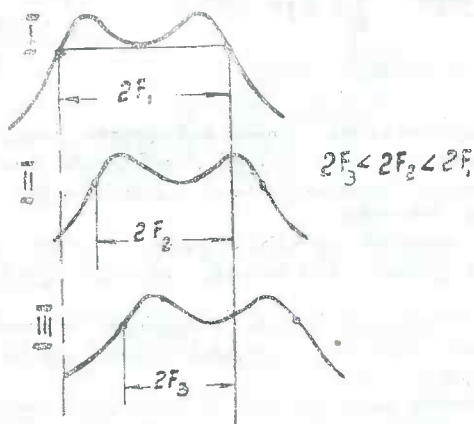
ბილი და თუ მას ავშლით, უდაოა, სათანადო ხელსაწყოების და კვალიფიკაციის გარეშე ვერ ავაწყოთ.

კონტურების აშლილობა ამცირებს საერთო გაძლიერებას, შეაქვს დამაზიანებელი და გატარებული ზოლის სიგანის სიეწროე — „სიღარიბე“, როგორც



ნახ. 192.

სურ. 193-ზეა ნაჩვენები აქ, სამი შუალედი სიხშირის კასკადის ცალკეული რეზონანსული მრუდები აღებულია ერთ სისტემაში, სადაც I—პირველი კასკადის რეზონანსული მრუდია და მის მიერ გატარებული ზოლის სიგანეა  $2F_1$ , II—მეო-

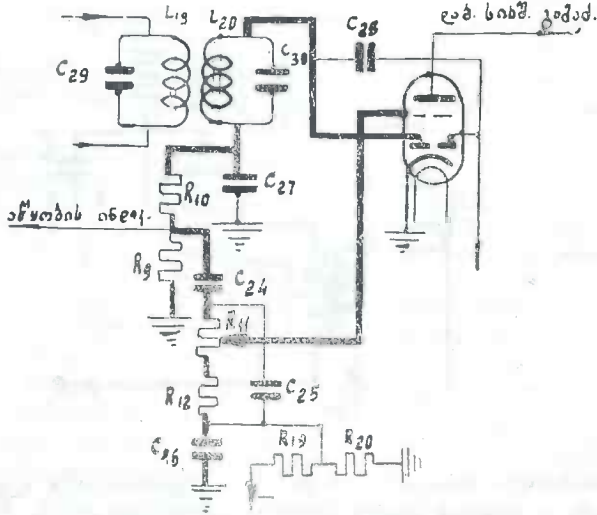


ნახ. 193.

რე კასკადის შესაბამისად  $2F_2$  და მესამესი— $2F_3$ , მესამე კასკადი როგორც საბოლოო წინა კასკადების მიერ მთლიანი ზოლის სიგანე  $2F_1$ -ს. ამცირებს და მასადაბე საბოლოოდ ვლდებულობთ დამაზიანებებს. თუ ეს კასკადები ერთმანეთთან ზუსტად იქნებოდა აწყობილი, მაშინ  $2F_1 = 2F_2 = 2F_3$ , ამიტომ გატარებული ზოლის სიგანე მიმდების მთელ არხში იქნებოდა თანაბარი, რაც თავიდან აგვაცილებდა დამაზიანებებს და მიმდებს „მდიდარი ბგერა“ ექნებოდა.

## 10. მიღების რეგულატორები

მიმღების სწორი ექსპლუატაციისათვის საჭიროა მისი რეჟიმის რეგულატორები, რომელთა სწორ მოქმედებაზე დამოკიდებული ყველა იმ დადებითი თვისებების შენარჩუნება, რითაც უნდა ხასიათდებოდეს მიმღები. რეგულატორები შეგვიძლია დავყოთ ორ ძირითად ტიპად: ელექტრული რეგულატორები და მექანიკური რეგულატორები. მიმღებში ელექტრული რეგულატორების დიდი უმრავლესობა ავტომატიზირებულია და მისი მოქმედება დამო-

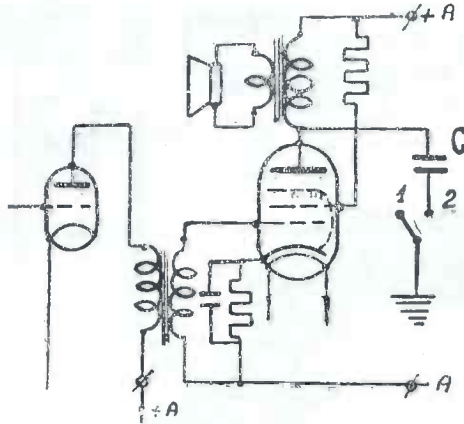


სურ. 194.

კიდებულია მიმღებს შიგნით არსებულ ელექტრულ პროცესზე და მათ ხშირად ავტომატურ რეგულატორებს უწოდებენ. ავტომატურ რეგულატორებიდან მიმღებში ყველაზე უფრო გავრცელებულია მგრძნობიარობის ავტორეგულატორი, რის შედეგად მძლავრი სიგნალების მიმართ მიმღების მგრძნობიარობა მცირდება, სუსტი სიგნალების მიმართ კი პირიქით, მიმღების მგრძნობიარობა იზრდება; ამის შედეგად გამოსასვლელში თანაბარი ხმის სიძლიერე ვეაქვს. რეგულირების ამ ხერხს ქვემოთ განვიხილავთ.

მექანიკური რეგულატორის მოქმედება დამოკიდებულია გარედან მექანიკური ძალის მოქმედებაზე. იგი ავტომატიზირებული არ არის და დამოკიდებულია ოპერატორის ნებასურვილზე. ასეთ რეგულატორებს ეკუთვნიან: ხმის დონის რეგულატორი და ტემპის რეგულატორი. მათი სამოქმედოდ მიმღების გარეთ გამოყვანილია ცალკე სახელურები, რომელთა ხმარება-მოწესრიგება ჩვენს ნება-სურვილზეა დამოკიდებული. გარდა ამისა ხმის დონის რეგულატორთან ქსელის ჩამრთველი რაზმა დაკავშირებული. მიმღებების განვითარებასთან ერთად უმჯობესდება მისი რეჟიმის რეგულატორების სქემები და კონტრუქცია.

განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა რეჟიმის ელექტრულ ავტომატიკას; ამიტომ ყველა თანამედროვე მიმღებში გამოყენებულია მგრძნობიარობის ავტომატური რეგულატორები. გარდა მგრძნობიარობის ავტომატური რეგულატორისა, მიმღებში ხშირად ვხვდებით სელექტივობის რეგულატორებს, რომელთა საშუალებით შესაძლებელი ხდება კონტურების (შესასვლის და რეზონანსული გამაძლიერებლის) რეზონანსული მრუდები, როდესაც მეზობლად მომუშავე სადგური ხელს გვიშლის შევავიწროოთ, ხოლო როდესაც ხელშეშლას არ აქვს ადგილი, გავფართოოთ და ამით გავზარდოთ გატარებული ზოლის სიგანე უფრო



სურ. 195.

მდიდარი ბგერების მისაღებად. გარდა ამისა, შევიწროებული ბგერების გასაფართოებლად მიმღების დაბალი სიხშირის გაძლიერების უბანში ზოგჯერ იყენებენ ე. წ. ექსპანდერს, რომლის მოქმედების ფიზიკური არს მდგომარეობს დაბალი სიხშირის შემცირებული ბგერების ამპლიტუდის გაზრდაში, რიაც ისევ მდიდრდება გატარებული ზოლის სიგანე.

ყველა ზემოჩამოთვლილი რეგულირებიდან მიმღებებში განსაკუთრებით ფართომასშტაბულ მიმღებებში ყველაზე მეტად გავრცელებულია: ბგერის, ტონის და მგრძნობიარობის რეგულატორები.

რეგულირების ავტომატიზაციის მთავარ მიზანს წარმოადგენს რიგითი მომხმარებლისათვის მიმღების მართვის გაადვილება.

იდეალს წარმოადგენს მიმღების ერთსახელურიანი მართვა, მაგრამ ეს შეუძლებელია, რადგანაც ასეთ შემთხვევაში მიმღები დაკარგავდა თავისი კარგი თვისებების დიდ უმრავლესობას. თანამედროვე უმარტივეს მიმღებებს აქვთ მიწიშუმი სამი სახელური: დიაპაზონის, ხმის რეგულატორის და აწყობის.

რაც შეეხება პროფესიულ მიმღებებს, აქ ზოგჯერ მართვის სახელურები 10—15-მდე აღწევს და მათი სწორი ექსპლუატაცია სათანადო კვალიფიკაციას მოითხოვს.

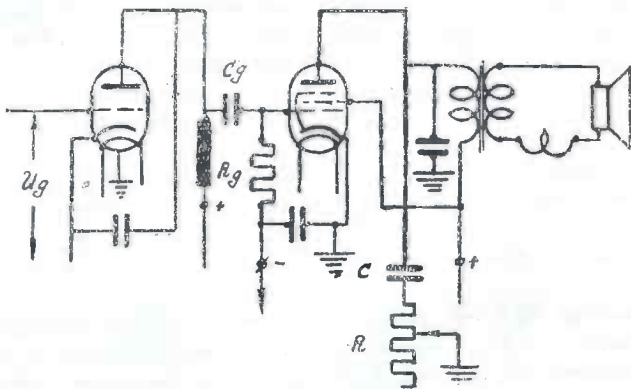
ხმის დონეს რეგულატორის დანიშნულებათა მიმღების გამოსასვლელის სიმძლავრის რეგულირება, უკეთ, რეპროდუქტორში ანუ დინამიკში ხმის ერთი დონეს დაეცვა. რეგულატორი ჩვეულებრივად ჩაირთვება მიმღების დაბალი სიხშირის კასკადის შესასვლელში პოტენციომეტრის სახით. სურ. 194-ზე მოცემულია მიმღები „გეფსუპერი“  $M-557$ -ის დეტექტორული კასკადის სქემა, სადაც მსხვილი ხაზით ნაჩვენებია  $I_{20}$  და  $C_{30}$  კონტურში მოდულირებული შუალედი სიხშირის დენის დეტექტირების შედეგად მიღებული ბგერითი სიხშირის დენის გზა. აქ  $R_9$  და  $R_{10}$  წარმოადგენს პოტენციალის გამყოფ წინაღობებს,  $R_9$  წინაღობაზე ხდება ბგერითი სიხშირის დენის ძაბვის ვარდნა, რომელიც ერთის მხრით მოქმედებს აწყობის ინდიკატორზე, მეორეს მხრით ქმნის დენს  $C_{24}$ ,  $R_{11}$ ,  $R_{12}$  და  $C_{25}$  წრედში. აქ  $R_{11}$  წინაღობა ცვალებადია და მასზე ცოცავს მილაკის ტრიოდული ნაწილის მმართველ ბაღესთან მიერთებული კონტაქტი.

ამგვარად,  $R_{11}$  წინაღობიდან ვლუბულობთ მილაკის მმართველი ბაღის პოტენციალის აკუნებას, რომელიც იცვლება ბგერითი სიხშირით და ხდება მისი შემდეგი გაძლიერება. წინაღობა  $R_{20}$ -ზე გვაქვს უარყოფითი ძვრის ძაბვის ვარდნა რომელიც მოქმედებს მმართველ ბაღეზე. ტევალობა  $C_{26}$  დიდი ტევალობისა და წარმოადგენს ძვრის პოტენციალის დამატებით ფილტრს, ხოლო  $C_{25}$  ბგერითი სიხშირის ამპლიტუდების ე.წ. მაკორექტირებელი ანუ შემსწორებელი ტევალობაა.

ტონრეგულატორები ძირითადად ორგვარი გვხვდება: მდორედ რეგულირების სურ. 195 და გადართვის—„მუსიკა-საუბარზე“, სურ. 196. ცნობილია, რომ მუსიკის სრული ბუნებრივობისათვის საჭიროა დაბალი სიხშირის მთელი დიაპაზონის, რომელიც შეიცავს  $16 \div 15000$  ჰერც. დაუმანჩჯებლად გატარება. ამ პირობის დაცვა ჩვენთვის უკვე ცნობილი მიზეზების გამო მოუხერხებელი ხდება, ამიტომ საუკეთესოდ ითვლება  $75-80$ -დან  $\div 8000$  ჰერცი სიხშირის დაუმანჩჯებლად გატარება; ამ ამოცანის შესრულება იმდენად რთულია, რომ მისი განხორციელება შესაძლებელია მხოლოდ და მხოლოდ პირველი კლასის მიმღებ აპარატებში.

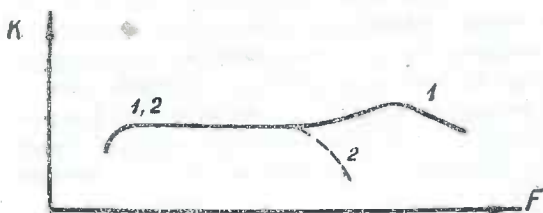
ჩვეულებრივი მიმღებებისათვის გატარებული სპექტრი შეგვიძლია ჩავთვალოთ  $100-6000$  ჰერცის სიგანის. ტემბრის რეგულატორი უმთავრესად მსმენელის გემოვნების მიხედვით გამოიყენება. თუ მსმენელს სიამოვნებს დაბალი ბგერები, მას შეუძლია მთლიანი სიხშირეთა მახასიათებლიდან უფრო მაღალი ტონები ჩამოჭრას და დატოვოს დაბალი ბგერები, ხოლო თუ მსმენელს სიამოვნებს, რომ მაღალი ბგერებიც მოისმოდეს, მაშინ შესაძლებელია ჩამოჭრას დაბალი ბგერები და მაღალი კი ხელუხლები დარჩეს. რეგულატორი „საუბარი—მუსიკა“ ასრულებს იგივე დანიშნულებას, რაც მდორედ ტონრეგულატორი, იმ განსხვავებით, რომ მანიპულიაცია ხდება სახელურის გადართვით ერთ მდგომარეობიდან მეორეზე. მუსიკის მოსმენის დროს, როგორც სურ. 196-ზე ნაჩვენები, ტევალობა  $C$ -ს ბოლო მიწდება, ამით მაღალ სიხშირის ბგერებს ჩამოეცლება ნაწილი, ხოლო დაბალი კი იგივე რჩება. დაბალი სიხშირის ბგერები მუსიკას „ხავერდოვანს“ ქმნიან. ჩვეულებრივად ტემბრის რეგულატორების პარამეტრებს ლუბულობენ  $R=0,1-0,2$  მჟ და  $C=0,03 \div 0,035$   $\mu F$ . სურ. 197-ზე მოცემულია

მიმღების სიხშირის მახასიათებელი, სადაც 1 მრუდი შეეფარდება სურ. 195-ზე ნაჩვენები ტემპრის რეგულატორის მოქმედების მრუდს. როდესაც  $R = \infty$  (ე. ი.



სურ. 196.

წრედი გათიშულა) და მრუდი 2, როდესაც  $R = 0$ . გარდა ამისა, ტემპრის რეგულატორის გონიერი გამოყენებით შეგვიძლია პატეფონის ფირფიტების თავი-



სურ. 197.

სებური შრიალის თავიდან აცილება, რადგანაც შრიალის სიხშირე ძეგს 6000. პერიოდს ზევით.

### 11. შპაჩოვნიაროვის ანუ ხმის ავტომატური რეგულატორი

როდესაც რადიოტალის გავრცელება განვიხილეთ, ავღნიშნეთ, რომ გახსაკუთრებით მოკლეთალის რადიოსადგურის არეს დაძაბულობა ფედინგების შედეგად მიღების ადგილზე საგრძნობლად იცვლება, და შევხიშნეთ, რომ ეს ცვალებადობა დამოკიდებულია იონიზირებული ფენის ფიზიკური თვისებების ცვალებადობაზე. არეს დაძაბულობის ცვალებადობა მიღების ადგილზე შესაძლებელია გამოწვეული იქნეს თვით მიმღების ანდა გადამცემის სადგურის მოძრაობით. მაგალითად, თუ გადაცემა-მიღება წარმოებს მოძრავ ობიექტებს შორის, როგორცაა: თვითმფრინავები, გემები, ტანკები და სხვა. მა-



გალითად, თუ მიღება თვითმფრინავზე ხდება, მაშინ მანძილი გამოსხივების და მიღების ადგილებს შორის იცვლება და ამით იცვლება არეს დაძაბულობის სიდიდე.

ცხადია, რომ მიღების ადგილზე ელექტრომაგნიტური არეს ცვალებადობა მიმღების გამოსასვლელში გამოიწვევს ბგერის სიდიდის ცვალებადობას და ხშირად ეს ცვალებადობა იმდენად ხშირია, რომ ოპერატორი ვერ ასწრებს ხმის რეგულატორით მიმღების ხმის სიმძლავრის დონე მუდმივი იქონიოს. ამ ნაკლის თავიდან აცილებისათვის თანამედროვე მიმღებებში გამოყენებულია ე. წ. მგრძნობიარობის ავტომატური რეგულატორი, რომელიც მოსახერხებელია ვარიმუს ტიპის მილაკების გამოყენებით. მგრძნობიარობის ავტორეგულატორის მოქმედების იდეა შემდეგში მდგომარეობს: როდესაც მიმღების შესასვლელში მცირე სიდიდის მარგი სიგნალია, მაშინ მიმღების მგრძნობიარობა, რაც დამოკიდებულია გაძლიერების კოეფიციენტზე, დიდდება, ხოლო როდესაც სიგნალის სიდიდე ზომიერ მეთია, მაშინ მიმღების გაძლიერების კოეფიციენტი მცირდება, ე. ი. მგრძნობიარობა სუსტდება.

ეს ოპერაცია თანამედროვე მიმღებებში ავტომატიზირებულია და მიღების ადგილზე არეს დაძაბულობას ცვალებადობის მიუხედავად, შესაძლებლობას იძლევა გამოსასვლელში ხმის დონეს სიმაღლე მუდმივი ვიქონიოთ.

გარდა ამისა, მოკლეტალღაზე მომუშავე სადგურის მიღება მგრძნობიარობის ავტორეგულატორის გამოუყენებლად ელექტრომაგნიტური არეს ცვალებადობა იმდენად ღრმა და ხშირია, რომ მოკლე დროის მონაკვეთში მიმღები სავსებით წყვეტს მუშაობას. ამ მიზეზის გამო თანამედროვე მიმღებისათვის მგრძნობიარობის ავტორეგულატორი აუცილებელი ნაწილია.

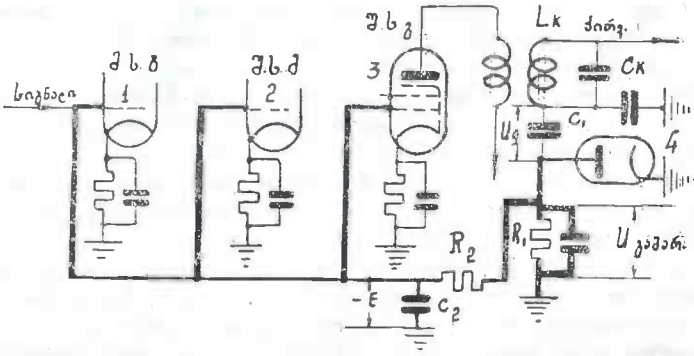
მ. რ. ( მგრძნობიარობის რეგულატორის) მრავალი სქემა არსებობს, მათ შორის ყველაზე უფრო გავრცელებულია მარტივი და დაკავებითი მგრძნობიარობის რეგულატორების სქემები.

მარტივი სქემა გამოიყენება III კლასის მიმღებებში და განსაკუთრებით ისეთებში, სადაც მიმღებს მუშაობის ხარისხის და სტაბულობის მხრით დიდ მოთხოვნას არ უყენებენ. რაც შეეხება დაკავებით სქემას, მას თითქმის ყველა დღევანდელ მეორე კლასის მიმღებში იყენებენ.

მ. რ. მოქმედების გასარკვევად მივმართოთ სურ. 198-ზე მოყვანილ სქემას. აქ  $L_K$  და  $C_K$  კონტურიდან  $C_1$  კონდენსატორით აიღება მაღალი სიხშირის ძაბვა, რომელიც იმართება მილაკი 4-ით და ეწოდება მგრძნობიარობის რეგულატორის დიოდ.  $R_1$  წარმოადგენს დიოდის ანოდის დატვირთვას, რაზედაც ხდება ძაბვის ვარდნა, რომელიც  $R_2$ ,  $C_2$  ფილტრის გავლის შემდეგ მოქმედებს მაღალი სიხშირის გამაძლიერებლის (მ. ს. გ.) (1) მილაკის და სხვა შუალედისიხშირის (შ. ს. გ.) გამაძლიერებლის (2 და 3) მილაკების მმართველ ბაღებზე.

მარეგულირებელი ძაბვის წრედი ნაჩვენებია მსხვილი ხაზით. მილაკები 1, 2 და 3 უნდა იყოს ე. წ. „ფარიუმის“ ტიპის. ასეთს წარმოადგენს 6-A-8, 6-K-7, 6-J-7, 6-SK-7 და სხვა ტიპის მილაკები; რომლებიც ხასიათდებიან მახასიათებლის ქვედა მოლუნული ნაწილის წაგრძელებული „კუდი“. თუ ამ „კუდი“ გაწვრივ ვაადგილებთ მილაკის სამუშაო წერტილს,

მაშინ საქმე გვექნება მილაკის დახრილობის სხვადასხვა მნიშვნელობასთან. ძაბვის ერთი და იგივე აღმგზნები ამპლიტუდის დროს მილაკის გაძლიერების კოეფიციენტი მით უფრო მეტია, რაც უფრო ნაკლებია მილაკის მახასიათებლის დახრილობა და პირიქით. მილაკის ეს თვისება გამოყენებული მგრძობიარობის ავტორეგულირებისათვის. ვთქვათ, გვაქვს სურ. 199-ზე ნაჩვენები მახასიათებელი, რომელიც წარმოადგენს რომელიმე ვარიანტს მილაკის მახასიათებელს.



სურ. 198,

საკითხის ნათელი წარმოდგენისათვის დაუშვათ, რომ მახასიათებელი  $KK_1$  და  $K_1K_2$  უბნებში სწორხაზობრივია.  $KK_1$  უბანი ნაკლებ აღმართულია აბსცისის მიმართ, ვიდრე  $K_1K_2$  უბანი.

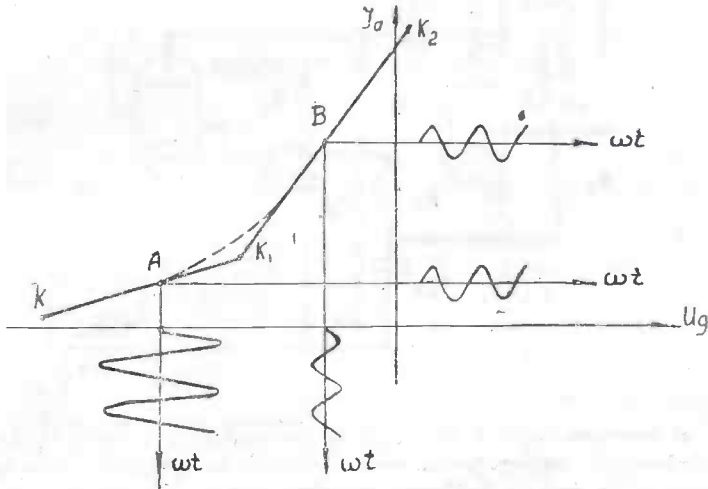
ვთქვათ, სურ. 198-ზე ნაჩვენებ 1, 2 და 3 მილაკების მახასიათებელს აქვთ ისეთი სახე, როგორც ნაჩვენებია სურ. 199-ზე. დავუშვათ, რომ მომსვლელი სიგნალის მისაღები არის დაძაბულობა სუსტია. ამის შედეგად შემცირდება 1 მილაკის აღმგზნები მაღალი სიხშირის ძაბვის ამპლიტუდები, რომელთა შემდეგი გაძლიერება მიმღების გამოსასვლელში სუსტ სიმძლავრეს მოგვცემს. თუ რაიმე საშუალებით მცირე სიგნალების მომენტში სამუშაო წერტილს გადავიტანთ მახასიათებლის  $K_1K_2$  უბანში (B), სადაც აღმართულობა დიდია, უდაოა მეტ გაძლიერებას მივიღებთ.

იმ მომენტში, როდესაც მიმღების 1 მილაკზე მოქმედებს დიდი ამპლიტუდების მჭონე სიგნალები, მაშინ, ადგილი ექნება ზედმეტ გაძლიერებას და მიმღების გამოსასვლელი გადაიტვირთება, და თუ ამ მომენტშიც სამუშაო წერტილს გადავიტანთ მახასიათებლის  $KK_1$  უბანში, სადაც მახასიათებელი ნაკლებად აღმართულია (A), ცხადია რომ გაძლიერება შემცირდება. სურ. 199-ზე ნათლად ჩანს, რომ A წერტილში მოქმედებს B წერტილში მომქმედი ამპლიტუდაზე თითქმის ორჯერ მეტი აღმგზნების სიდიდე. ანონის წრედში გაძლიერების შედეგად მიღებულ რხევების ამპლიტუდები კი ტოლია როგორც ერთ, ისე ხეორე შემთხვევაში.

ამგვარად, მახასიათებლის გასწვრივ სამუშაო წერტილის გადაადგილების შედეგად მივიღებთ მილაკის მიერ ერთი და იგივე გაძლიერებას, თუმცა მომსახურელი სიგნალების სიდიდე იცვლება.

ზემოთქმულის საფუძველზე განვიხილოთ სურ. 198-ზე მოცემული ნახაზის მსხვილი ხაზით შემოვლებული ნაწილი, რომელიც ფაქტიურად მგრძობიარობის ავტორეგულატორის სქემას წარმოადგენს.

როდესაც მიმღების შესასვლელში მცირე სიგნალია, მაშინ  $I_{K1}$   $C_K$  კონტურში რეზონანსული დენის სიდიდე მცირეა და დიოდზე მოდებული  $U_g$  შუალედი სიხშირის მოდულირებული ძაბვაც და დიოდის მიერ გამართული დენის სიდიდეც მცირეა. ამიტომ  $R_1$  დატვირთვაზე უარყოფით ძაბვის ვარდნა იკლებს,

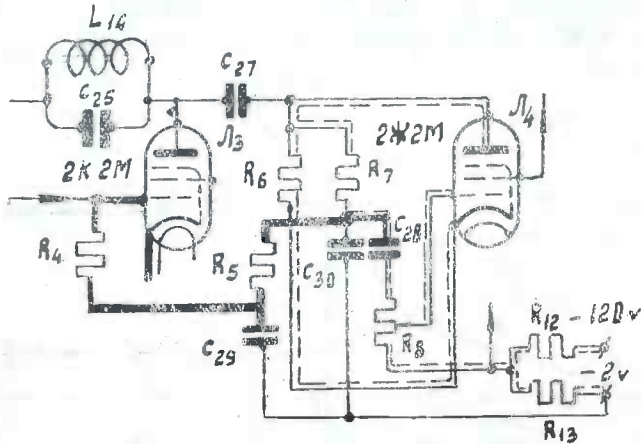


სურ. 199

რის შედეგად  $R_2$  და  $C_2$  ფილტრის შემდეგ მოქმედი მარეგულირებელი ძაბვა— $E$  მცირდება. ამიტომ სამუშაო წერტილი მილაკები 1, 2 და 3 მახასიათებლებზე მარჯვნივ გადაადგილდება, ე. ი. იქ, სადაც ნაკლები დახრილობაა და მეტ გაძლიერებას მივიღებთ. იმ მომენტში, როცა მიმღების შესასვლელში სიგნალიც ამპლიტუდა მძლავრია,  $U_g$  პოტენციალი იზრდება და მილაკი 4 მეტ დენს მართავს, რის შედეგად  $R_1$  დატვირთვაზე მეტი ძაბვის ვარდნა შეიქმნება,— $E$ . აბსოლუტური მნიშვნელობა გაიზრდება და სამუშაო წერტილი გადაადგილდება ზურ. 199-ზე მოცემულ  $A$  უბანში, რის შედეგად გაძლიერების სიდიდე შემცირდება.

სურ. 200-ზე მოცემულია მიმღები „როდინას“ მგრძობიარობის ავტორეგულატორის სქემა (მსხვილი ხაზითაა ნაჩვენები). მოცემული სქემა მგრძობიარობის რეგულატორის მარტივ სქემას წარმოადგენს და, როგორც ვხედავთ  $R_6$  წინაღობიდან ვიღებთ როგორც დეტექტირების შედეგად მიღებულ ბგე.

რითი სიხშირის პოდენციას შემდეგი გაძლიერებისათვის, ისე ავტორგული-რებისათვისაც. სურათზე წყვეტილი ხაზით ნაჩვენებია დეტექტორული დენის წრედი, სადაც  $R_8$  წინაღობა ცვალებადია და გამოიყენება ბგერითი სიხშირის გაძლიერებისათვის. მგრძობიარობის რეგულატორის ნარტივ სქემას დიდი ნაკლი აქვს, სახელდობრ ის, რომ საერთოდ მ. რ. ამცირებს ზიმილების გაძლიერების კოეფიციენტს, რასაც დიდი უარყოფითი მნიშვნელობა აქვს, როდესაც სიგნალები სუსტია. რადგანაც მ. რ.-ის მეშვეობით სუსტი სიგნალების დროს კიდევ უფრო მეტ შემცირებას ვლელულობთ და მიმღებში გარეშე ხმაური იზრდება.



სურ. 200.

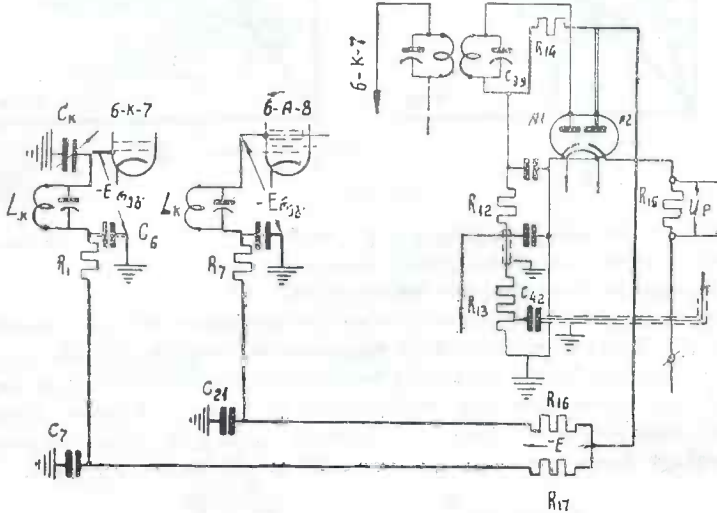
ამ მოვლენის თავიდან ასაცილებლად გამოიყენება ე. წ. დაკავებული მგრძობიარების რეგულატორი, რომლის მოქმედობის ფიზიკური არსი მდგომარეობს იმაში, რომ არ მოქმედებს როდესაც მცირე სიგნალებია და როდესაც სიგნალის ინტენსიობა გაიზრდება, განსაზღვრულ სიდიდემდე პირიქით მოქმედებას იწყებს. თქმულის ილუსტრირებისათვის გავარჩიოთ სურ. 201-ზე მოცემული მგრძობიარობის რეგულატორი, რომელიც ტიპური დაკავებით სქემას წარმოადგენს. ამგვარი სქემისათვის აუცილებელია ორმაგი დიოდის, რომელიც შემდეგნაირად მოქმედებს: ორმაგი დიოდის კათოდის წრეულში ჩართულია  $R_{15}$  წინაღობა, რომელზედაც გვაქვს მკვებავ წყაროდან მიწოდებული უარყოფითი ძაბვა  $U$ .  $U$  წარმოადგენს დაკავების ძაბვას და იმ ძაბვის გარდნის მოწინააღმდეგედ მიმართული, რომელიც შეიქმნება  $R_{15}$  წინაღობაზე.

როდესაც მიმღები მუშაობს, ორმაგი დიოდის მეორე ანოდის  $N_2$  წრედში  $R_{14}$  წინაღობიდან მიღებული მაღალი სიხშირის ტენის გამართვის შედეგად მიღებული მუდმივი ძაბვა აღენიშნოთ  $E$ -თი. იმ მომენტამდე, სანამ  $E$  არ გადააჭარბებს  $U$ , ცხადია,  $R_{16}$  და  $R_{17}$  წინაღობაში დენი არ გაივლის და 6- $K$ -7 და 6- $A$ -8 მილაკების მხართველი ბადის წრედზე არ იმოქმედებს მგრძობიარობის რეგულატორი. ეს პირობა შეეფარდება იმ მომენტს, როდესაც მომსვლელი სიგნალის სიდიდე მცირეა, რადგანაც  $C_{29}$  კონდენსატორზე მცირე სიდიდის

რეზონანსული ღენია და, მაშასადამე  $N_2$  დიოდის მცირე დენს გამართავს. მიმღების შესასვლელში მომსკლელი სიგნალის სიდიდის გაზრდასთან ერთად, უდაოა  $N_2$  ანოდზე იმოქმედებს მეტი ამპლიტუდის მაღალი სიხშირის ძაბვა, ვიდრე პირველ შემთხვევაში გვქონდა და მილაკში გაიფის საკმაოდ დიდი გამართული დენი  $I_{დ}$ , რომლის მიერ შექმნილი ძაბვა ტოლია:

$$E_{დ} = I_{დ} R_{15} > U_{დ}.$$

ამის შედეგად მ. რ. იწყებს მოქმედებას და  $R_{16}$  და  $R_{17}$  წინა-ლობაზე მივიღებთ— $E$  პოტენციალს, რომელიც იმოქმედებს როგორც 6-A-8



სურ. 201.

ისე 6-K-7-ზე. მაშასადამე, თუ მომსკლელი სიგნალის სიდიდე ცვალებადობას იწყებს, მაშინ მ. რ.-ის შეშვებით შიშლების არხში გაძლიერების თანაბარ დონეს მივიღებთ.

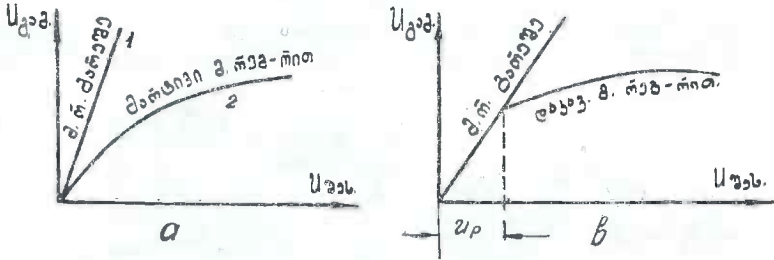
სურ. 202-ზე კოორდინატულ სისტემაში მოცემულია როგორც მარტივი, ისე დაკავებითი მგრძნობიარობის რეგულატორის სქემის მოქმედების შედეგად მიღებული დამოკიდებულება:

$$U_{გამოსას.} = f(U_{შესას.})$$

სურ. 202a-ზე მოცემულია ორი მრუდი, სადაც 1 შეეფარდება იმ პირობას, როდესაც მგრძნობიარობის რეგულატორი არ მოქმედებს, 2 კი იმ პირობას, როდესაც მგრძნობიარობის რეგულატორი მარტივი სქემისაა და, როგორც ვამჩნევთ, იგი საგრძნობლად ასუსტებს მიმღების გააოსასვლელის პოტენციალს. სურ. 202b-ზე კბ ნაჩვენებია დამოკიდებულება, როდესაც მგრძნობიარობის რეგულატორი დაკავებითი სქემისაა, სადაც  $U_{დ}$  წარმოადგენს იმ პირველ საწ-

ყის პოტენციალს, რომელიც გვაქვს დიოდის კათოდის წრედში (განხილული სურ., 201-ის შემთხვევაში  $R_{15}$  წინაღობაზე მომქმედი კვების წყაროს უარყოფითი პოტენციალი  $U_d$ ) -ღუ სანამ მას არ გადააჭარბებს, სიგნალის მიერ შექმნილი  $E_d$ , მგრძობიარობის რეგულიატორი არ იმოქმედებს.

გარდა ჩვენს მიერ განხილული მგრძობიარობის ავტორეგულატორებისა, არსებობს აგრეთვე დაკავებითი გაძლიერებული მგრძნ. რეგულია-



სურ. 202.

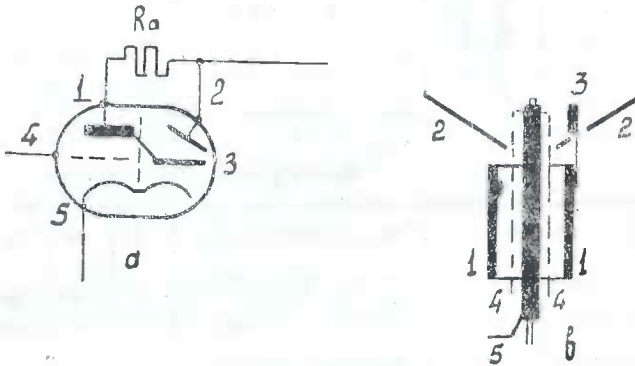
ტორი ე. ი. რომელიც ძლიერდება ე. წ. „მუდმივი დენის“ გამძაღვიერებით, მაგრამ ამ ხერხს გამოყენებენ ფრიად საპასუხისმგებლო მიმღებებში, როგორცაა, მგალითად, მაგისტრალური მომსახურების პირველი კლასის მიმღებები, და სიძვირის ვაჰო ფართომუშეუბლობის მიმღებები, ხშირად არ იხმარება. არსებობს აგრეთვე ე. წ. უხმაურო მგრძნობ. რეგულატორი, რომელშიდაც სინამდვილეში, თუ სიგნალი მცირეა და გარეშე ხელშეშლები ჰარბობს მას, მიმღები „იკეტება“. ასეთი მგრძნობიარობის რეგულატორი ეფექტიურია მიმღების აწყობის დროს, რადგანაც ერთი ტალიდან მეორეზე გადასვლის დროს (სიგნალსა და სიგნალს შორის გადასვლის განმავლობაში) გარეშე ხმაური სუსტდება.

## 12. აწყობის ელექტრონული ინდიკატორი

აწყობის ინდიკატორის დანიშნულებაა მიმღების ტალიდან ტალაზე უხმაუროდ გადასვლის საშუალება მოგვცეს. ეს შესაძლებელია მაშინ, როდესაც ხმის რეგულატორით მიმღები ჩაჩუმებულია, ხოლო აწყობის სახელურს ვაბრუნებთ და რომელიმე სადგურთან აწყობას გვიჩვენებს ინდიკატორი. ასეთს წარმოადგენს „გრძნეული თვალი“, რომელიც ყველა თანამედროვე I და II კლასის მიმღებს გააჩნია. „გრძნეული თვალი“ დრიოდის და ელექტრონის სხიური მილაკის (ოსცილოგრაფის) ერთგვარ გაერთიანებას წარმოადგენს.

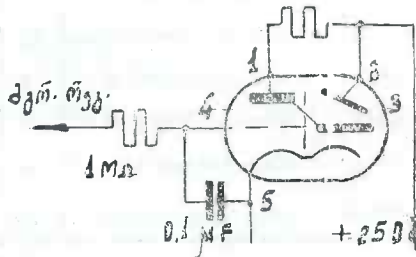
სურ. 202a და 203b-ზე ნაჩვენებია ამ მილაკის სქემატური სახე და მისი დეტალების კონსტრუქციული განლაგება. სურათებზე (1) წარმოადგენს ანოდს, (2) ეკრანს, რომლის ზედაპირზე წაცხებულია ნივთიერება ვილემიტი, იგი ელექტრონებით დაბობვის დროს იწყებს მწყანედ ციმციმს, (3) მმართველი ელექტროდი, რომელიც არეგულირებს ელექტრონების მომბარდირებას ეკრანზე, (4) მმართველი ბაღ, რომელიც ჩვეულებრივად უკავშირდება მიმღების მგრძნობიარობის რეგულატორის წრედს და (5) კათოდი.

სქემაში აწყობის ინდიკატორი ჩაირთვება ისე, როგორც სურ. 204-ზეა ნაჩვენები, და მოქმედებს შემდეგნაირად: ვთქვათ, მიმღების შესასვლელში არ არსებობს არაერთი სიგნალი, მაშინ, მგრძნობ. რეგულატორის— $E$  არ არსებობს, მაშასადამე, მმართველ ბადეზე (4) ძვრა არ გვაქვს, რადგანაც  $R_a$



სურ. 203.

წინაღობაზე ანოდის ძაბვა გვაქვს, ამიტომ (1) და (5)-ს შორის ე. ი. ანოდსა და კათოდს შორის დენი გადის და ანოდზე (1) და მასთან შეერთებულ მმართველ ელექტროდზე (3) ძაბვა ნაკლები იქნება, ვიდრე ეკრანზე (2)—ამის შედეგად ეკრანზე ჩრდილის დიდი სექტორი გვექნება. თუ მიმღების შესასვლელში



სურ. 204.

ზიგნალი არსებობს, ე. ი. მიმღები აწყობილია რომელიმე რადიოსადგურზე, მაშინ, მგრძნობიარობის რეგულატორის წრედში წარმოიშევა— $E$  და ინდიკატორის მმართველ ბადეს (4) მისცემს ძვრას, რის შედეგად ანოდის დენი შემცირდება და ანოდის (1) და ეკრანის (2) პოტენციალი თითქმის გათანაბრდება, რის გამოც მმართველი ელექტროდი (3) ეკრანზე ჩრდილის სექტორს შეაფარებს, რაც მიმღების სადგურთან რეზონანსში აწყობის მაჩვენებელია.

გარდა განხილული ინდიკატორისა, არსებობს აგრეთვე მექანიკური ინდიკატორი, რომელიც იგივე გალვანომეტრს წარმოადგენს და აწყობას ისრის ტადახრით გვიჩვენებს. მაგრამ მან თავისი სიძვირის გამო გამოყენება ვერ ჰპოვა.



ჩვენი წარმოების მიმღებ-გამაძლიერე

ჩვენს რიგზე	ძირითადი აღნიშვნები (სახელწოდება)	სხვა აღნიშვნები (სახელწოდება)	ტიპები	ვარვარება		ანოდის ძაბვა	კათოდის ძაბვა
				ძაბვა	დენი		
				V	mA	V	V
1	2	3	4	5	6	7	8

მცირე გაბარიტიანი მილაკები—„მაღვა“

1	2— <i>K</i> —2 <i>M</i>	—	მაღალი სიხშირის პენტოდი	2	60	120	70
2	2— <i>K</i> —2 <i>M</i>	—	მაღალი სიხშირ. პენტოდი, ვარიმიუ . . . . .	2	60	120	70
3	2— <i>П</i> —4 <i>M</i>	—	გამოსასვლის პენტოდი . . . . .	2	120	120	80
4	2— <i>П</i> —9 <i>M</i>	—	გამოსასვლის „სხიური“ ტეტროდი . . . . .	2	1000	250	150
5	2— <i>Ф</i> —2 <i>M</i>	—	ტრიოდი . . . . .	2	60	120	—
6	<i>УБ</i> —240	2 <i>СЗМ</i>	ტრიოდი . . . . .	2	120	120	—
7	<i>СБ</i> —241	2 <i>К1М</i>	მაღალი სიხშირის პენტო- დი, ვარიმიუ . . . . .	2	120	120	70
8	<i>СБ</i> —242	2 <i>А1М</i>	გარდაქმნილი გეპტოდი . . . . .	2	160	120	70
9	<i>СБ</i> —245	—	გენერატორული ტეტროდი . . . . .	1,8	320	160	80
10	<i>СО</i> —243	2 <i>Н1М</i>	ორმაგი ტრიოდი . . . . .	2	240	120	—
11	<i>СБ</i> —244	2 <i>П1М</i>	გამოსასვლის პენტოდი . . . . .	2	190	120	120
12	<i>СО</i> —257	—	გენერატორული პენტოდი . . . . .	2	275	200	100
13	<i>СБ</i> —258	2 <i>П2М</i>	გამოსასვლელი პენტოდი . . . . .	1,8	32	160	120

6,3 ვოლტიანი ხერხის მილაკები, კსე

14	6— <i>A</i> —8	—	გარდამქნელი გეპტოდი . . . . . (პენტაგრიდი)	6,3	0,3 <i>a</i>	250	100
15	6— <i>B</i> —8 <i>M</i>	6 <i>B8</i>	ორმაგი დიოდი-პენტოდი . . . . .	6,3	0,3 <i>a</i>	250	125
16	6— <i>Г</i> —7	6 <i>Q7</i>	ორმაგი დიოდი-ტრიოდი . . . . .	6,3	0,3 <i>a</i>	250	—
17	6— <i>Д</i> —1 <i>M</i>	6 <i>K8</i> 6 <i>K8C</i>	ტრიოდი-გეკსოდი . . . . .	6,3	0,3 <i>a</i>	250	100
18	6— <i>E</i> —5	—	ელექტრონ. ინდიკატორი . . . . .	6,3	0,3 <i>a</i>	250	—
19	6— <i>K</i> —2 <i>M</i>	1 <i>S51</i>	ტელემხედველ. პენტოდი . . . . .	6,3	0,45 <i>a</i>	300	150

ბელი მილაკების პარამეტრები

ცხრილი № 1.

ძერის ძაბვა	ანოდის დენი	კატოდის დენი	დაბრუნება	გაძლიერების კოეფიციენტი	შინაგანი წინადაბა	დატვირთვის წინადაბა	ბარგი სიმძლავრე	ანოდზე განხვევის სიმძლავრე	ანოდისა და ბარგის შორის ტვევადობა
$V$	$mA$	$mA$	$mA/V$	—	$\Omega$	$\Omega$	$wt$	$wt$	$\mu\mu F$
9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

ბები — ბატარიითი კვების (მუდმივი დენით)

-1	1	0,3	0,8	1200	1500.10 <sup>3</sup>	—	—	0,5	0,02
-1	2	0,6	0,95	950	1000.10 <sup>3</sup>	—	—	0,5	0,02
-4	7	2	2	125	60000	12000	0,25	2,5	0,7
-6	35	1,5	2,5	100	40000	25000	6	8	0,6
-4	2	—	1,2	20	16000	—	—	0,8	3,5
-2,5	1,5	—	1,3	22	17000	40000	0,02	0,6	2,7
-1	3,5	1	1,6	1200	750000	—	—	0,7	0,02
0	2,2	2,2	0,45	—	150000	—	—	0,7	0,45
-2	21	4	1,8	75	300000	—	—	1,5	0,05
0	3,2	0	2,1	32	16000	30000	0,8	1,5	3,4
-2,5	4	0,75	1,8	270	150000	30000	0,15	1,5	0,5
-7	14	2,5	1,8	200	110000	6000	1,25	2,5	0,06
-6	10	1,7	2	175	90000	20000	0,45	2	0,05

ლიდან კვების (ცვლადი დენით)

-3	3,6	2,7	0,55	—	36000	—	—	1	0,06
-3	9	2,3	1,12	—	600000	—	—	2,5	0,005
-3	1,1	—	1,2	70	58000	—	—	2	1,5
-3	2,5	6	0,1	—	400000	—	—	0,5	0,05
-8	0,25	—	—	—	—	—	—	—	3,5
-1,5	10	2,5	9	—	750000	—	—	3	0,02

1	2	3	4	5	6	7	8
20	6-Ж-3M	1853	ტელემხედველობის პენტო-				
21	6-Ж-7	6J7	დი მალალი სიაშირის პენტოდი	6,3	0,45a	300	200
22	6-K-7	—	მალალი სიხშირის პენტო-	6,3	0,3a	250	100
			დი ვარიმიუ.	6,3	0,3a	250	150
23	6-7-7	6L7	ვარდამქნელი გეპტოდი	6,3	0,3a	250	100
24	6-7-6	6L6	სხიური ტეტროდი	6,3	0,9a	250	250
25	6-7-6C	6L5G	"	6,3	0,9a	300	250
26	6-H-7	6N7	ორმაგი ტრიოდი	6,3	0,8a	250	—
27	6-Π-3C	—	სხიური ტეტროდი	6,3	0,9a	250	250
28	6-P-7	6R7	ორმაგი დიოდი-ტრიოდი	6,3	0,3a	250	—
29	6-C-5	6-C-5	ტრიოდი	6,3	0,3a	250	—
30	6-Φ-5	6F5	"	6,3	0,3a	2 0	—
31	6-Φ-5M	—	"	6,3	0,3a	250	—
32	6-Φ-6	6F6	გამოსასვლელი პენტოდი	6,3	0,7a	2 0	250
33	6-Φ-6M	—	"	6,3	0,7a	250	250
34	6-Φ-6C	6F6G	"	6,3	0,7a	250	250
35	6-X-6	6H6	ორმაგი დიოდი	6,3	0,3a	117ma	—

4 ვოლტიანი სერიის მილაკები. ქსე

36	VO-104	—	გამოსასვლელი ტრიოდი	4	0,7a	240	—
37	CO-118	4H4C	ტრიოდი	4	1a	240	—
38	VO-119	—	ტრიოდი	4	1a	240	—
39	CO-122	4Φ5C	გამოსასვლელი პენტოდი	4	1a	240	140
40	CO-124	4K5C	მალალი სიხშირის ტეტრო-	4	1a	160	80
			დი მალალი სიხშირის ტეტრო-				
41	CO-148	4K5C	დი-ვარიმიუ.	4	1a	160	60
42	CO-182	—	მალალი სიხშირის პენტო-				
			დი-ვარიმიუ	4	1a	160	60
43	CO-183	—	ვარდამქნელი გეპტოდი	4	1a	140	100
44	CO-185	—	ორმაგი დიოდი-ტრიოდი	4	1a	140	—
45	VO-183	—	გამოსასვლელის ტრიოდი	4	1a	250	—
46	CO-187	—	გამოსასვლელის პენტოდი	4	2a	250	250
47	CO-193	—	ორმაგი დიოდი-პენტოდი	4	1a	240	120

კათოდის მალაქებიანი მილაკები.

48	15-A-6C	—	გამოსასვლელი პენტოდი	15	0,3a	180	135
49	25-Π-1C	25-L-6G	გამოსასვლელი სხიური ტე-	25	0,3a	110	110
			ტროდი				
50	30-Π-1M	—	გამოსასვლელი სხიური ტე-	30	0,3a	110	110
			ტროდი				

ძველი გამოშვების მილაკები. ქსე

51	VB-152	—	ტრიოდი	2	110	120	—
52	CB-154	—	მალ სიხ. ტეტრ. ვარიმიუ.	2	110	160	80
53	CB-155	—	გამოსასვლელი პენტოდი	2	220	120	100
54	CB-194	—	ორმაგი ტრიოდი	2	300	120	—
55	VB-107	—	ტრიოდი	4	75	120	—
56	VB-110	—	ტრიოდი	4	75	160	—
57	CB-12	—	მალალი სიხშ. ტეტროდი	4	75	160	60
58	VB-132	—	გამოსასვლელი ტეტროდი	4	150	160	160
59	CB-147	—	მალალი სიხშ. ტეტროდი	4	150	160	60

სპეციალური მილაკები: ქსელი

60	6-Ж-1Ж	954	ულტრა მოკლეტალ. პენტ.	6,3	0,15a	250	200
61	6-K-1Ж	956	" " " ვარიმიუ	6,3	0,15a	250	100
62	6-C-1Ж	955	" " " ტრიოდი	6,3	0,15a	180	—

9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
-3	12,5	3,2	5	—	70000	—	—	3	0,02
-3	2	0,5	1,2	—	1000.10 <sup>3</sup>	—	—	0,75	0,006
-3	10,5	2,6	1,65	—	600000	—	—	2,25	0,005
-3	2,4	7,1	0,38	—	600000	—	—	1,75	0,005
-14	72	5	6	135	22500	2500	6,5	20	0,4
-14	72	5	6	135	22500	—	6,5	20,5	0,5
-0	15	—	3,2	24	—	8000	10	12	2,4
-14	72	5	6,2	150	25000	2500	5,5	20,5	1
-9	9,5	—	1,9	16	8500	—	—	2	2
-8	8	—	2	20	10000	—	—	2,6	2
-2	0,9	—	1,5	100	66000	—	—	0,4	2
-2	0,9	—	1,5	100	66000	—	—	0,4	2
-16,5	34	7	2,5	—	78000	7000	3,2	10	0,6
-16,5	34	7	2,5	—	78000	7000	3,2	10	—
-16,5	34	7	2,5	—	70000	7000	3,2	10	—
—	4	—	—	—	—	—	—	—	—

**ლიდან კვების (ცვლადი ღირებულება)**

-35	40	—	3,2	4	1250	2500	1,5	12	10
-3	6	—	1,75	34	20000	—	—	2	2,6
-10	12	—	1,7	12	7000	—	—	5	2
-12	19	7	1,7	120	70000	20000	1	4	0,35
-1,5	10	3	1,9	350	185000	—	—	—	0,005
-1	7,5	1,5	1,6	320	200000	—	—	—	0,005
-1,5	4,2	1,4	2,25	1500	700000	—	—	—	0,008
-2	4	8	2,6	—	125000	—	—	—	0,25
-4	5	—	1,5	35	24000	—	—	—	2,2
-37	57	—	3,2	4	1200	—	—	—	8,2
-6	37,5	10	7,5	600	90000	—	—	—	1
-6	7	1,2	2	300	150000	3000	1,5	15	0,18

**ქსელიდან კვების (ცვლადი ღირებულება)**

-20	48	6	2,5	—	20000	50000	2	—	—
-7,5	45	4	8,5	—	10000	20000	2,2	10	—
-7,5	45	4	8,5	—	10000	20000	2,2	10	—

**ლიდას კვების (ცვლადი ღირებულება)**

-4	5	—	2	12	6000	—	—	2	4,5
-1	3	1,3	1,25	500	400000	—	—	1	0,04
-4	10	1,8	2,2	200	90000	—	—	4	0,5
-0	5,6	—	2,5	25	—	800	0,25	—	—
-2	8	—	1,35	12	9000	3000	1	2,5	—
-1,5	3,8	—	1,2	25	20000	—	—	2	4
-1	1,25	0,2	0,5	500	100000	—	—	1	3,3
-8	12	—	2	8,5	4250	5000	0,25	3	0,03
-1	2,8	1	1	650	650000	—	—	2	5
									0,04

**დან კვების (ცვლადი ღირებულება)**

-3	3	0,7	1,6	1800	12000	—	—	1,2	0,018
-3	3	0,6	1,6	1600	11000	—	—	1,2	0,018
-5	4,3	—	2	25	12500	20000	0,16	1,5	1,4

ჩვენი წარმოების კონტროლები (ვაშარბოველი მილაკები)

ცხრილი № 2

№№ რიგები	ღებვის ადრესი	(ღებვის ადრესი)	სადაც აღმოჩენილია	ტ. პ. რ.	მდევი რეგისტრაციის	ვარგაობა		მდევი წინასწარ აღიარებულია	სადაც აღმოჩენილია	რეგისტრაციის
						დაბლა	ღარი			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	5L/4	5Z4	ორანდიანი კონტროლი	4	5	5	2	350	125	1400
2	5L-4C	BO-255 BO-530	"	"	"	5	2	350	125	1400
3	6X5C	6X5	"	"	"	6,3	0,6	325	70	1250
4	30L/6C	—	"	"	"	30	0,3	250	90	1000
5	BO-116	2B-400	"	"	"	4	2	400	115	1200
6	BO-125	—	"	"	"	4	0,7	250	30	600
7	BO-188	—	"	"	"	4	2,2	500	150	1300
8	BO-202	2B-150	"	"	"	4	0,7	300	50	900
9	BO-230	B-660	ერთანდობლივი კონტროლი	"	"	4	0,7	300	50	900
10	BO-239	—	"	"	"	4	2,2	800	180	1800
11	B-379	„879“	"	"	"	2,5	1,75	2650	7,5	7500

გენერატორული მილაკები (საჭურავლო და გრძელტალღოვანი)

ცხრილი № 3

მილაკის ტიპი	მილაკის სიგრძე	$U_h$	$U_a$	$U_{in}$	$Ph$	$I_{ea}$	$S$	$\frac{ma}{a}$	$D$	$R_i$	$\Omega$	$U_a k$	$E' g$	$E' a$	$Pa$	$P_a$	$PN$
1	CD-50	11	41	45	0,25	2	0,018	30000	1,5	3	5,4	1,5	0,08	1,5	0,08	0,05	
2	CD-100	11	3,8	41,8	0,2	1,45	0,014	50000	3	3	-21	1,5	0,15	1,5	0,15	0,12	
3	CD-200	11	6,3	69,3	0,4	2,35	0,012	36000	3	0	0	3	0,15	3	0,15	0,25	
4	CD-400	17	8,5	144	0,85	3,5	0,01	27000	3-4	0	-12,7-+2,1	4,2	0,5	4,2	0,5	0,5	
5	CD-1000	16	10,3	164,8	1	3,2	0,004	78000	10	0	+40	20	0,4	20	0,4	1	
6	CD-15	16,5	52	850	8	7,5	0,023	5450	8+10	0	-23-+63	7	10	7	10	11+15	
7	DO-30	23	72	1656	15	10	0,022	4545	8+10	0	-44	8	20	8	20	30	
8	DO-49	33	250	8200	60	40	0,025	1000	10,5	10,5	-160	4	60	4	60	100	
9	DO-175	33	250	8200	60	40	0,025	1000	10,5	10,5	-160	4	60	4	60	100	
10	LK-20	5,6	0,85	4,75	0,2	1,75	0,019	30000	0,75	0,75	-6	0,42	0,01	0,42	0,01	0,015	

გენერატორული მილაკები, (დაბალი ხშირის მქონე გრძელტალღოვანი)

ცხრილი № 4

მილაკის ტიპი	$U_h$	$U_a$	$U_{in}$	$S$	$\frac{ma}{a}$	$D$	$R_i$	$\Omega$	$U_a$	$Ea'$	$Pa$	$P_a$	$PN$	$PN$	$PN$
1	M-41	11	3,5	38,5	200	1,2	8300	1200	1200	250	50	50	50	50	15
2	M-60	11	6,3	69,3	200	1,2	8300	1200	1200	250	50	50	50	50	30
3	M-160	11	3,5	38,5	200	1,2	8300	1200	1200	250	50	50	50	50	30
4	M-28	11	6,3	69,3	300	1,2	8300	3000	3000	300	150	150	150	150	40
5	M-28	11	6,3	69,3	300	2	5500	1900	1900	100	150	150	150	150	75
6	M-400	17	18	306	1800	5	2200	1500	1500	500	400	400	400	400	150
7	M-401	16	10,3	113,3	1000	0,2	20000	10000	10000	2000	400	400	400	400	80
8	M-600	17	5,4	142,8	6000	2,2	7580	10000	10000	500	800	800	800	800	80
9	MO 10	16,5	5,2	88	8000	5,5	3000	10000	10000	3500	10000	10000	10000	10000	800

მოკლე და უკონტრამოკლე

მანქ. რიგი	ტ ი ს ი	უღიღესი დასაწევი სიხშირე	გარეგარების ძაბვა	ვარგარების დენი	ენისის დენი	მარჯვ სიმძლავრე	განზნევა ანოდზე	ანოდის ძაბვა	ეკრანის ძაბვა	ანტიინატიონული ბადის ძაბვა	მახასიათებლის დაბრი-ლობა
1	2	$f$ MHZ	$U_H$ V	$J_H$ A	$J_S$ ma	$P_a$ wt	$P_a$ wt	$U_a$ V	$U_{გ}$ V	$U_{გ}$ V	$S$ mu/s

უკონტრამოკლე ტალღების გე

1	ГУ-4 ტრიოდი	85	7	1,8	75	10	35	700	—	—	1,4
2	Г-411 პენტოდი	50	$\frac{10}{20}$	$\frac{0,6}{0,3}$	120	20	20	400	250	30	5,5
3	Г-417 ტრიოდი	50	5	1,15	200	10	10	500	—	—	1,7
4	832 ტეტროდი	150	6,3	0,8	100	20	15	400	250	—	3
5	HC-50 პენტოდი	120	12,6	0,23	450	85	—	1000	300	—	4

მოკლე ტალღების გე

6	Г-412 პენტოდი	25	$\frac{10}{20}$	$\frac{0,45}{0,22}$	100	20	20	750	250	40	3,8
7	Г-418 პენტოდი	20	$\frac{10}{20}$	$\frac{1}{0,5}$	220	40	40	750	250	40	4,7
8	ГV-14 პენტოდი	25	$\frac{10}{20}$	$\frac{2,8}{1,4}$	700	150	100	5000	350	40	6
9	Г-471 პენტოდი	20	20	3	750	300	150	1500	400	50	4,2
10	Г-425 პენტოდი	20	20	22	1500	1000	150	4000	1500	50	4
11	ГK3-100 ტეტროდი	20	11	2	500	100	80	1500	250	—	2,5
12	ГK3-150 ტეტროდი	20	11	6,3	300	150	100	3000	500	—	2
13	ГK3-300 ტეტროდი	20	17	10,3	525	300	300	3000	500	—	4
14	ГK3-500 ტეტროდი	20	15	17	500	500	600	6000	500	—	3
15	ГK3-10000 ტეტროდი	20	17	18	1300	1000	750	4000	500	—	3
16	Г-425 პენტოდი	20	20	22	1500	1000	750	4000	1500	50	4
17	ГK-800 ტრიოდი	20	17	18	1600	3000	1000	10000	—	—	5,2



მზარეული-ბადის გახედაობა	ეკრანული ბადის განვლადობა	ანტირინდინატორული ბადის გახედაობა	მზარეული ბადის დატბუნების კოეფიციენტი	ეკრანული ბადის-დაბატუნების კოეფიციენტი	დინატორული ბადის დატბუნების კოეფიციენტი	დინატორული ეფექტის კოეფიციენტი	მზარეული ბადებზე დატბუნების კოეფიციენტი	მზარეული ბადის უკუდენი	მზარეული ბადის იონური დენი	ანოდის და ბადის შორის ტევადობა	შესავლის ტევადობა	გამოსავლის ტევადობა	მუშაობის ხანგრძლივობის მინიმალური დრო.
$D$	$D_{გა}$	$D_{გა}$	$K_{გ}$	$K_{გ}$	$K_{გ}$	$K$	$U_{გო}$	$\Sigma J_{ig}$	$J_j$	$C_{გა}$	$\mu\mu F$	$\mu\mu F$	$T$
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26

ნერატორული მილაკები

0,08	—	—	0,8	—	—	—	10	—	15	—	—	—	200
0,01	0,13	0,005	0,5	0,13	1,5	0	15	20	3	0,3	3,5	1,5	1000
0,055	—	—	0,8	—	—	—	14	5	1,5	3,3	2,1	0,9	1000
—	0,14	—	—	—	—	—	—	—	0,05	7,5	3,8	—	—
0,004	—	—	—	—	—	—	—	—	0,09	15	1,0	—	—

ნერატორული მილაკები

0,002	0,075	0,01	0,9	0,075	2,7	0	6	5	—	0,1	7,3	6	1000
0,002	0,09	0,01	0,7	0,09	2	0	3	20	3	0,22	12	11	1000
0,002	0,1	0,015	0,83	0,1	6	0	8	100	—	0,2	20	19	1000
0,004	0,2	0,03	1	0,2	8	0	18	30	5	0,17	18	20	2000
0,001	0,1	0,05	0,9	0,1	9	0	0	80	50	0,15	23	21	2000
0,004	0,16	—	1	0,52	—	0,8	8	—	2	0,055	15,5	10,5	1000
0,004	0,2	—	0,5	0,7	—	1	16	—	2	0,17	17	11	800
0,008	0,17	—	0,5	0,47	—	0,5	40	30	12	0,15	22	17	1500
0,003	0,12	—	0,6	0,54	—	0,7	65	—	20	0,055	22	11	2500
0,006	0,35	—	0,6	0,77	—	0,7	55	—	50	0,22	22	11	2000
0,001	0,1	0,05	0,9	0,1	9	0	0	80	50	0,15	23	21	2000
0,005	—	—	0,8	—	—	—	90	—	—	11	13	22	1750

გ ა ზ ო ტ რ ო ნ ე ბ ი

ცხრილი № 6

№ № როგზე	ტ ი პ ი	ვარჯარების ძაბვა	ვარჯარების ღენი	მაქსიმალური ანო- დის ღენი	ამ რთული ღენი	უკუ გადა- ფარვის ძაბვა	ვახუჯარების დროი კორექ- ლად ჩარ- თვის შემ- თხვევაში	ვახუჯარების დროი კეს- პლონატორის დროს
		უ	А	А	А	უ	წუთებში	წუთებში
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	BF-161	2,5	6	1	0,3	2500	45	3
2	BF-252	2,5	6	1	0,3	2500	45	3
3	BF-129	2,5	9	1,5	0,5	5000	45	3
4	BF-236	2,5	20	4	1,3	7000	60	5
5	BF-237	5	22	10	3,5	100000	90	5
6	BF-163	5	32	50	16	15000	120	30
7	BF-176	2,5	11	9	6	150	0,5	0,5
8	BF-251	2,5	11	9	6	150	0,5	0,5
9	BF-222	2,5	33	30	10	300	1	1

სამ უკანასკნელ ვაზოტრონებში (BF-176, BF-251, BF-222) სინ-  
დიკის ორთქლის მაგივრად გამოყენებულია არგონის ვაზი, და კატოდი გა-  
ვთავებულია თორირებული მოლიბდენისაგან. მათ ხშირად ტუნგარებს უწოდებენ.

№-№ როგზე	ტიპები	გაზები	წარმოების ძაბვა <i>უ</i>	გარეაგების დენი <i>ა</i>	ანოდის მაქსი- მალური დენი <i>ა</i>	ანოდის საშუ- ალო დენი <i>ა</i>	ანოდის მაქსი- მალური ძაბვა <i>უ</i>	ანოდების პოტენ- ციალი <i>უ</i>	ბადის მაქსიმ- ალური დენი <i>კგ</i>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	TF-160	სინდიცის	2,5	6	1	0,8	2000	2	5
2	TF-205		2,5	11	2	0,6	2000	3	5
3	TF-162	ორთქლი	5	40	40	12	5000	10	10
4	TF-0,3		2,5	1,4	0,3	0,1	300	5	3
5	TF-212	ინერტული გაზები.	4	2,3	0,5	0,125	300	3	5
6	TF-213		2,5	11	1,5	0,5	500	2	5
7	TF3-235		5	13	6	1,5	700	6	200
8	TF3-4-5		5	13	4	1,3	500	0,3	250

1. 50 лет радио. Выпуск 1. Из предистории радио— Академия Наук Союза ССР изд. 1948 г.
2. А. С. Попов и изобретение радио—А. И Берг изд. ОГИЗ-а 1935 г.
3. Радио—могущее средство обороны страны. Маршал войск связи И. Т. Пересипкин. Военное издательство Министерства Вооруженных Сил Союза ССР 1948 г.
4. Курс физики. т. II К. А. Путилов при участии В. А. Фабриканта Гостехиздат изд. 1945 г.
5. Основы радиотехники Б. П. Асеев Связиздат 1947 г.
6. Основы радиотехники—М. В. Амалицкий ч. I. Связиздат 1940 г.
7. Основы радиотехники—М. В. Амалицкий ч. II Связиздат 1948 г.
8. Антенны—А. А. Пистолькорс Связиздат 1948 г.
9. Электровакuumные приборы—В. Ф. Власов Связиздат 1948 г.
10. Основы электротехники—К. А. Круг.
  1. I. Гонти—НКПТ—СССР 1938 г.
  1. II ч. Гонти—НКПТ—СССР 1938 г.
  1. III ч. Гонти 1939 г.
11. Усилители низкой частоты—Г. В. Войшвилло Связиздат 1939 г.
12. Курс радиопередатчиков—З. И. Модель и И. Х. Невяжкий часть I. Связиздат 1938 г.
13. Курс радиопередатчиков—З. И. Модель и И. Х. Невяжский ч. II Связиздат 1940 г.
14. Радиоприемные устройства В. И. Сифоров Связиздат 1939 г.

ს ა რ ჩ ე მ ი

წინასიტყვაობა . . . . .	83-
რადიოს შემოქმედი ალექსანდრე სტეფანეს-ძე პოპოვი . . . . .	3
	4

ე ლ ო ჭ ტ რ ო ბ ა

1. ატომი და მისი აღნაგობა . . . . .	10
2. გამტარები და არა გამტარები . . . . .	12

მ უ ღ გ ი ვ ი დ ე ნ ი

1. მუდმივი დენის ძირითადი კანონები . . . . .	14
2. გამტარის ხვედრითი წინაღობა და ტემპერატურული კოეფიციენტი . . . . .	15
3. კირჩქოლის პირველი და მეორე კანონი . . . . .	21
4. მუდმივი დენის სითბური მოქმედება და მისი სიმძლავრე . . . . .	23
5. მუდმივი დენის წყაროები და გალვანური ელემენტები . . . . .	24
6. ელემენტების ბატარიებად (ჯგუფებად) შეერთება . . . . .	27

მ ა გ ნ ი ტ ი ზ მ ი

1. მაგნიტიზმისა და ელექტრომაგნიტიზმის რაობა . . . . .	31
2. ომის კანონი მაგნიტური წრედებისათვის და ჰისტერეზისის მარყუჯი . . . . .	35
3. ელექტროდენისა და მაგნიტურ არეს ურთიერთქმედება . . . . .	38

ც ვ ლ ა დ ი დ ე ნ ი

1. ცვლადი დენის მიღება . . . . .	41
2. ცვლადი დენის წრედები . . . . .	44
3. ტევადობა (კონდენსატორი) რადიოტექნიკურ წრედში . . . . .	56
4. თვითინდუქცია რადიოტექნიკურ წრედში . . . . .	61

რ ე ზ ო ნ ა ნ ს ი ს მ ო ვ ლ ე ნ ა

1. ძაბვების რეზონანსი . . . . .	65
2. დენების რეზონანსი . . . . .	68

რ ა დ ი ო ტ ე მ ა ნ ი კ უ რ ი კ ო ნ ტ უ რ ე ბ ი

1. კონტურის პარამეტრები . . . . .	74
2. კონტურის ამომრჩევლობა ანუ სელექციურობა, მისი რეზონანსური მრუდები და გატარებული ზოლის სიგანე . . . . .	80

ე ლ ე მ ტ რ ო ნ უ ლ ი მ ი ლ ა კ ე ბ ი

1. ემისიის დენი და კათოდები . . . . .	99
2. შილაკის კათოდის კონსტრუქცია . . . . .	94

3. მილაკის ელექტროდები და მასში ვაკუუმის დანიშნულება . . . . .	95
4. ორელექტროდიანი ელექტრონული მილაკები (დიოდები) . . . . .	96
5. სამელექტროდიანი მილაკები (ტრიოდები) და მათი პარამეტრები . . . . .	99
6. ჯერანირებული მილაკები (ტეტროდები) და დინატრონული ეფექტები . . . . .	105
7. პენტოდები და „ვარიმიუ“ მილაკები . . . . .	107
8. კომბინირებული მილაკები . . . . .	109
9. პენტაგრაფი ანუ ვეპტოდი . . . . .	110
10. გენერატორული მილაკები . . . . .	111

**ბ ა მ მ ა რ თ ე ლ ი**

1. ერთი-ნახევარ და ორ-ნახევარ პერიოდული გამმართველები . . . . .	115
2. ბგერითი სიხშირის დენის წყაროები . . . . .	119

**დ ა ბ ა ლ ი ს ი ხ შ ი რ ი ს ბ ა მ მ ა მ ლ ი ე რ ბ ლ ე ბ ი**

1. გამაძლიერებლების დანიშნულება . . . . .	125
2. მილაკის დინამური მახასიათებელი . . . . .	126
3. რეოსტატული გამაძლიერებელი . . . . .	129
4. გამაძლიერებელი დროსეულზე . . . . .	133
5. ტრანსფორმატორული გამაძლიერებლები . . . . .	137
6. სიმძლავრის გამაძლიერებლები . . . . .	140
7. ორტაქტიანი ანუ პუშპულური სქემები . . . . .	145

**მ ა ლ ა ლ ი ა ნ შ ო რ ა დ ი ო ს ი ხ შ ი რ ი ს ბ ა მ მ ა მ ლ ი ე რ ბ ლ ე ბ ი**

1. მაღალი სიხშირის გამაძლიერებლები . . . . .	149
2. მაღალი სიხშირის გამაძლიერებლის ძირითადი რეჟიმი, ანოდის წრედში აწყობილი კონტურის არსებობის დროს . . . . .	157
3. ორტაქტიანი მაღალე სიხშირის გამაძლიერებელი და შისი კვების ხერხები . . . . .	163

**მ ა ლ ა ლ ი დ ე ნ ი ს ს ი ხ შ ი რ ი ს ო ა რ მ ო მ მ მ ე ლ ე ბ ი ა ნ შ ო  
ბ ე ნ ე რ ა ტ ო რ ე ბ ი**

1. თვითაგზნების გენერატორები . . . . .	169
--	-----

**მ ა ლ ა ლ ი ს ი ხ შ ი რ ი ს დ ე ნ ი ს ბ ე ნ ე რ ა ტ ო რ ი ს დ ა  
ბ ა მ მ ა მ ლ ი ე რ ბ ლ ე ბ ი ს შ ე მ მ ა კ ა ვ შ ი რ ე ბ ე ლ ი ე ლ ე მ მ ე ნ ტ ე ბ ი**

1. შეკავშირებული კონტურები . . . . .	175
2. შეკავშირებული კონტურების აწყობა . . . . .	177

**ბ ა ლ ა მ ც ე მ ე ბ ი**

1. გადამცემის სახეები . . . . .	182
2. ბადური მოდულაცია . . . . .	187
3. ანოდური მოდულაცია . . . . .	197

**რ ა დ ი ო მ ს ე ლ ე ბ ი ა ნ შ ო ა ნ ტ ე ნ ე ბ ი**

1. ანტენის დანიშნულება. ვიბრატორები . . . . .	200
2. ამრეკელი მოწყობილობა ანუ რეფლექტორი . . . . .	207
3. ძირეული კავშირის და რადიომოყვარულთა ანტენები . . . . .	208

4. გრძელტალღოვანი ანტენების მართვის ორგანოები და დენის და ძაბვის განაწილება მასაზე . . . . .	212
5. ანტენის ამოსხივების წინაღობა, ეფექტური სიმაღლე და მ. ქ. კოეფიციენტი . . . . .	214
6. გრძელტალღოვანი ანტენის ტიპები . . . . .	217

**რ ა დ ი ტ ა ლ ე მ ბ ი ს ბ ა ვ რ ც ე ლ ე ბ ა**

1. რადიოტალღის რაობა და მისი გავრცელება . . . . .	219
2. რადიოსამუწყებლო ტალღების გავრცელება . . . . .	225

**რ ა დ ი ო მ ი მ ლ ე ბ ე ბ ი**

1. მიმღების დანიშნულება და მათი ტიპები . . . . .	230
2. დეტექტორული მიმღები . . . . .	231
3. დიოდური და ბადური დეტექტირება . . . . .	235
4. ანოდური დეტექტირება . . . . .	240
5. რეგენერაციული მიღება . . . . .	241
6. პირდაპირი გაძლიერების და სუპერული მიმღები . . . . .	243
7. შალაი სიხშირის გამაძლიერებელი მამღები . . . . .	246
8. ადგილობრივი გეტეროდინი და შუალედი სიხშირის მიღება . . . . .	248
9. შუალედი სიხშირის ანუ ზოლური გამაძლიერებლები . . . . .	252
10. მიღების რეგულატორები . . . . .	255
11. მგრანობიარობის ანუ ხმის ავტომატური რეგულატორი . . . . .	258
12. აწყობის ელექტრონული ინდიკატორი . . . . .	264



პ/მგ. რედაქტორი უ ლ. გვიგიაშვილი

კონტროლიორ კორექტორი მ. ჯაფარიძე  
გადეცა წარმოებას—1. 4. 49  
ხელმოწერილია დასაბეჭდათ—  
სასტამბო ფორმათა რაოდენობა—17,5  
ანაწყოების ზომა 7×11  
ტირაჟი—1000

შეკვეთა № 774

უგ-04335

სტამბა „ზარია ვოსტოკა“ რუსთაველის პროსპექტი № 42.

3060 8 806.  
306 1 806.  

---

9 806.

**К. И. КОТРИКВИДZE**  
**ОСНОВЫ РАДИОТЕХНИКИ**  
(на грузинском языке)

Гос. тех. изд-во ГССР „Техნიკა და შრომა“

19

თბილისი

49