

გემის ენერგეტიკული დანადგარების ავტომატიზაცია

ლექციის კონსპექტი

გემის მექანიკოსის სპეციალობის სტუდენტებისათვის

## შესავალი

ნაწილი 1. ავტომატური რეგულირების თეორიის ძირითადი დებულებები.

თავი 1. ავტომატური რეგულირების სისტემების საერთო ცნებები.

1.1. ავტომატიზაცია და მექანიზაცია.

1.2. ავტომატური რეგულირების სისტემების ელემენტები.

1.2.1. მგრძობიარე ელემენტები და გადამწოდებები.

1.2.1. მამლიერებლები.

1.2.3 ელექტრომაგნიტური რელეები

1.3. რეგულირების ობიექტები

1.3.1 ობიექტის დინამიკის დიფერენციალური განტოლება

1.3.2. დიფერენციალური განტოლების ამოხსნა

1.4. ავტომატური რეგულატორები

1.4.1. რეგულატორისა და ობიექტის ურთიერთქმედება

1.4.2. რეგულატორის ტიპის შერჩევა და ნასტროიკა

თავი 2. პერედატორნიე ფუნქციები და სიხშირული მახასიათებლები

2.1. პერედატორნიე ფუნქციები.

2.2. სიხშირული მახასიათებელი

2.3. ტიპური დინამიკური რგოლები.

2.4. პერედატორნიე ფუნქციების ალგებრა. რგოლების შეერთება.

2.5. ჩაკეტილი სისტემის დინამიკის განტოლება.

თავი 3. ავტომატური რეგულირების სისტემების  
მდგრადობა და ხარისხი.

3.1. მდგრადობის განსაზღვრა.

3.2. გურვიცის მდგრადობის კრიტერიუმი

3.3. მიხაილოვის მდგრადობის კრიტერიუმი

3.4. რეგულირების ხარისხი

## ნაწილი II

გემის ენერგეტიკული დანადგარების  
ავტომატიზაცია

## თავი 4

გემის საქვაბე დანადგარების ავტომატიზაცია

4.1. ავტომატიკის საერთო საკითხები

4.2. საქვაბე დანადგარების ავტომატიზაციის ამოცანები.

4.3. წყლის დონის რეგულირება ქვაბის დოლში

4.3.1. წყლის დონის ერთიმპულსიანი ავტომატური რეგულირების სისტემა  
თერმოპროპორციული რეგულატორით..

4.3.2. წყლის დონის ერთიმპულსიანი ავტომატური რეგულირების სისტემა იზოდრომული რეგულატორით.

4.3.3. წყლის დონის მრავალიმპულსიანი რეგულატორები

4.3.4. ქვაბის მკვებავი ტუმბოს წარმადობის რეგულირება.

4.4. გადასურებული ორთქლის ტემპერატურის რეგულირება.

4.4.1. ტემპერატურის რეგულირება კონდენსატის შეშუბრებით.

4.4.2. ტემპერატურის რეგულირება ზედაპირულ ორთქლმაგრილებლებში.

4.5. საწვავის წვის რეგულირება

4.5.1. წვის რეგულირების სქემა პარალელურად ჩართული კონტურებით.

4.5.2. წვის რეგულირების სქემა მიმდევრობით ჩართული კონტურებით.

4.6. ქვაბის დაცვისა და სიგნალიზაციის სისტემები.

4.7. დამხმარე და უტილიზაციური ქვაბების რეგულირება.

თავი 5. ორთქლის ტურბინული დანადგარების ავტომატიზაცია.

5.1. ორთქლის ტურბოდანადგარის სარეგულირებელი სიდიდეები.

5.2. ლილვის ბრუნთა სიხშირის რეგულირება

5.3. ორთქლის წნევის რეგულირება შემამჭიდროვებლებში.

5.4. ზეთის ტემპერატურის რეგულირება შეხეთვის სისტემაში

5.5. ორთქლის ტურბოდანადგარის დაცვის სისტემები

თავი 6. გემის დიზელური დანადგარების ავტომატიზაცია.

6.1. ავტომატიკის საერთო საკითხები.

6.2. ბრუნთა სიხშირის რეგულირება

6.2.1. ბრუნთა სიხშირის რეგულატორთა კლასიფიკაცია

6.2.2. ბრუნთა სიხშირის რეგულატორთა სქემები.

6.2.3. პარალელურად მომუშავე ძრავების ბრუნთა სიხშირის რეგულირება.

6.3. გამაგრებელი გარემოს ტემპერატურის რეგულირება.

6.3.1. ტემპერატურის რეგულატორები.

6.4. საწვავის სიბლანტის რეგულირება.

6.5. სიგნალიზაციისა და დაცვის სისტემები.

6.6. დისტანციური ავტომატიზირებული მართვის სისტემები. (დამ)

თავი 7. დამხმარე მექანიზმებისა და სისტემების ავტომატიზაცია.

7.1. ენერგეტიკული დანადგარის მომსახურე სისტემების ავტომატიზაცია.

7.1.1. საწვავის მომზადების სისტემა.

7.1.2. შეკუმშული ჰაერის სისტემა

7.2. სამაცივრო დანადგარების ავტომატიზაცია.

7.2.1. ტემპერატურის რეგულირება სამაცივრო კამერებში

7.2.2. კომპრესორების სიცივის წარმადობის რეგულირება.

7.2.3. ამორთქლებელის თხევადი ხლოდოაგენტით შევსების რეგულირება.

7.2.4. კონდენსაციის წნევის რეგულირება

7.2.5. ჰაერის ავტომატური გამოდევნა სისტემიდან.

7.2.6. ზეთის დონის რეგულირება ზეთის განმაცალკვეებელში.

7.2.7. გასაცეცებელ ზედაპირზე წარმოქმნილი ყინულის (ბუბა) მოშორება

7.3. ჰაერის კონდიციონირების ავტომატიზაცია.

7.4. ხანძარსაწინააღმდეგო სისტემების ავტომატიზაცია.

7.4.1. ხანძარსაწინააღმდეგო სიგნალიზაცია

7.4.2. ხანძრის ჩამქრობი სისტემები

## შესავალი

... საწარმოო პროცესების ავტომატიზაცია წარმოადგენს ტექნიკური პროგრესის წამყვან მიმართულებას და ამასთანავე შრომითი წარმოების ამაღლების ერთ-ერთ ეფექტურ სფეროს.

ავტომატიზაციის დანერგვა საზღვაო ფლოტის გემებზე უზრუნველყოფს ერგეტიკული დანადგარების მოტორესურსისა და მუშაობის ეკონომიურობის ამაღლებას, ამცირებს მომსახურე პერსონალის რიცხვს და ექსპლუატაციურ დანახარჯებს, ამასთანავე საგრძნობლად ზრდის გემის ენერგეტიკული დანადგარების მუშაობის საიმედოობას.

XVII საუკუნის 50-იან წლებში ჰოლანდიელი მეცნიერის ჰიუგენსის მიერ იქნა შექმნილი ავტომატური მოწყობილობა, რომელიც არეგულირებდა საათის სვლას, მაგრამ ავტომატიკის წარმოებაში დანერგვა დაიწყო მას შემდეგ, რაც რუსმა მეცნიერმა ი. პოლზუნოვმა 1765 წელს შეიმუშავა ორთქლის მანქანის ქვაბში წყლის დონის ტივტივა რეგულატორი და ინგლისელმა მექანიკოსმა ჯეიმს უატმა 1784 წელს შექმნა ორთქლის მანქანის ლილვის ბრუნთა სიხშირის ცენტრიდანული ტიპის რეგულატორი.

ავტომატიკის მთავარ ამოცანას წარმოადგენდა მდგრადობა, რომლის გადაჭრაში დიდი წვლილი შეიტანეს ინგლისელმა მეცნიერმა ე. რაუსმა და გერმანელმა მეცნიერმა ა. გურვიცმა, მათ შეიმუშავეს მდგრადობის გამოკვლევის ალგებრული მეთოდი, ხოლო ამერიკელმა მეცნიერმა ჰ. ნაიკვისტმა და რუსმა ა. მიხაილოვმა - მდგრადობის გამოკვლევის სიხშირული მეთოდი.

## ნაწილი 1. ავტომატური რეგულირების სისტემების საერთო ცნებები.

### 1.1 ავტომატიზაცია და მექანიზაცია.

გემის ენერგეტიკული დანადგარების მუშაობის სპეციფიკა დიდად განსხვავდება ნაპირზე არსებული დანადგარების მუშაობისაგან იმდენად, რამდენადაც აგი დაძვირდებულა გემის ცურვის პირობებზე. (გემის რწევა, შტორმი, ჰერის ტემპერატურისა და ნესტიანობის ცვლილება და ა.შ) მაგრამ მიუხედავად ამისა, კონტროლისა და მართვის პროცესებზე, რომელზედაც ძირეულად არის დამოკიდებული გემის საიმედო და უსაფრთხო მუშაობა,

არსებობს ისეთი მკაცრი მოთხოვნები, რომ ადამიანს ყოველთვის არ შესწევს უნარი მისი დაკმაყოფილებისა თავისი ფიზიოლოგიური შესაძლებლობების შეზღუდულობის გამო, რის შედეგადაც მკვეთრად მცირდება დანადგარების ექსპლუატაციის ეფექტურობა ( განსაკუთრებით ავარიულ პირობებში).

გემის ენერგეტიკული დანადგარების ექსპლუატაციის ეფექტურობის ამაღლების მიზნით თანამედროვე გემებზე გამოიყენება საწარმოო პროცესების ავტომატიზაცია და მექანიზაცია, ანუ ყენდება ისეთი ავტომატური მოწყობილობა, რომელიც შეცვლის ადამიანს საწარმოო პროცესების კონტროლისა და მართვის სფეროში. საწარმოო პროცესების ავტომატიზაცია წარმოადგენს მანქანური წარმოების განვითარების უმაღლეს და სრულყოფილ ფორმას

სისტემებს, რომლებშიც სორციელდება სარეგულირებელი სიდიდის მუდმივი მნიშვნელობის შენარჩუნება ან მისი ცვლილება მოცემული კანონის მიხედვით მუშაობის სხვადასხვა რეჟიმების დროს, ეწოდება ავტომატური რეგულირების სისტემები ( არს) ავტომატიკა- არის შეცნიერებისა და ტექნიკის ერთ ერთი მიმართულება, რომელიც მოიცავს ტექნიკურ საშუალებებსა და მეთოდებს, და უზრუნველყოფს პროცესების მართვას და მათ კონტროლს ადამიანის ჩარევის გარეშე.

### 1.2 ავტომატური რეგულირების სისტემების ელემენტები.

ნებისმიერი ავტომატური მარეგულირებელი შედგება ცალკეული ელემენტებისაგან, რომლებიც ასრულებენ გარკვეულ ქმედებებს. მიუხედავად იმისა, რომ ავტომატური მარეგულირებლები კონსტრუქციულად და დანიშნულების მიხედვით განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან. მათ გააჩნიათ შემდეგი საერთო ძირითადი ელემენტები:

დამკვეთი მოწყობილობა, რომელიც ემსახურება სარეგულირებელი სიდიდის სასურველი მნიშვნელობის დაკვეთას.

შექანიკურ მარეგულირებლებში დამკვეთ მოწყობილობას წარმოადგენს ზამხარა, რომლის დაჭიმულობის ცვლით იცვლება სარეგულირებელი სიდიდის მოცემული მნიშვნელობა.

მიზნები მოწყობილობა, (მგრძნობიარე ელემენტი)-რომელიც დანიშნულუბას წარმოადგენს სარეგულირებელი სიდიდის ნამდვილი მნიშვნელობის განსაზღვრა.

შემადარებელი მოწყობილობა, რომელის დანიშნულებაა შეადაროს სარეგულირებელი სიდიდის მნიშვნელობა მის მოცემულ (დაკვეთილ) მნიშვნელობას.

მაძლიერებელი მოწყობილობა, რომელიც აძლიერებს შემადარებელი მოწყობილობიდან მიღებულ სიგნალს იმ მნიშვნელობამდე, რომელიც საკმარისი იქნება რეგულატორის შემსრულებელი ორგანოს მოქმედებაში მოსაყვანად.

შემსრულებელი მოწყობილობა ემსახურება მარეგულირებელი შექანიზმის მოძრაობას.

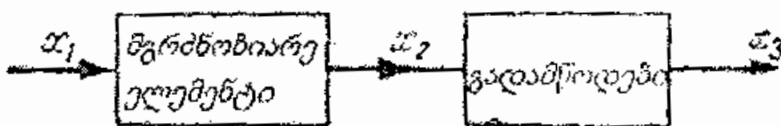
მაკორექტირებელი მოწყობილობა- აუმჯობესებს ავტომატური რეგულირების სისტემის დინამიკურ მახასიათებლებს.

რეგულატორის ზოგიერთ ელემენტებში შეიძლება გამოყენებულ იქნას გარდამქმნელი მოწყობილობა, რომლის დანიშნულებას წარმოადგენს სხვადასხვა ფიზიკური სიდიდეების ტრანსფორმაცია იმ სახის სიგნალში, რომელიც მიღებულია რეგულატორის მოცემულ სქემაში.

### 1.2.1. მგრძნობიარე ელემენტები და გადამწოდებები.

ავტომატური რეგულატორის განუყოფელ ნაწილს წარმოადგენს მგრძნობიარე ელემენტი, რომელიც კლასიფიცირდება შემაველი და გამავალი სიგნალების სიდიდეების ფიზიკური ხასიათის (ელექტრული და არაელექტრული) და გასაზომი სიდიდის მიხედვით ( სითხის დონე, წნევა, ტემპერატურა და ა.შ).

ელექტრული სიგნალის მისაღებად, რომელიც გასაზომი სიდიდის პროპორციული იქნება, პირველად მგრძნობიარე ელემენტს აუღლებენ გარდამქმნელ მოწყობილობასთან ანუ გადამწოდებთან. ნახ.1



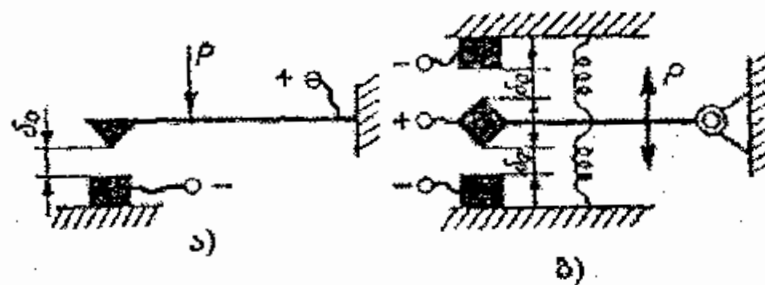
ნახ.1. პირველადი მგრძობიარე ელემენტის გადამწოდებთან შეუღლების სქემა

$x_1$  - შემავალი სიგნალი;  $x_2$  - მგრძობიარე ელემენტის გამავალი სიგნალი;

$x_3$  - გადამწოდების გამავალი სიგნალი.

განვიხილოთ გადამწოდებების ძირითადი ტიპები.

კონტაქტური გადამწოდებები - გამოიყენება რელეურ ავტომატური რეგულირების სისტემაში, იგი გარდაქმნის მგრძობიარე ელემენტის წრფივ ან კუთხურ გადაადგილებას ელექტრულ სიგნალად. არსებობს ცალმხრივი და ორმხრივი კონტაქტური გადამწოდებები ნახ.2



ნახ. 2. კონტაქტური გადამწოდების სქემები

ა-ცალმხრივი; ბ-ორმხრივი.

კონტაქტური გადამწოდების უგრძობლობა დამოკიდებულია დელტა დრეწოს სიდიდესზე.

გადამწოდებებს, რომლებიც მუშაობენ ომური წინაღობის ცვლილების პრინციპზე მიეკუთვნებათ პოტენციომეტრული, კუთხოვანი და ტენზომეტრული გადამწოდებები.

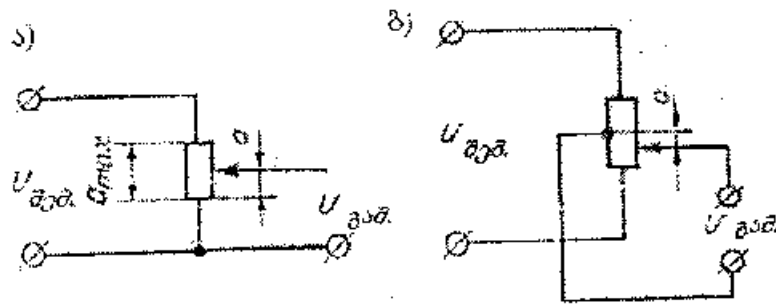
პოტენციომეტრული ანუ როსტატული გადამწოდებები - გარდაქმნიან კუთხურ ან წრფივ გადაადგილებას ელექტრულ ძაბვაში (ნახ. 3). შემავალ და გამავალ სიგნალებს შორის არსებობს შემდეგი დამოკიდებულება:

$$U_g = \frac{a}{a_{max}} U_{\text{მ}}$$

სადაც:  $a$  - პოტენციომეტრის კონტაქტორის გადანაცვლება;

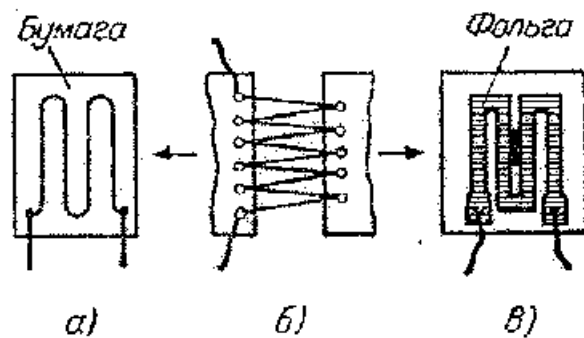
$a_{max}$  - პოტენციომეტრის მუშა ნაწილის სრული სიგრძე.





ნახ. 3. პოტენციომეტრული გადაწოდებები: ა - ერთკონტაქტიანი; ბ - ორკონტაქტიანი.

ტენზომეტრული გადაწოდებები ძირითადად კეთდება წვრილი მავთულისაგან რომლის დიამეტრი შეადგენს რამოდენიმე ათეულ მიკრონს (ნახ. 4, ა, ბ) ან ფოლგისაგან (ნახ. 4 ვ). ტენზომეტრებს აწებებენ იმ დეტალებს, რომელთა დეფორმაცია უნდა გაიზომოს. დეტალის დეფორმაციისას დეფორმირდება აგრეთვე ტენზომეტრის მავთული, რის შედეგადაც იცვლება მავთულის განივი კვეთა, სიგრძე და კუთრი წინაღობა.



ნახ. 4. ტენზომეტრული გადაწოდების სქემები: ა, ბ - მავთულოვანი; ვ - ფოლგოვანი.

ინდუქციური გადაწოდებების მოქმედების პრინციპი ემყარება რკინის გულარაზე დამაგრებული კოჭას ინდუქციური წინაღობის ცვლილებაზე ღუზის გადაადგილების დროს. ნახ.5 ნაჩვენებია ამ გადაწოდების სქემა. შემავალ კოორდინატას წარმოადგენს ღრეზო ბ, ხოლო გამომავალს - დენის სიდიდე კოჭაში. დენის ძალა ცვლადი დენის წრედში გამოითვლება ფორმულით:

$$I = \frac{U_0}{\sqrt{R^2 + \nu^2 L^2}} \quad (2)$$

სადაც  $R$  — კოჭას ომური ანუ აქტიური წინაღობა,

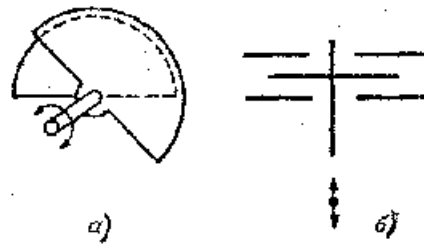
$\nu$  — ცვლადი დენის სიხშირე;

$U_0$  — ძაბვა ცვლადი დენის წრედში;

$L$  — კოჭას ინდუქციურობა.



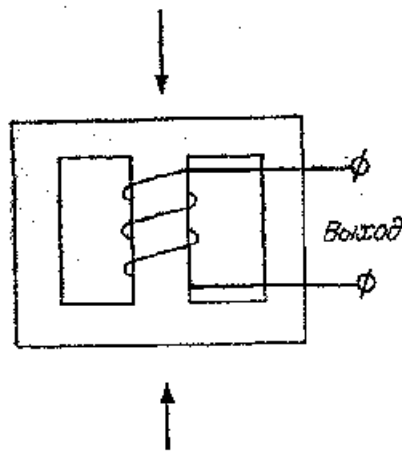
ნახ. 5. ინდუქციური გადამწოდები



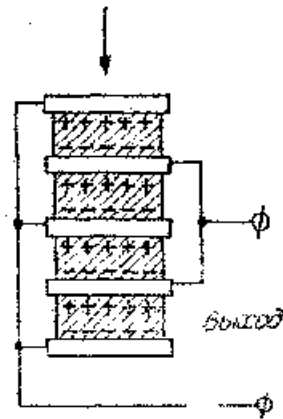
ნახ. 6 ტევადური გადამწოდები

ტევადური გადამწოდები წარმოადგენს კონდენსატორს, რომლის ტევადობა დამოკიდებულია ფირფიტების ფართობზე, მათ შორის მანძილზე და ფირფიტებს შორის არსებული გარემოს დიელექტრიკულ შილწევადობაზე. ნახ. 6a-ზე გამოსახულია გადამწოდები ცვლადი ფართობით, ხოლო ნახ. 6 ბ-ზე ფირფიტებს შორის ცვლადი მანძილით.

მაგნიტური გადამწოდებები შედგება მაგნიტგამტარისაგან, რომელზედაც დამაგრებულია ინდუქციური კოჭა. (ნახ. 7). მაგნიტგამტარის შეკუმშვისას იცვლება მისი მაგნიტური შეღწევადობა, რაც იწვევს ცვლადი დენის წრედში ჩართული კოჭას სრულ ელექტრული წინაღობის ცვლილებას.



ნახ. 7 მაგნიტური გადამწოდები



ნახ. 8. პიეზოელექტრული გადამწოდები

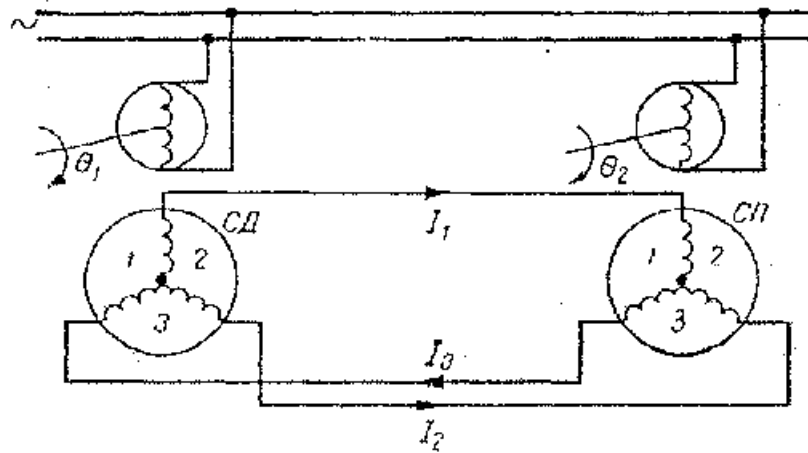
პიეზოელექტრულ გადამწოდებში (ნახ. 8) გამოყენებულია ზოგიერთი კრისტალის კადეებზე მუხტის წარმოქმნის ეფექტი მათი მექანიკური დეფორმაციის შედეგად. მგრძობიარობის გაზრდის მიზნით გადამწოდებს უმატებენ ფირფიტებს.

ბრუნთა სიხშირის გასაზომად ფართოდაა გამოყენებული მუდმივი და ცვლადი დენის ტახომეტრული გენერატორები. გენერატორის კოლექტორზე წარმოქმნილი ძაბვა პროპორციულია როტორის ბრუნთა სიხშირისა.

ლილვის კუთხური გადაადგილების მნიშვნელობის შორ მანძილზე გადატანისთვის გამოიყენება კუთხური გადაადგილების გადამწოდები ანუ სელსინი, რომელიც კონსტრუქციულად წარმოადგენს ელექტრულ მანქანას. სელსინის როტორზე

მოთავსებულია აგზნების ცალფაზა ხვია, ხოლო სტატორზე-სინქრონიზაციის სამფაზა ხვია. იმ შემთხვევაში როცა მგრები მომენტი მცირეა, სელსინი ირთვება ინდიკატორული რეჟიმის სქემაში, ხოლო როცა მგრები მომენტი მაღალია მაშინ სელსინის ჩართვა ხორციელდება ტრანსფორმატული სქემით. ნახ.9.

სელსინ-გადამწოდების როტორი CD დაკავშირებულია დამკვეთ ღერძთან, ხოლო სელსინ-მიმღების როტორი CH დაკავშირებულია შემსრულებელ ღერძთან. გადამწოდები და მიმღები როტორის კუთხეების  $\theta_1$  და  $\theta_2$  ტოლობისას გადამწოდებისა და მიმღების სტატორის შესაბამის ხვებში ელექტრომამოძრავებელი ძალები ემთხვევიან ერთმანეთს როგორც ფაზურად, ასევე სიდიდითაც. სისტემა იმყოფება წონასწორულ მდგომარეობაში რადგანაც ხვები ჩართულია ერთმანეთის თანმხვედრად და მათში დენი არ არსებობს.



ნახ. 9. კუთხური გადაადგილების გადამწოდების სქემა

სელსინ-გადამწოდების და სელსინ მიმღებს შორის თანასწორობის დარღვევის დროს, ანუ  $\theta_1$  და  $\theta_2$  კუთხეების ტოლობის დარღვევის შემთხვევაში სელსინ გადამწოდებსა და სელსინ მიმღების სტატორის ხვებში არსებულ ელექტრომამოძრავებელ ძალებს შორისაც დაირღვევა ტოლობა და მათ შორის სხვაობა გამოიწვევს შემაერთებელ გამტარებში დენისა და მაბრუნე მომენტის წარმოქმნას, რომელიც სელსინ გადამწოდებს მოაბრუნებს მანამ, სანამ იგი არ გაუთანაბრდება სელსინ მიმღების მობრუნების კუთხეს.

### 1.2.2. მამლიერებლები.

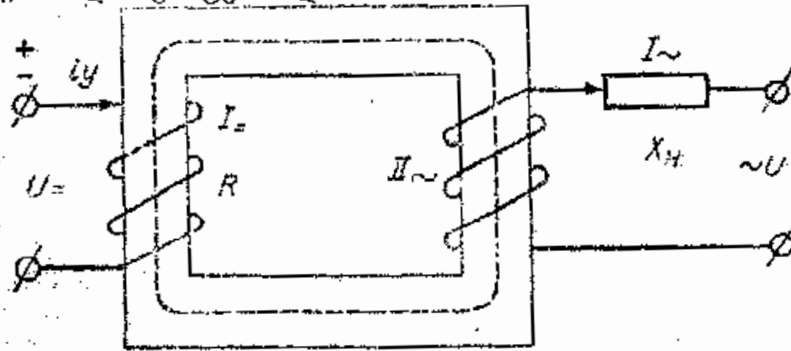
იმ შემთხვევაში, როცა ავტომატური რეგულირების სისტემებში გადამწოდების მიერ მიღებული სიგნალი არ არის საკმარისი მარეგულირებელი ორგანოს ასამოქმედებლად, იყენებენ მამლიერებლებს, რომლის ძირითად მახასიათებელს წარმოადგენს სიმძლავრის გაძლიერების კოეფიციენტი:

$$k_p = \frac{P_2}{P_1} \quad (3)$$

სადაც  $P_1$ ,  $P_2$  — მაძლიერებლის შემავალი და გამავალი სიმძლავრეებია ნომინალურ რეჟიმში მუშაობის დროს.

ავტომატური რეგულირების სისტემაში გამოიყენება ელექტრული, ჰიდრაულიკური, პნევმატიკური და კომბინირებული მაძლიერებლები. მუშაობის პრინციპის მიხედვით ელექტრულ მაძლიერებლებში შედის მაგნიტური, ელექტრონული და ელექტრომანქანური მაძლიერებლები.

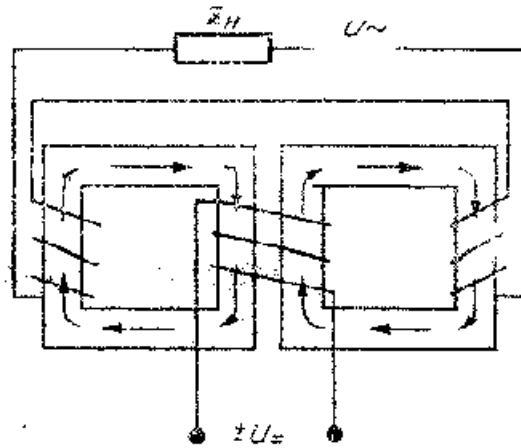
მაგნიტური მაძლიერებლების (ნახ.10) მოქმედების პრინციპი დამყარებულია რკინის გულარიანი დროსელის ინდუქციურობის შეცვლაზე მისი მუდმივი დენით დამაგნიტების დროს.



ნახ. 10. მაგნიტური მაძლიერებლის პრინციპული სქემა.

მაგნიტური მაძლიერებელი შედგება რკინის გულარასაგან რომელზედაც დასვეულია ორი ხვია. მმართველ ხვიაში  $I$  მიეწოდება დამაგნიტების მუდმივი დენი, ხოლო ხვია  $II$  მიმღევრობით არის ჩართული ცვლადი დენის წრედში. ცვლადი დენის წრედის სრული წინაღობა წარმოადგენს ომურ  $R$  და ინდუქტიურ  $L$  წინაღობათა ჯამს. დამაგნიტების მუდმივი დენის ცვლილების ხარჯზე, რომელიც გაედინება მმართველი ხვიის  $I$  გავლით, შეიძლება ინდუქტიური წინაღობისა და შესაბამისად ცვლადი დენის სიდიდის ცვლა დიდ დიაპაზონში. აღნიშნული სქემის მაგნიტური მაძლიერებელი უვარგისია პრაქტიკული გამოყენებისათვის, რადგან დატვირთვის წრედში შეიძწნევა უქმი სვლის დენები მმართველი სიგნალის არ არსებობის დროს და ცვლადი დენის მაღალი ძაბვა მუდმივი დენის ხვიაში.

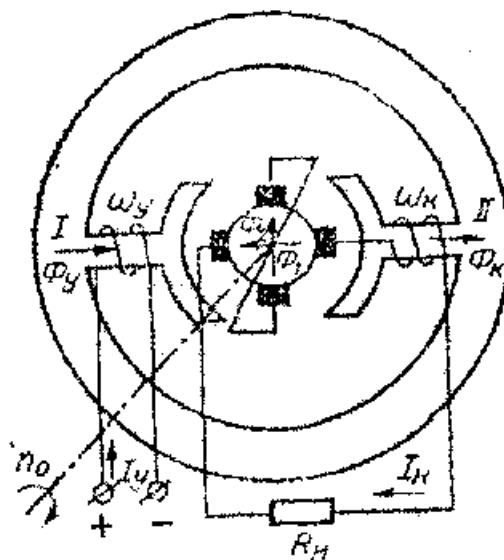
მაღალი ძაბვის ცვლადი დენის განდევნის მიზნით, მმართველ ხვიაში იყენებენ ორდროსელიან მაგნიტურ მაძლიერებელს (ნახ.11). მისი უპირატესობაა; მაღალი სიმუდროობა, მარტივი კონსტრუქცია და მაღალი მ.ქ.კ. უარყოფითად შეიძლება ჩაითვალოს ინერციულობა.



ნახ. 11. ორდროსელიანი მაგნიტური მაძლიერებლის სქემა

ელექტრომანქანური მაძლიერებლები გამოყენებულია ავტომატური რეგულირების სისტემებში. მათ გააჩნიათ მაღალი გაძლიერების კოეფიციენტი. მარტივი სახის ელექტრომანქანურ მაძლიერებელს წარმოადგენს დამოუკიდებელი აგზნების მუდმივი დენის მანქანა, მაგრამ მისი გაძლიერების კოეფიციენტი არ აღემატება 20-50. განსაკუთრებული პოპულარობით გამოირჩევიან განივი ველის მქონე ელ.მანქანური მაძლიერებლები, რომელიც წარმოადგენს მუდმივი დენის გენერატორს გაძლიერების საფეხურით. გენერატორი მოძრაობაში მოჰყავს მუდმივი ან ცვლადი დენის ელექტროძრავს. მაძლიერებლის აგზნება ხდება მართვის ხვეიებიდან, რომელთაც გააჩნიათ დამოუკიდებელი კვების წყარო.

ამ სახის მაძლიერებლის (ნახ.12) მოქმედების პრინციპი მდგომარეობს შემდეგში:



ნახ.12 ელექტრომანქანური მაძლიერებელი განივი ველით

თუ ძარვის ხვიაზე მოვდებთ მცირე სიმძლავრეს და შევქმნით მაგნიტურ ნაკადს, მაშინ ღუზის ბრუნვის დროს მის გამტარებში წარმოიქმნება ე.მ.ძ. მაგრამ იმის გამო, რომ ღუზის ხვიისა და *краткозамкнутого витка* წინაღობა მცირეა, დენი, რომელიც გაედინება *в краткозамкнутом витке*, იქნება საკმაოდ დიდი ძალის, რის შედეგადაც წარმოიქმნება მაგნიტური ნაკადი და მისი ზემოქმედების შედეგად ღუზის გამტარებში გაჩნდება ე.მ.ძ. და წარმოიქმნება ელექტრომანქანური მაძლიერებლის დატვირთვის დენი. დენის მიერ შექმნილი ღუზის გრძივი რეაქცია კომპენსირდება ხვიის მოქმედებით, რის გამოც პირველადი ნაკადი არ იქნება დამოკიდებული დენის მნიშვნელობაზე.

მოცემულ მაძლიერებელში პირველი საფეხური აძლიერებს  $P_1 = I_1 U_1$  სიგნალს  $P_2 = I_2 E_2$ ,

სიმძლავრედ, ხოლო მეორე საფეხური აძლიერებს  $P_2$  სიგნალს  $P_{\text{вых}} = I_n U_{\text{вых}}$ .

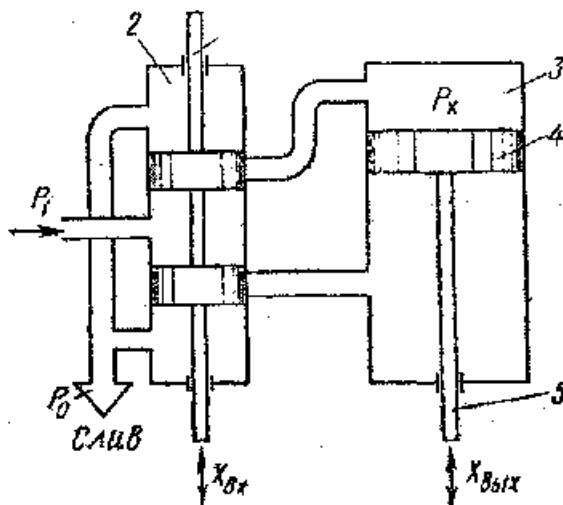
სიმძლავრედ, ელექტრომანქანურ მაძლიერებლებს აქვთ გამომავალი სიმძლავრის საკმაოდ დიდი დიაპაზონი.

ჰიდრაულიკური მაძლიერებელი გამოსახულია ნახ.13. იგი შედგება მკვეთარასაგან და

ჰიდრაულიკური სერვოდგუმისაგან. მკვეთარას გადაადგილებისას ზეთი  $P_1$  წნევით

შედის ცილინდრის ზედა ან ქვედა ნაწილში, რაც იწვევს ძალურ ცილინდრში დგუმის

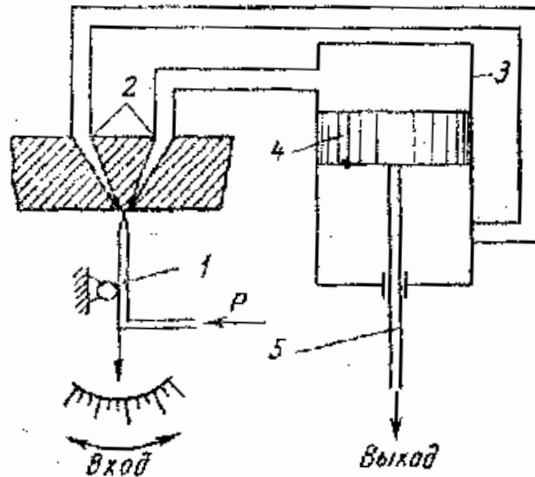
გადაადგილებას. ხოლო საწინააღმდეგო ნაწილიდან ზეთი ჩაედინება კარტერში.



ნახ. 13. ჰიდრაულიკური მაძლიერებელი:

1 - მკვეთარა; 2 - ცილინდრი; 3 - ძალური ცილინდრი; 4 - სერვოდგუმი; 5 - ღერი.

ქველური მაძლიერებლების ნახ.14 მოქმედების პრინციპი მდგომარეობს შემდეგში:

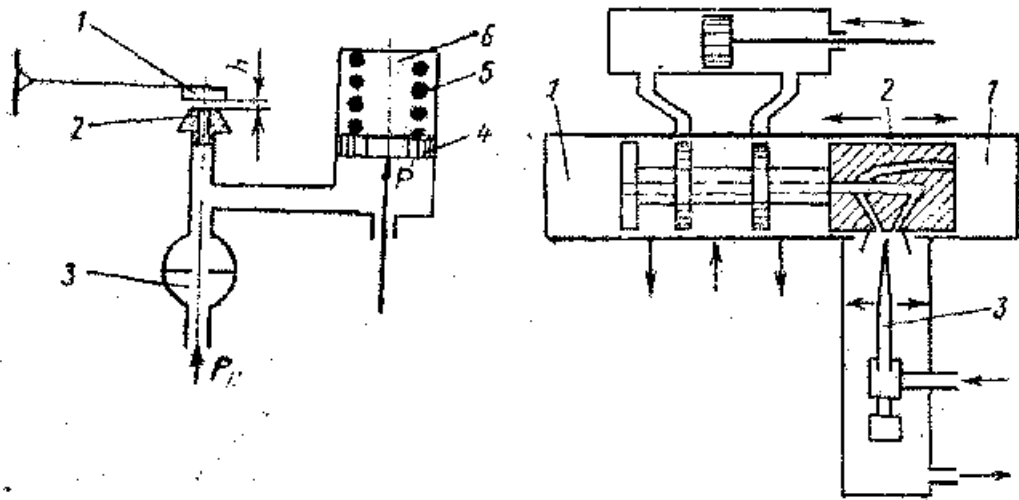


ნახ. 14. ჰაერული მამლიერებელი:  
 1 - ჰაერული მილი; 2 - შემაჯალი არხები;  
 3 - ძალური ცილინდრი; 4 - სერვოდგუში; 5 - დგუშის ღერო.

ჰაერული მილიდან სითხე ან ჰაერი წნევით მიეწოდება შემაჯალ არხებს და ჰაერული მილის გადახრის (მარცხნივ ან მარჯვნივ) შესაბამისად იცვლება წნევა ძალური ცილინდრის არხებში. წნევათა სხვაობის კი იწვევს ძალური დგუშის გადაადგილებას შესაბამისი მიმართულებით.

ცვლადი კვეთის დროსელური მამლიერებლების მუშაობის პრინციპი მდგომარეობს შემდეგში: (ნახ. 15) მუშა სხეული ( სითხე ან ჰაერი) მუდმივი წნევით დროსელიდან 3 მიეწოდება ამლიერებელს. ზასლონკის მდგომარეობა ანუ დროსელსა და ზასლონკას შორის არსებული ღრეჩო განსაზღვრავს სერვომოტორის ცილინდრში წნევის მნიშვნელობას P. სერვომოტორის დგუში იმყოფება წონასწორულ მდგომარეობაში მანამ, სანამ მასზე ზემოდან მოქმედი ზამზარის დაჭიმულობის ძალა, ხოლო ქვემოდან მოქმედი P წნევის ძალა ერთმანეთის ტოლია. თუ დროსელსა და ზასლონკას შორის არსებული ღრეჩო შეიცვლება, მაშინ დაირღვევა ტოლობა ზამზარის ძალასა და P წნევის ძალას შორის, რაც გამოიწვევს ძალოვანი დგუშის გადაადგილებას.

მაღალი გამლიერების კოეფიციენტის მისაღებად გამოიყენება ორკასკადიანი მამლიერებელი ნახ. 16



ნახ. 15. ცვლადი კვეთის დროსელური მძღლიერებელი;

1-ზასლონკა; 2,3- დროსელები; 4-სერვოდგუმი; 5- ზამზარა; 6-სერვომოტორი.

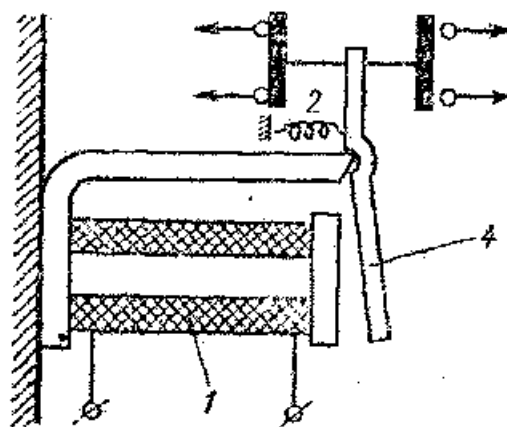
ნახ. 16. ორკასკადიანი მძღლიერებელი

1- კამერები; 2-მკვეთარა; 3-ჭავლური მილი.

ორკასკადიან მძღლიერებლებში ჭავლური მილის მეშვეობით ხდება მკვეთარას მართვა. ჭავლური მილის გადანაცვლებისას მარცხენა ან მარჯვენა კამერაში წარმოიქმნება ზედმეტია წნევა, რის შედეგადაც მკვეთარა შეიცვლის პირვანდელ მდგომარეობას და გამოიწვევს ძალური დგუმის გადაადგილებას.

### 1.2.3 ელექტრომაგნიტური რელეები

ელექტრომაგნიტური რელე ნახ.17 არის მოწყობილობა, რომელშიც შემაჯალი სიგნალის გარკვეული მნიშვნელობისას გამოძავალი სიდიდე იცვლება ნახტომისებურად.

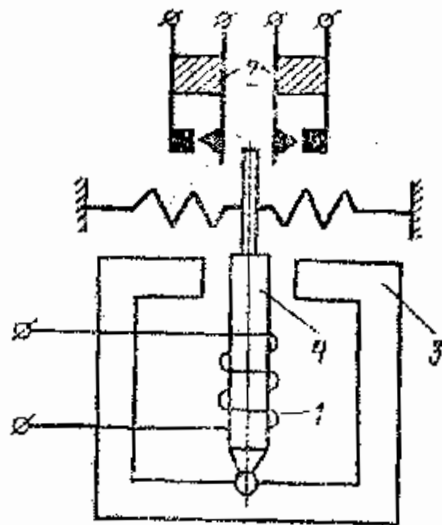


ნახ. 17. ელექტრომაგნიტური ნეიტრალური რელე:

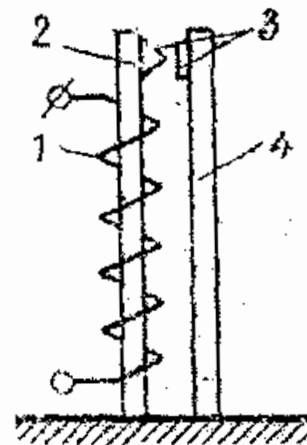
1 - კოჭა; 2 - ზამზარა; 3 - კონტაქტები; 4 - დუზა



ელექტრომაგნიტური ნეიტრალური რელე ერთნაირად რეაგირებს განურჩევლად დენის პოლარობისა. კოჭაში დენის გავლისას ღუზა ეკვრის გულარას და შეკრავს მარჯვენა კონტაქტებს, ხოლო დენის გამორთვის შემთხვევაში ზამზარა გადაადგდებს ღუზას რის შედეგად გაიხსნება მარჯვენა კონტაქტები და შეიკრება მარცხენა. სამპოზიციანი პოლარიზებული რელე ნახ.18 მუშაობს შემდეგნაირად:



ნახ. 18. პოლარიზებული რელე:  
1 - კოჭა; 2 - კონტაქტები; 3 - მაგნიტი; 4 ღუზა



ნახ. 19. ელექტროთერმული რელე  
1-ხვია; 2-ბიმეტალური ფირფიტები; 3-ღუზა

როცა წრედი გამორთულია, მაგნიტის პოლუსებს შორის მოთავსებული ღუზა იმყოფება შუაში, კოჭაზე მიწოდებული დენის პოლარობის შესაბამისად ღუზა გადაინაცვლებს მარცხნივ ან მარჯვნივ და შესაბამისად შეკრავს მარცხენა ან მარჯვენა კონტაქტებს.

გარდა ელექტრომაგნიტური რელეებისა, ფართოდ გამოიყენება აგრეთვე ელექტროთერმული რელე (ნახ.19) ხვიაში დიდი ომური წინაღობის დენის გავლისას გამოიყოფა სითბო, რომელიც ახურებს ბიმეტალურ ფირფიტას. ფირფიტა იღუნება და კრავს კონტაქტებს.

### 1.3 რეგულირების ობიექტები

რეგულირების ობიექტი წარმოადგენს მანქანას, აპარატს, მოწყობილობას ან სისტემას რომელშიც ხდება ერთი ან რამდენიმე სიდიდის რეგულირება. მიუხედავად იმისა, რომ რეგულირების ობიექტები თავისი აგებულებითა და მოქმედების პრინციპით განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან, მათი სტატიკური და დინამიკური თავისებურებები და შესაბამისად მათი მოქმედება გარდამავალ პროცესებში შეიძლება აღიწეროს ერთ ერთი ტიპური დიფერენციალური განტოლებით, რომელიც იძლევა ფიზიკური კანონის მათემატიკურ გამოსახულებას და განსაზღვრავს ობიექტის მუშაობას.

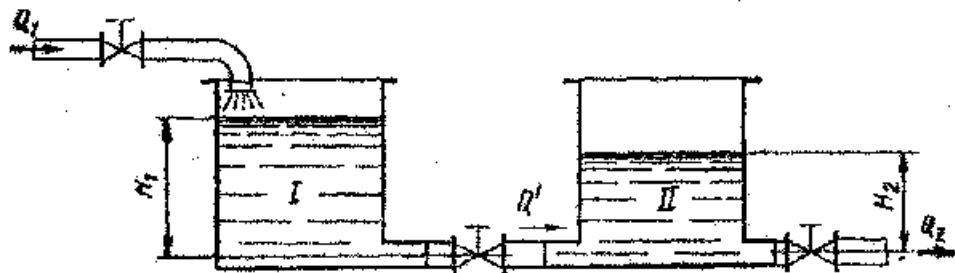
სტრუქტურულად რეგულირების ობიექტები შეიძლება დაიყოს მარტივ ერთტევადიან და რთულ მრავალტევადიანად ობიექტებად. რეგულირების ობიექტის მუშაობა დაკავშირებულია ენერჯიის ან მუშა სხეულის გარდაქმნასთან და მის თვისებას დააგროვოს მუშა სხეული ან ენერჯია- აკუმულირების თვისება ეწოდება.

იმ შემთხვევაში, როცა ობიექტს გააჩნია მხოლოდ ერთი მონაკვეთი, რომელშიც შესაძლებელია დააგროვოს ენერჯია, ერთტევადიანი ობიექტი ეწოდება. ერთტევადიანი ობიექტის დინამიკა გამოისახება პირველი რიგის დიფერენციალური განტოლებით.

თუკი ობიექტს შეუძლია ენერჯიის დაგროვება რამოდენიმე მონაკვეთში, და ამასთანავე ენერჯიის გადასვლა ერთი მონაკვეთიდან მეორეში ხდება წინაღობის გადალახვით, მაშინ ასეთ ობიექტს მრავალტევადიანი ეწოდება.

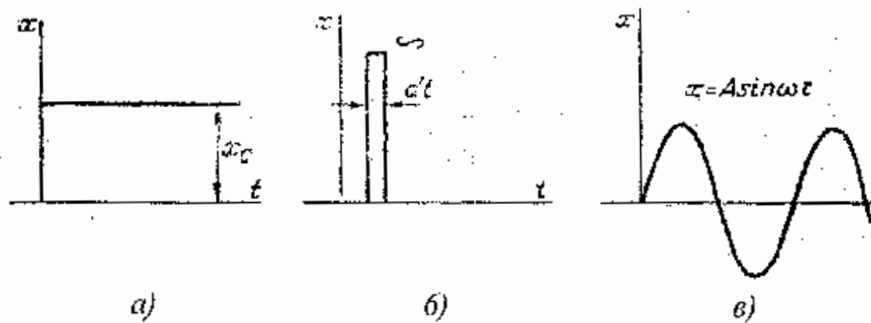
მრავალტევადიანი ობიექტების დინამიკა გამოისახება მაღალი რიგის დიფერენციალური განტოლებით. აღნიშნული ობიექტის მათემატიკური აღწერის შემთხვევაში აუცილებელია თითოეული მონაკვეთის ცალ-ცალკე განხილვა მათი ურთიერთზემოქმედების გათვალისწინებით.

ორტევადიან ობიექტში, (ნახ.20) რეგულირების ობიექტის შემავალ სიგნალს წარმოადგენს მარეგულირებელი ორგანოს მდგომარეობა, რომელზედაც ზემოქმედებას ახდენს ავტომატური რეგულატორი, ხოლო გამომავალ კოორდინატას კი სარეგულირებო სიდიდე (ამ შემთხვევაში სითხის დონე)



რის. 20. ორტევადიანი რეგულირების ობიექტის სქემა:  
 $Q_1$  - შემსვლელი მუშა სხეული ;  $Q_2$  - გამსვლელი მუშა სხეული;  
 $H_1$  и  $H_2$  - მუშა სხეულის დონეები; I და II - მონაკვეთები

გარე დატვირთვის ცვლილების შემთხვევაში, შეიცვლება რეგულირების ობიექტიდან გამომავალი სარეგულირებელი სიდიდეც. დატვირთვის შედეგად სარეგულირებელი სიდიდის ცვლილებას დროში გარდამავალი პროცესი ეწოდება. ცხადია, რომ გარდამავალი პროცესის მახასიათებლები დამოკიდებულია შემამფოთებელი ზემოქმედების ხასიათზე. ობიექტს, გამოკვლევის შემთხვევაში ანიჭებენ ტიპიურ შემამფოთებელ ზემოქმედებას, რომელთა რიცხვს მიეკუთვნება ბიჯობრივი, იმპულსური და ჰარმონიული.



ნახ. 21. ტიპური შემავლელი ზემოქმედება:  
 a - ხიჯობრივი; b - იმპულსური; c - ჰარმონიული

როგ შემასხვევებში, გარდამავალი პროცესების გამოკვლევა ხდება რეგულირების ობიექტზე ხიჯობრივი შემავლეთების მინიჭებით, ასეთი სახის შემავლეთება არის ერთ-ერთი ძლიერი და იძლევა ობიექტის სტატიკური და დინამიკური პროცესების გამოკვლევის საშუალებას.

### 1.3.1 ობიექტის დინამიკის დიფერენციალური განტოლება

გამოვიყვანოთ ერთტევადიანი ობიექტის გარდამავალი პროცესის დიფერენციალური განტოლება. ობიექტში მიმდინარე ფიზიკური პროცესების შეიძლება აღწერილ იქნას შემდეგი საერთო განტოლებით:

$$L \frac{dq}{dt} = B, \quad (4)$$

სადაც:  $t$  — დრო;

$L, q$  и  $B$  — გაერთიანებული სიდიდეები.

$q$ -წარმოადგენს სარეგულირებელ სიდიდეს,  $B$  - ახასიათებს ენერგეტიკულ ზემოქმედებას, რომელიც იცვლება მარეგულირებელი პარამეტრის ზემოქმედების შედეგად, ხოლო  $L$  სიდიდე ახასიათებს ობიექტის საკუთარ თვისებებს. საერთო ჯამში კი პარამეტრი  $B$  ტოლია შემოსული  $Q_{np}$  და გასული  $Q_p$  ენერგიების სხვაობისა ანუ,

$$B = Q_{np} - Q_p. \text{ დამყარებულ რეჟიმში კი } B=0.$$

დავუშვათ, რომ დროის რომელიმე მონაკვეთში მოხდა შემოსული და გასული ენერგიის მყისიერი  $\Delta Q$ , სიდიდის მცირე ცვლილება, ანუ

$$\left. \begin{aligned} Q_{np} &= Q_{np}^0 + \Delta Q_{np} \\ Q_p &= Q_p^0 + \Delta Q_p \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

სადაც -  $Q_{np}^0$  და  $Q_p^0$  შესული და გამოსული ენერჯიის საწყისი მნიშვნელობაა.

შემაჯალი და გამომაჯალი ენერჯიის ცვლილებასთან ერთად სარეგულირებელი პარამეტრიც შეიცვლება  $\Delta q$  მნიშვნელობამდე.

ჩვენგან განტოლება (4) ობიექტის შემფორთეხული მდგომარეობისათვის:

$$L \frac{d\Delta q}{dt} = \Delta Q_{np} - \Delta Q_p. \quad (6)$$

ჩავთვალოთ, რომ შემაჯალი ენერჯია  $Q_{np}$  დამოკიდებულია მარეგულირებელი ორგანოს / მდგომარეობაზე და სარეგულირებელი სიდიდის  $q$  მნიშვნელობაზე. ხოლო გამოვალი ენერჯია (ხარჯი)  $Q_p$  მხოლოდ სარეგულირებელი სიდიდის მნიშვნელობაზე  $q$ -ზე.

$$Q_{np} = Q_{np}(l, q); \quad Q_p = Q_p(q). \quad (7)$$

აღნიშნული დამოკიდებულება (7) არაწრფივია, რის გამოც პროცესის ანალიზური კვლევა რთულდება, ზოგ შემთხვევაში კი საერთოდ შეუძლებელია. ანუ დინამიკის განტოლების ამოხსნა არ ღებულობს ზოგად სახეს. მაგრამ თუ მივიღებთ მხედველობაში იმას, რომ გარდამავალი პროცესის პერიოდში ხდება დამყარებულ რეჟიმში მოცემული სარეგულირებელი სიდიდის მცირე გადახრები, მაშინ ნამდვილი არაწრფივი დამოკიდებულებები შეიძლება შეიცვალოს წრფივით. არაწრფივი დამოკიდებულების შეცვლას წრფივით სიდიდის მცირე გადახრების დროს ეწოდება ლინეარიზაცია. მოცემული ფუნქციის ლინეარიზაციისათვის უნდა გამოვიყენოთ ტეილორის მწკრივი:

$$\left. \begin{aligned} Q_{np} &= Q_{np}^0 + \left(\frac{\partial Q_{np}}{\partial l}\right)_0 \Delta l + \left(\frac{\partial Q_{np}}{\partial q}\right)_0 \Delta q + \dots \\ Q_p &= Q_p^0 + \left(\frac{\partial Q_p}{\partial q}\right)_0 \Delta q + \dots \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

ჩავსვათ გამოსახულება (8) განტოლებაში (5), მივიღებთ:

$$\left. \begin{aligned} \Delta Q_{np} &= \left(\frac{\partial Q_{np}}{\partial l}\right)_0 \Delta l + \left(\frac{\partial Q_{np}}{\partial q}\right)_0 \Delta q \\ \Delta Q_p &= \left(\frac{\partial Q_p}{\partial q}\right)_0 \Delta q \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

გამოსახულებაში (8) და (9) ინდექსი 0 მიუთითებს იმაზე, რომ წარმოებულთა მნიშვნელობა განისაზღვრება საწყისი დამყარებული რეჟიმიდან გამომდინარე, მაშასადამე ეს მნიშვნელობები წარმოადგენენ მუდმივ სიდიდეებს.

ჩავხვათ გამოსახულება (9) განტოლებაში (6), მივიღებთ:

$$L \frac{d\Delta q}{dt} = \left(\frac{\partial Q_{np}}{\partial l}\right)_0 \Delta l + \left(\frac{\partial Q_{np}}{\partial q}\right)_0 \Delta q - \left(\frac{\partial Q_p}{\partial q}\right)_0 \Delta q.$$

გადავიტანოთ განტოლების  $\Delta q$  შემცველი წევრები მარცხენა მხარეს:

$$L \frac{d\Delta q}{dt} + \left[ \left(\frac{\partial Q_p}{\partial q}\right)_0 - \left(\frac{\partial Q_{np}}{\partial q}\right)_0 \right] \Delta q = \left(\frac{\partial Q_{np}}{\partial l}\right)_0 \Delta l.$$

გავყოთ განტოლების ყველა წევრი კვადრატულ ფრჩხილებში მოქცეულ გამოსახულებაზე, მივიღებთ:

$$\frac{L}{\left(\frac{\partial Q_p}{\partial q}\right)_0 - \left(\frac{\partial Q_{np}}{\partial q}\right)_0} \frac{d\Delta q}{dt} + \Delta q = \frac{\left(\frac{\partial Q_{np}}{\partial l}\right)_0}{\left(\frac{\partial Q_p}{\partial q}\right)_0 - \left(\frac{\partial Q_{np}}{\partial q}\right)_0} \Delta l. \quad (10)$$

შემოვიღოთ აღნიშვნა:

$$T_0 = \frac{L}{\left(\frac{\partial Q_p}{\partial q}\right)_0 - \left(\frac{\partial Q_{np}}{\partial q}\right)_0}; \quad (11)$$

$$k_1 = \frac{\left(\frac{\partial Q_{np}}{\partial l}\right)_0}{\left(\frac{\partial Q_p}{\partial q}\right)_0 - \left(\frac{\partial Q_{np}}{\partial q}\right)_0}; \quad (12)$$

$x = \Delta l$  - მარეგულირებელი ორგანოს კოორდინატას ნაზრდი;

$y = \Delta q$  - სარეგულირებელი პარამეტრის ნაზრდი.

მივიღებთ ერთტევადიანი ობიექტის შემდეგი სახის განტოლებას:

$$T_0 \frac{dy}{dt} + y = k_1 x. \quad (13)$$

$T_0$  - ეწოდება ობიექტის დროის მუდმივა, ხოლო  $k_1$  - გაძლიერების კოეფიციენტი.

დიფერენციალური განტოლებების ჩაწერის ოპერატორული ფორმა.

თუ დიფერენციალურ განტოლებაში წარმოებულის ნიშანს შევცვლით  $p$  ასოთი, ანუ აღვნიშნავთ:

$$\frac{d}{dt} = p; \quad \frac{d^2}{dt^2} = p^2; \quad \frac{d^3}{dt^3} = p^3; \quad \frac{d^n}{dt^n} = p^n, \quad (14)$$

მაშინ წარმოებული შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ როგორც:

$$\frac{dy}{dt} = py; \quad \frac{d^2 y}{dt^2} = p^2 y; \quad \frac{d^3 y}{dt^3} = p^3 y; \quad \frac{d^n y}{dt^n} = p^n y. \quad (15)$$

ინტეგრირებისათვის ნამდვილია შესაბამისად უკუაღნიშვნები:

$$\int y dt = \frac{y}{p}; \iint y dt^2 = \frac{y}{p^2} \text{ და ა.შ.} \quad (16)$$

ამ შემთხვევაში 3 რიგის დიფერენციალური განტოლება, რომლის მარჯვენა ნაწილს აქვს აგრეთვე დიფერენციალური ფორმა,

$$a_1 \frac{d^3 y}{dt^3} + a_2 \frac{d^2 y}{dt^2} + a_3 \frac{dy}{dt} + a_4 y = k_1 x + k_2 \frac{dx}{dt} \quad (17)$$

ოპერატორულ ფორმაში შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ როგორც:

$$(a_1 p^3 + a_2 p^2 + a_3 p + a_4) y = (k_1 + k_2 p) x. \quad (18)$$

$a_1 p^3 + a_2 p^2 + a_3 p + a_4$  პოლინომს ეწოდება კერძო ოპერატორი, ხოლო  $k_1 + k_2 p$

პოლინომს - ზემოქმედების ოპერატორი.

განტოლება (18) საერთო ფორმით შეიძლება წარმოვიდგინოთ როგორც:

$$d(p) y = k(p) x, \quad (19)$$

სადაც:  $d(p)$  - კერძო ოპერატორი;  
 $k(p)$  - ზემოქმედების ოპერატორი.

აღრე მიღებული დიფერენციალური განტოლება ოპერატორულ ფორმაში ჩაიწერება შემდეგნაირად:

$$(T_0 p + 1) y = k_1 x. \quad (20)$$

### 1.3.2. დიფერენციალური განტოლების ამოხსნა

არაერთგვაროვანი სახის დიფერენციალური განტოლების ამონახსნი  $y$  წარმოადგენს ერთგვაროვანი განტოლების საერთო ამონახსნისა  $y_c$  და არაერთგვაროვანი განტოლების კერძო ამონახსნის  $y_b$  ჯამს, ანუ:

$$y = y_c + y_b. \quad (21)$$

$n$ -რიგის ერთგვაროვანი დიფერენციალური განტოლების საერთო ამონახსნს აქვს შემდეგი სახე:

$$y_c = C_1 e^{p_1 t} + C_2 e^{p_2 t} + \dots + C_n e^{p_n t}, \quad (22)$$

სადაც:  $p_1, p_2, \dots, p_n$  - მისი შესაბამისი მახასიათებლური განტოლების ფესვებია. არაერთგვაროვანი განტოლების კერძო ამონახსნი იძებნება განტოლების მარჯვენა ნაწილის სახის გათვალისწინებით. ავტომატური რეგულირების სისტემის გამოკვლევისას განტოლების კერძო ამონახსნს, როგორც წესი, ეძებენ იმ ემთხვევისათვის, როცა მასზე მიჩიქებული ნახტომური სახის შემფოთება (ნახ.21) ბუდმივია დროში. ანუ:

$$y_b = \text{const}; y_b = 0. \quad (23)$$

ინტეგრირების მუდმივებს  $C_1, C_2, \dots, C_n$

განსაზღვრავენ საწყისი პირობების გათვალისწინებით, რომლებიც შეიძლება ჩავთვალოთ ნულოვანად ანუ  $t = 0$  შემთხვევაში.

$$y_c = 0; \quad \frac{dy}{dt} = 0 \quad \text{და ა.შ.} \quad (24)$$

აღნიშნული მეთოდი გამოვიყენოთ ობიექტის (13) განტოლების ამოსახსნელად.

განტოლების (20) შესაბამისი ხარაქტერისტიკული განტოლებას  $T_0 p + 1 = 0$  ექნება მხოლოდ ერთი ფესვი  $p = -\frac{1}{T_0}$ .

მაშინ:

$$y_c = C e^{-\frac{t}{T_0}}. \quad (25)$$

არაერთგვაროვანი განტოლების კერძო ამონახსნს ვეძებთ შემდეგი სახით:

$$y_b = B; \quad \frac{dy_b}{dt} = 0;$$

ჩავსვათ მნიშვნელობა  $y_b$  და  $\frac{dy_b}{dt}$  განტოლებაში (13), მივიღებთ:

$$B = kx_c$$

და შესაბამისად

$$y_c = C e^{-\frac{t}{T_0}} + kx_c.$$

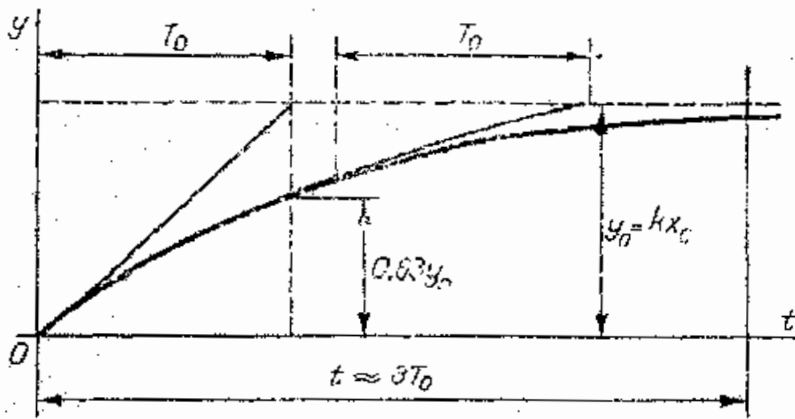
ნულოვანი საწყისი პირობებიდან გამომდინარე, ანუ როცა  $t = 0$   $y = 0$ , მივიღებთ:

$$0 = C + kx_c \quad \text{ანუ} \quad C = -kx_c.$$

განტოლების (13) ამოხსნის საბოლოო სახე ანუ მისი გარდამავალი ფუნქცია იქნება:

$$y = kx_c \left(1 - e^{-\frac{t}{T_0}}\right). \quad (26)$$

გრაფიკულად გარდამავალ პროცესს, რომელიც შეესაბამება გარდამავალ ფუნქციას (26) ექნება ექსპონენტის სახე რომელიც ნახ.22 არის გამოსახული.



ნახ.22 გარდამავალი პროცესის გრაფიკი.

გაძლიერების კოეფიციენტი  $k$  წარმოადგენს გამავალ და შემავალ კოორდინატას შორის კავშირს სხვადასხვა დამყარებული რეჟიმების დროს.

დროის მუდმივა  $T_0$  წარმოადგენს გარდამავალ პროცესში სარეგულირებელი სიდიდის ცვლილების ხიჩქარის მახასიათებელს.

ამ სახის ექსპონენციალური ფუნქციისათვის  $T_0$  იქნება მხების პროექცია, გავლებული ექსპონენტას ნებისმიერ წერტილში დამყარებული მნიშვნელობის წრფეზე  $y = kx_c$ . გარდამავალი პროცესი თეორიულად გრძელდება უსასრულოდ. პრაქტიკული გამოთვლების დროს თვლიან, რომ გარდამავალი პროცესი დასრულდა მაშინ, როცა სარეგულირებელი სიდიდე მიაღწევს მნიშვნელობას:

$$y = ny_{CT} = nkx_c. \quad (27)$$

თუ ჩავსვამთ ამ მნიშვნელობას გამოსახულებაში (26), შევძლებთ განვსაზღვროთ გარდამავალი პროცესის ხანგრძლივობა დამოკიდებული  $n$  სიდიდეზე:

$$t_n = T_0 \ln \frac{1}{1-n}. \quad (28)$$

პრაქტიკული გამოთვლების დროს მიღებულია  $n = (0,99+0,95)$ . ხოლო ამ მნიშვნელობებისათვის გარდამავალი პროცესის ხანგრძლივობა შესაბამისად იქნება:  $t_n = 4,6 T_0$  და  $t_n = 3 T_0$ .

#### 1.4. ავტომატური რეგულატორები

ავტომატური რეგულატორი აწესებს რეგულირების კანონს და უზრუნველყოფს ავტომატური რეგულირების სისტემის მოცემულ დინამიკურ თვისებებს. არსებობს



პირდაპირი და არაპირდაპირი მოქმედების რეგულატორები. არაპირდაპირი მოქმედების რეგულატორებში მარეგულირებელი ორგანოს მოქმედება ხდება გარე ენერგიის წყაროს ხარჯზე. ენერგიის გარე წყაროს მიხედვით რეგულატორები კლასიფიცირდებიან როგორც ელექტრული, პნევმატიკური, ჰიდრავლიკური და კომბინირებული რეგულატორები.

საერთაოდ, რეგულატორები შეიძლება მივაკუთვნოთ რხევით რგოლს, რომლის დინამიკა აღიწერება მეორე რიგის დიფერენციალური განტოლებით [იხ. განტოლება (50)]. მაგრამ იმის გამო, რომ განტოლებაში (50) დროის მუდმივა  $T_1$  და  $T_2$  რამდენჯერმე ნაკლებია ობიექტის დროის მუდმივაზე  $T_0$ , ამიტომ პრაქტიკული გამოთვლების დროს ხდება მათი უგულებელყოფა და რეგულატორის ითვლება იდეალურ რგოლად. [იხ. განტოლება (29)].

რეგულირების ობიექტზე ზემოქმედების ხასიათიდან გამომდინარე, რეგულატორები კლასიფიცირდებიან როგორც:

სტატიკური, ანუ პროპორციული რეგულატორები რომელშიაც მარეგულირებელი ზემოქმედება პროპორციულია სარეგულირებელი სიდიდის ცვლილებისა. იდეალური სტატიკური (პროპორციული) რეგულატორის დინამიკის განტოლებას აქვს შემდეგი სახე:

$$x = ky_c; \quad (29)$$

ასტატიკური ანუ ინტეგრალური, რომლებშიაც მარეგულირებელი ზემოქმედება პროპორციულია სარეგულირებელი სიდიდის ცვლილების ინტეგრალისა. იდეალური ასტატიკური (ინტეგრალური) რეგულატორის დინამიკის განტოლებას აქვს შემდეგი სახე:

$$x = k \int y dt; \quad (30)$$

იზოდრომული ანუ პროპორციულ-ინტეგრალური, სადაც მარეგულირებელი ზემოქმედება პროპორციულია სარეგულირებელი სიდიდის ცვლილებისა და ცვლილების ინტეგრალისა. იდეალური იზოდრომული (პროპორციულ-ინტეგრალური) რეგულატორის დინამიკის განტოლებას აქვს შემდეგი სახე:

$$x = k_1 y + k_2 \int y dt; \quad (31)$$

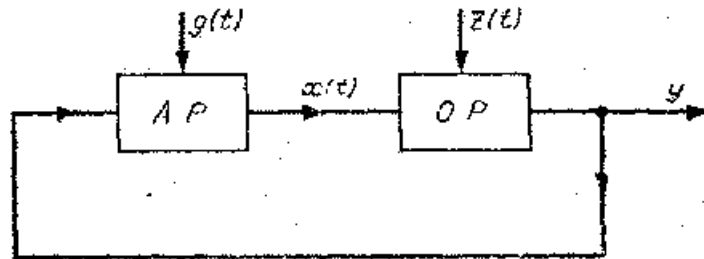
პროპორციულ-დიფერენციალური, სადაც მარეგულირებელი ზემოქმედება პროპორციულია სარეგულირებელი სიდიდის ცვლილებისა და ცვლილების წარმოებულია.

პროპორციულ-ინტეგრალურ-დიფერენციალური, სადაც მარეგულირებელი ზემოქმედება პროპორციულია სარეგულირებელი სიდიდის ცვლილებისა და ცვლილების წარმოებულისა და ინტეგრალისა. პროპორციულ-ინტეგრალურ-დიფერენციალური რეგულატორის დინამიკის განტოლებას აქვს შემდეგი სახე:

$$y = k_1 y + k_2 \int y dt + k_3 \frac{dy}{dt} \quad (32)$$

#### 1.4.1. რეგულატორისა და ობიექტის ურთიერთქმედება

ვნახოთ, თუ როგორ შეიცვლება გარდამავალი პროცესის ძრითადი მახასიათებლები მაშინ, როცა ადგილი აქვს დადებითი თვითრეგულირების (სამოვირავნივანიე მქონე ობიექტის ერთობლივ მუშაობას სხვადასხვა ტიპის რეგულატორებთან. როგორც ფუნქციონალური სქემიდან ნახ.23 ჩანს, ობიექტზე მოდებულია ორი ზემოქმედება: გარე შემფოთება  $z(t)$  და რეგულატორის მარეგულირებელი ზემოქმედება  $x(t)$ .



ნახ. 23. ავტომატური რეგულირების სისტემის ფუნქციონალური სქემა.  
 $y$  — სარეგულირებელი სიდიდე;  $z(t)$  — გარე შემფოთება;  
 $x(t)$  — მარეგულირებელი ზემოქმედება;  $g(t)$  — მმართველი ზემოქმედება

ობიექტისა და სტატიკური რეგულატორის ერთობლივი მუშაობა.

ავტომატური რეგულირების სისტემის დინამიკა შეიძლება აღვწეროთ შემდეგი განტოლებებით:

$$\left. \begin{aligned} (T_0 p + 1)y &= k_x x - k_z z \\ x &= -k_1 y \end{aligned} \right\} \quad (33)$$

$k_x$  და  $k_z$  - საწვავის ტუმბოს რეივისა და დატვირთვის გაძლიერების კოეფიციენტებია;

$k_1$  и  $k_2$  - რეგულატორის გამლიერების კოეფიციენტები.

ამ განტოლებათა სისტემის ერთობლივი ამოხსნის შედეგად მივიღებთ ავტომატური რეგულირების სისტემის დინამიკის განტოლებას.

$$\left( \frac{T_0}{1+k_1k_x} p + 1 \right) y = \frac{k_z}{1+k_1k_x} z. \quad (34)$$

მიღებული განტოლებიდან ჩანს, რომ პროპორციული რეგულატორის მუშაობის შედეგად შემცირდა დროის მუდმივა და შესაბამისად გარდამავალი პროცესის ხანგრძლივობა. ასევე შემცირდა გამლიერების კოეფიციენტი და შესაბამისად რეგულირების ცდომილება.

ობიექტისა და ასტატიკური რეგულატორის ერთობლივი მუშაობა.

ავტომატური რეგულირების სისტემის დინამიკა ამ შემთხვევაში შეიძლება აღწეროს შემდეგი განტოლებებით:

$$\left. \begin{aligned} (T_0 p + 1) y &= k_x x - k_z z \\ p x &= -k_1 y \end{aligned} \right\} \quad (35)$$

ამ განტოლებათა სისტემის ერთობლივი ამოხსნის შედეგად მივიღებთ:

$$(T_0 p^2 + p + k_1 k_x) y = -k_z p z. \quad (36)$$

რადგანაც სისტემას მიეწოდება ბიჯობრივი (სტუპენჩატოე) შეშფოთება,  $z = z_c = \text{const}$ , და  $p z = 0$ , და შესაბამისად  $k_z p z = 0$ , (მუდმივის წარმოებული) ამიტომ განტოლების მარჯვენა მხარეს მივიღებთ მეორე რიგის დიფერენციალური განტოლებას, ხოლო მარჯვენა მხარე გაუტოლდა 0-ს. შესაბამისად, გარდამავალი პროცესი შეიძლება იყოს რხევითი ან აპერიოდული, მაგრამ რეგულირების ცდომილება იქნება ნულოვანი.

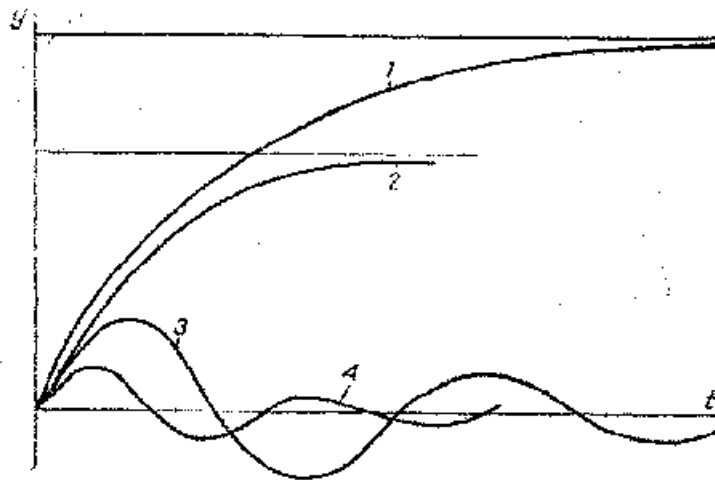
ობიექტისა და იზოდრომული რეგულატორის ერთობლივი მუშაობა.

ავტომატური რეგულირების სისტემის დინამიკა შეიძლება წარმოდგენილი იქნას განტოლებათა შემდეგი სისტემით::

$$\left. \begin{aligned} (T_0 p + 1)y &= k_x x - k_z z \\ x &= -k_1 y - \frac{k_2}{p} y \end{aligned} \right\} \quad (37)$$

ამოხსნის შედეგად მივიღებთ:

$$\left( \frac{T_0}{k_1 k_x} p^2 + \frac{1+k_2 k_x}{k_1 k_x} p + 1 \right) y = -\frac{k_z}{k_1 k_x} p z. \quad (38)$$



ნახ. 24 გარდამავალი პროცესები ავტომატური რეგულირების სისტემებში:

1 — რეგულატორის გარეშე; 2 — პროპორციული რეგულატორით;

3 — ინტეგრალური რეგულატორით; 4 — პროპორციულ-ინტეგრალური რეგულატორით

როგორც წინა შემთხვევაში,  $z = z_c = \text{const}$ , და  $pz = 0$ , ანუ ადგილი არ ექნება რეგულირების ცდომილებას, მაგრამ გარდამავალი პროცესი შეიძლება იყოს რხევითი. კვლევის შედეგები ნაჩვენებია ნახ.24.

#### 1.4.2. რეგულატორის ტიპის შერჩევა და ნასტროიკა

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ავტომატური რეგულირების სისტემა წარმოადგენს დინამიკურ სისტემას, რომლის სტატიკური და დინამიკური მახასიათებლები დამოკიდებულია რეგულირების ობიექტისა და რეგულატორის თავისებურებებზე და ასევე შემფოთების სახეზე.

ამიტომ, რეგულატორის შერჩევის დროს გათვალისწინებული უნდა იყოს ობიექტის ძირითადი მახასიათებლები, ამასთანავე მხედველობაში უნდა გვექონდეს ის ძირითადი მოთხოვნები, რომელიც წაყენებულია რეგულირების ტექნიკურ მაჩვენებლებზე.

(გარდამავალი პროცესის ხანგრძლივობა, რხევა, სტატიკური და დინამიკური ცდომილებები).

ობიექტები, რომლებსაც გააჩნიათ თვითრეგულირების ძალალო ხარისხი, შეიძლება აღჭურვილი იქნას ნებისმიერი ტიპის რეგულატორით. ხოლო იმ შემთხვევაში, როცა გარდამავალი პროცესების მიმართ არ არის განსაკუთრებული მოთხოვნები, შეიძლება გამოიყენებული იქნას მარტივი ტიპის პროპორციული და ინტეგრალური რეგულატორები.

მაღალი შეყოვნებისა, (ზაპაზდივანია) და ამავე დროს შემფოთების ნელი მოქმედების შემთხვევაში გამოიყენება პროპორციულ-ინტეგრალური რეგულატორი, ხოლო მკვეთრი და ხშირი შემფოთების დროს - პროპორციულ-ინტეგრალურ-დიფერენციალური.

უნდა აღინიშნოს, რომ რეგულატორის სწორი შერჩევა ძალიან მნიშვნელოვანია და ამასთანავე საკმაოდ რთული.

რეგულატორის ნასტროიკის დროს არსებობს ორი მიზანი: ავტომატური რეგულირების სისტემის მუშაობის მდგრადობა, რაც გულისხმობს სისტემის უნარს, შემფოთების მიღების შემდეგ დაუბრუნდეს წონასწორულ მდგომარეობას და რეგულირების სათანადო ხარისხი.

რეგულატორის ნასტროიკის პარამეტრებს წამოადგენს გაძლიერების კოეფიციენტი და რეგულირების კანონიდან გამომდინარე დროის სხვადასხვა მუდმივები.

#### კითხვები თვითშეფასებისთვის

1. როგორ სისტემებს ეწოდება ავტომატური რეგულირების სისტემები?
2. ავტომატური რეგულირების სისტემების ელემენტები
3. პოტენციომეტრული და ინდუქციური გადამწოდებების დანიშნულება.
4. პიეზოელექტრული გადამწოდებისა და სელსინის მოქმედების პრინციპები.
5. მაგნიტური მაძლიერებლების დანიშნულება და მოქმედების პრინციპი.
6. ობიექტი და სტატიკური რეგულატორი. ავტომატური რეგულირების სისტემის დინამიკა.
7. ობიექტი და იზოდრომული რეგულატორი.

## თავი 2

### პერედატოჩნიე ფუნქციები და სიხშირული მახასიათებლები

#### 2.1 პერედატოჩნიე ფუნქციები.

გარდა დიფერენციალური განტოლებისა, რგოლის დინამიკური თვისებების აღწერა შესაძლებელია აგრეთვე პერედატოჩნიე ფუნქციებს საშუალებით, რომელიც წარმოადგენს ზემოქმედების ოპერატორული პოლინომის შეფარდებას საკუთარ

ოპერატორულ პოლინომზე. ანუ რგოლის პერდატოჩნაია ფუნქცია განისაზღვრება გამოსახულებით:

$$W(p) = \frac{k(p)}{d(p)}, \quad (39)$$

ხოლო ობიექტის პერდატოჩნაია ფუნქცია კი გამოსახულებით:

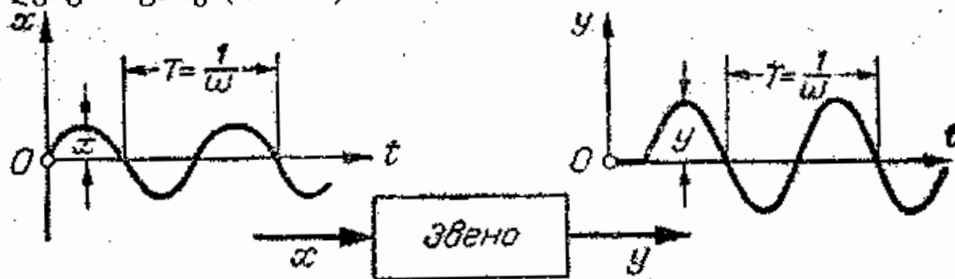
$$W(p) = \frac{k_1}{T_0 p + 1}, \quad (40)$$

## 2.2 სიხშირული მახასიათებელი

ხშირ შემთხვევებში ავტომატური რეგულირების სისტემები და მათში შემაჯალი რგოლები მუშაობის პერიოდში იმყოფებიან პერიოდული და კერძოდ ჰარმონიული შემფოთების ზემოქმედების ქვეშ. აქედან გამომდინარე, აუცილებელი ხდება სისტემის გამოკვლევა იძულებითი რხევების რეჟიმში მუშაობის დროსაც ეგრეთ წოდებული სიხშირული მეთოდით.

სიხშირული მეთოდის განმასხვავებელ ნიშანს წარმოადგენს ის, რომ მისი გამოყენება შეიძლება რეალური სისტემების დინამიკური თვისებების ექსპერიმენტალური კვლევისას მაშინ, როცა მათი ანალიზური კვლევა შეუძლებელია.

თუ წრფივი რგოლის შემაჯალ სიგნალს მივანიჭებთ  $A_1$  ამპლიტუდისა და  $\omega$  სიხშირის მქონე ჰარმონიულ შემფოთებას, როდესაც  $x = A_1 \sin \omega t$ , მაშინ გარკვეული დროის შემდეგ გამომაჯალი კოორდინატაც შეიცვლება ჰარმონიული კანონით:  $y = A_2 \sin(\omega t + \varphi)$  იგივე  $\omega$  სიხშირით, მაგრამ სხვა  $A_2$  ამპლიტუდით და ადგილი ვქნება რხევების სდვიგ პო ფაზე. ( ნახ. 25).



ნახ. 25. ავტომატური რეგულირების სისტემების იძულებითი რხევები

რგოლის სიხშირული მახასიათებელი ანუ ამპლიტუდურ-ფაზურ-სიხშირული მახასიათებელი ეწოდება იძულებითი ჰარმონიული რხევების ამპლიტუდისა და ფაზის დამოკიდებულებას შემაჯალი შემფოთების ამპლიტუდასა და სიხშირეზე.

სიხშირული ფუნქციის ანუ კომპლექსური პერდატოჩნი ფუნქციის მისაღებად აუცილებელია პერდატოჩნი ფუნქციის გამოსახულებაში  $p$ -ს ნაცვლად ჩავსვათ  $i\omega$ , სადაც  $i = \sqrt{-1}$ , ხოლო  $\omega$  - წრეული სიხშირეა, ანუ:

$$W(i\omega) = \frac{k(i\omega)}{d(i\omega)} \quad (41)$$

ეს გამოსახულება საერთო სახით შეგვიძლია წარმოვადგინოთ მართკუთხა კოორდინატთა სისტემაში:

$$W(i\omega) = R(\omega) + iQ(\omega), \quad (42)$$

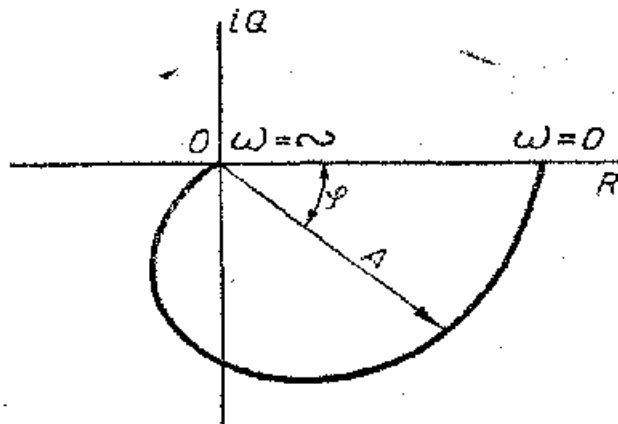
ან პოლარულ სისტემაში მაჩვენებლიანი ფუნქციის სახით:

$$W(i\omega) = A(\omega)e^{i\varphi(\omega)}, \quad (43)$$

სადაც:  $A(\omega) = \sqrt{R^2(\omega) + Q^2(\omega)}$  - რხევის ამპლიტუდის განმსაზღვრელი მოდული.

$$\varphi(\omega) = \arctg \frac{Q(\omega)}{R(\omega)} \quad \text{-ფაზა.}$$

თუ სიხშირულ ფუნქციას (43) გამოვსახავთ კომპლექსურ სიბრტყეში  $R(\omega) + iQ(\omega)$  როგორც ვექტორს, მაშინ  $\omega$  სიხშირის ცვლილებისას 0- დან  $\infty$ - მდე ვექტორის ბოლო შემოიწერს მრუდს, რომელსაც ამპლიტუდურ-ფაზური მახასიათებელი ეწოდება. (ნახ.26).



ნახ.. 26. ამპლიტუდურ-ფაზური მახასიათებელი

ამპლიტუდურ-ფაზური მახასიათებლები ფართოდ გამოიყენება სისტემების დინამიკური თვისებების გამოსაკვლევად.

### 2.3. ტიპური დინამიკური რგოლები.

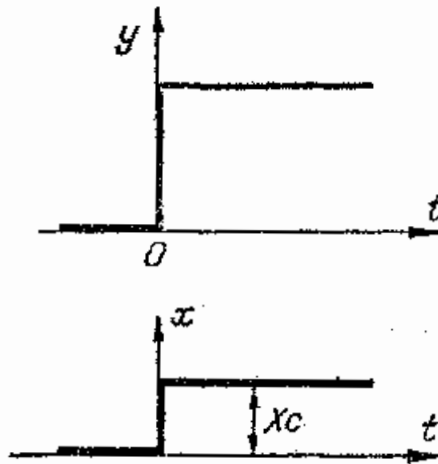
მოუხედავად იმისა, რომ სხვადასხვა ავტომატური რეგულირების სისტემებში შემაჯავლი დინამიკური რგოლები განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან როგორც კონსტრუქციულად, ასევე ფუნქციონალური დანიშნულებით, მათი გაერთიანება მაინც შესაძლებელია მცირე დინამიკურ რგოლში რომელიც გამოირჩევა მსგავსი დინამიკური თვისებებით.

ავტომატური რეგულირების თეორიაში განასხვავებენ შემდეგი სახის ძირითად რგოლებს: პროპორციული ანუ უინერციო, აპერიოდული ანუ ინერციული, რხევითი, მადიფერენცირებელი, მაინტეგრირებელი, სუფთა შეყოვნებით.

პროპორციული ანუ უინერციო რგოლის დინამიკური თვისებები გამოისახება განტოლებით:

$$y = kx, \quad (44)$$

ხოლო გარდამავალ პროცესი გამოსახულია ნახ.27



ნახ. 27 უინერციო რგოლის გარდამავალი პროცესი.

აღნიშნული რგოლის პერედატოჩნაია და სიხშირული ფუნქციები გამოისახება შემდეგნაირად:

$$W(p) = k; \quad (45)$$

$$W(i\omega) = k. \quad (46)$$

აპერიოდული რგოლის დინამიკა გამოისახება ამგვარად:

$$T_0 \frac{dy}{dt} + y = kx. \quad (47)$$

ბიჯობრივი შემფოთებისა და ნულოვანი საწყისი პირობების დროს გარდამავალ ფუნქციას ექნება შემდეგი სახე (იხ.ნახ.22):

$$y = kx_c \left( 1 + e^{-\frac{t}{T_0}} \right). \quad (48)$$

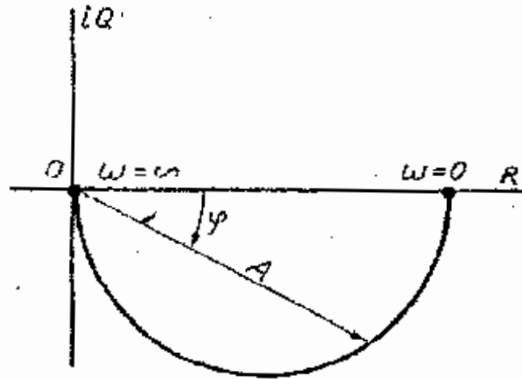
ამ რგოლის პერედატოჩნაია და სიხშირულ ფუნქციებს აქვთ შემდეგი გამოსახულებები:

$$W(p) = \frac{k}{T_0 p + 1}; \quad (49)$$



$$W(i\omega) = \frac{k}{1+T_0 i\omega}$$

აპერიოდული რგოლის ამპლიტუდურ ფაზური მახასიათებელი გამოსახულია ნახ.28.



ნახ. 28 პირველი რიგის აპერიოდული რგოლის ამპლიტუდურ ფაზური მახასიათებელი

რხევითი რგოლის დინამიკა აღიწერება შემდეგი განტოლებით:

$$T_2^2 \frac{d^2 y}{dt^2} + T_1 \frac{dy}{dt} + y = kx. \quad (50)$$

ბიჯობრივი შეშფოთებისა და ნულოვანი საწყისი პირობების დროს გარდამავალ ფუნქციას ექნება შემდეგი სახე (იხ.ნახ.29):

$$y = kx_c \left[ 1 - e^{-\frac{t}{T}} \left( \cos \omega t + \frac{1}{T\omega} \sin \omega t \right) \right]. \quad (51)$$

სადაც  $T = \frac{2T_2^2}{T_1}$  -ექსპონენტას დროის მუდმივა;

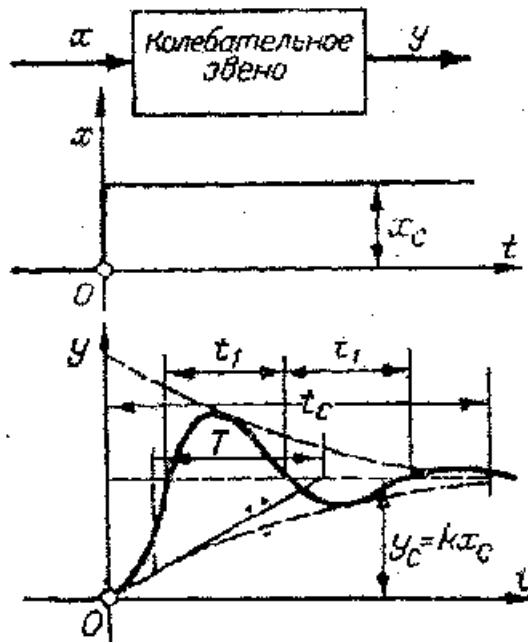
$$\omega = \frac{\sqrt{4T_2^2 - T_1^2}}{2T_2^2}.$$

რხევითი რგოლის პერედატორჩნაია და სიხშირულ ფუნქციებს ექნებათ შემდეგი გამოსახულებები:

$$W(p) = \frac{k}{T_2^2 p^2 + T_1 p + 1}, \quad (52)$$

$$W(i\omega) = \frac{k}{1+T_1 i\omega - T_2^2 \omega^2}. \quad (53)$$

რხევითი რგოლის ამპლიტუდურ-ფაზური მახასიათებელი გამოსახულია ნახ.28.



ნახ. 29. რხევითი რგოლის გარდამავალი პროცესის გრაფიკი.

იმ შემთხვევაში, თუ განტოლებაში ადგილი ექნება უტოლობას  $T_1 > 2T_2$ , მაშინ რხევითი რგოლი გარდაიქმნება მეორე რიგის აპერიოდულ რგოლად და მის გარდამავალ ფუნქციას ექნება შემდეგი სახე:

$$y = kx_c \left[ 1 - \frac{T'}{T' - T''} e^{-\frac{t}{T'}} + \frac{T''}{T' - T''} e^{-\frac{t}{T''}} \right], \quad (54)$$

$$\text{სადაც: } T' = \frac{-2T_2^2}{-T_1 + \sqrt{T_1^2 - 4T_2^2}} \quad T'' = \frac{-2T_2^2}{-T_1 - \sqrt{T_1^2 - 4T_2^2}}$$

მეორე რიგის აპერიოდული რგოლის გარდამავალი პროცესი გრაფიკულად ნაჩვენებია ნახ.30.

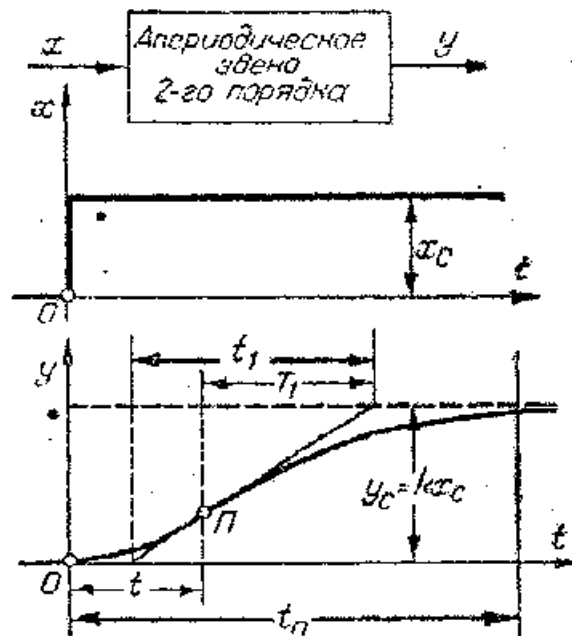
იდეალური მადიფერენცირებელი ეწოდება რგოლს, რომლის დინამიკა წამოღწევილია შემდეგი სახის განტოლებით:

$$y = k \frac{dx}{dt} \quad (55)$$

აღნიშნული რგოლის გარდამავალი პროცესის გრაფიკი ნაჩვენებია ნახ.31. და იგი წარმოადგენს მყის იმპულსს, რომელიც წამოიშვება მხოლოდ შემავალი ბიჯობრივი შესვლით შემოქმედების მომენტში.

იდეალური მადიფერენცირებელი რგოლის პერედატორია და სიხშირულ ფუნქცია:

$$W(p) = kp; \quad W(i\omega) = ki\omega. \quad (56)$$



ნახ.30. მეორე რიგის აპერიოდული რგოლის გარდამავალი პროცესის გრაფიკი.

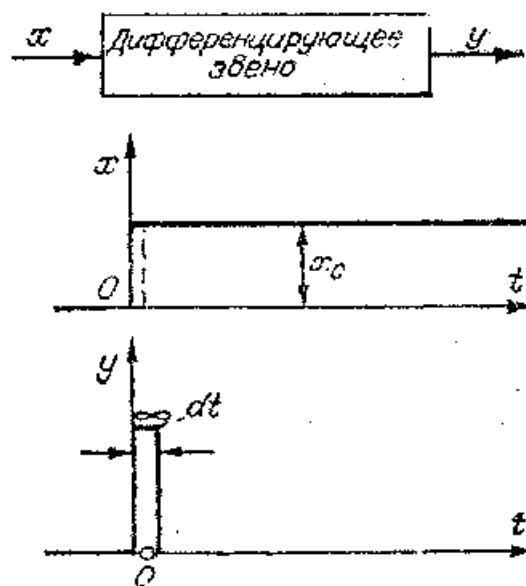


Рис. 31. იდეალური მადიფერენცირებელი რგოლის გარდამავალი პროცესი.

რეალურ სისტემებს ხშირად ახასიათებთ გარკვეული ინერციულობა, ინერციული მადიფერენცირებელი რგოლი აღიწერება შემდეგი სახის განტოლებით:

$$T \frac{dy}{dt} + y = k \frac{dx}{dt} \quad (57)$$

იდეალური მაინტეგრირებელი რგოლის დინამიკა აღიწერება შემდეგი სახის განტოლებით:

$$y = k \int x dt \quad (58)$$

ან

$$\frac{dy}{dt} = kx, \quad (59)$$

ოპერატორულ ფორმაში:

$$py = kx. \quad (60)$$

განტოლებიდან (58) გამომდინარეობს, რომ თუ მაინტეგრირებელ რგოლს მივანიჭებთ ბიჯობრივ შეშფოთებას, მაშინ გამოძავალი სიდიდე დაიწყებს უწყვეტ ზრდას დროში.

მოცემული რგოლის გარდამავალი პროცესის გრაფიკი ნაჩვენებია ნახ.32.

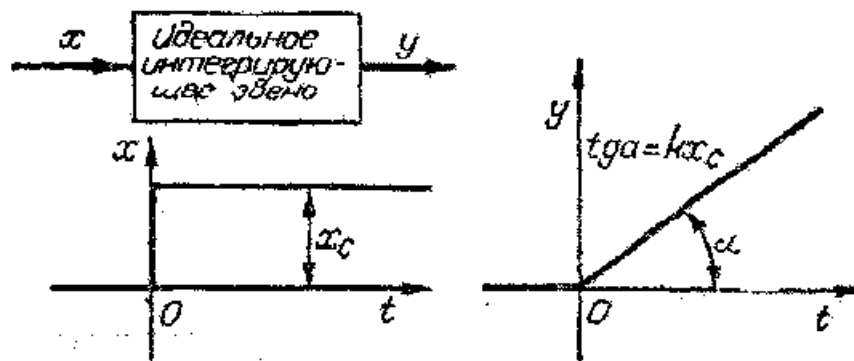


Рис. 32.

ნახ. 32. იდეალური მაინტეგრირებელი რგოლის გარდამავალი პროცესის გრაფიკი.

იდეალური მაინტეგრირებელი რგოლის პერფორმანსა და სიხშირულ ფუნქციები გამოისახება განტოლებებით:

$$\left. \begin{aligned} W(p) &= \frac{k}{p} \\ W(i\omega) &= \frac{k}{i\omega} \end{aligned} \right\} \quad (61)$$

რეალური მაინტეგრირებელი რგოლის დინამიკის განტოლება იქნება:

$$T \frac{dy}{dt} + y = k \int x dt. \quad (62)$$

ორივე მხრის დიფერენცირებით მივიღებთ მივიღებთ სხვა გამოსახულებას:

$$T \frac{d^2y}{dt^2} + \frac{dy}{dt} = kx. \quad (63)$$

ხშირ შემთხვევებში შემავალი სიგნალის ცვლილების დროს გამომავალი სიგნალის ცვლილება იწყება არა მყისიერად, არამედ გარკვეული დროის შემდეგ. დროის ამ მონაკვეთს შეყოვნება ეწოდება.

არსებობს ობიექტები სუფთა ანუ ტრანსპორტული შეყოვნებით, რომლის მაგალითად შეიძლება მოვიყვანოთ ლენტური ძკვებავი (ნახ.33). შემავალ კოორდინატად თუ ჩავთვლით შიბერის მდგომარეობას მკვებავ ბუნკერზე  $l(x)$ , და გამომავალ კოორდინატად ქვიშის რაოდენობას ( $Q$ ), რომელიც მიეწოდება ბუნკერს, მაშინ გარდამავალი პროცესი აღიწერება შემდეგი განტოლებით:

$$Q(l) = kx(t - \tau_3), \quad (64)$$

სადაც  $l$  — არის დრო, ხოლო  $\tau_3$  - სუფთა ანუ ტრანსპორტული შეყოვნების დრო.

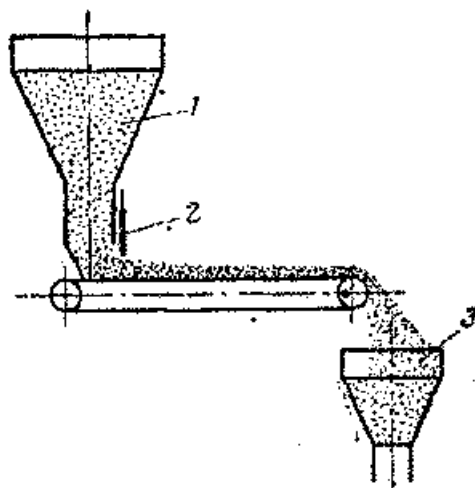


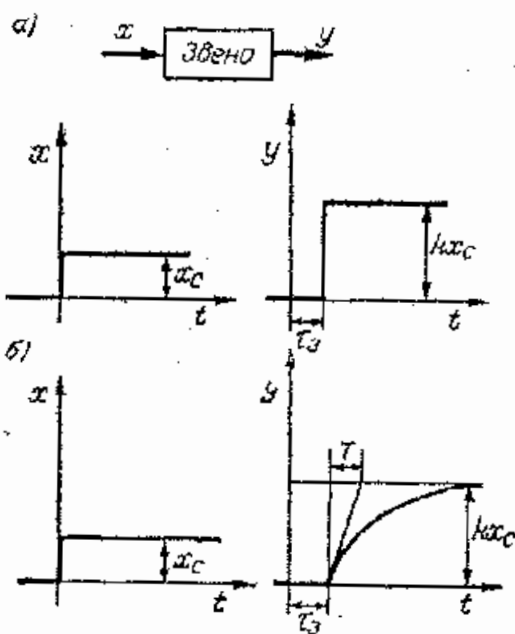
Рис. 33. სუფთაშეყოვნებიანი რგოლი სქემა:  
1, 3 - ბუნკერები; 2 - შიბერი.

საერთოდ, ნებისმიერი რგოლი შეყოვნებით შეგვიძლია განვიხილოთ როგორც ჩვეულებრივი რგოლი შეყოვნების გარეშე და იდეალური რგოლი სუფთა შეყოვნებით. საერთო შემთხვევაში შეყოვნების მქონე რგოლის პერედატორნაია ფუნქციას ექნება შემდეგი სახე:

$$W(p) = W_0(p)e^{-\tau_3 p}, \quad (65)$$

სადაც:  $W_0(p)$  - შეყოვნების გარეშე რგოლის პერედატორნაია ფუნქცია.

შეყოვნების მქონე იდეალური რგოლის და სუფთა შეყოვნების მქონე ინერციული რგოლის გარდამავალი პროცესები ნაჩვენებია ნახ.34.



ნახ. 34. გარდამავალი პროცესები:  
 ა – იდეალური რგოლი სუფთა შეყოვნებით;  
 ბ – ინერციული რგოლი სუფთა შეყოვნებით;

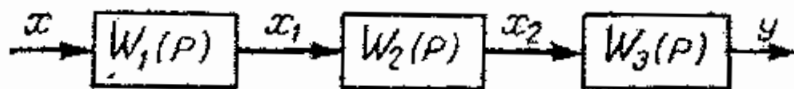
#### 2.4. პერედატორჩნაია ფუნქციების ალგებრა. რგოლების შეერთება.

ზემოთ განხილული იყო ავტომატური რეგულირების სისტემაში შემავალი და ურთიერთქმედებაში მყოფი ცალკეული რგოლების დინამიკა. რეალურ ავტომატური რეგულირების სისტემაში ადგილი აქვს რგოლების შეერთების მრავალფეროვნებას, რომელიც შეიძლება დავიყვანოთ პარალელურ და მიმდევრობით შეერთებაზე.

თავის მხრივ, პარალელური შეერთების დროს შეიძლება ადგილი ჰქონდეს შემავალი და გამავალი კოორდინატების ერთნაირ ან საპირისპირო მიმართულებას.

განვიხილოთ ელემენტარული რგოლების კომპლექსის პერედატორჩნი ფუნქციები სხვადასხვა სახის შეერთების დროს.

მიმდევრობითი შეერთება. ნახ.35 ნაჩვენებია მიმდევრობით შეერთებული 3 რგოლი,

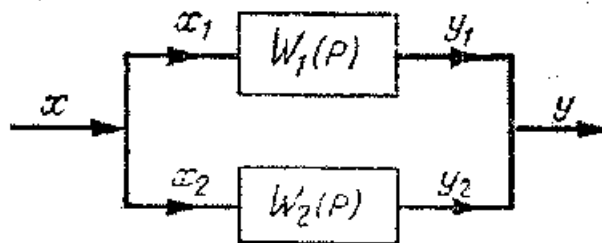


ნახ. 35. რგოლების მიმდევრობით შეერთების სქემა

პირველი რგოლის შესასვლელზე მიეწოდება სიდიდე  $x$ , ხოლო ბოლო რგოლის გამოსასვლელზე —  $y$ . რგოლების მიმდევრობით შეერთების დროს მარეზულტირებელი პერედატორჩნი ფუნქცია ტოლია თითოეული წევრის პერედატორჩნი ფუნქციის ნამრავლისა:

$$W(p) = W_1(p) W_2(p) W_3(p). \quad (66)$$

პარალელური შეერთება. როცა შემავალ და გამავალ კოორდინატებს აქვთ ერთი მიმართულება. ნახ.36

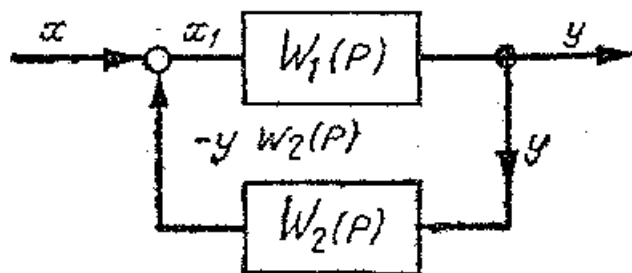


ნახ. 36. რგოლების პარალელური შეერთების სქემა.

პარალელურად შეერთებული რგოლების პერედატორნი ფუნქცია ტოლია თითოეული წევრის პერედატორნი ფუნქციის ჯამისა:

$$W(p) = W_1(p) + W_2(p). \quad (67)$$

პარალელური შეერთება როცა შემავალ და გამავალ კოორდინატებს აქვთ საპირისპირო მიმართულება. (რგოლის აჭურვა უკუკავშირით) ნაჩვენებია. ნახ.37.



ნახ. 37. რგოლის უკუკავშირით აღჭურვის სქემა.

უკუკავშირის ჩართვის შემთხვევაში შემავალი სიგნალი  $x$  ალგებრულად ჯამდება სიგნალთან, რომელიც გაივლის უკუკავშირის რგოლს და უარყოფითი უკუკავშირის შემთხვევაში იგი ტოლია:

$$x_1 = x - yW_2(p).$$

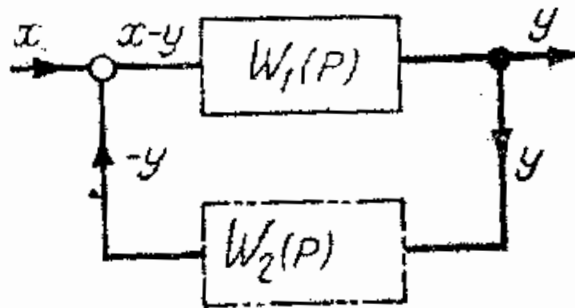
მაშინ პერედატორნი ფუნქციას ექნება შემდეგი სახე:

$$W(p) = \frac{W_1(p)}{1 + W_1(p)W_2(p)}. \quad (68)$$

რგოლების კომბინირებული შეერთებისას აუცილებელია კონტური დაიყოს ცალკეულ ნაწილებად რომლებშიც ნათლად იქნება ნაჩვენები მიმდევრობითი და პარალელური შეერთებები, შედგეს პერედატორნი ფუნქციები ჯერ ამ ნაწილებისთვის, ხოლო შემდეგ

მთელი კონტურისთვის. ამრიგად, აღნიშნული დამოკიდებულებების გამოყენებით შესაძლებელი იქნება შევადგინოთ რთული სქემის პერედატორნი ფუნქცია, რომლისგანაც საჭიროების შემთხვევაში შესაძლებელია სისტემის დიფერენციალური განტოლების მიღება.

გამოსახულებაში (68) თუ ჩავთვლით, რომ  $W_2(p) = 1$ , მაშინ აღვნიშნავთ შესაძლებელია მივიღოთ ჩაკეტილი სისტემის პერედატორნი ფუნქციის გამოსახულება, რომლის სქემა ნაჩვენებია ნახ.38.



ნახ. 38. რგოლის შეკვრის სქემა.

ჩაკეტილი სისტემის პერედატორნი ფუნქცია შეიძლება წარმოგვიდგას შემდეგი სახით:

$$W_{\phi}(p) = \frac{w_1(p)}{1+w_1(p)} \quad (69)$$

სადაც  $W_1(p)$  არის ღია სისტემის პერედატორნი ფუნქცია.

## 2.5. ჩაკეტილი სისტემის დინამიკის განტოლება.

ავტომატური რეგულირების სისტემა შედგება რგოლთა ჯგუფისაგან, რომელთა დინამიკა აღიწერება დიფერენციალური განტოლებებით. მაგრამ რადგანაც ავტომატური რეგულირების სისტემის ელემენტები იმყოფებიან ერთმანეთთან ურთიერთქმედებაში, ხოლო თვით სისტემა ჩაკეტილია, ამიტომ ავტომატური რეგულირების სისტემის მათემატიკური აღწერა შესაძლებელია რგოლებს დინამიკის დიფერენციალური განტოლებათა სისტემით. შუალედური კოორდინატების გამორიცხვის გზით განტოლებათა სისტემა შეიძლება დაყვანილ იქნას ერთ დიფერენციალურ განტოლებაზე, რომელიც ასახავს მხოლოდ შემავალ ზემოქმედებებს და გამოშვალს, ანუ სარეგულირებელ სიდიდეს.

მაგალითისათვის განვიხილოთ სითბური ძრავის ლილვის ბრუნთა სიხშირის ავტომატური რეგულირების სისტემა, რომლის პრინციპული სქემა მოცემულია ნახ.39. ხოლო სტრუქტურული სქემა ნახ.40

სისტემაში შემავალი რგოლების დინამიკა ჩავწეროთ ოპერატორული ფორმით:



ობიექტი —

$$(T_1 p + 1)y = k_1[f(t) - x_2];$$

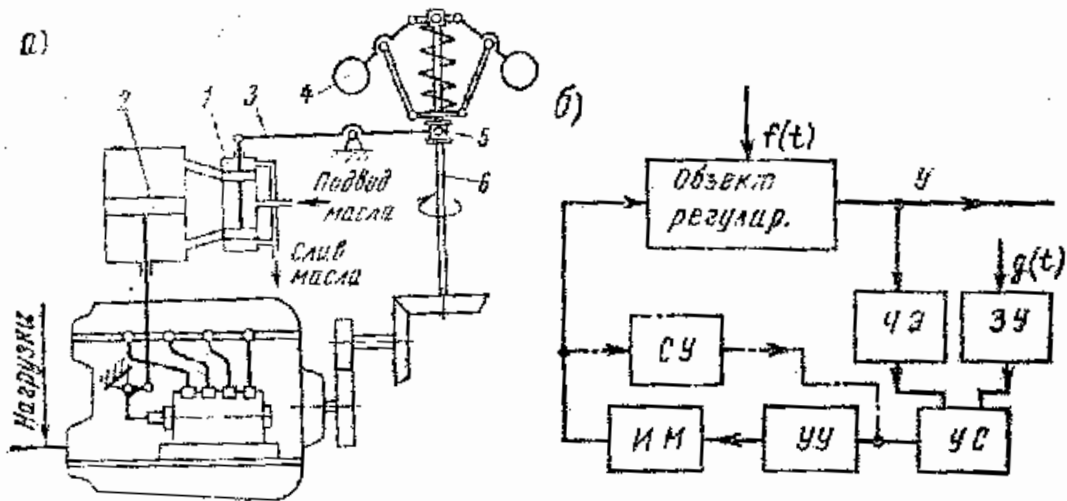
მგრძობიარე ელემენტი —

$$(T_3 p^2 + T_2 p + 1)x_1 = k_2 y; \quad (70)$$

სევომოტორი —

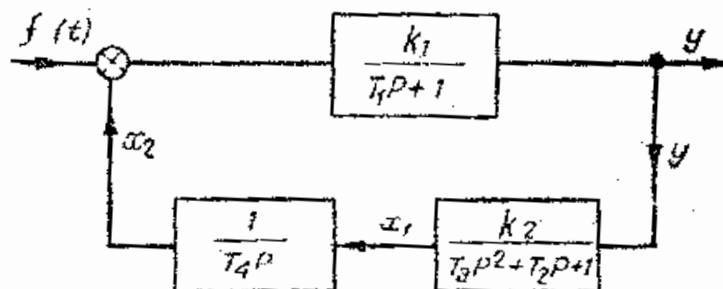
$$T_4 p x_2 = x_1,$$

სადაც  $y$  — სარეგულირებელი სიდიდე;  
 $x_2$  — საწვავის მარეგულირებელი  
 ორგანოს მდგომარეობა.



ნახ. 39. დიზელ-გენერატორის ბრუნთა სიხშირის ავტომატური რეგულირების სისტემა:

- $a$  — პრიციპული;  $6$  — ფუნქციონალური;  
 1 — მკვეთარა; 2 — სერვომოტორის დგუში; 3 — რხეარ; 4 — ტვირთები;  
 5 — მუფთა; 6 — რეგულატორის ლილვი;  
 CY — მაკორექტირებელი მოწყობილობა; YZ — მგრძობიარე ელემენტი;  
 ZY — დამკვეთი მოწყობილობა; YC — შემადარებელი მოწყობილობა;  
 YU — მამლიურებელი; IM — სემსრულელებელი მექანიზმი;  
 $f(t)$  — შემამფოთებელი ზემოქმედება;  $g(t)$  — მმართველი ზემოქმედება.



ნახ. 40. დიზელ-გენერატორის ბრუნთა სიხშირის ავტომატური რეგულირების სტრუქტურული სქემა

განტოლებათა სისტემის (70) ამოხსნის შედეგად მივიღებთ ჩაკეტილი სისტემის დინამიკის განტოლებას ოპერატორული ფორმით:

$$[T_1 T_3 T_4 p^4 + T_4 (T_1 T_2 + T_3) p^3 + T_4 (T_1 + T_2) p^2 + T_4 p + k_1 k_2] y = k_1 [T_3 T_4 p^3 + T_2 T_4 p^2 + T_4 p] f(t). \quad (71)$$

ამავე ავტომატური რეგულირების სისტემისათვის შევადგინოთ რგოლთა დიფერენციალური განტოლება:

იმ შემთხვევაში, როცა ობიექტზე მოქმედებს შეშფოთება, ჩაკეტილი ავტომატური რეგულირების სისტემის პერედატორნი ფუნქციას ექნება შემდეგი სახე:

$$W_\phi(p) = \frac{W_0(p)}{1 + W_0(p)W_1(p)}$$

სადაც:  $W_0(p) = \frac{k_1}{T_1 p + 1}$  რეგულირების ობიექტის პერედატორნი ფუნქცია.

$W_1(p) = \frac{k_2}{(T_3 p^2 + T_2 p + 1) T_4 p}$ , რეგულატორის პერედატორნი ფუნქცია.

მაშინ

$$\begin{aligned} W_\phi(p) &= \frac{\frac{k_1}{T_1 p + 1}}{1 + \frac{k_1 k_2}{(T_1 p + 1)(T_3 p^2 + T_2 p + 1) T_4 p}} = \\ &= \frac{k_1 (T_3 p^2 + T_2 p + 1) T_4 p}{(T_1 p + 1)(T_3 p^2 + T_2 p + 1) T_4 p + k_1 k_2} \end{aligned}$$

აქედან, ჩაკეტილი სისტემის დინამიკის განტოლება

$$[T_1 T_3 T_4 p^4 + T_4 (T_1 T_2 + T_3) p^3 + T_4 (T_1 + T_2) p^2 + T_4 p + k_1 k_2] y = k_1 [T_3 T_4 p^3 + T_2 T_4 p^2 + T_4 p] f(t)$$

ანალოგიურია განტოლების (71).

კითხვები თვითშეფასებისთვის

1. რა არის პერედატორნი ფუნქცია და სიხშირული მახასიათებლები?

2. რას წარმოადგენს მყისი იმპულსი?
3. ჩაკეტილი სისტემის დინამიკის განტოლება.

### თავი 3 ავტომატური რეგულირების სისტემების მდგრადობა და ხარისხი.

#### 3.1. მდგრადობის განსაზღვრა.

ავტომატური რეგულირების სისტემის ძირითად ამოცანას წარმოადგენს სათანადო დონეზე შეინარჩუნოს სარეგულირებელი სიდიდის მოცემული მნიშვნელობა სისტემაზე გარე შეშფოთების ზემოქმედების დროს. ამიტომ, ავტომატური რეგულირების სისტემა არის მდგრადი მაშინ, როცა წონასწორობიდან გამოსვლის შემთხვევაში გარკვეული დროის შემდეგ უბრუნდება თავის წონასწორობულ მდგომარეობას. სისტემის მდგრადობას განსაზღვრავს თავისუფალი მოძრაობის ხასიათი, რომელიც ერთგვაროვანი დიფერენციალური განტოლებით (მარჯვენა ნაწილის გარეშე). ამიტომ სისტემის დინამიკის განტოლების მარჯვენა ნაწილის ფორმა გავლენას არ ახდენს მდგრადობაზე.

ზოგადად სისტემის თავისუფალი მოძრაობა ერთგვაროვან დიფერენციალურ განტოლებას აქვს შემდეგი სახე:

$$a_0 \frac{d^n y}{dt^n} + a_1 \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \dots + a_n y = 0, \quad (72)$$

სადაც:  $y$  - სარეგულირებელი სიდიდეა, ხოლო  $a_0, a_1, \dots, a_n$  - მუდმივი კოეფიციენტები, რომელთა მნიშვნელობებს განისაზღვრავს პარამეტრის სისტემები.

განსაზღვრის თანახმად, სისტემა იქნება მდგრადი მაშინ, როცა

$$\lim_{t \rightarrow \infty} y \rightarrow 0 \quad (73)$$

განტოლების (72) ამონახსნი შეიძლება წარმოვადგინოთ შემდეგი ფორმით:

$$y = \sum_{i=1}^n C_i e^{p_i t}, \quad (74)$$

სადაც:  $C_i$  - ინტეგრირების მუდმივაა, ხოლო  $p_i$  - ხარაკტერისტიკული განტოლების (75) ფესვები, რომლებიც შეესაბამება დიფერენციალურ განტოლებას (72):

$$a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_{n-1} p + a_n = 0. \quad (75)$$

(73) პირობის შესრულება შეიძლება იმ შემთხვევაში, თუ განტოლების (74) ამონახსნთა მდგენელები დროის განმავლობაში მიისწრაფვიან ნულისკენ. რადგანაც ყველა  $C_i$  კოეფიციენტი მუდმივია, ამიტომ  $C_i e^{p_i t}$  მდგენელი დამოკიდებულია მხოლოდ  $p_i$ -ზე.

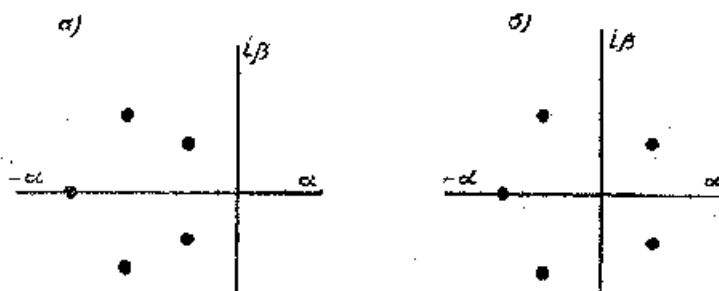
თუ  $p_i$  იქნება დადებითი სიდიდე, მაშინ მდგენელი  $C_i e^{p_i t}$  დროის განმავლობაში უსასრულოდ გაიზრდება. ხოლო თუ  $p_i$  იქნება უარყოფითი, მაშინ მდგენელი  $C_i e^{p_i t}$  მიისწრაფვის ნულისკენ. იმ შემთხვევაში, თუ  $p_i = \alpha \pm \beta i$  კომპლექსური სიდიდეა, მაშინ

$$C_1 e^{(\alpha + \beta i)t} + C_2 e^{(\alpha - \beta i)t} = A e^{\alpha t} \sin(\beta t + \varphi)$$

გარდამავალი პროცესი რხევითია, ამპლიტუდა  $A$  კომპლექსურ ფესვთა ნიშნის მიხედვით ან იზრდება, ან კლებულობს.

ამასთანავე, თუ კომპლექსური ფესვი იქნება დადებითი, მაშინ გარდამავალი პროცესი იქნება რხევითი რხევის ამპლიტუდის ზრდადი მნიშვნელობით, ანუ გარდამავალი პროცესი იქნება განშლადი (რასხოდიაში). ხოლო თუ ფესვები უარყოფითია, მაშინ რხევის ამპლიტუდა მიისწრაფვის ნულისკენ.

რადგანაც ნამდვილი (ვემესტვენნიე) ფესვები თავისთავად წარმოადგენენ კომპლექსურის კერძო შემთხვევას (როცა  $\beta=0$ ), ამიტომ აღნიშნული მოსაზრებებიდან გამომდინარეობს წრფივ სისტემათა მდგრადობის შემდეგი პირობები:



ნახ. 41. ხარაკტერისტიკული განტოლების ფესვთა განლაგება კომპლექსურ სიბრტყეზე  
 $a$  — მდგრადი სისტემა;  $b$  — არამდგრადი სისტემა

იმისათვის, რომ წრფივი ავტომატური რეგულირების სისტემა იყოს მდგრადი, აუცილებელი და საკმარისია ავტომატური რეგულირების სისტემის ხარაკტერისტიკული განტოლების ყველა ფესვის ვემესტვენნიე ჩასტი იყოს უარყოფითი.

თუ ხარაკტერისტიკული განტოლების ყველა ფესვების ვემესტვენნიე ჩასტი განლაგებულია კომპლექსურ სიბრტყეზე, მაშინ სისტემის მდგრადობისათვის აუცილებელი და საკმარისია რომ ისინი განლაგებულნი იყვნენ მნიშაია ღერძის მარცხნივ.

თუ კომპლექსურ ფესვთა წყვილი განლაგებულია მნიშაია ღერძზე, დანარჩენები კი მათგან მარცხნივ, მაშინ სისტემა იმყოფება მდგრადობის საზღვარზე. ნახ.41-ზე ნაჩვენებია მე-5-ე რიგის ხარაკტერისტიკული განტოლების ფესვთა განლაგება.

ამრიგად, მდგრადობის გამოკვლევა საბოლოო ჯამში დადის ხარაკტერისტიკული განტოლების ფესვთა ვეშუსტვენნიე ჩასტის ნიშნების დადგენაზე.

### 3.2. გურვიცის მდგრადობის კრიტერიუმი

ვთქვათ სისტემის ხარაკტერისტიკულ განტოლებას აქვს სახე:

$$a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_{n-1} p + a_n = 0. \quad (76)$$

მაშინ გურვიცის მიხედვით, იმისათვის, რომ ავტომატური რეგულირების სისტემა იყოს მდგრადი, აუცილებელი და საკმარისია რომ გურვიცის განმსაზღვრელი, რომელიც შედგება ხარაკტერისტიკულ განტოლების (76) კოეფიციენტებისაგან და ამ განმსაზღვრელის ყველა დიაგონალური მინორი იყოს დადებითი. ამასთანავე დადებითი უნდა იყოს აგრეთვე  $a_0$ .

გურვიცის განმსაზღვრელის აუცილებელია ყიხელმძღვანელოთ შემდეგით:

1. მთავარ დიაგონალზე შეჰყავთ განტოლების (76) ყველა კოეფიციენტი  $a_1$  და  $a_n$  - მღე ინდექსთა ზრდის მიხედვით.
2. განმსაზღვრელის ყველა სვეტს დიაგონალის ზემოთ ამატებენ კოეფიციენტებს ზრდადი ინდექსებით, ხოლო დიაგონალის ქვემოთ - კლებადი ინდექსებით.
3. იმ კოეფიციენტების ადგილას, რომელთა ინდექსები მეტია  $n$  -ზე და ნაკლებია 0-ზე სვამენ ნულს.

განტოლებისათვის (76) გურვიცის განმსაზღვრელს ექნება სახე:

(77)

$$\Delta n = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & a_5 & \dots & 0 \\ a_0 & a_2 & a_4 & \dots & 0 \\ 0 & a_1 & a_3 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & a_n \end{vmatrix}$$

მე-3-ე რიგის განტოლებისათვის გურვიცის მდგრადობის პირობა იქნება:

$$a_1 a_2 - a_0 a_3 > 0. \quad (78)$$

### 3.3. მისაილოვის მდგრადობის კრიტერიუმი

განვიხილოთ ჩაკეტილი რეგულირების სისტემის დიფერენციალური განტოლების შესაბამისი ხარაკტერისტიკული განტოლება

$$a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_{n-1} p + a_n = 0. \quad (79)$$

და ჩავწეროთ კომპლექსური ფორმით, რისთვისაც  $p$ -ს ნაცვლად ჩავსვათ მნიშვნე რიცხვი  $i\omega$ . მაშინ განტოლება (79) გარდაისახება შემდეგში:

$$L(i\omega) = a_0 (i\omega)^n + a_1 (i\omega)^{n-1} + \dots + a_{n-1} (i\omega) + a_n. \quad (80)$$

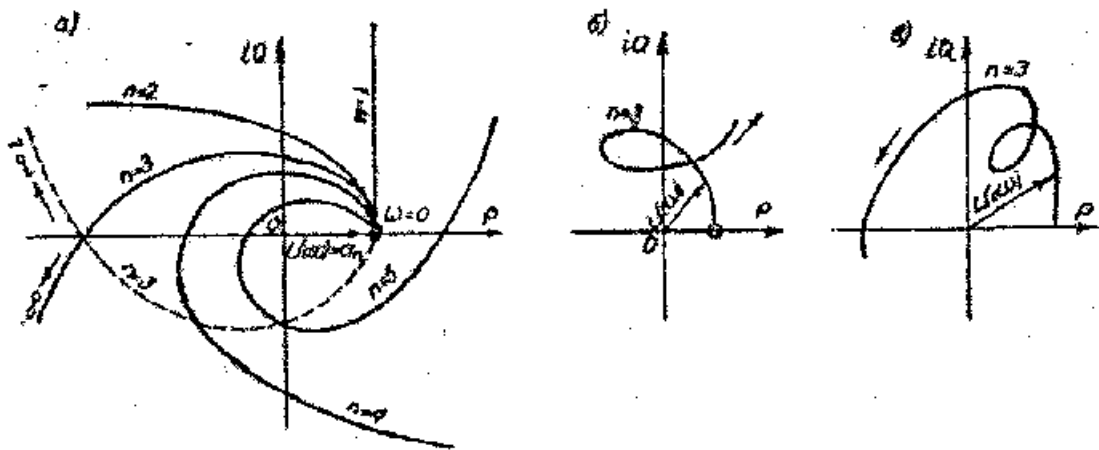
ნამდვილი ნაწილის მნიშვნელობის გამოვყოფის შემდეგ, განტოლება (80) შეგვიძლია წარმოვადგინოთ შემდეგი სახით:

$$L(i\omega) = P(\omega) + iQ(\omega). \quad (81)$$

თუ  $\omega$ - მნიშვნელობას ვცვლით 0-დან  $\infty$ -მდე, მაშინ კომპლექსურ სიბრტყეზე  $P(\omega)$ ,  $Q(\omega)$  ავაგებთ ვექტორს ანუ ჰოდოგრაფს  $L(i\omega)$ .

მიხაილოვის მიხედვით, ჩაკეტილი სისტემის მდგრადობის პირობა ფორმულირდება შემდეგნაირად: ავტომატური რეგულირების სისტემა იქნება მდგრადი, თუ  $\omega$ - მნიშვნელობის ცვლისას 0-დან  $\infty$ -მდე  $L(i\omega)$  ვექტორი იწყებს რა მოძრაობას სიბრტყის დადებით ვეშესტვენხო ნახევარღერძზე მდებარე წერტილიდან და საათის ისრის საწინააღმდეგო მიმართულებით ბრუნვისას თანმიმდევრულად შემოუვლის  $n$  კვადრანტებს ( ანუ: I, II, III, IV, I, II და ა.შ.) სადაც  $n$  - ხარაკტერისტიკული განტოლების ხარისხია. და არსად არ უტოლდება 0-ს.

სხვადასხვა რიგის მდგრადი სისტემების მიხაილოვის ჰოდოგრაფის მაგალითებია ნაჩვენებია ნახ.42,ა, ხოლო არამდგრადის ნახ.42, ბ და გ.



ნახ. 42. მიხაილოვის პოდოგრაფები:  
 a — მდგრადი სისტემები; b, c — არამდგრადი სისტემები.

### 3.4. რეგულირების ხარისხი

რეგულირების პროცესის ხარისხს განსაზღვრავენ შემდეგი მაჩვენებლები:

- სტატიკური ცდომილება-რეგულირებადი სიდიდის გადახრა მოცემული მნიშვნელობიდან დამყარებულ რეჟიმში, ანუ გარდამავალი პროცესის დასრულების დროს.
- დინამიკური ცდომილება- რომელშიც იგულისხმება გარდამავალი პროცესის მსვლელობაში რეგულირებადი სიდიდის მაქსიმალური გადახრა დამყარებული რეჟიმის მნიშვნელობიდან.
- სისტემის სწრაფმოქმედება(ბისტროდესტვიე) - რომელშიც იგულისხმება გარდამავალი პროცესის ხანგრძლივობა.
- პროცესის რხევითობა- ორი ან მეტი გადარეგულირების (პერერეგულიროვანიე) პროცესი ითვლება რხევითად.

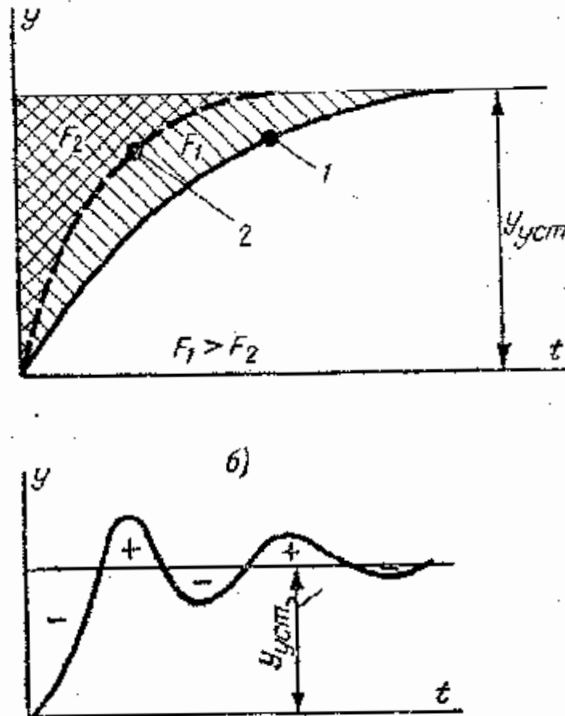


Рис. 43. გარდამავალი პროცესების ხარისხის განსაზღვრა:  
*a* — აპერიოდული პროცესები; *ბ* — რხევითი პროცესები

გარდამავალი პროცესის ხარისხი შესაძლებელია შეფასდეს - ხარაქტერისტიკული განტოლების ფესვთა განლაგებით კომპლექსურ სიბრტყეზე, სიბშირული მახასიათებლებით და აგრეთვე ინტეგრალური კრიტერიუმების საშუალებით.

ნახ.43, *a, ბ* - ზე გამოსახულია გარდამავალი პროცესის ორი გრაფიკი, გარდამავალი პროცესი იქნება მით უკეთესი, რაც ნაკლები იქნება დამტრიბული ფართობი. ეს ფართობი შეიძლება განისაზღვროს როგორც

$$I_1 = \int_0^{\infty} (y_{cr} - y) dt, \quad (82)$$

სადაც  $y_{cr}$  არის რეგულირებადი სიდიდის ახალი დამყარებული მნიშვნელობა, ხოლო  $y$  - მისი მიმდინარე მნიშვნელობა.

ეს ინტეგრალური კრიტერიუმი ვარგისია მხოლოდ არარხვეითი გარდამავალი პროცესებისთვის. რხევითი გარდამავალი პროცესებისთვის გამოიყენება სხვა კრიტერიუმი რომელშიც რეგულირებადი სიდიდის გადახრა აყვანილია კვადრატში და ამიტომ ყოველთვის დადებითია.

$$I_2 = \int_0^{\infty} (y_{cr} - y)^2 dt, \quad (83)$$

ხარისხის შესაფასებლად ეს კრიტერიუმი ვარგისია როგორც რხევითი, ასევე არარხვეითი პროცესებისათვის.



კითხვები თვითშეფასებისთვის.

1. რა არის აუცილებელი იმისათვის, რომ შევადგინოთ გურვიცის განმსაზღვრელი?
2. მდგრადობის რა პირობებია ჩაკეტილი სისტემისათვის მიხაილოვის მიხედვით?
3. რა მაჩვენებლები ახასიათებენ რეგულირების პროცესის ხარისხს?

## ნაწილი II

### გემის ენერგეტიკული დანადგარების ავტომატიზაცია

#### თავი 4

#### გემის საქვაბე დანადგარების ავტომატიზაცია

##### 4.1. ავტომატიკის საერთო საკითხები

როგორც ცნობილია, მექანიზმის, აგრეგატის, სისტემების და ა.შ. მუშაობის პროცესი რომელიც დაკავშირებულია ენერჯის ან მუშა სხეულის გარდაქმნასთან, ხასიათდება ან გარკვეული რაოდენობის სიდიდეებითა და პარამეტრებით, რომლებიც ექსპლუატაციის პროცესში ან უნდა შენარჩუნდეს მუდმივად, ან შეიცვალოს რომელიმე კანონის შესაბამისად ანუ დარეგულირდეს.

მექანიზმს, აგრეგატს ან სისტემას, რომელშიაც ერთი ან რამდენიმე ფიზიკური სიდიდე რეგულირდება ავტომატურად, რეგულირების ობიექტი ეწოდება.

მოწყობილობას, რომელიც უზრუნველყოფს ადამიანის ჩარევის გარეშე აღნიშნული სიდიდეების რეგულირებას, ავტომატური რეგულატორი ეწოდება.

რეგულირების ობიექტისა და რეგულატორის შეკავშირებული მუშაობის შემთხვევაში სახეზეა ავტომატური რეგულირების სისტემა (არს). რიგ შემთხვევებში რეგულირების ობიექტებს აქვთ რამოდენიმე სარეგულირებელი სიდიდე და შესაბამისად რამოდენიმე მარეგულირებელი ზემოქმედება. ამ შემთხვევაში ცალკეული რეგულატორისა და ობიექტის ერთობლიობა შეადგენს რეგულირების კონტურს.

ავტომატური რეგულირების პროცესის უზრუნველსაყოფად, ობიექტის დინამიკური თავისებურებებიდან გამომდინარე და ავტომატური რეგულირების სისტემაზე წაყენებული მოთხოვნების გათვალისწინებით გამოიყენებენ კონსტრუქციულად სხვადასხვა სირთულის რეგულატორებს. სიმარტივის მიხედვით გამოიჩევა პირდაპირი მოქმედების ერთიმპულსიანი რეგულატორები, მაგრამ მათი დინამიკური ხარისხი და მოცემული სარეგულირებელი სიდიდის შენარჩუნების სიზუსტე დაბალია. ამიტომ ამ ტიპის რეგულატორებში შეჰყავთ სხვადასხვა მაკორექტირებელი მოწყობილობა, ხისტი ან რბილი უკუკავშირის სახით. ამასთანავე გამოიყენება მგრძნობიარე ელემენტები, რომლებიც რეაგირებენ რამოდენიმე იმპულსზე (მრავალიმპულსიანი რეგულატორები).

#### 4.2. საქვაზე დანადგარების ავტომატიზაციის ამოცანები.

გემის საქვაზე აგრეგატის დანიშნულებაა მოამარაგოს გემის ენერგეტიკული დანადგარი მოცემული პარამეტრების მქონე ორთქლით დატვირთვის ფართო დიაპაზონში ცვლილებისას. ხოლო საქვაზე დანადგარების ავტომატიზაციის ამოცანას წამოადგენს დანადგარის ნორმალური მუშაობისა და მისი დაცვის უზრუნველყოფა რეგულირებადი პარამეტრების დასაშვები მნიშვნელობადას დადახრის შემთხვევაში.

საქვაზე დანადგარის მუშა პროცესი ხასიათდება ოთხი რეგულირებადი სიდიდეებით: წყლის დონე, გადასურვებული ორთქლის ტემპერატურა, ორთქლის წნევა და ჰაერის სიჭარბის კოეფიციენტი.

აქედან გამომდინარე, ქვაბის რეგულირების სისტემა ზოგადად შედგება ოთხი ძირითადი კონტურისაგან. წნევათა ვარდნების უცვლელ მნიშვნელობათა შესანარჩუნებლად მარეგულირებელ ორგანოებზე გათვალისწინებულია კიდევ ოთხი დამატებითი კონტური, გარდა ამისა ადგილი აქვს კიდევ ერთ კონტურს, რომელიც უზრუნველყოფს საწვავის ტემპერატურისა და სიბლანტის სიდიდეების მოცემულ მნიშვნელობათა შენარჩუნებას.

ამრიგად, საქვაზე დანადგარის ავტომატური რეგულირების სისტემა საერთო ჯამში შედგება ცხრა კონტურისაგან.

#### 4.3. წყლის დონის რეგულირება ქვაბის დოლში

ქვაბის დოლში წყლის დონე დამოკიდებულია მატერიალურ და ენერგეტიკულ ბალანსზე, რომლებიც წარმოადგენენ მიწოდებული წყლის, საწვავის, ქვაბის ორთქლწარმადობისა და ა.შ. ფუნქციას.

საქვებზე დანადგარის ნორმალური ექსპლუატაციისათვის აუცილებელია წყლის დონის განსაზღვრული მნიშვნელობის შენარჩუნება დანადგარის დატვირთვის ცვლილების დროს. წყლის დონის დასაშვებ მნიშვნელობაზე მეტად დაკლებამ შეიძლება გამოიწვიოს მახურებელი ელემენტების გადახურება და მწყობრიდან გამოყვანა, ხოლო წყლის დონის ზრდა იწვევს ტურბინაში წყლის შევარდნას, რასაც მოჰყვება ტურბინის ან ქვების ავარია.

გარდა ამისა, საქვებზე დანადგარის მუშაობის რეჟიმის მკვეთრი ცვლილებისას შეინიშნება ე.წ. გასივების(ნაბუხანიე) მოვლენა.

გასივების მოვლენას ადგილი აქვს მაშინ, როცა ქვების დატვირთვა (ორთქლის ხარჯი) მკვეთრად იზრდება, რაც იწვევს წყლის თბოშემცველობის გადაჭარბებას შემცირებული წნევის ორთქლის თბოშემცველობაზე.

ქვების დატვირთვის (ორთქლის ხარჯის) მკვეთრი შემცირების შემთხვევაში ხდება პირიქით, ორთქლის წნევა იზრდება ხოლო წყლის დონე კლებულობს მიუხედავად ქვების ინტენსიური ვეებისა.

ზომოთადნიშნული გარემოებები მნიშვნელოვნად ართულებენ და ზოგ შემთხვევაში შეუძლებელსაც ხდიან წყლის დონის სათანადო სიზუსტით ხელოვნურად რეგულირებას. ამიტომ აუცილებელი ხდება ობიექტზე ავტომატური რეგულატორების დაყენება.

ორთქლის ქვების წყლის აკუმულატორის დინამიკის აღწერა შეიძლება შემდეგი სახის დიფერენციალური განტოლებით:

$$T_2^2 \frac{d^2 \varphi_y}{dt^2} + T_1 \frac{d\varphi_y}{dt} - \mu_b = T_3^2 \frac{d^2 \varphi_k}{dt^2} - T_4 \frac{d\varphi_k}{dt} + b\varphi_k - T_5 \frac{d\lambda}{dt} - \lambda, \quad (84)$$

სადაც

$T_1, T_2, T_3, T_4$  и  $T_5$  — დროის მუდმივები;  
 $b$  — კოეფიციენტი;  
 $\varphi_y = \frac{\Delta V_{nn}}{F h_{max}}$  — ქვების წყლის მოცულობაში არსებული ორთქლის მოცულობის ფარდობითი ნაზრდი, ეკვივალენტური ქვებში წყლის დონის ფარდობითი ნაზრდისა.

$V_{nn}$  — აორთქლების სარკის ქვეშ წყლისა და ორთქლის სივრცის მოცულობა, რომელიც ეკვივალენტურია ქვებში წყლის დონის ცვლილებისა  $\Delta h = \frac{\Delta V_{nn}}{F}$  ( $F$  — აორთქლების სარკის ფართობია)

$h_{max}$  — წყლის სვეტის სიმაღლე კონდენსაციური ჭურჭლისა და ქვების დოლის დონეებს შორის;

$\mu_b = \frac{\Delta m_b}{m_b max}$  — მკვებავი სარქველის ფარდობითი გადანაცვლება;

$$\varphi_k = \frac{\Delta p_k}{p_{k \max}} \quad - \quad \text{ორთქლის წნევის ფარდობითი წაზრდი};$$

$$\lambda = \frac{\Delta L}{L_{\max}} \quad - \quad \text{ტურბინის მანევრირებელი სარქველის ფარდობითი გადანაცვლება ( გარე შეშფოთება).}$$

ამ განტოლებაში (84)  $\varphi_y$  — რეგულირებადი სიდიდეა,  $\mu_b$  — მარეგულირებელი ზემოქმედება. წევრები, რომლებიც შეიცავენ  $\varphi_k$ ,  $\lambda$  და მათ წარმოებულებს დროში, წარმოადგენენ გარე შეშფოთებას. ორთქლის ქვაბის წყლის აკუმულატორის დინამიკის აღწერა შეიძლება შემდეგი სახის დიფერენციალური განტოლებით:

$$W(p) = \frac{1}{T_1 p (T_2^2 p + 1)} \quad (85)$$

სადაც:  $T_2^2 = \frac{T_2^2}{T_1}$

გამოსახულება (85) შეგვიძლია განვიხილოთ როგორც ორი *передаточных* ფუნქციის ნამრავლი. რაც შეესაბამება ორი, ინტეგრირებადი  $\frac{1}{T_1 p}$  და აპერიოდული

$\frac{1}{T_2^2 p + 1}$  რგოლის მიმდევრობით ჩართვას და ნიშნავს იმას, რომ წყლის აკუმულატორს არ გააჩნია თვითრეგულირება.

გამოყენებულ იმპულსთა რაოდენობის მიხედვით წყლის დონის ავტომატური რეგულირების სისტემა იყოფა როგორც ერთიმპულსიანი, მრავალიმპულსიანი და გაერთიანებული. მათ შორის კონსტრუქციულად ყველაზე მარტივია ერთიმპულსიანი ავტომატური რეგულირების სისტემა.

#### 4.3.1. წყლის დონის ერთიმპულსიანი ავტომატური რეგულირების სისტემა თერმოჰიდრაგლიკური რეგულატორით.

თერმოჰიდრაგლიკური რეგულატორის (ნახ. 44) მგრძნობიარე ელემენტს წარმოადგენს თერმოგენერატორი, რომელიც შედგება მილისაგან 2, რომელიც გარშემორტყმულია *оперешным кожухом* 1. თერმოგენერატორის შიგა სივრცე ანუ მილი 2 აერთებს ქვაბის ორთქლისა და წყლის სივრცეებს. ხოლო თერმოგენერატორის გარე მილი 3 შეერთებულია მემბრანულ მოწყობილობასთან 4 და ქმნის კონდენსატით შევსებულ ჩაკეტულ სივრცეს. სითბოს რაოდენობა, რომელიც შიგა სივრციდან 2 მიეწოდება კონდენსატს გარე სივრცეში 3 განსხვავდება ქვაბში წყლის რაოდენობით. ეს აიხსნება იმით, რომ სითბოს გადაცემის კოეფიციენტები ორთქლიდან წყალზე და წყალიდან წყალზე მნიშვნელოვნად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან.

წყლის დონის დაკლების შემთხვევაში მილში 2 წყლის ადგილს იკავებს ორთქლი და იწვევს სივრცეში 3 კონდენსატის ტემპერატურის ზრდას, შესაბამისად იზრდება წნევა

$$\varphi_k = \frac{\Delta p_k}{p_{k \max}} \quad \text{---} \quad \text{ორთქლის წნევის ფარდობითი ნაზრდი;}$$

$$\lambda = \frac{\Delta L}{L_{\max}} \quad \text{---} \quad \text{ტურბინის მანევრირებელი სარქველის ფარდობითი გადანაცვლება ( გარე შემფოთება).}$$

ამ განტოლებაში (84)  $\varphi_k$  — რეგულირებადი სიდიდეა,  $\mu_b$  — მარეგულირებელი ზემოქმედება. წევრები, რომლებიც შეიცავენ  $\varphi_k$ ,  $\lambda$  და მათ წარმოებულებს დროში, წარმოადგენენ გარე შემფოთებას. ორთქლის ქვაბის წყლის აკუმულატორის დინამიკის აღწერა შეიძლება შემდეგი სახის დიფერენციალური განტოლებით:

$$W(p) = \frac{1}{T_1 p (T_2^2 p + 1)} \quad (85)$$

სადაც:  $T_2^1 = \frac{T_2^2}{T_1}$

გამოსახულება (85) შეგვიძლია განვიხილოთ როგორც ორი *передаточных* ფუნქციის ჩამრავლი. რაც შეესაბამება ორი, ინტეგრირებადი  $\frac{1}{T_1 p}$  და აპერიოდული

$\frac{1}{T_2^2 p + 1}$  რგოლის მიმდევრობით ჩართვას და ნიშნავს იმას, რომ წყლის აკუმულატორს არ გააჩნია თვითრეგულირება.

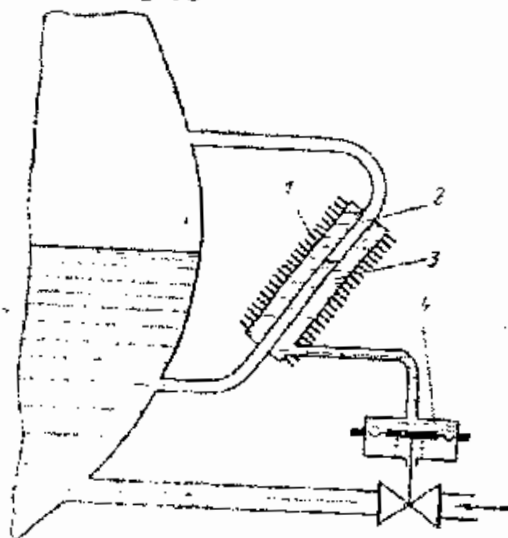
გამოყენებულ იმპულსთა რაოდენობის მიხედვით წყლის დონის ავტომატური რეგულირების სისტემა იყოფა როგორც ერთიმპულსიანი, მრავალიმპულსიანი და გაერთიანებული. მათ შორის კონსტრუქციულად ყველაზე მარტივია ერთიმპულსიანი ავტომატური რეგულირების სისტემა.

#### 4.3.1. წყლის დონის ერთიმპულსიანი ავტომატური რეგულირების სისტემა თერმოჰიდრაულიკური რეგულატორით.

თერმოჰიდრაულიკური რეგულატორის (ნახ. 44) მგრძნობიარე ელემენტს წარმოადგენს თერმოგენერატორი, რომელიც შედგება მილისაგან 2, რომელიც გარშემორტყმულია *перегретым* *кажухом* 1. თერმოგენერატორის შიგა სივრცე ანუ მილი 2 აერთებს ქვაბის ორთქლისა და წყლის სივრცეებს. ხოლო თერმოგენერატორის გარე მილი 3 შეერთებულია მემბრანულ მოწყობილობასთან 4 და ქმნის კონდენსატით შევსებულ ჩაკეტილ სივრცეს. სითბოს რაოდენობა, რომელიც შიგა სივრციდან 2 მიეწოდება კონდენსატს გარე სივრცეში 3 განისაზღვრება ქვაბში წყლის რაოდენობით. ეს აიხსნება იმით, რომ სითბოს გადაცემის კოეფიციენტები ორთქლიდან წყალზე და წყალიდან წყალზე მნიშვნელოვნად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან.

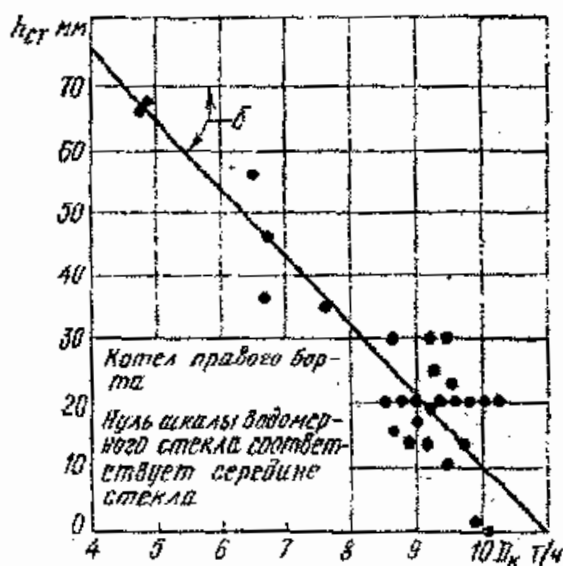
წყლის დონის დაკლების შემთხვევაში მილში 2 წყლის ადგილს იკავებს ორთქლი და იწვევს სივრცეში 3 კონდენსატის ტემპერატურის ზრდას, შესაბამისად იზრდება წნევა

რომლის შედეგად მემბრანა ჩაიზნეება და მარეგულირებელ ორგანოს გადაანაცვლებს მკვებავი წყლის მომატების მხარეს, დონის მომატების შემთხვევაში კი ადგილი ექნება მოქმედებას საწინააღმდეგო მიმართულებით



ნახ. 44. თერმოჰიდრავლიკური რეგულატორის პრინციპული სქემა.

აღნიშნული რეგულატორის უპირატესობას წარმოადგენს მარტივი კონსტრუქცია და ის, რომ მგრძნობიარე ელემენტი არ შედგება მოძრავი დეტალებისაგან. უარყოფითად შეიძლება ჩაითვალოს მაღალი ინერციულობა და საკმაოდ დიდი სტატიკური ცდომილება. ნახ. 45 მოყვანილია ორთქლის ქვაბში წყლის დონის დამოკიდებულება ორთქლწარმადობაზე. როგორც გრაფიკიდან ჩანს, ორთქლწარმადობის 50% ცვლილების შემთხვევაში წყლის დონის უთანაბრობა შეადგენს 50-60 მმ.



ნახ. 45. წყლის დონის დამოკიდებულება ქვაბის დატვირთვაზე.

#### 4.3.2. წყლის დონის ერთიმპულსიანი ავტომატური რეგულირების სისტემა იზოდრომული რეგულატორით.

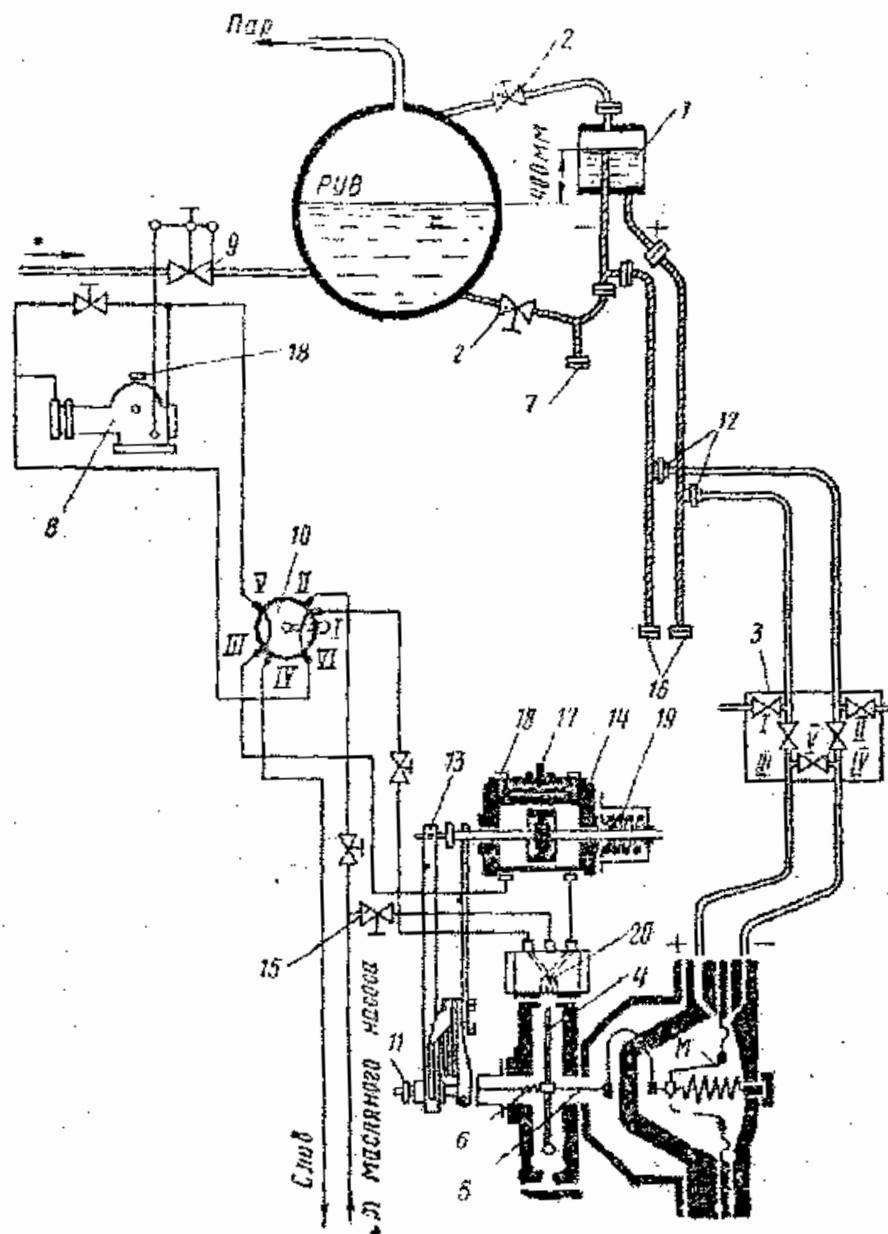
ამ ტიპის რეგულატორის( ნახ.46) განმასხვავებელ ნიშანს წარმოადგენს ის, რომ იგი აღჭურვილია კონდენსაციური ჭურჭელით 1. წყლის დონის გაზომვა ხდება წნევითა სხვაობის გაზომვით. კონდენსაციურ ჭურჭელში წნევა მუდმივია და მოქმედებს მემბრანის მარცხენა ნაწილზე, ხოლო მემბრანის მარჯვენა ნაწილზე მოქმედი წნევის სიდიდე დამოკიდებულია ქვაბში წყლის დონეზე. საქვაბე დანადგარის მოქმედებაში მოყვანამდე ჭურჭელს 1 ავსებენ კონდენსატით, რომლის დონე უცვლელია.

ამრიგად, მემბრანაზე  $M$  მარცხნიდან მოქმედებს ორთქლისა და კონდენსაციურ ჭურჭელში არსებული სითხის სვეტის მუდმივი წნევითა ჯამი. ხოლო მარჯვნიდან ორთქლის წნევისა და წყლის დონით განსაზღვრული ცვალებადი წნევის ჯამი.

ქვაბის დოლში წყლის დონის დავარდნა გამოიწვევს წნევის დაკლებას მემბრანის მარჯვენა ნაწილში, რის შედეგადაც იგი დეფორმირდება და ჭავლურ მილს 4 რჩავთა სისტემის 5 მეშვეობით გადაანაცვლებს მარჯვნივ. ჭავლური მილის შუალედური მდგომარეობიდან გადაანაცვლება გამოიწვევს წნევითა ცვლილებად სერვომოტორის 8 პოლოსტებში, რის შედეგად სერვომოტორის დგუში გადაინაცვლებს და გაზრდის სარქველის 9 პროზოდნოე სეჩენიეს, რასაც მოჰყვება მკვებავი წყლის მიწოდის გაზრდა და დონის მატება.

სერვომოტორის დგუშთან ერთად გადაადგილდება მასთან ჰიდრავლიკურ კავშირში მყოფი იზოდრომის დგუში 14, რომელიც რჩავთა 11 - 13 სისტემის და ზამზარას 6 მეშვეობით ჭავლურ მილს 4 დააბრუნებს შუალედურ ანუ ნეიტრალურ მდგომარეობაში რაც გამოიწვევს იზოდრომის ზამზარის 19 შეკუმშვას. ზამზარის 6 დეფორმაციის გამო რეგულატორი ჯერ მუშაობს როგორც სტატიკური, ანუ სტატიკური ცდომილებით. გარკვეული დროის შემდეგ იზოდრომის ზამზარის 19 კუმშვით გამოწვეული ძალის ზემოქმედების შედეგად იზოდრომის დგუში გადაანაცვლებს რა სითხეს დროსელის 17 გავლით ერთი პოლოსტიდან მეორეში, დაიკავებს შუალედურ ანუ ნეიტრალურ მდგომარეობას. ამ დროს ზამზარა 6 აღარ არის შეკუმშული და სტატიკური ცდომილებაც არ შეინიშნება.

აღნიშნული ხასიათის გამო, იზოდრომულ რეგულატორებს რეგულატორებს დროებითი სტატიზმით.



ნახ. 46. წყლის დონის ერთიმპულსიანი ავტომატური რეგულირების სისტემა იზოდრომული რეგულატორით.

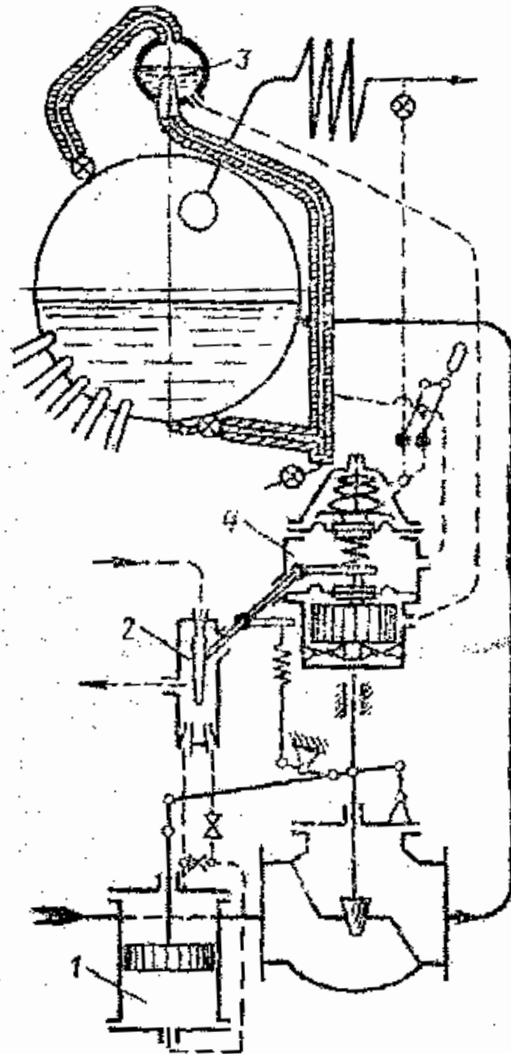
დისტანციური არაავტომატური რეგულირებისათვის, მიღზე, რომელიც სერვომოტორს აწვდის მუშა სითხეს, დაყენებულია სარქველი 10. სარქველთა კოლოფი 3 ემსახურება მემბრანული მოწყობილობის გამორთვას და მილგაყვანილობის განქრევას. სარქველი 18 უზრუნველყოფს სისტემიდან ჰაერის გამოდევნას.

ქვაბში წყლის დონის მოცემულ მნიშვნელობაზე დაყენება ხდება რიჩაგზე II არსებული მარეგულირებელი ჭანჭიკის მიერ ზამზარის 6 დაჭიმულობის ცვლით. რიჩაგზე 13 ნასტროეჩნი მოწყობილობა შესამღებელს ხდის რეგულატორის უთანაბრობის ხარისხის რეგულირებას.



### 4.3.3. წყლის დონის მრავალმპულსიანი რეგულატორები

განვიხილოთ წყლის დონის პირდაპირი ქმედების ორიმპულსიანი ჰიდრაულიკური რეგულატორი რომელიც აღჭურვილია ხისტი უკუკავშირით, ნახ.47.



ნახ. 47 წყლის დონის ორიმპულსიანი რეგულატორის სქემა.

გამზომის 4 კორპუსში განლაგებულია ორი მემბრანა, რომლებიც კორპუსის პოლოსტს ყოველ სამ ნაწილად. მემბრანებს შორის არსებული პოლოსტი დაკავშირებულია ქვაბის დოლის ქვედა ნაწილთან, ქვედა პოლოსტი კი კონდენსაციურ ჭურჭელთან 3 რომელიც მოთავსებულია ქვაბის დოლის ძაღლა. კონდენსაციური ურჭელი მილით უერთდება დოლის ორთქლოვან ნაწილს და მასში მოთავსებული სლიენი ვაროანკის შედეგად წყლის დონე ყოველთვის მუდმივია. გამზომის ზედა პოლოსტი შეერთებულია ქვაბის ორთქლის ტრაქტთან. დამყარებულ რეჟიმში და წყლის

დონის ნორმალური მნიშვნელობის დროს მემბრანული მოწყობილობა იმყოფება წონასწორულ მდგომარეობაში.

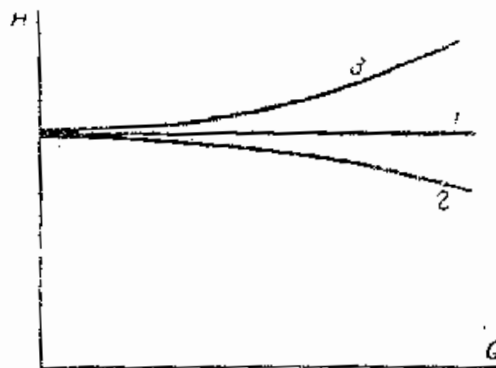
ორთქლის ხარჯის ცვლილებასთან ერთად იცვლება ქვაბის დოლსა და ორთქლის მილში არსებული წნევათა სხვაობა, რის შედეგადაც ქვაბის დოლში წყლის დონის ცვლილებამდე მემბრანაში წონასწორობა დაირღვევა, მემბრანა ჩაიზნიქება და რიჩაგების მეშვეობით გადაანაცვლებს მაძლიერებელი მოწყობილობის 2 ჭავლურ მილს, შესაბამისად სერვომოტორის 1 ერთ-ერთ პოლოსტში წნევა აიწევს, სერვომოტორის დგუშს გადინაცვლებს და მარეგულირებელ ორგანოს გადაწევს ქვაბის დოლში წყლის მიწოდების ან მომატებისკენ, ან მოკლებისაკენ.

მარეგულირებელი ორგანოს გადაწვევისთანავე მაძლიერებლის ჭავლური მილი, რომელიც მარეგულირებელ ორგანოსთან დაკავშირებულია ხისტი უკუკავშირის რიჩაგებით, დაუბრუნდება საწყის მდგომარეობას.

აღნიშნული სქემიდან თუ ამოვადგებთ ზედა მემბრანას, რომელზეც მოქმედებს ორთქლის წნევა და ხისტი უკუკავშირის შეგვცვლით იზოდრომულით, მივიღებთ ერთიმპულსიანი იზოდრომული რეგულატორის სქემას რომელიც გამოსახულია ნახ.46-ზე.

ამერიკულ პრაქტიკაში გამოიყენება ნახულობენ სითხის დონის უფრო მეტად რთული, სამიმპულსიანი რეგულატორები "COPESS", რომელიც ზომავს და ერთმანეთში ათანხმებს სამ სიდიდეს: წყლის დონეს, ორთქლის ხარჯსა და ქვაბში შესული წყლის რაოდენობას. მაგრამ ასეთი ტიპის რეგულატორებმა ფართო გამოყენება ვერ ჰპოვეს იმის გამო, რომ რთული მრავალიმპულსიანი ავტომატური რეგულირების სისტემების გამოყენება საზღვაო გემებზე, ტექნიკური თვალსაზრისით არ არის გამართლებული.

ამრიგად, დონის ავტომატური რეგულირების სისტემების არსებული საშუალებებით შესაძლებლობას იძლევიან მივიღოთ დამყარებულ რეჟიმში ქვაბში წყლის დონესა და ქვაბის დატვირთვას შორის სტატიკური, ასტატიკური და ჰიპერსტატიკური დამოკიდებულებები. ანუ, უზრუნველყოფენ წყლის დონის გარკვეული მნიშვნელობით კლებას დატვირთვის შემცირების შემთხვევაში და დონის მომატებას ქვაბის დატვირთვის გაზრდის დროს. (ნახ.48)



ნახ. 48. წყლის დონის დამოკიდებულება ქვაბის დატვირთვაზე დამყარებულ რეჟიმში:

1 — ასტატიკური რეგულატორით; 2 — სტატიკურით; 3 — ჰიპერსტატიკურით.

მარტივი ერთიმპულსიანი რეგულატორების გამოყენების შემთხვევაში რეგულირება ნორციელდება შეცდომით, ამიტომ აღნიშნული ტიპის რეგულატორების გამოყენება შესაძლებელია შედარებით მაღალი წყლის შემცველ ქვაბებში.

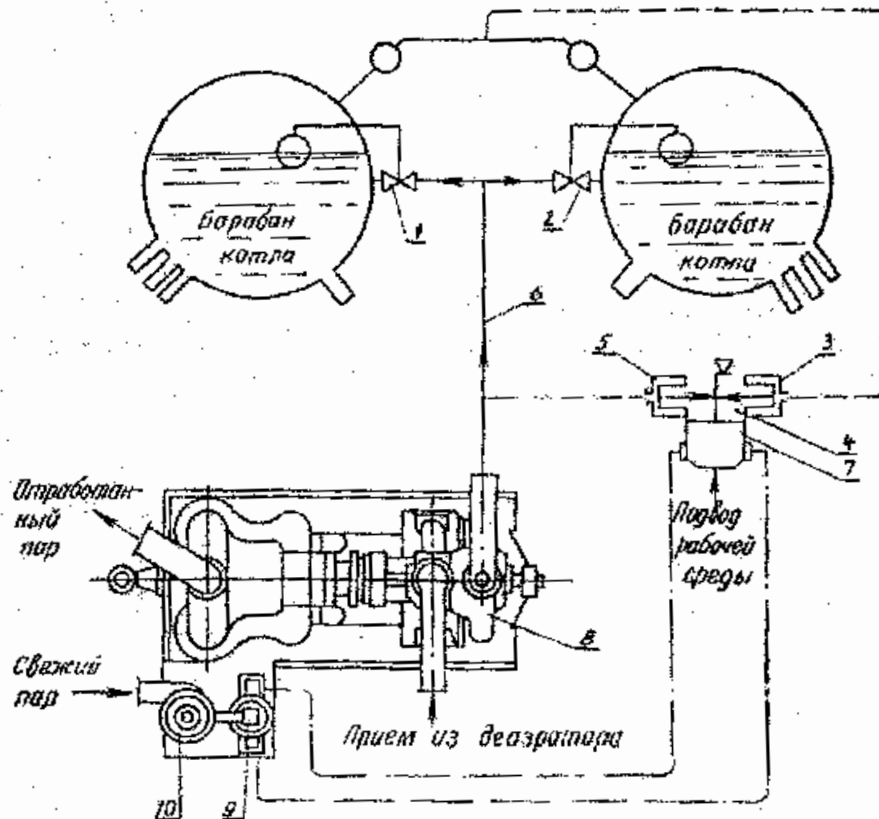
რეგულირება შეცდომის გარშე ხდება ერთიმპულსიანი იზოდრომული რეგულატორით, ან ორიმპულსიანი რეგულატორით, რომელშიც მეორე იმპულსად გამოიყენება ქვაბის დატვირთვა.

4.3.4. ქვაბის მკვებავი ტუმბოს წარმადობის რეგულირება.

თანამედროვე ორთქლტურბინიან დანადგარეში მკვებავ ტუმბოებად გამოიყენება ცენტრიდანული ტიპის ტუმბოები რომელთა ამპრავებია ან ელექტრომოტორი, ან ორთქლის ტურბინა.

ტუმბოს წარმადობა რეგულირდება ტუმბოს კრილატკის ბრუნთა სიხშირის ცვლილების გზით. ტურბოამპრავიან ტუმბოებში კრილატკის ბრუნთა სიხშირის ცვლა ხდება ტურბინაში შემავალი ორთქლის რაოდენობის ცვლით.

ტურბოამპრავიანი მკვებავი ტუმბოს წარმადობის რეგულირების სქემა მოცემულია ნახ. 49.



ნახ. 49. ტურბოამპრავიანი მკვებავი ტუმბოს წარმადობის რეგულირების სქემა.

ქვაბის მუშაობის რეჟიმის ცვლილებისას, იცვლება მკვებავი სარქველების 1 და 2 გამტარი კეთა, ამიტომ ტურბოამპრავიანი ტუმბოს 8 წარმადობის ცვლილებასთან ერთად შეიცვლება მკვებავი წყლის წნევა მაგისტრალში 6. წნევის რეგულატორი 4 სილფონების 3 და 5 საშუალებით ზომავს მკვებავ სარქველებს 1 და 2 შორის წნევათა სხვაობას, რომელიც არ უნდა აღემატებოდეს 3-5 კგ/სმ<sup>2</sup>. აღნიშნული სხვაობის დასაშვებ მნიშვნელობაზე მეტად გაზრდის შემთხვევაში, წნევის რეგულატორი 4 მაძლიერებელი

მოწყობილობისა 7 და სერვომოტორის 9 საშუალებით ცვლის ორთქლის მარეგულირებელი სარქველის მდგომარეობას, რაც იწვევს ტუმბოს ამბრავ ტურბინაში შემავალი ორთქლის რაოდენობის ცვლას, რის შედეგადაც ტურბინის ბრუნთა სიხშირე და შესაბამისად ტუმბოს წარმადობა იცვლება შესაბამისი მიმართულებით.

#### 4.4. გადახურებული ორთქლის ტემპერატურის რეგულირება.

როგორც ცნობილია, გადახურებული ორთქლის ტემპერატურა დამოკიდებულია ქვების მუშაობის რეჟიმზე და იცვლება ქვების მუშაობის რეჟიმის ცვლილების დროს. ამასთან ერთად ტურბინის ეკონომიური და უსაფრთხო მუშაობისათვის აუცილებელია გადახურებული ორთქლის ტემპერატურის დასაშვები მნიშვნელობის შენარჩუნება.

გადახურებული ორთქლის ტემპერატურის რეგულირება ხდება ერთ-ერთი მოცემული საშუალებით:

1. გადახურებული ორთქლის მთავარ მაგისტრალში კონდენსატის შეშხურებით.
2. გადახურებული ორთქლის ნაწილის გაგრილება ორთქლის გამაგრილებლებში.
3. გადახურებული და ნაჯერი ორთქლის ერთმანეთში შერევით.
4. ორთქლის გამახურებელის მოთავსებით ცალკე საცეცხლურში, რომელშიაც წვის პროცესი რეგულირდება.
5. ორთქლის გამახურებელში გაზების რაოდენობის ცვლით.

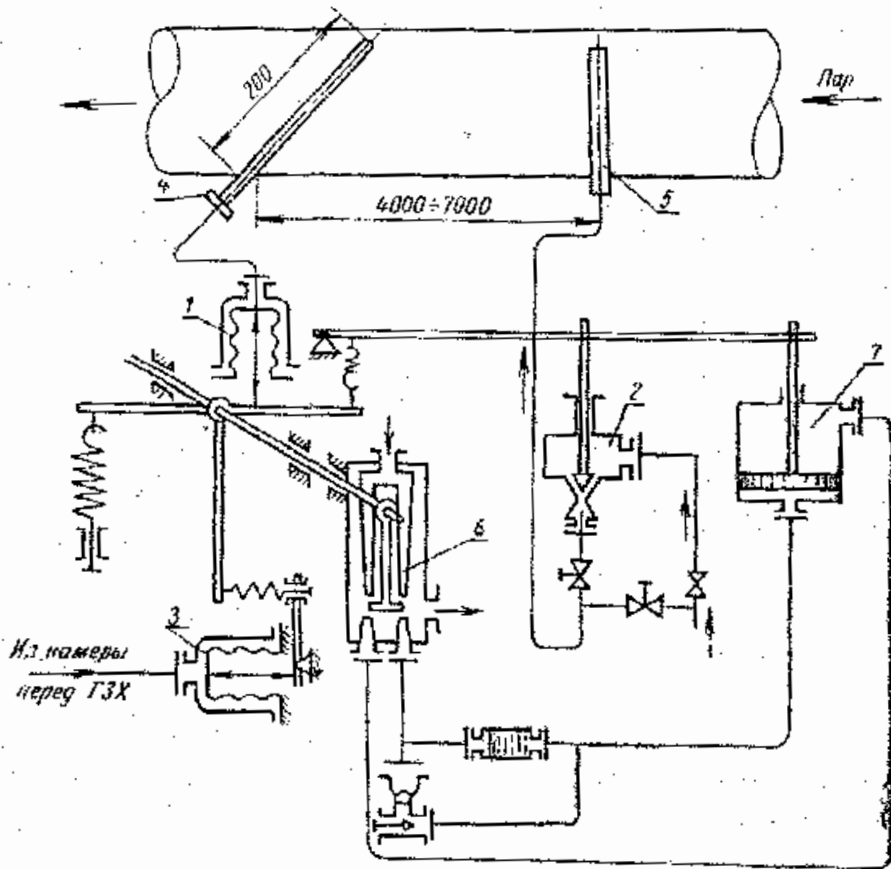
ჩამოთვლილი საშუალებები ხასიათდებიან თავიანთი დადებითი და უარყოფითი ხარეებით. განვიხილოთ გადახურებული ორთქლის ტემპერატურის ავტომატური რეგულირების ზოგიერთი სისტემა.

##### 4.4.1. ტემპერატურის რეგულირება კონდენსატის შეშხურებით.

კონსტრუქციული და დინამიკური თვალსაზრისით ყველაზე მარტივს წარმოადგენს ავტომატური რეგულირების სისტემა, რომელიც ორთქლის ტემპერატურას არეგულირებს ორთქლის მთავარ მაგისტრალში კონდენსატის შეშხურების გზით. ნახ.50.

მგრძნობიარე ელემენტს წარმოადგენს ინერტული გაზით გავსებული ამპულა 4. ორთქლის ტემპერატურის გაზრდის შემთხვევაში, ამპულაში გაზრდილი წნევა კაპილარული მილით მოქმედებს სილფონზე 1, რის შედეგადაც ხდება მაძლიერებელში 6 ზასლონკის გადახრა, რაც თავისთავად იწვევს სერვომოტორის დგუმის 7 და მასზე მიმაგრებული სარქველის ღეროს გადაადგილებას რომელიც ფრქვევანას 5 მეშვეობით დოზირებას უწევს ორთქლის მაგისტრალში კონდენსატის მიწოდებას.

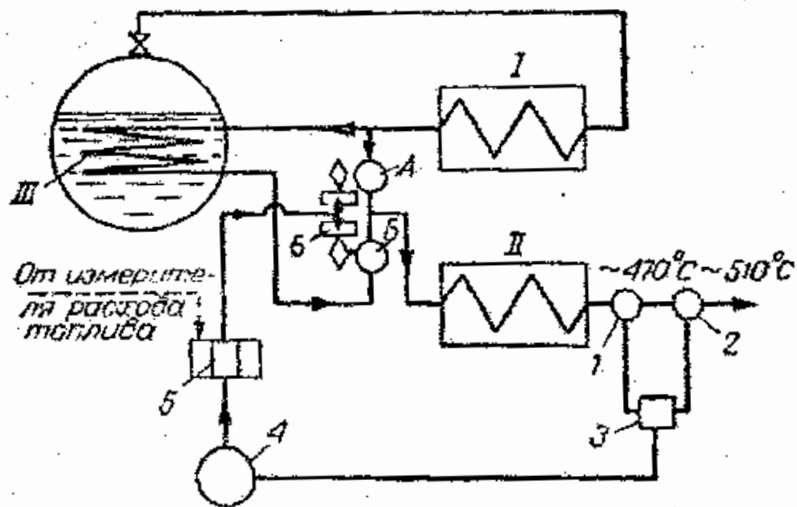
იმის გამო, რომ ზოგიერთ გემებზე უკუსვლის ტურბინის ორთქლის ტემპერატურას წაეყენება დამატებითი შეზღუდვები, ამიტომ ავტომატური რეგულირების სისტემაში გათვალისწინებულია კიდევ ერთი დამატებითი მგრძნობიარე ელემენტი სილფონური კამერით 3, რომელიც უზრუნველყოფს ორთქლის ტემპერატურის კიდევ უფრო დაკლებას უკუსვლის ტურბინაში ორთქლის მიწოდების დროს.



ნახ. 50. გადახურებული ორთქლის ავტომატური რეგულირების სქემა.

#### 4.4.2. ტემპერატურის რეგულირება ზედაპირულ ორთქლმამაცილებელში.

გადახურებული ორთქლის ტემპერატურის რეგულირება მისი ქვაბს შიგა ორთქლმამაცილებელში ნახ.51 ფართოდ გამოიყენება პრაქტიკაში.



ნახ. 51. ორთქლის ტემპერატურის ავტომატური რეგულირების სისტემა ორთქლის ქვაბს შიგა გაგრილებელის დროს.

ორთქლის გადამახურებელი შედგება ორი სექციისაგან I და II. ხოლო ორთქლის გამაგრილებელი III განლაგებულია ორთქლ წყლიანი კოლექტორის შიგნით. გადახურებული ორთქლის ტემპერატურა იზომება მგრძობიარე ელემენტებით 1 ან 2 და ნებისმიერი მათგანი, გადამრთავის 3 სამუალებით და დამკვეთი მოწყობილობის 4 გავლით, შეიძლება ჩართული იყოს შემადარებელ მოწყობილობასთან 5, რომელიც ღებულობს ქვაბის დატვირთვის დაშტებით ინფორმაციას ანუ მეორე იმპულსს.

ორი გამშხომი 1 და 2 მოწყობილობის არსებობა, რომელთაგანაც ერთი ზომავს ტემპერატურას 470 °C-მდე ხოლო მეორე 510 °C-მდე, განპირობებულია იმით, რომ მანევრირების დროს, როცა აღვილი აქვს ტემპერატურის ხანმოკლე ვარდნებს, მიზანშეწონილია გადასვლა ორთქლის უფრო დაბალ ტემპერატურებზე (470 °C).

შემადარებელი ელემენტიდან გამოსული შეუსაბამობის სიგნალი მიეწოდება გამამლიერებელ მოწყობილობას 6, რომელიც იმართება სარქველებით A და B.

აღნიშნული სარქველების გამტარი კვეთის ფართობის ცვლილებით, იცვლება ორთქლგამაგრილებელში III მიწოდებული ორთქლის რაოდენობა და შესაბამისად ორთქლგამახურებლის სექციაში II შემავალი და გამავალი ორთქლის ტემპერატურა.

აღნიშნული ავტომატური რეგულირების სისტემის დადებით მხარეს წარმოადგენს ის, რომ ორთქლის გადამახურებლის სექციის კედლები დაცულია ზედმეტი გადახურებისაგან.

#### 4.5. საწვავის წვის რეგულირება

წვის ავტომატური რეგულირების სისტემა შედგება ორი ურთიერთდაკავშირებული ორთქლის წნევისა და ჰაერის სიჭარბის კოეფიციენტის რეგულირების კონტურებისაგან.

ქვაბის ორთქლის აკუმულატორის დინამიკა აღიწერება შემდეგი სახის დიფერენციალური განტოლებით:

$$T_u \frac{d\varphi_k}{dt} + \rho \varphi_k = \mu_T - \lambda \quad (86)$$

სადაც:

- $T_u$  — ორთქლის აკუმულატორის დროის მუდმივა, რომელიც ფართო დიაპაზონში (15—150c) და დამოკიდებულია ქვაბის მახასიათებლებზე;
- $\rho$  — თვითრეგულირების კოეფიციენტი;
- $\mu_T = \frac{\Delta m_T}{m_T \max}$  — საწვავის რეგულირების ორგანოს ფარდობითი გადაადგილება;
- $\varphi_k = \frac{\Delta p_k}{p_k \max}$  — ორთქლის წნევის ფარდობითი ნაზრდი;
- $\lambda = \frac{\Delta L}{L_{\max}}$  — ქვაბის გარე შემფოთების ფარდობითი სიდიდე.

ორთქლის აკუმულატორის პერედატორჩნაია ფუნქცია მარეგულირებელი ზემოქმედების  $\mu$  მიმართებაში შეიძლება წარმოგვიდგეს შემდეგი გამოსახულებით

$$W(p) = \frac{1}{T_0 p + \rho} \quad (87)$$

გამოსახულებიდან (87) ნათლად ჩანს, რომ ქვაბის ორთქლის აკუმულატორი მიეკუთვნება პირველი რიგის აპერიოდულ რგოლს.

წვის პროცესის რეგულირების მეთოდები დამოკიდებულია მფრქვევანას ტიპებზე, რომლებიც მიუხედავად კონსტრუქციული თავისებურებებისა, ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან აგრეთვე გაფრქვევის ხასიათითაც.

როგორც ცნობილია, ფრქვევანებში მიწოდებული საწვავის რაოდენობა გამოითვლება გამოსახულებით:

$$G = \mu f n \sqrt{2 g \gamma p_{\Phi}} \quad (88)$$

რცე  $\mu$  — ხარჯის კოეფიციენტი;

$f$  — ფრქვევანას გამტარი კვეთის ფართობი;

$n$  — მუშა ფრქვევანათა რაოდენობა;

$p_{\Phi}$  — საწვავის წნევა მფრქვევანების წინ.

არსებობს წვის ხარისხობრივი, რაოდენობრივი და რაოდენობრივ-ხარისხობრივი (კომბინირებული) რეგულირების სქემები.

წვის ხარისხობრივი რეგულირების დროს- ფრქვევანაში მიწოდებული საწვავის რაოდენობის ცვლილება ხდება გაფრქვევის წნევის ცვლის შედეგად, რაოდენობრივი რეგულირების დროს- მუშა ფრქვევანათა რაოდენობის ცვლის შედეგად, ხოლო რაოდენობრივ- ხარისხობრივის დროს - როგორც ფრქვევანაში მიწოდებული საწვავის წნევის, ასევე მუშა ფრქვევანათა რაოდენობის ცვლის შედეგად.

იდეალურ შემთხვევაში წვის რეგულირების სქემა წარმოგვიდგება შემდეგნაირად: ქვაბში ორთქლის წნევის დასაშვები მნიშვნელობიდან გადახრის შემთხვევაში, (რაც დაკავშირებულია ქვაბის დატვირთვის ცვლილებასთან) ხდება საწვავის მარეგულირებელი დეროს გადაადგილება, რის შედეგადაც იცვლება საცეცხლურში მიწოდებული საწვავის რაოდენობა.

საწვავის რაოდენობის ცვლილებასთან ერთად, ჰაერის იგივე რაოდენობით მიწოდების შემთხვევაში იცვლება ჰაერის სიჭარბის კოეფიციენტი, რაც იწვევს გამონახოლქვ გაზებში არასრული წვის პროდუქტების CO, ან ჟანგბადის O<sub>2</sub> სიჭარბეს.

გამონახოლქვი გაზების ანალიზატორის გამოყენების შემთხვევაში შესაძლებელი იქნებოდა გაზების შემადგენლობის გაზომვა და ამის საფუძველზე ჰაერის სიჭარბის კოეფიციენტის იმ მინიმალური მნიშვნელობის შენარჩუნება, რომელიც უზრუნველყოფდა საწვავის სრულ წვას.

აღნიშნულ შემთხვევაში წვის რეგულირების სისტემა წარმოგვიდგებოდა როგორც ორი დამოუკიდებელი კონტური: ერთი კონტური შეინარჩუნებდა ორთქლის წნევის

მოცემულ მნიშვნელობას მიწოდებული საწვავის რაოდენობის ცვლილებითა, ხოლო მეორე კონტური გაზების შემადგენლობის მიხედვით შეინარჩუნებდა ჰაერის სიჭარბის კოეფიციენტის სასურველ მნიშვნელობას საცეცხლურში მიწოდებული ჰაერის რაოდენობის რეგულირებით.

მაგრამ, იმის გამო, რომ არსებული გაზოანალიზატორები გამორჩევიან სიგნალის მიწოდების მაღალი შეყოვნებით და მნიშვნელოვანი ინერციულობით, ამიტომ ზემოთაღნიშნული რეგულირების სქემა არ არის ქმედითუნარიანი.

აქედან გამომდინარე, გემის საქვაზე დანადგარებში ჰაერის სჭარბის კოეფიციენტის საჭირო მნიშვნელობის შენარჩუნება ხდება ირიბი მეთოდით, რაც გულისხმობს საცეცხლურში მიწოდებული საწვავისა და ჰაერის ოფტიმალურ თანაფარდობას.

აღნიშნულ შემთხვევაში ჰაერის სიჭარბის კოეფიციენტისა და წნევის რეგულირების კონტურები არიან ურთიერთშეკავშირებულები და მათი ურთიერთქმედების მიხედვით არჩევენ კონტურების პარალელურად და მიმდევრობით ჩართვის სქემებს.

კონტურთა მიმდევრობითი კავშირის დროს ერთი კონტური წარმოადგენს ძირითადს ანუ წამყვანს, ხოლო მეორე პროგრამულს ანუ მიმყოლს. აღნიშნული სისტემების ფუნქციონალური სქემები მოცემულია ნახ.52

მოყვანილ სქემებში, ორთქლის წნევის მთავარი რეგულატორი უშუალო კავშირშია ქვაბის ორთქლის აკუმულატორთან. კონტურთა პარალელური ჩართვის სისტემაში მთავარი რეგულატორი ერთდროულ ზემოქმედებას ახდენს საწვავის წნევის რეგულატორსა და ჰაერის წნევის რეგულატორზე. კონტურთა მიმდევრობით ჩართვის დროს მთავარი რეგულატორი ზემოქმედებს ან საწვავის წნევის რეგულატორზე- სქემა „საწვავი-ჰაერი“ ან უშუალოდ ჰაერის რეგულატორზე-სქემა „ჰაერი-საწვავი“.

სქემის „ჰაერი-საწვავი“ მნიშვნელოვან უპირატესობას წარმოადგენს ის, რომ საცეცხლურში ჰაერის მიწოდების შეწყვეტის შემთხვევაში ქვაბის დაცვის საკითხი გადაწყვეტილია თავისთავად.

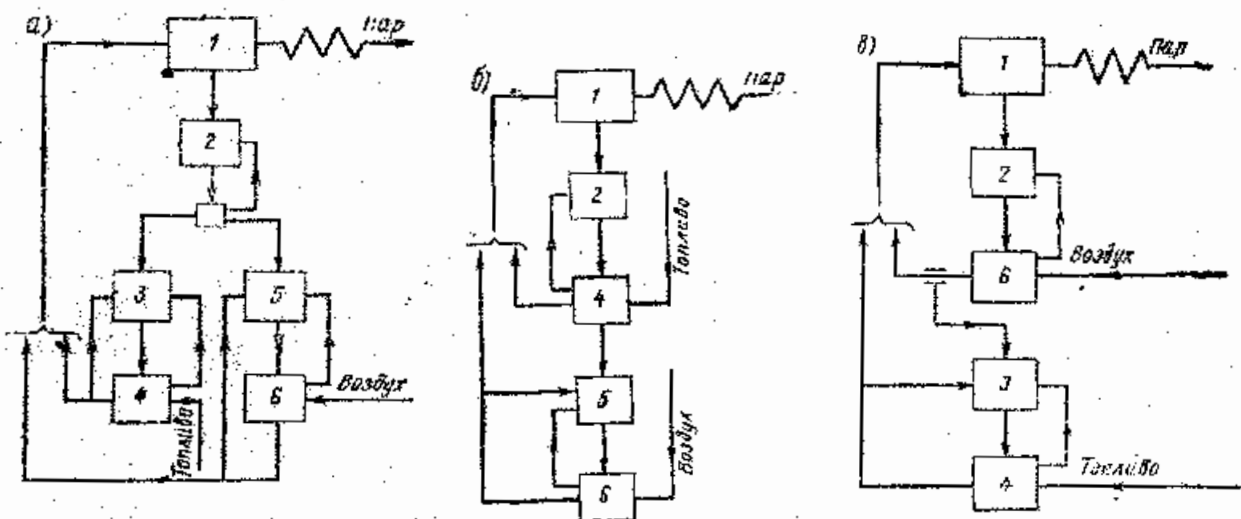
სისტემების სრული დატვირთვით მუშაობის შემთხვევაში სამივე სისტემის ექსპლუატაციური მახასიათებლები პრაქტიკულად ერთნაირია. დატვირთვის მნიშვნელოვნად შეცვლის შემთხვევაში ვლინდება თითოეული სქემის ინდივიდუალური თავისებურებები, რაც აიხსნება ჰაერისა და საწვავის კონტურების განსხვავებული ინერციული თვისებებით.

ამის გამო დატვირთვის მკვეთრი გაზრდისას სქემებში „საწვავი-ჰაერი“ ჰაერის მიწოდების ჩამორჩენა იწვევს გაზების ბოლვას, ხოლო დატვირთვის მოხსნის შემთხვევაში იგივე მიზეზების გამო ბოლვას არ ექნება ადგილი. ხოლო სქემებში „ჰაერი-საწვავი“ დატვირთვის გაზრდას ან შემცირებისას ხდება უკუპროცესი.

ორთქლის წნევის რეგულირების კონტურის სტრუქტურის თვალსაზრისიდან გამომდინარე, არსებული ავტომატური რეგულირების სისტემები იყოფიან შემდეგ ჯგუფებად:

- სისტემები, რომლებიც მუშაობენ სტატიკური ცდომილებით. რომლებშიაც როგორც წესი, სრულ დატვირთვას შეესაბამება ორთქლის წნევის უმცირესი მნიშვნელობა.
- სისტემები, რომლებშიაც შენარჩუნებულია ორთქლის წნევის მუდმივი მნიშვნელობა ნებისმიერი დატვირთვის შემთხვევაში დამყარებული რეჟიმის დროს. ანუ სისტემა არის ნულოვანი სტატიკური ცდომილებით.





ნახ. 52. წვის ავტომატური რეგულირების სისტემის ფუნქციონალური სქემა;

- a — კონტურთა პარალელური ჩართვით;
- ბ — კონტურთა მიმდევრობით ჩართვით, („საწვავი-ჰაერი“)
- გ — კონტურთა მიმდევრობით ჩართვით, (ჰაერი-საწვავი)

1 — ქვაბის ორთქლის აკუმულატორი; 2 — ორთქლის წნევის რეგულატორი;  
 3 — საწვავის წნევის (ხარჯის) რეგულატორი; 4 — საწვავის მარეგულირებელი ორგანო; 5 — ჰაერის წნევის (ხარჯის) რეგულატორი. 6 — ჰაერის მარეგულირებელი ორგანო.

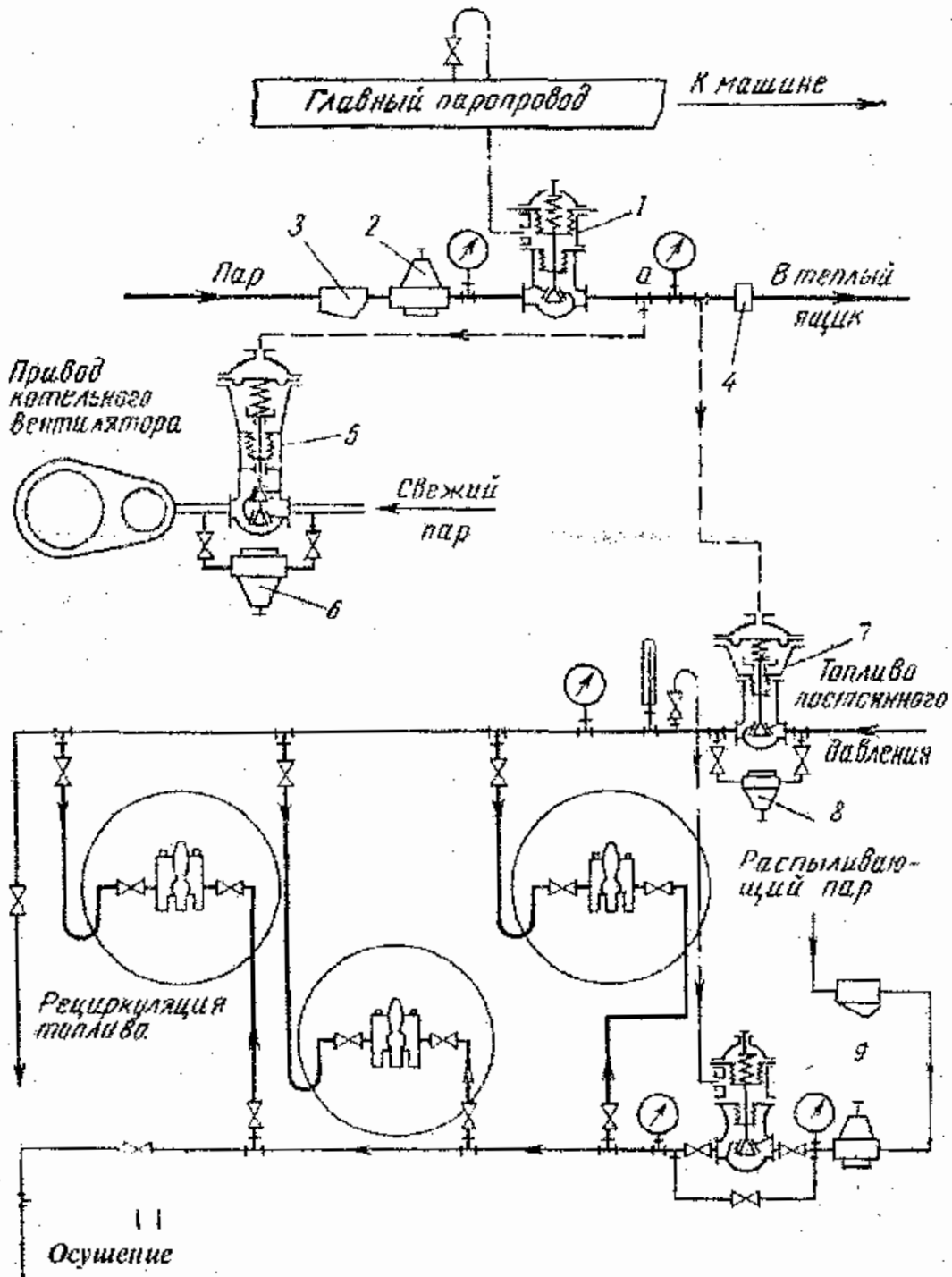
რეგულირების სისტემებში, რომლებიც მუშაობენ სტატიკური ცდომილებით გამოიყენება შედარებით მარტივი ტიპის რეგულატორები. ხოლო ავტომატური რეგულირების სისტემებში, რომლებიც მუშაობენ ნულოვანი სტატიკური ცდომილებით, შეჰყავთ ქვაბის დატვირთვის დამატებითი იმპულსი, ან მათი მთავარი რეგულატორი აღჭურვილია იზოდრომული უკუკავშირით.

მაგალითისათვის განვიხილოთ თანამედროვე გემებზე გავრცელებული წვის ავტომატური რეგულირების სისტემები.

#### 4.5.1. წვის რეგულირების სქემა პარალელურად ჩართული კონტურებით.

კონსტრუქციულად ყველაზე მარტივია ორთქლდროსელოვანი ავტომატური რეგულირების სისტემა, რომელიც აღჭურვილია ორთქლმექანიკური ფრქვევანებით და გამოიყენება მცირე წარმადობის ქვაბებში (3-4 ტ/სთ).

კონტურების ურთიერთზემოქმედების ხასიათიდან გამომდინარე, აღნიშნული ავტომატური რეგულირების სისტემა მუშაობს კონტურების პარალელური ჩართვის სქემით. ოთქლის წნევის ცვლილებებისას ერთდროულად მოდიან მოქმედებაში საწვავისა და ჰაერის მიწოდების მარეგულირებელი ორგანოები. ამ სისტემის განმასხვავებელი ნიშანია ის, რომ მასში მუშა სხეულად გამოიყენება ორთქლი. ამ ტიპის ავტომატური რეგულირების სისტემის სქემა მოყვანილია ნახ.53.



ნახ. 53. წვის რეგულირების სქემა პარალელურად ჩართული კონტურებით. მთავარ მაგისტრალში ორთქლის წნევა მილის საშუალებით გადაეცემა მთავარი რეგულატორის 1 პოლოსტში რომელშიც მოთავსებულია განსხვავებული აქტიური ფართობის მქონე ორი სილფონი. დამატებითი ენერჯის წყაროს წარმოადგენს ნაჯერი ორთქლის ენერჯია 6-7 კგ/სმ<sup>2</sup> წნევით და მიეწოდება მთავარ რეგულატორს რედუქციული სარქველისა 2 და ფილტრის 3 გავლით. ნაჯერი ორთქლის მაგისტრალი  $a$  დროსელით 4 უერთდება თბილ ყუთს და ამავდროულად უზრუნველყოფს ორთქლის ხარჯს 6-8 კგ/სთ. ორთქლის  $a$  მაგისტრალიდან მიღები მიერთებულია სარქველზე 5, რომელიც არეგულირებს ორთქლის წნევას ქვაბის ვენტილატორის ამძრავის წინ და სარქველზე 7, რომელიც არეგულირებს მრქვევანაზე მიწოდებული საწვავის წნევასა და ხარჯს. საწვავის მაგისტრალიდან მარეგულირებელი სარქველის 7 შემდეგ იმპულსი გადაეცემა სარქველს 9 რომელიც არეგულირებს ორთქლის მიწოდებას ორთქლმექანიკურ ფრქვევანებში. ამ სარქველის აგებულება და მოქმედების პრინციპი მთავარი რეგულატორის ანალოგიურია. იმ შემთხვევაში, თუ საწვავის წნევა აიწევს 7 კგ/სმ<sup>2</sup> -ზე მაღლა, სარქველი 9 ჩაიკეტება და ფრქვევანები მუშაობენ როგორც მექანიკურები.

სარქველები 5 და 7 ბაიპასირებულია რედუქციული სარქველებით 6 და 8, რომლებიც უზრუნველყოფენ სისტემის მუშაობას სარქველების 5 და 7 მწყობრიდან გამოსვლის დროს.

ქვაბის დატვირთვის გაზრდის შემთხვევაში მთავარ მაგისტრალში და მასთან მიერთებულ მთავარ რეგულატორში 1 ორთქლის წნევა დაიკლებს. იმის გამო, რომ მთავარი რეგულატორის ზედა სილფონს აქვს უფრო დიდი აქტიური ფართობი ვიდრე ქვედა, მოხდება ამ რეგულატორის ღეროს და მასთან დაკავშირებული სარქველის გადაადგილება ქვევით, რის შედეგად წნევა პოლოსტში გაიზრდება, 5 და 6 სარქველების მემბრანები ჩაიზნიქებიან ქვემოთ და გაზრდიან როგორც ორთქლის მიწოდებას ვენტილატორის ამძრავზე და შესაბამისად მის წარმადობას, ასევე ფრქვევანებში მიწოდებულ საწვავის რაოდენობას.

დატვირთვის შემცირების შემთხვევაში რეგულირება ხდება შეზრუნებული სქემით.

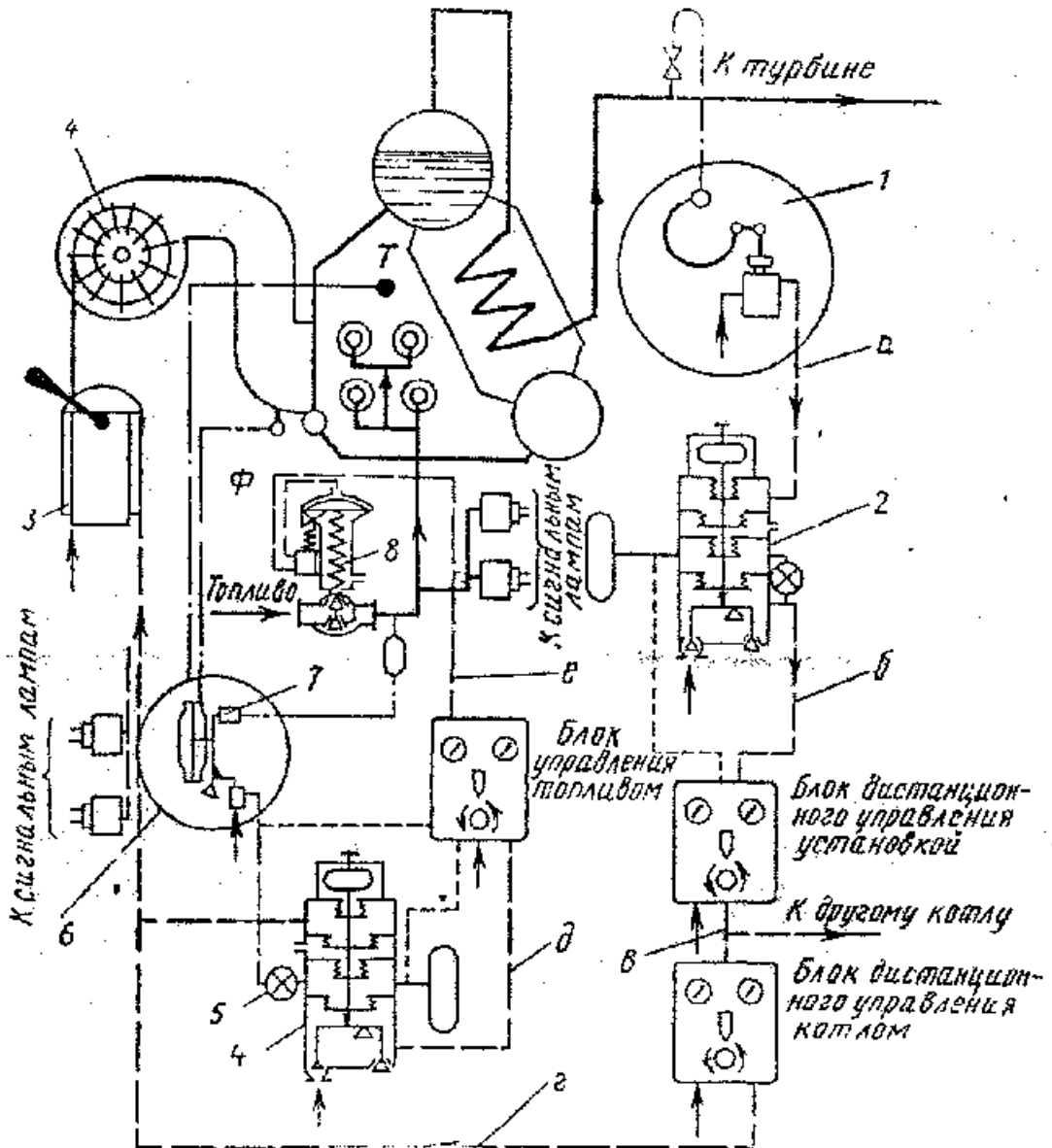
წვის ავტომატური რეგულირების სისტემის პარალელურად ჩართული კონტურებით და საწვავის მიწოდების დამატებითი კორექციით, ერთ-ერთი თვალსაჩინო წარმომადგენელია ბეილის ფირმის უნიფიცირებული პნევმატიკური რეგულატორი, რომლის პრინციპული სქემა მოყვანილია ნახ.54

ამ რეგულატორში მაძლიერებელ მოწყობილობას წარმოადგენენ დროსელირებული პნევმატიკური მკვეთარები რომლებსაც მიეწოდებათ შეკუმშული ჰაერი წნევით 2,1 კგ/სმ<sup>2</sup>.

მთავარი რეგულატორი 1 ზომავს ორთქლის წნევას ორთქლის მთავარ მაგისტრალში, რომელიც აერთიანებს ორ ქვაბს.

ორთქლის წნევის მოცემული მნიშვნელობიდან გარახრის დროს, მთავარი რეგულატორი ცვლის ჰაერის წნევას  $a$  მაგისტრალში რომელიც მიერთებულია

იზოდრომის პოლოსტზე 2, რის შედეგად მაგისტრალში  $n$  იცვლება იზოდრომიდან გამოსული წნევა. ეს წნევა მაგისტრალებით  $e$  და  $z$  გადაეცემა სერვომოტორს 3 რომელიც არეგულირებს ჰაერის მიწოდებას ქვაბში. ამავდროულად, ჰაერის წნევა  $z$  მაგისტრალში გადაეცემა საწვავის მიწოდების შემკრები რელეს 4 ზედა ნაწილს.



ნახ. 54. წვის ავტომატური რეგულირების სისტემის „ბეილი“ სქემა.

რელეს შუა კამერას სარქველის 5 გავლით მიეწოდება „ჰაერი-საწვავი“-ს კორექტორიდან  $n$  გამოსული წნევა. შემკრები რელეს 4 გამოსასვლელში, მაგისტრალში  $z$  ჩამოყალიბდება ჰაერის წნევა, რომელიც პროპორციული იქნება ზედა და შუა ნაწილის წნევათა ჯამისა.

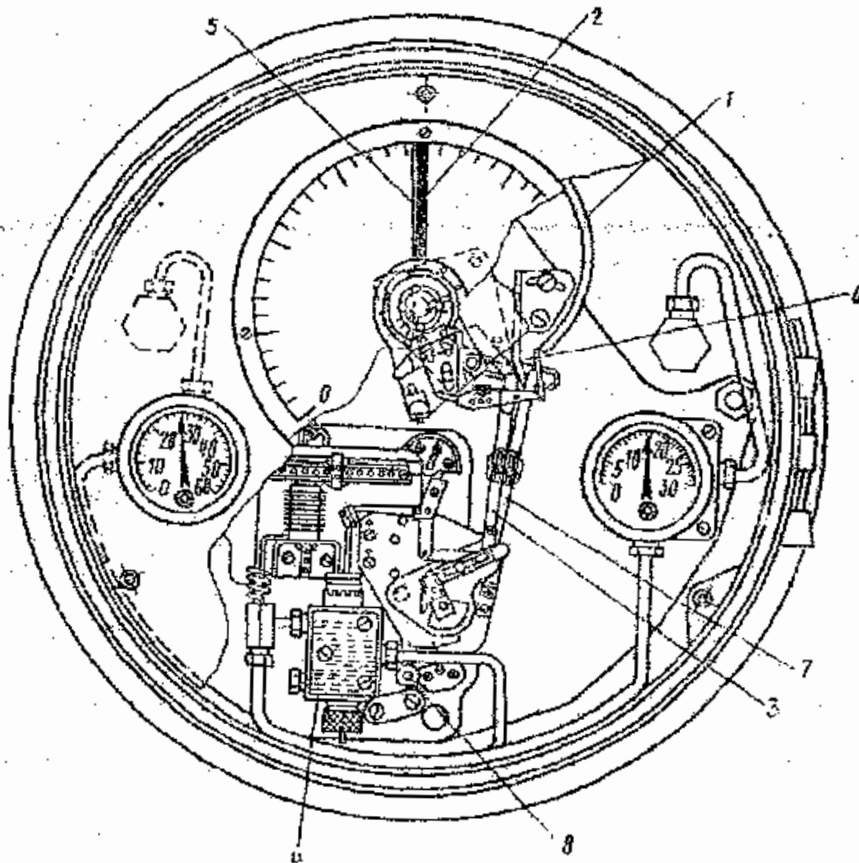
აღნიშნული წნევა საწვავის დისტანციური მართვის ბლოკის გავლით მიეწოდება საწვავის მარეგულირებელი სარქველის 8 მემბრანულ ნაწილში, რომელიც ამიტებს ან აკლებს საწვავის მიწოდებას ქვაბის ფრქვევანებში.

საცეცხლურში მიწოდებული ჰაერის რაოდენობას, რომელიც პროპორციულია წნევითა სხვაობისა  $T$  საცეცხლურისა და  $\phi$  წვის ფრონტის წერტილებს შორის, განსაზღვრავს კორექტორი 6. ხოლო ამ კორექტორის სიღვინი 7 ზომავს წნევას და შესაბამისად ფრქვევანაში მიწოდებული საწვავის ხარჯსაც.

იმ შემთხვევაში, თუ გამოვლინდება შეუსაბამობა საცეცხლურში შესული საწვავისა და ჰაერის რაოდენობას შორის, მაშინ რელედან გამოსული სიგნალიც შეიცვლება, რაც გამოიწვევს წნევის შეცვლას შემკრები რელეს 4 ქვედა კამერაში, ანუ შეიცვლება ფრქვევანებში მიწოდებული საწვავის წნევა და რაოდენობა.

განვიხილოთ ავტომატური რეგულირების სისტემის ძირითადი ელემენტების აგებულება და მუშაობის პრინციპი.

-ორთქლის წნევის მთავარი რეგულატორი ნახ.55.

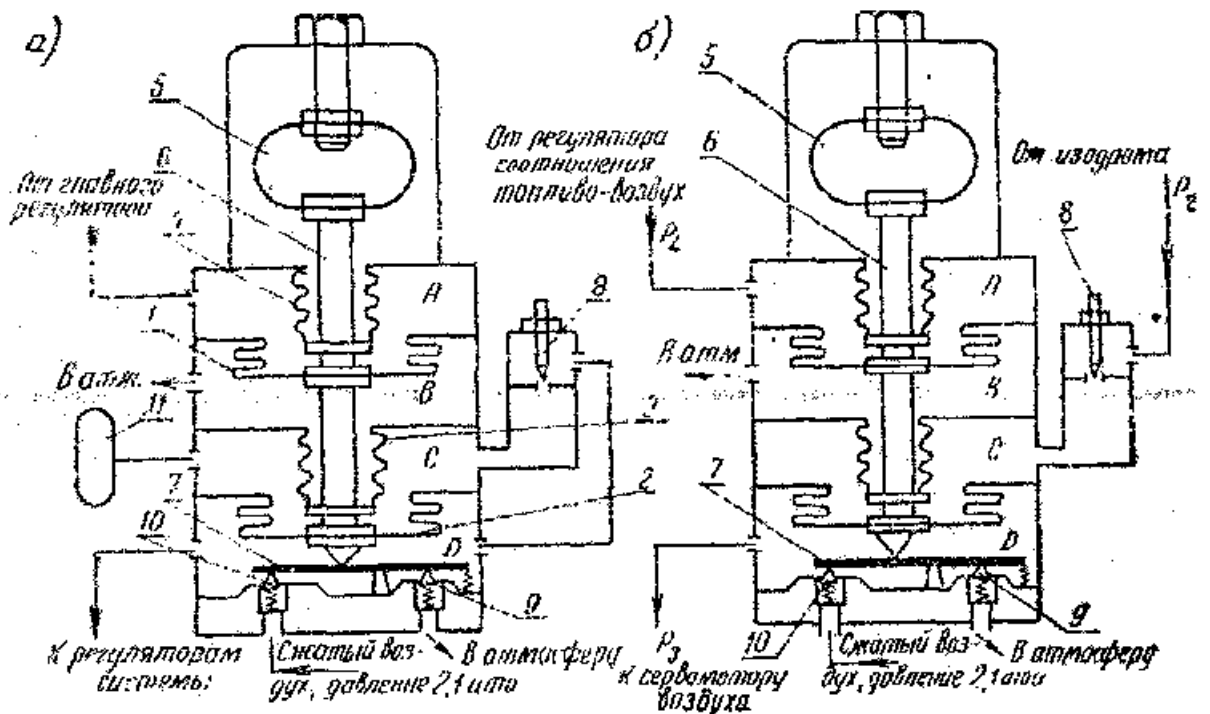


ნახ. 55. ორთქლის წნევის მთავარი რეგულატორის აგებულება.

აღნიშნული რეგულატორის მგრძნობიარე ელემენტს წარმოადგენს მანომეტრული მილი 1, რომლის მოძრავი ნაწილი მიერთებულია ღეროზე 3 და ისარზე 2. ორთქლის წნევის

ცვლილების დროს ხდება იმპულსურ რელესთან მიერთებული მანომეტრული მილის 1 თავისუფალი ზოლოს და ღეროს 3 გადაანაცვლება. ეს გამოიწვევს მთავარი რეგულატორიდან გამომავალი შეკუმშული ჰაერის წნევის ცვლილებას. ჭანჭიკი 8 უზრუნველყოფს წნევის მოცემულ მნიშვნელობაზე დაყენებას. რეგულატორის უსტაჟვის ცვლილებისას რიჩაგთა სისტემა 6 და 7 გადაანაცვლებენ ისარს 5, რომლის მდგომარეობა გვიჩვენებს წნევის მოცემულ მნიშვნელობას.

უნივერსალური მოწყობილობა, რომელიც გამოიყენება როგორც იზოდრომული ასევე როგორც შემკრები რელე, ნაჩვენებია ნახ. 56. აღნიშნული მოწყობილობა აღჭურვილია ოთხი კამერით A, B, C, D, რომლებიც განცალკევებული არიან ერთმანეთისგან მემბრანებით 1 და 2 და სილფონებით 3 და 4. ზამბარა 5 შეერთებულია შტოკთან 6 და ემსახურება მოწყობილობის ნასტროიკას.



ნახ. 56. სისტემა ბეილის უნივერსალური მეორადი ხელსაწყო.

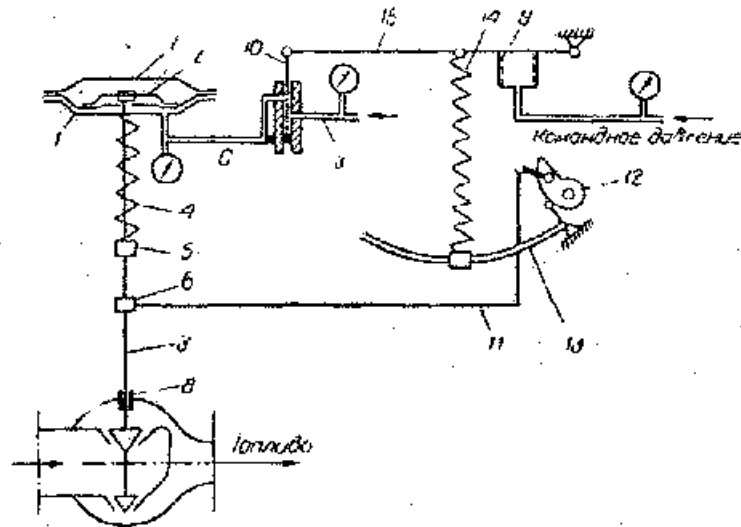
a — შეერთება, როცა იგი გამოიყენება როგორც იზოდრომული.

ბ — შეერთება, როცა იგი გამოიყენება როგორც შემკრები რელე.

A ან C კამერაში წნევის ცვლის დროს მოხდება შტოკის 6 გადაანაცვლება და კორომისლოს 7 მობრუნება, რასაც მოჰყვება ატმოსფერული სარქველის 9 და სარქველის 10 ( რომელსაც მიეწოდება შეკუმშული ჰაერი ) გალების ხარისხის შეცვლა. ამის შედეგად კამერაში D წნევა შეიცვლება. ხოლო C და D კამერებში წნევა იქნება თანაბარი იმის გამო, რომ ისინი დროსელური სარქველით 8 დაკავშირებული არიან ერთმანეთთან. დამატებითი მოცულობა 11 წარმოადგენს დემპფერს (ანუ კატარაქტს). C და D კამერებს შორის დნიშნული კავშირის გამო, მოწყობილობა მუშაობს დროებითი სტატიზმით და საკმაოდ მაღალი დინამიკური ხარისხით.

შემსრულებელი მექანიზმის მაღალი ხარისხის სიზუსტით მართვის შემთხვევაში გამოიყენება პოზიციონერები. მემბრანული სერვომოტორის პოზიციონერთან და საწვავის მარეგულირებელ სარქველთან ჩართვის სქემა მოცემულია ნახ.57.

პოზიციონერის სილფონზე 9 მოქმედი ჰაერის წნევის შეცვლა იწვევს მკვეთარას 10 შტოკის გადანაცვლებას და მუშა წნევის შესაბამის ცვლილებას. მუშა წნევა მილით C მიეწოდება სერვომოტორის მემბრანის ქვედა სივრცეში და შტოკის საშუალებით აღებს ან კეტავს საწვავის მარეგულირებელ სარქველს.



ნახ. 57. მემბრანული სერვომოტორის პოზიციონერთან და საწვავის მარეგულირებელ

სარქველთან შეერთების სქემა;

- 1 — სერვომოტორის მემბრანა; 2 — მემბრანის დისკი;
- 3 — სერვომოტორის შტოკი; 4 — ზამზარა; 5 — ნასტროკის მუფთა;
- 6 — უკუკავშირის მუფთა; 7 — საყრდენი; 8 — საწვავის მარეგულირებელი სარქველი;
- 9 — სილფონი; 10 — მკვეთარას შტოკი;
- 11 — უკუკავშირის ტიაგა; 12 — მუშტა; 13 — пружина;
- 14 — ზამზარა; 15 — პოზიციონერის რიჩაგი.

ამავე დროს, უკუკავშირის тира 11, მუშტას 12, რიჩაგის 13, და ზამზარას 14 საშუალებით პოზიციონერის რიჩაგს 15 გადასცემს სარქველის შტოკის მდგომარეობას.

ამრიგად, დამყარებულ რეჟიმში კომანდნი ჰაერის წნევის ნებისმიერ მნიშვნელობას შეესაბამება სარქველის შტოკის მკაცრად განსაზღვრული მდგომარეობა, რომელიც задается მუშტას 12 პროფილით.

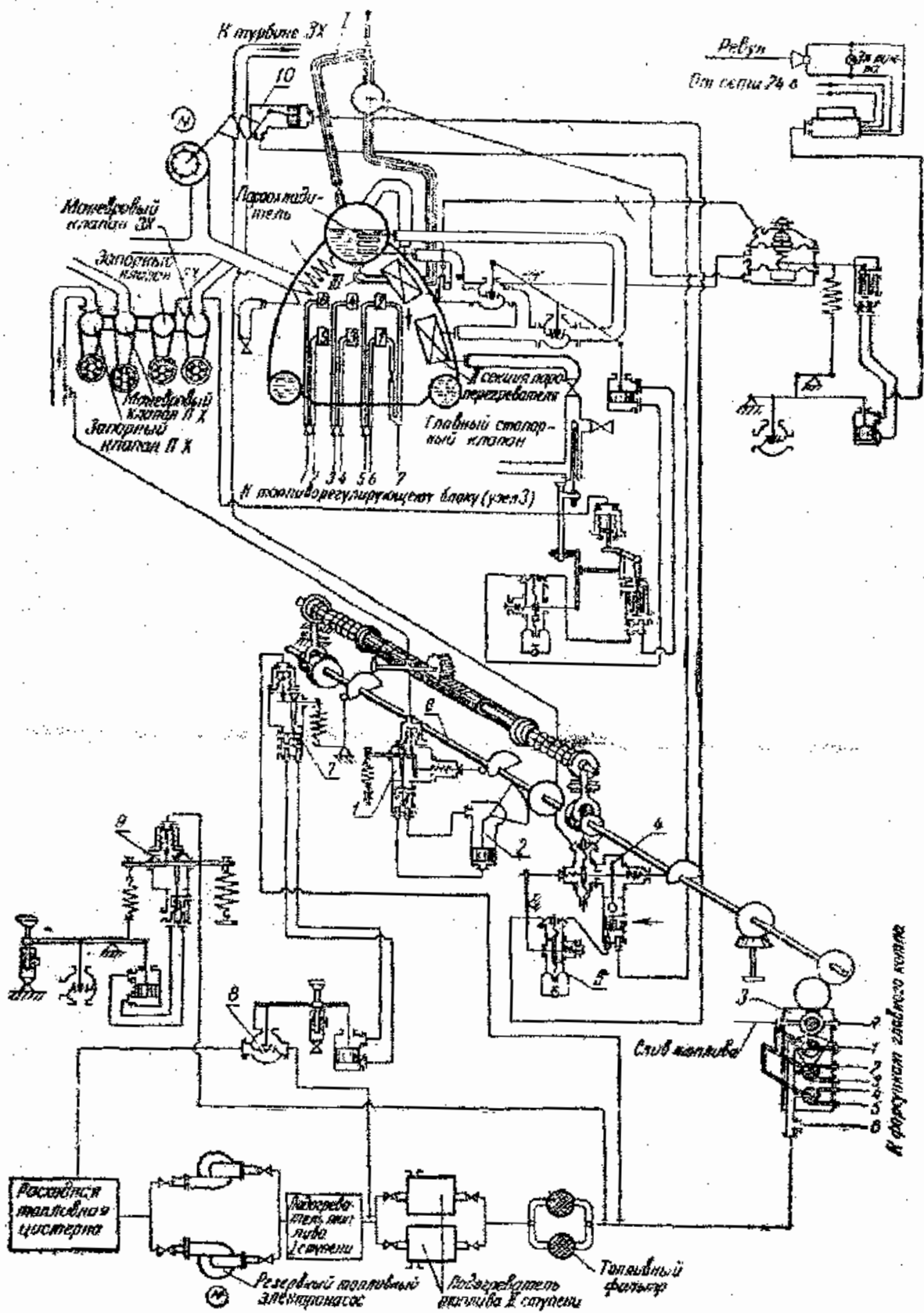
#### 4.5.2. წვის რეგულირების სქემა მიმდევრობით ჩართული კონტურებით.

ჰიდრავლიკური ავტომატური რეგულირების სქემა „საწვავი-ჰაერი“ მოცემულია ნახ.58. მთავარი რეგულატორი 1, რომელიც საერთოა ორი ქვაბისთვის, ზომავს ორთქლის წნევას მთავარ მაგისტრალში. რეგულატორის სერვომოტორი 2 განსაზღვრავს მთავარი გამანაწილებელი ლილვის 6 მობრუნებას გარკვეული კუთხით. გამანაწილებელი

ლილვის ობრუნების დროს ხდება მარეგულირებელი ბლოკის 3 მკვეთარების  
ობრუნება, რის შედეგად იცვლება ფრქვევანაში მიწოდებული საწვავის რაოდენობა.

მთავარი რეგულატორის ხისტ უკუკავშირს წარმოადგენს ლილვზე ობრუნებული  
მუშტა, რომელიც რიჩაგთა სისტემით მოქმედებს რეგულატორის მამლიერებელზე.





ნახ. 58. ჰიდრაულიკური ავტომატური რეგულირების სისტემის სქემა.

საცეცხლურში მიწოდებული ჰაერის რაოდენობა რეგულირდება რეგულატორით 4 რომელიც სერვომოტორის 10 დახმარებით შემოაბრუნებს მიმართველი აპარატის ფრთებს ქვაბის ვენტილატორის მიმღებზე.

ჰაერის წნევისა და საწვავის ხარჯის დამოკიდებულებას განსაზღვრავს ლილვზე 6 არსებული პროფილირებული მუშტა და მისი მდგომარეობა დამოკიდებულია მარეგულირებელი ბლოკის 3 მკვეთარების შემობრუნების კუთხეზე, რომელიც განსაზღვრავს საწვავის ხარჯს.

ჰაერის ხარჯის რეგულატორი აღჭურვილია იზოდრომული უკუკავშირით, რომელსაც უზრუნველყოფს რგოლი 5.

საწვავის წნევის რეგულირება ხდება რეგულატორით 7, რომელიც სერვომოტორის სამუალებით ზემოქმედებს საწვავის სლივნიო სარქველზე 8.

საწვავის მოცემული ტემპერატურისა და მასასადამე სიბლანტის შესანარჩუნებლად გათვალისწინებულია რეგულატორი 9, მის მგრძნობიარე ელემენტს წარმოადგენს აზოტი ან აცეტონით გავსებული ამპულა, რომელიც კაპილარული მილით შეერთებულია მემბრანულ ან სილფონურ მოწყობილობასთან.

ტემპერატურის მომატების შემთხვევაში ამპულაში და მასასადამე სილფონში წნევა გაიზრდება, რაც გამოიწვევს მამლიერებელის ზასლონკის გადაადგილებას და შემსრულებელი მექანიზმის მოქმედებაში მოყვანას, რომელიც მიხურავს საწვავის გამათბობელზე მიმავალი ორთქლის რაოდენობის მარეგულირებელ სარქველს. ტემპერატურის დაკლების დროს, ყველაფერი ხდება პირიქით.

#### 4.6. ქვაბის დაცვისა და სიგნალიზაციის სისტემები.

საქვაბე დანადგარის უსაფრთხო და უაფარიო მუშაობისათვის გათვალისწინებულია სიგნალიზაციისა და დაცვის სმუალებები, რომლებითაც კონტროლდება ორთქლის წნევა ქვაბში, წყლის დონე ქვაბის დოლში და საწვავის ნორმალური წვის მახასიათებელი პარამეტრი.

სიგნალიზაციის სისტემა უნდა იყოს დამოუკიდებელი ავტომატური რეგულირების სისტემისაგან და ამასთანავე უნდა ფლობდეს მალალ საიმედოობას.

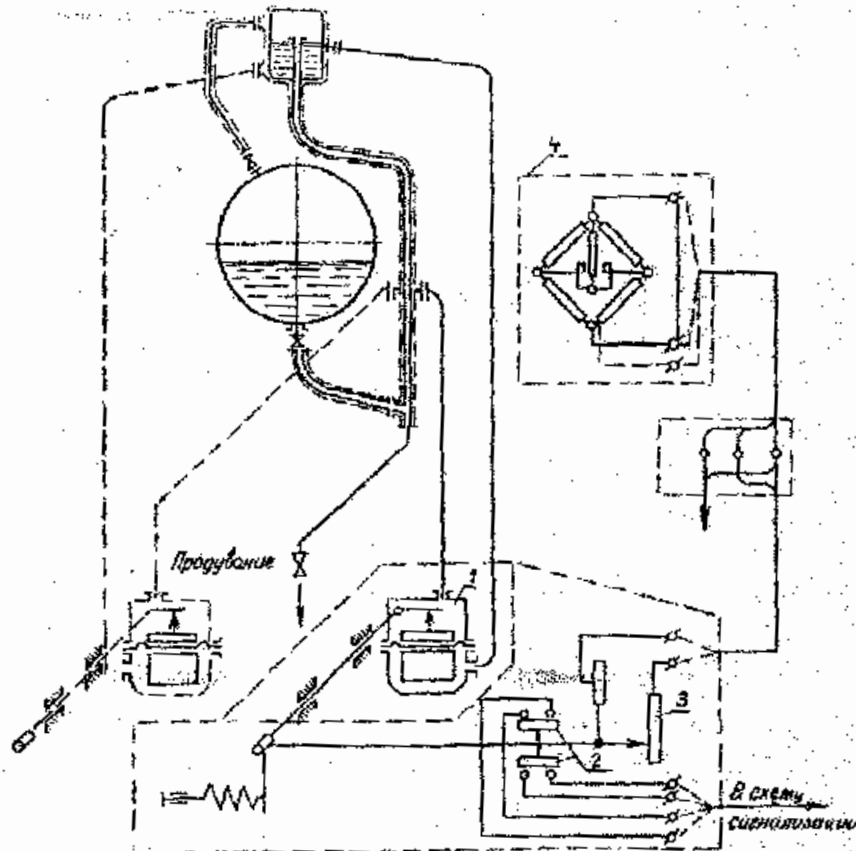
ქვაბის დაცვა ჭარბი წნევისაგან ხორციელდება ცალმხრივი მოქმედებით, რაც იმას ნიშნავს, რომ ის მოქმედებაში მოდის მხოლოდ მაშინ, როცა ორთქლის წნევა 5-6 %-ით გადააჭარბებს ნომინალურ მნიშვნელობას.

წნევის ამაღლების დასაცავად გამოიყენება დამცავი სარქველები, რომლებიც ჭარბი წნევის შემთხვევაში ხდება ორთქლს განდევნა ატმოსფეროში.

ზოგიერთი ტიპის დამხმარე ქვაბებში დამცავი სარქველების გარდა გამოიყენება წნევის რელე, რომელიც წნევის ნორმაზე მაღლა აწევის შემთხვევაში ზემოქმედებს სწრაფრამკეტ სარქველებზე და წყვეტს საწვავის მიწოდებას ფრქვევანებში.

ქვაბის დაცვა წყლის დონისაგან, ისევე როგორც წნევისაგან ხდება ცალმხრივი მოქმედებით, ანუ დამცავი მოწყობილობა მოქმედებაში მოდის მხოლოდ წყლის დონის დასაშვები მნიშვნელობიდან დაკლების შემთხვევაში. დაცვის შემადგენლობაში ჩართულია დროის რელე, რომელიც იცავს სისტემას მცდარი სიგნალიზაციისაგან წყლის დონის ხანმოკლე ვარდნის დროს. (მანევრირების დროს).

დაცვის ამ სისტემაში მგრძობიარე ელემენტად გამოიყენება მემბრანული მოწყობილობა, რომელიც ანალოგიურია დონის რეგულატორების მემბრანული მოწყობილობისა. დონის დისტანციური მაჩვენებლის ერთ-ერთი შესაძლებელი სქემა მოცემულია ნახ.59



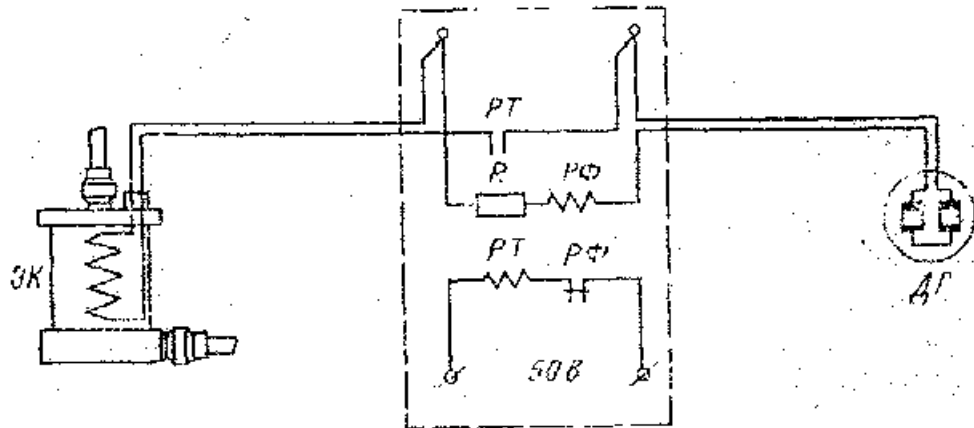
ნახ. 59. ორთქლის ქვაბის დონის დისტანციური მაჩვენებლის, სიგნალური და დამცავი მოწყობილობების სქემა.

მგრძობიარე ელემენტის 1 მემბრანის გადახრა, რომელიც გამოწვეულია დონის წყლის დონის ცვლით, ბერკეტით გადაეცემა ლოკომეტრის 4 წრედში ჩართულ რეოქორდას 3, როცა რეოქორდა მიაღწევს იმ მდგომარეობას, რომელიც შეესაბამება წყლის პირველ ავარიულ დონეს, მიკროჩამრთველი 2 შეკრავს სიგნალიზაციის წრედს. იმ შემთხვევაში, თუ წყლის დონე განაგრძობს კლებას, მეორე მიკროჩამრთველი შეკრავს სწრაფჩამკვეთი სარქველების წრედს და საცეცხლურში წყდება საწვავის მიწოდება.

ქვაბის დაცვა ნორმალური წვის დარღვევის დროს, ხდება საწვავის მიწოდების შეწყვეტით. დამცავი მოწყობილობის მგრძობიარე ელემენტს წარმოადგენს ფოტოწინაღობა, რომელიც დაყენებულია საცეცხლურის პირდაპირ ისე, რომ განათებულია ცეცხლის შუქით. ფოტოწინაღობა ჩართულია საცეცხლურში საწვავის მიწოდებელ სწრაფჩამკვეთ ელექტრომაგნიტურ სარქველთა წრედში. საწვავის ნორმალური წვის პირობებში ფოტოწინაღობა ცეცხლის შუქით საკმაოდ განათებულია

და ამიტომ აქვს მცირე ელექტრული წინაღობა, რის გამოც ელექტრული წრედი რომელშიც ჩართულია ფოტოწინაღობა შეკრულია და ელექტრომაგნიტური სწრაფჩამკეტი სარქველები ღიაა.

წვის ნორმალური პროცესის დარღვევის ან ცეცხლის გაერობის შემთხვევაში ფოტოწინაღობის განათების ხარისხი მცირდება და მისი წინაღობა მკვეთრად იზრდება. ელექტრული წრედი რომელშიც ჩართულია ფოტოწინაღობა იღება ხოლო სწრაფჩამკეტი ელექტრომაგნიტური სარქველი იკეტება. ამ დამცავი მოწყობილობის სქემა მოცემულია ნახ.60.



ნახ. 60. საწვავის წვის რეჟიმის დარღვევის ფოტოელექტრული დამცავი მოწყობილობის სქემა

ЗК — ელექტრომაგნიტური სარქველი; П — წვის გადამწოდები (ფოტოწინაღობა); ПБ — დაცვის პულტი; PФ — შუქის რელე; PT — საწვავის სარქველის რელე; R — წინაღობა

თუ ქვების ვენტილატორები აღჭურვილია ელექტროამპრავებით, მაშინ გათვალისწინებულია ქვების დაცვა მათი გაუდენურობის შემთხვევაში. ასეთი დაცვის უზრუნველსაყოფად სწრაფჩამკეტი ელექტრომაგნიტური სარქველების კვება ხდება ვენტილატორების კვების წრედიდან.

#### 4.7. დამზარე და უტილიზაციური ქვებების რეგულირება.

თხევადი ტვირთის გადამზიდ გემებზე დამზარე ქვებების დანიშნულებაა: ტვირთის გათბობის სისტემის ორთქლით მომარაგება; ორქოჩაქრობის სისტემა და სატვირთო ორთქლის ტუმბოების მოქმედებაში მოყვანა.

როგორც წესი, ამ ტიპის ქვებები გამოირჩევიან მაღალი ორთქლწარმადობით, ხოლო ავტომატური რეგულირების სისტემა თითქმის იგივეა რაც მთავარ ქვებებში.

მშრალ ტვირთში და საკრუიზო გემებზე ქვების დანიშნულებაა საწვავის გათბობის სისტემის და გემის საყოფაცხოვრებო მოთხოვნილებების დაბალი წნევის (4-6 კგ/სმ<sup>2</sup>) ნაჯერი ორთქლით მომარაგება. ამ ქვებების ორთქლწარმადობა და შესაბამისად საწვავის ხარჯი დაბალია და ამიტომ მათი ეკონომიურობის გაზრდა ჰაერის სიჭარბის შემცირებით არ არის აქტუალური. ამის გამო ამ ტიპის ქვებებში ჰაერისა და საწვავის

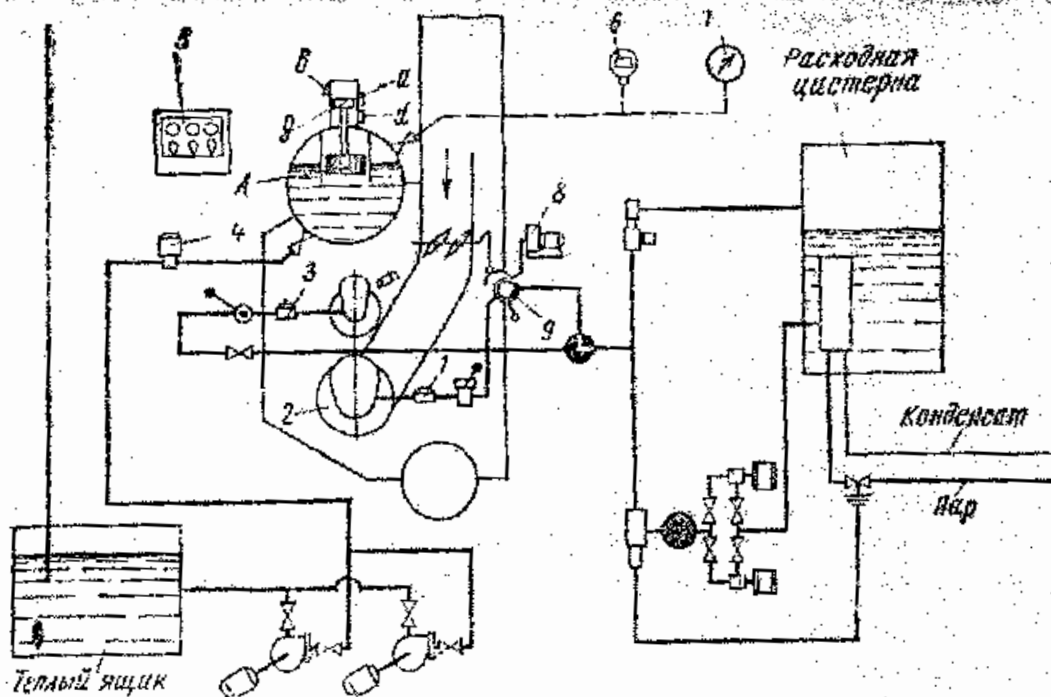
შესაბამისობის რეგულირება ხდება მარეგულირებელი ორგანოების დარეგულირებით ისე, რომ წვის პროცესი მიმდინარეობდეს კვამლის გარეშე.

ზემოთაღნიშნულიდან გამომდინარე, ამ ქვაბების ავტომატური რეგულირების სისტემა ძირითადად ელექტრომექანიკურია, და მუშაობენ ან ორპოზიციური სქემით (ჩართვა-გამორთვა), ან კომბინირებული სქემით, რომლის დროსაც სრული და სამუალო დატვირთვის დროს (100-30%) ხდება მდოვრე (უწყვეტი) რეგულირება, ხოლო მცირე დატვირთვის დროს - ორპოზიციური რეგულირება.

განვიხილოთ დამხმარე ქვაბის წვისა და კვების ავტომატური რეგულირების სისტემა, რომელიც უართოდ არის გამოყენებული სამგზავრო გემებზე.

ელექტრომექანიკური ავტომატური რეგულირების სისტემა უზრუნველყოფს წვის მდოვრე რეგულირებას ქვაბის 100 და 15% დატვირთვის დროს, ხოლო ორპოზიციური 15% ზე ნაკლები დატვირთვის დროს. ქვაბში წყლის დონე რეგულირდება ორპოზიციური რეგულირების სქემით. საცეცხლური აღჭურვილია ორი ელექტროამრავიანი მბრუნავი სარქველებით, რომელთაგანაც ერთი მთავარია. მთავარი სარქველი უზრუნველყოფს საწვავის ხარჯის მდოვრე ცვლილებას 400 და 60 კგ/სთ. და ქვაბის მცირე დატვირთვის შემთხვევაში იგი გადადის ორპოზიციური მუშაობის რეჟიმში. ხოლო მეორე სარქველი, რომლის ხარჯია 15 კგ/სთ, მუშაობს უწყვეტად და უზრუნველყოფს მთავარი სარქველის ანთებას მისი მუშაობის ორპოზიციური რეჟიმის დროს.

აღნიშნული ავტომატური რეგულირების პრინციპული სქემა მოცემულია ნახ. 61.



ნახ. 61. გემის დამხმარე ქვაბის ავტომატური რეგულირების სქემა.

ორთქლის წნევის შერბობიარე ელემენტს წარმოადგენს კონტაქტური მანომეტრი 7, რომლის ისარი მართვის ფარისა 5 და ჩამოღებლის 4 საშუალებით მართავს ელექტრომოტორს 8, რომელიც რედუქტორისა და მექანიკური გადაცემის დახმარებით ცვლის საწვავის მარეგულირებელი სარქველისა 9 და ჰაერის შიბერების გაღების ხარისხს.

ორთქლის წნევის 5.8 კგ/სმ<sup>2</sup>-მდე ზრდის შემთხვევაში, სარქველი 9 და ჰაერის შიბერები თითქმის დაკეტილია, ამ დროს შეიკრება *конечный выключатель* (სქემაზე არ არის ნაჩვენები), ამოქმედდება ელექტრომაგნიტური სარქველი 1 და 20-30 წამის შემდეგ ავტომატურად ჩერდება ვენტილატორი, საწვავის ტუმბო და ფრქვევანების ამძრავი.

ორთქლის წნევის 5 კგ/სმ<sup>2</sup>-მდე კლების დროს სარქველის 9 ლილვი შემობრუნდება საწინააღმდეგო მხარეს და ზთავისუფლებს *конечный выключатель*-ს, რის შედეგად მიმდევრობით ირთება საწვავის ტუმბო, ფრქვევანების ამძრავები და ვენტილატორი. ხოლო 20-30 წამის შემდეგ იღება ელექტრომაგნიტური სარქველი 1.

თუ ორთქლის წნევის გაზრდის შემთხვევაში ავტომატური რეგულირების სისტემამ არ იმუშავა და ძირითადი ფრქვევანა განაგრძობს მუშაობას, მაშინ წნევის 7კგ/სმ<sup>2</sup> მნიშვნელობის მიღწევისას ამოქმედდება წნევის რელე 6 და შეკრავს ქვების აგარიული დაცვის წრედს. დაცვის ამოქმედებისთანავე იხურება მთავარი და ამანთებელი ფრქვევანების ელექტრომაგნიტური სარქველები 1 და 3. ამის შემდეგ ქვების ამუშავება ხდება ხელოვნურად.

წყლის დონის რეგულირება ხდება ელექტრომექანიკური რეგულატორის (IGEMA) საშუალებით, რომელიც მოქმედებს შემდეგი პრინციპით:

ქვების დოლში წყლის დონის ცვლილების დროს ტივტივა A და მასზე დამაგრებული მაგნიტური ფირფიტა G გადაინაცვლებენ. მიმმართველ ტივტივებზე განლაგებულია a, b, d, ამპულები, რომლებშიაც ჩამაგრებულია კონტაქტები. ამპულებისა და კონტაქტების განლაგება შეესაბამება წყლის დონის ნორმალურ და ზღვრულ დასაშვებ მნიშვნელობებს.

როცა ფირფიტა G მიადწევს იმ სიმაღლეს, რომელზეც განთავსებულია ამპულა b, ხდება კონტაქტების გახსნა ამპულაში b, რაც იწვევს მკვებავი ელექტრომაგნიტური სარქველის დაკეტვას და ქვებში წყლის მიწოდების შეწყვეტას.

როცა ფირფიტა G ჩამოვა a ამპულის სიმაღლეზე, იღება სარქველი 4. დონის მომდევნო კლების შემთხვევაში, როცა ფირფიტა G მიადწევს ამპულას d, ჩაირთება აგარიული სიგნალიზაცია და ჩერდება წვის პროცესი. ეს ხდება მაშინ, როდესაც აღვილი აქვს მორიგე ფრქვევანაში ცეცხლის ჩაქრობას, წყლის დონის ვარდნას ან წნევის მომატებას 7კგ/სმ<sup>2</sup> -ზე ზემოთ.

უტილიზაციური ქვებები, რომლებიც მუშაობენ მთავარი ძრავის გამონაბოლქვი გაზების სითბოს ხარჯზე, აღჭურვილი არიან წყლის დონისა და ორთქლის წნევის ავტომატური რეგულირების სისტემებით.

წყლის დონის ავტომატური რეგულირება ხდება ისევე, როგორც დამხმარე ქვებებში, ხოლო წნევის რეგულირება ხდება ქვებში შემავალი გაზების რაოდენობის რეგულირებით.

## კითხვები თვითშეფასებისთვის.

1. ჩამოთვალეთ გემის საქებაზე დანადგარის მთავარი სარეგულირებელი პარამეტრები.
2. ჩამოთვალეთ ქვაბში საწვავის წვის რეგულირების სქემები.
3. ქვაბის სიგნალიზაციისა და დაცვის სისტემები.
4. დამხმარე ქვაბების რეგულირების მეთოდები.

### თავი 5. ორთქლის ტურბინული დანადგარების ავტომატიზაცია.

#### 5.1. ორთქლის ტურბოდანადგარის სარეგულირებელი სიდიდეები.

ორთქლის ტურბოდანადგარი წარმოადგენს რეგულირების ისეთ ობიექტს, რომელსაც გააჩნია რამდენიმე აკუმულატორი და სარეგულირებელი პარამეტრები. ანუ ორთქლის ტურბოდანადგარის ავტომატური რეგულირების სისტემა შედგება რეგულირების რამოდენიმე კონტურისაგან.

ორთქლის ტურბოდანადგარის სარეგულირებელი პარამეტრებია:

- ტურბოკვილიანური დანადგარის ლილვის ბრუნთა სიხშირე;
- ორთქლის წნევა ტურბინის როტორის შემამჭიდროველებში;
- ორთქლის წნევა ტურბინის შუალედურ საფეხურებში;
- ზეთის ტემპერატურა შეზეთვის სისტემაში.

ტურბინის დანიშნულებიდან და ექსპლუატაციის პირობებიდან გამომდინარე, ჩამოთვლილი პარამეტრებიდან ზოგიერთი შეიძლება იყოს არარეგულირებადი.

#### 5.2. ლილვის ბრუნთა სიხშირის რეგულირება

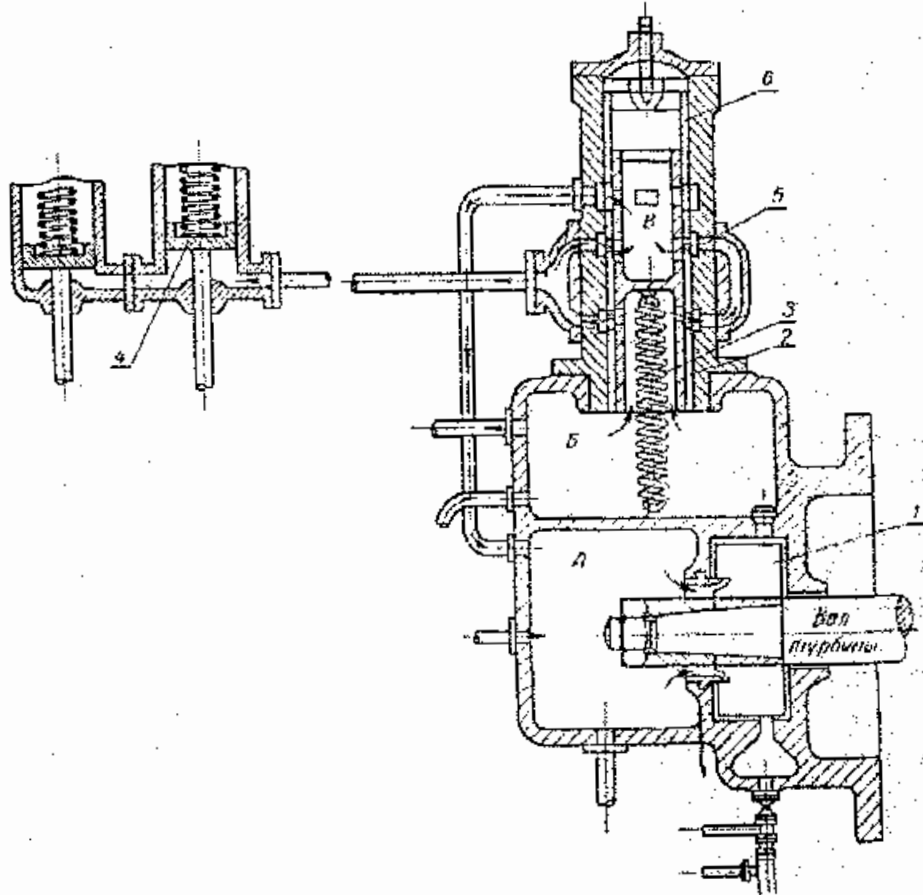
ტურბოკვილიანური დანადგარის ლილვის ბრუნთა სიხშირე რეგულირდება მხოლოდ ტურბოელექტრულ დანადგარში, ან რეგულირებადი ბიჯის ხრახნის დანადგარში.

ფიქსირებული ბიჯის ხრახნის შემთხვევაში, მთავარ ტურბოკვილიანურ დანადგარებში როგორც წესი, ამონტაჟებენ ბრუნთა სიხშირის ზღვრულ რეგულატორებს, რომლებიც მოქმედებაში მოდიან მაშინ, როცა ბრუნთა სიხშირე 5-6 % -ით გადააჭარბებს მაქსიმალურ მნიშვნელობას.

ტურბინული დანადგარის ბრუნთა სიხშირის მგრძნობიარე ელემენტს წარმოადგენს ჰიდროდინამიკური მგრძნობიარე ელემენტი, რომელსაც ფართოდ არის გამოყენებული ავტომატური რეგულირების სისტემაში. კონსტრუქციულად იგი წარმოადგენს ცენტრიდანული სახის ზეთის ტუმბოს და უწოდებენ იმპულსურს. მასში ტურბინის როტორის ბრუნთა სიხშირე გარდაიქმნება ზეთის წნევაში. ამ



რეგულატორებში შემსრულებელი მექანიზმიც და მამლიერებელიც.  
ჰიდრაულიკურია. ბრუნთა სიხშირის ერთრეჟიმიანი ჰიდროდინამიკური  
რეგულატორის სქემა მოცემულია ნახ. 62.



ნახ. 62. ჰიდროდინამიკური რეგულატორის სქემა.

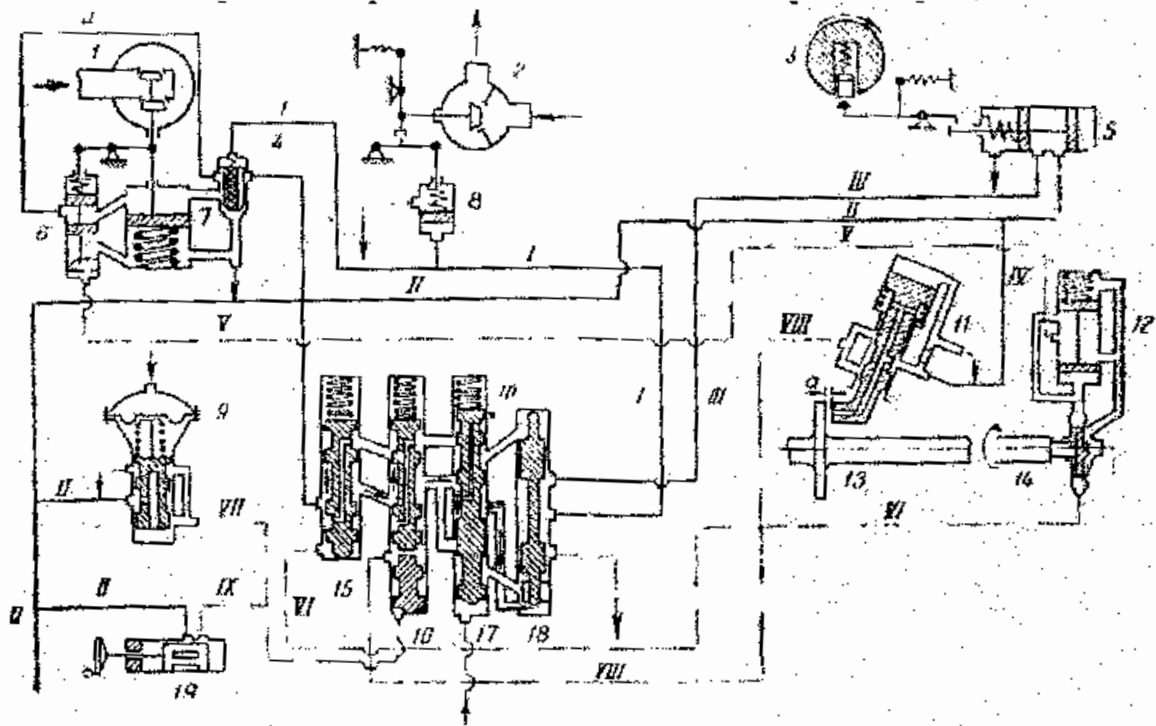
ცენტრიდანული ტუმბო (იმპელერი) 1 რომელსაც აბრუნებს ტურბინის ლილვი აწვდის  
A კამერიდან ზეთს B კამერას. ტურბინის როტორის ბრუნთა სიხშირის ცვლილება  
იწვევს ზეთის წნევის ცვლილებას C კამერაში, რის შედეგად მკვეთარა 2 რომელიც  
ზეთის წნევისა და ზამბარის დაჭიმულობის ძალით დინამიკურ წონასწორობაში  
იშვოფება, შეიცვლის მდგომარეობას.

ბრუნთა სიხშირის მომატების დროს ზეთის წნევა იმატებს და მკვეთარა 2  
გადაინაცვლებს ზემოთ, ხოლო ბრუნთა სიხშირის კლებისას - ქვემოთ.

მკვეთარას ზევით გადაადგილების დროს მისი ქვედა ფანჯრები იხურება, ხოლო ზედა  
ფანჯრები იღება, რის შედეგად სერვომოტორის 4 დგუშის ქვემოთ ზეთის წნევა  
შემცირდება, დგუში გადაინაცვლებს ქვემოთ და მიხურავს ტურბინის საქმენ  
სარქველებს. ბრუნთა სიხშირის კლებისას, რეგულირება ხდება საწინააღმდეგო  
მიმართულებით.



მთავარი ტურბოკბილანსური დანადგარის რომელიც მუშაობს ფიქსირებული ბიჯის სრახნთან, ბრუნთა სიხშირის ზღვრული ჰიდროდინამიკური რეგულატორის სქემა მოცემულია ნახ.63.



ნახ. 63. მთავარი ტურბოკბილანსური აგრეგატის ავტომატური რეგულირებისა და დაცვის სქემა:

1 — სწრაფჩამკეტი სარქველი; 2 — ოტოქელის ავტომატური ჩამკეტი; 3 — უსაფრთხოების რეგულატორი; 4 — ამაჩქარებელი სარქველი; 5 — უსაფრთხოების რეგულატორის მკვეთარა; 6 — სერვომოტორის მკვეთარა; 7 — სერვომოტორი; 8 — ავტომატური ჩამკეტი მკვეთარა; 9 — ვაკუუმ რელე; 10 — ზეთის გამომრთველი; 11 — устройство защиты от осевого сдвига; 12 — ბრუნთა სიხშირის რეგულატორის მკვეთარა; 13 — მთავარი ტურბოკბილანსური დანადგარის როტორი; 14 — იმპულერი; 15—18 — ზეთის გამომრთველის მკვეთარები; 19 — ლილვის დამაბრუნებელი მოწყობილობის ზლოკირების რელე.

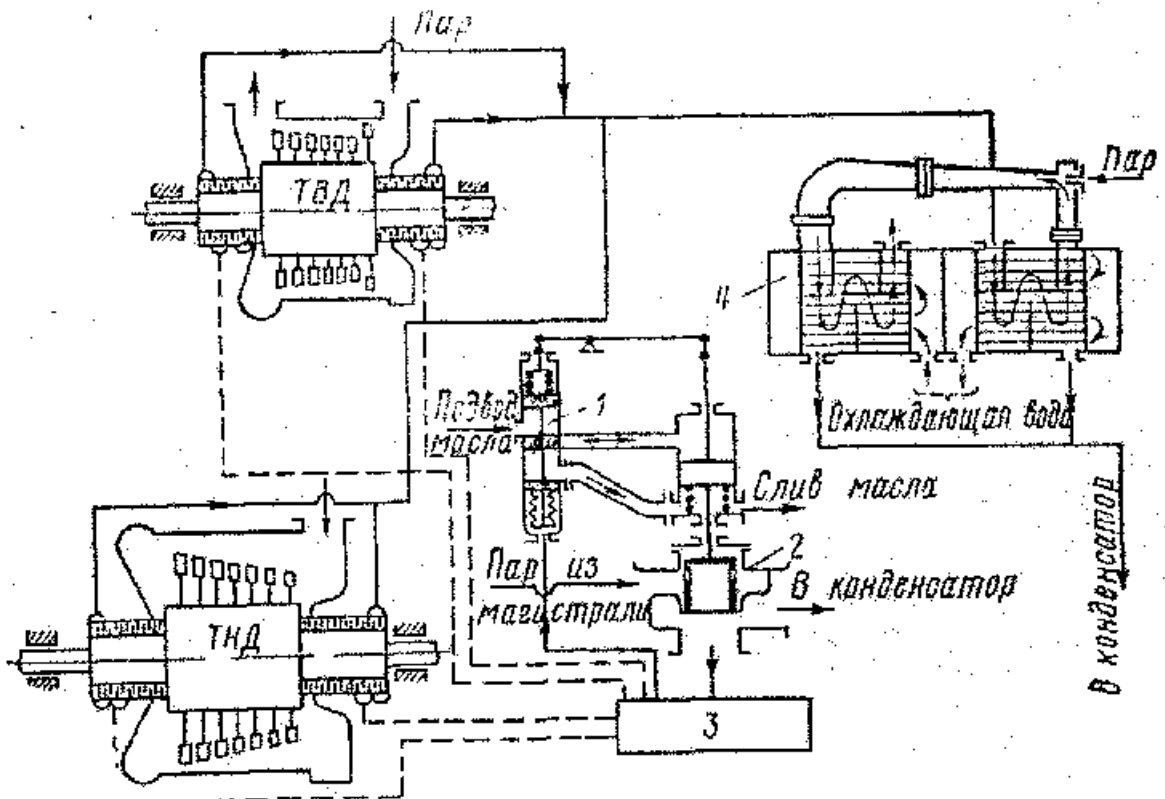
ბრუნთა სიხშირის ნომინალური მნიშვნელობის 103% შემთხვევაში მკვეთარა 12 გადაინაცვლებს ზემოთ, მიხურავს ქვედა და შეაღებს ზედა ფანჯრებს. რის გამოც ზეთის წნევა იმპულსურ მილში V გაიზრდება, სერვომოტორის 7 მარეგულირებელი მკვეთარა 6 აიწევს და სწრაფჩამკეტი სარქველი ოდნავ გაიღება.

თუ როტორის ბრუნთა სიხშირე გადააჭარბებს ნომინალური მნიშვნელობის 108%-ს, მაშინ მკვეთარა ბოლომდე აიწევს და ქვედა ფანჯრები ბოლომდე დაიკეტება ხოლო ზედა ბოლომდე გაიღება. ამ შემთხვევაში წნევა იმპულსურ მილში III იქნება მაქსიმალური,

სერვომოტორის მარეგულირებელი მკვეთარა იქნება ზედა უკიდურეს წერტილში, ხოლო სწრაფჩამკეტი სარქველი იქნება მინიმალურად გაღებული. სწრაფჩამკეტი სარქველი ბოლომდე ისურება მაშინ, როცა ბრუნთა სიხშირე 15%-ით გადააჭარბებს ნომინალურ მნიშვნელობას.

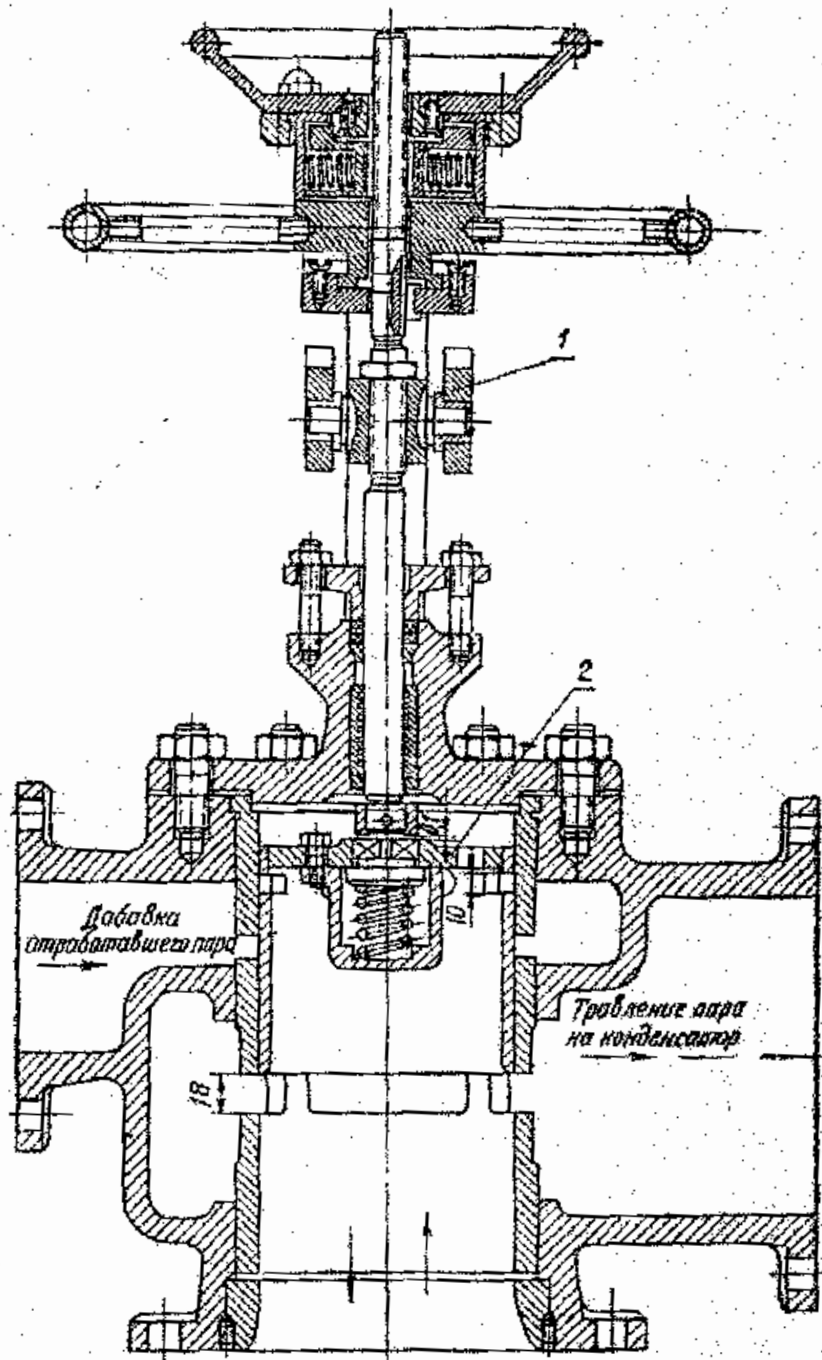
### 5.3. ორთქლის წნევის რეგულირება შემამჭიდროვებლებში.

ტურბინის როტორის შემამჭიდროვებლებში ორთქლის წნევის ავტომატური რეგულირების სისტემის სქემა მოცემულია ნახ.64, ხოლო მარეგულირებელი ორგანოს კონსტრუქცია ნახ.65.



ნახ. 64 ტურბინის როტორის შემამჭიდროვებლებში ორთქლის წნევის ავტომატური რეგულირების სისტემის სქემა.:

- 1 — წნევის რეგულატორი; 2 — მარეგულირებელი სარქველი; 3 — уравнительный бачок; 4 — შემამჭიდროვებლიდან ორთქლის შემწოვი ელექტორის მაცივარი.



*ჩ ურბნითელისიჲსაჲსა*

ნახ. 65. ტურბინის როტორის შემამჭიდროვებლებში ორთქლის წნევის ავტომატური რეგულირების სისტემის მარეგულირებელი ორგანო.

სერვომოტორის ამპრაჲიდან 1 შილისაში გადაინაცვლებს მკვეთარა 2. მკვეთარას ზედა მდგომარეობისას შილისას ფანჯარა, რომელიც აერთიანებს *уравнительный вачок*-ს ორთქლის მაგისტრალთან, დაკეტილია, ხოლო ფანჯრები,

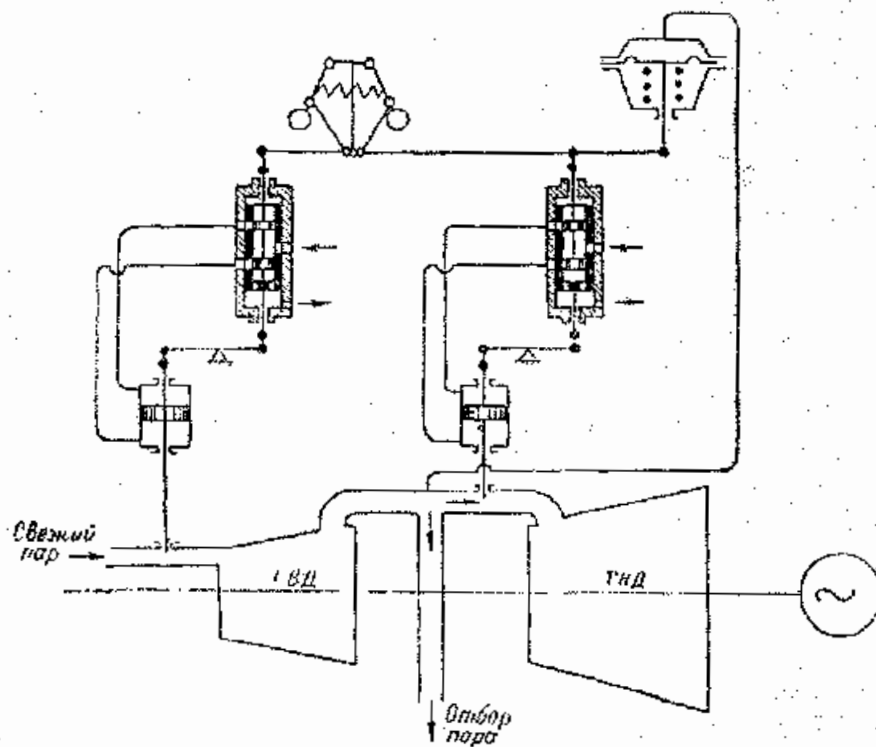
რომლებიც აერთიანებს მას კონდენსატორთან - დიაა. მკვეთარას ამ მდგომარეობის დროს ხდება ზედმეტი ორთქლის სტრავლიвание კონდენსატორში.

მკვეთარას ქვემოთ გადანაცვლების შემთხვევაში, ჯერ იკეტება ქვედა ფანჯრები და ორთქლის სტრავლიвание კონდენსატორში ჩერდება, ხოლო შემდგომი გადანაცვლების დროს იღება ზედა ფანჯრები და ხდება სისტემის ორთქლით შევსება.

რეგულატორში წნევის მგრძობიარე ელემენტად ძირითადად გამოიყენება სილფონი. მაძლიერებლები გამოიყენება ან მკვეთარას ტიპის, ან ჭავლური რომლებშიც მუშა სხეულს წარმოადგენს ან ზეთი ან კონდენსატი.

ორთქლის ხარჯით გამოწვეული ბრუნთა სიხშირის რხევის შესამცირებლად, ბრუნთა სიხშირისა და წნევის ავტომატური რეგულირების სისტემები აუცილებელია იყოს დაკავშირებული ავტონომიური. რომლის არსი მგომარეობს იმაში, რომ ეს ორი რეგულატორი ერთმანეთთან უნდა იყოს შეერთებული კავშირებით და ამასთანავე ეს კავშირები უნდა იყოს შერჩეული ისე, რომ ორივე რეგულატორმა ცალ-ცალკე შეძლოს პროცესის მართვა დამოუკიდებლად. ეს ნიშნავს იმას, რომ ტურბოგენერატორის დატვირთვის ცვლილების შემთხვევაში ბრუნთა სიხშირის რეგულატორმა ერთდროული ზემოქმედება უნდა განახორციელოს როგორც ახალი ორთქლის მარეგულირებელ ორგანოებზე, ასევე органы как свежего пара, так и пара в отборе, а при изменении давления пара в отборе регулятор давления в отборе должен одновременно воздействовать на те же самые регулирующие органы.

ორთქლის ტურბინის დაკავშირებული რეგულირების სქემა მოცემულია ნახ.66



ნახ. 66. ორთქლის ტურბინის როტორის ბრუნთა სიხშირის დაკავშირებული რეგულირების სქემა и давления в отборе паровой турбины

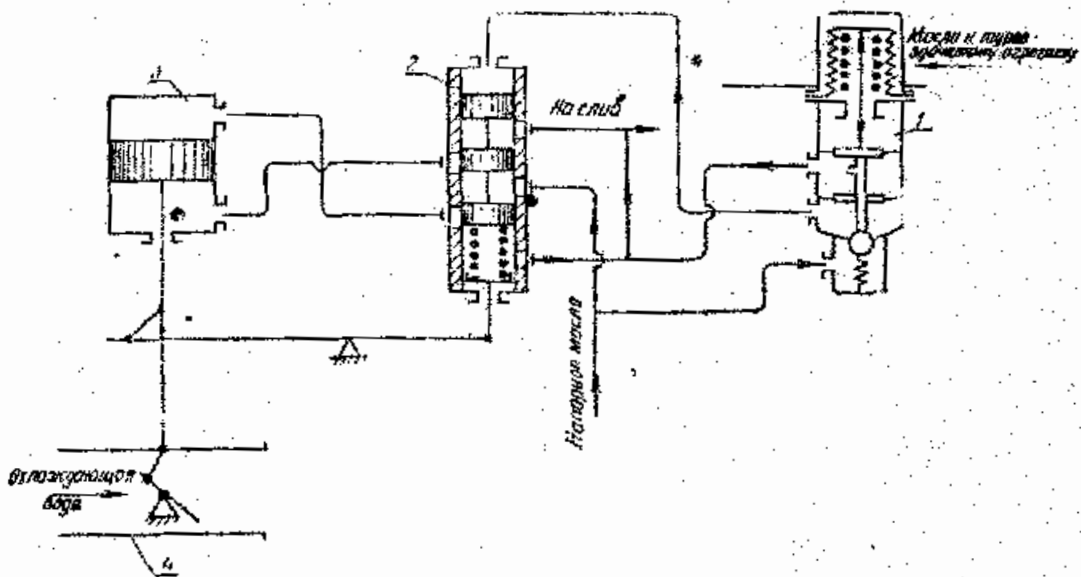
გემის ორთქლტურბინულ დანადგარებში ორთქლის ალება ხდება ძირითადად მთავარი ტურბინის შუალედური საფეხურებიდან. ორთქლის წნევა საფეხურებში იცვლება მთავარი ტურბინის მუშაობის რეჟიმის შესაბამისად. ხოლო ტურბინის გაჩერების ან უკუსვლის შემთხვევაში ორთქლი მომხმარებლებს არ მიეწოდება. შუალედური საფეხურებიდან ორთქლის ალება ხდება მხოლოდ იმ რეჟიმებში, როცა წნევა ორთქლის ალების კამერებში მეტია ვიდრე ორთქლის მაგისტრალში. აქედან გამომდინარე, ორთქლის შუალედური საფეხურების ალების სისტემაში წნევის რეგულირების პრინციპი მდგომარეობს ზედმეტი ორთქლის განდევნაში, ან ახალი ორთქლით მაგისტრალის შევსებაში.

ასეთი რეგულირების განსახორციელებლად წნევის მარეგულირებელ ორგანოს აკეთებენ ორმაგი სარქველით, რომლებიც მოქმედებაში მოდიან ერთი საერთო სერვომოტორიდან. ერთ-ერთ სარქველს მიეწოდება ორთქლი ალების სისტემაში, ხოლო მეორეს რედუცირებული ახალი ორთქლი.

ამ სარქველების მართვის ამჟამად მოწყობილია ისე, რომ ყოველ მათგანს შეუძლია გაიღოს მაშინ, როდესაც მეორე დაკეტილია. ორთქლის უკუქცევის თავიდან ასაცილებლად დამატებითად ყენდება *несовратный клапан*.

#### 5.4. ზეთის ტემპერატურის რეგულირება შეზეთვის სისტემაში

მთავარ ტურბოკბილანური აგრეგატის შეზეთვის სისტემაში ზეთის ტემპერატურის რეგულირება ხდება ზეთის მაცივარში მიწოდებული წყლის რაოდენობის ცვლილებით. ზეთის ტემპერატურის რეგულირების სისტემაში გამოიყენება ტემპერატურის მანომეტრული ტიპის მგრძნობიარე ელემენტები. გარემოს ტემპერატურის ზემოქმედების აღმოსაფხვრელად ტემპერატურის ავტომატური რეგულირების სისტემა აღჭურვილია ორკასკადიანი მამლიერებლით. ამ შემთხვევაში მგრძნობიარე ელემენტი განლაგებულია შეზეთვის სისტემის მიღზე. სქემა მოცემულია ნახ.67.



ნახ. 67. ზეთის ტემპერატურის რეგულირების სქემა ორკასკადიანი მამლიერებლით.

1 — გაძლიერების პირველი კასკადი; 2 — ჩამკეტი მკვეთარა; 3 — სერვომოტორი;  
4 — მარეგულირებელი ორგანო

მოცემულ სქემაში გაძლიერების პირველი კასკადი შედგება სილფონური ტიპის მგრძნობიარე ელემენტისაგან და დროსელური მაძლიერებლისგან. მაძლიერებლის კორპუსი ორი ერთმანეთთან ხისტად დაკავშირებული მემბრანებით რომელთა შორის მოთავსებულია ვსტავკა გრძივი და განივი ხერელებით, გაყოფილია სამ ნაწილად, რომელთაგანაც მემბრანებს შორის არსებული ნაწილი შეერთებულია სლივითან, ხოლო ქვედა ნაწილი შეერთებულია გაძლიერების მეორე კასკადის მგრძნობიარე ელემენტთან. ვსტავკის ბოლოში არსებული მემბრანების გამაერთიანებელი ხერელი დაკვეტილია ზამზარიანი ბურთულას საშუალებით.

ზეთის ტემპერატურის მოცემული მნიშვნელობის დროს მაძლიერებლის სამივე სივრცე ერთმანეთისგან დამოუკიდებელია, ხოლო გაძლიერების მეორე კასკადის მკვეთარას უჭირავს შუალედური მდგომარეობა.

ზეთის ტემპერატურის გაზრდის შემთხვევაში სილფონის ფსკერზე ორთქლის წნევა მოიმატებს, რის გამოც მემბრანები და მათ შორის არსებული ვსტავკა გადაინაცვლებენ ქვემოთ და მაძლიერებლის კორპუსს მოაშორებენ ბურთულას, შესაბამისად მემბრანას ქვედა სივრცე და გაძლიერების მეორე კასკადის მგრძნობიარე ელემენტი შეუერთდებიან ზეთის დაწნევის მაგისტრალს.

მეორე კასკადის მკვეთარა გადაინაცვლებს ქვემოთ, ხოლო მაძლიერებლის დგუში გადაინაცვლებს მარეგულირებელ ორგანოს მაგივარში გამაგრილებელი წყლის მომატებისაკენ.

ტემპერატურის დაკლების შემთხვევაში, სილფონი და მასთან დაკავშირებული მგრძნობიარე ელემენტის მემბრანები ზამზარის ზემოქმედების შედეგად აიწევიან ზემოთ, ამ დროს შუალედური ვსტავკა მოაშორდება ბურთულას და გრძივი და განივი ხერელებით შეაერთებს მაძლიერებლის ქვედა და შუა სივრცეს, ამასთანავე მეორე კასკადის მგრძნობიარე ელემენტის ორივე სივრცეს შეაერთებს სლივთან.

ზამზარის ზემოქმედებით მაძლიერებლის მეორე კასკადის მკვეთარა აიწეეს მაღლა, ხოლო მაძლიერებლის დგუში გადაინაცვლებს მარეგულირებელ ორგანოს მაგივარში გამაგრილებელი წყლის მოკლებისაკენ. სერვომოტორის დგუშის გადაინაცვლების დროს უკუკავშირის ბერკეტი მკვეთარას დააბრუნებს საწყის მდგომარეობაში.

### 5.5. ორთქლის ტურბოდანადგარის დაცვის სისტემები

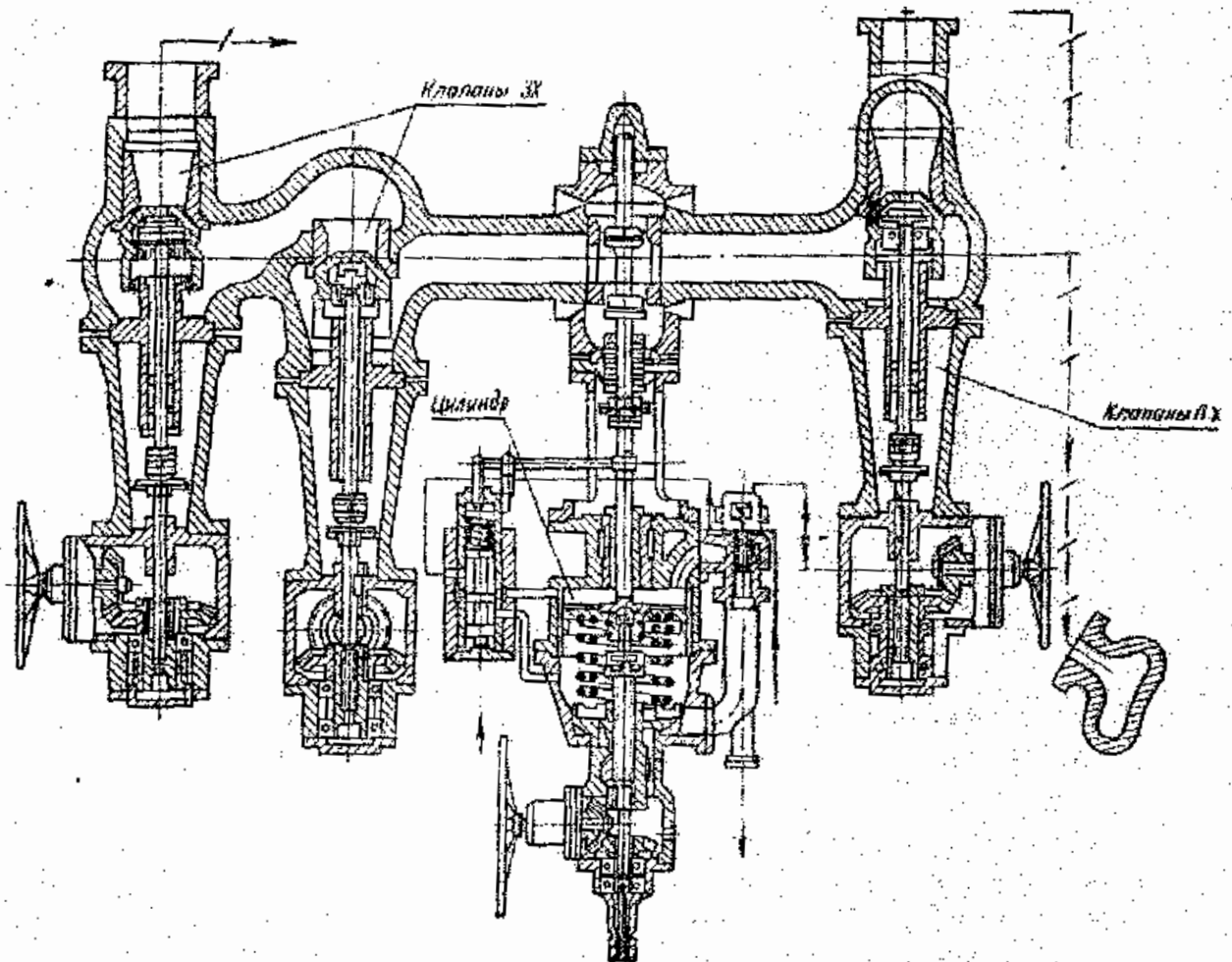
ორთქლის თანამედროვე ტურბინები განეკუთვნებიან სითბური ძრავების კატეგორიას, რომლებშიაც მათი საიმედო მუშაობის განმსაზღვრელი ზოგიერთი პარამეტრები ავარიულ სიტუაციის დროს იცვლებიან ისეთი სისწრაფით, რომ მომსახურე პერსონალს არ შეუძლია ავარიის თავიდან აცილების რაიმე ზომების მიღება.

აქედან გამომდინარე, ტურბინულ დანადგარებში უსაფრთხო და უავარიო მუშაობის უზრუნველსაყოფად არსებობს ავარიული დაცვისა და სიგნალიზაციის მოწყობილობები.

თანამედროვე გემის ტურბოდანადგარი აღჭურვილია შემდეგი პარამეტრების დაცვის საშუალებებით:

1. ტურბინის როტორის ბრუნთა სიხშირე;
2. ვაკუუმის დავარდნა კონდენსატორში;
3. ზეთის წნევა შეზეთვის სისტემაში;
4. ტურბინის როტორის წანაცვლება (სმეშენიე).

ჩამოთვლილი დაცვის საშუალებები ზეთოვანი გამომრთველით მოქმედებენ სწრაფჩამკვეთ მოწყობილობაზე, რომელიც განლაგებულია ორთქლის მთავარ მაგისტრალზე. სწრაფჩამკვეთი მოწყობილობის ამოქმედების შემთხვევაში, მყისიერად წყდება ტურბინაში ორთქლის მიწოდება. ზეთოვანი გამომრთველისა და სწრაფჩამკვეთი მოწყობილობის ურთიერთქმედების სქემა მოცემულია ნახ.63. სწრაფჩამკვეთი მოწყობილობის 1 სქემა, რომელიც ჩართულია ტურბინის სამანევრო სისტემაში, მოცემულია ნახ.68.



ნახ. 68. ტურბინის სწრაფჩამკვეთი სარქველის

სამანევრო მოწყობილობა:

—/ ახალი ორთქლის ხაზი;

— „ძალური“ ზეთი;

— — — „იმპულსური“ ზეთი.

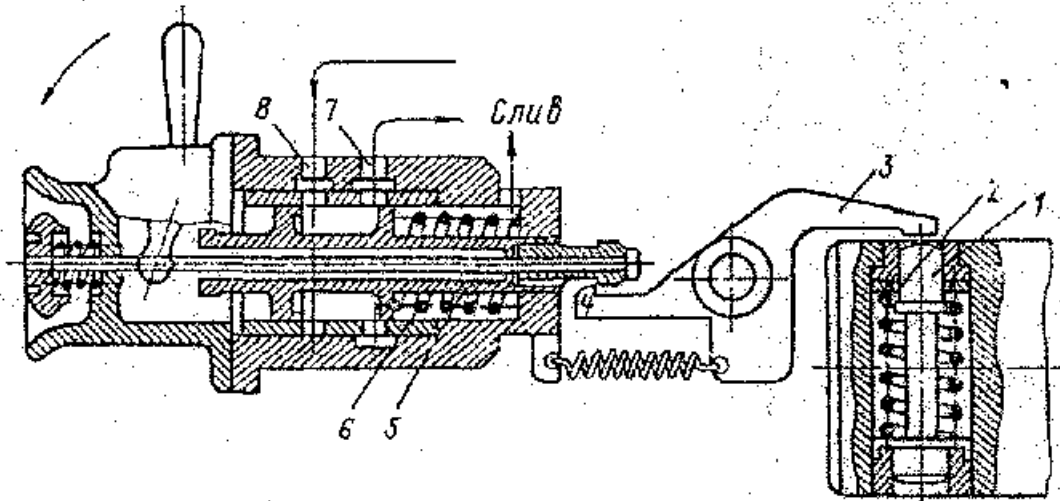
სწრაფჩამკვეტი მოწყობილობა ღია მდგომარეობას ინარჩუნებს დგუშზე მოქმედი ზეთის წნევით, რომელიც მიეწოდება ცილინდრის ზედა სივრცეს.

რომელიმე სარეგულირებელი პარამეტრის ავარიული მნიშვნელობის დროს, ზეთის გამომრთველი წყვეტს ზეთის მიწოდებას სწრაფჩამკვეტ მოწყობილობაში და ზეთი უერთდება სლივნი მავისტრალს. ამის გამო დგუშის ზედა სივრცეში წნევა ქცემა ატმოსფერულამდე, ზამზარას ზემოქმედების შედეგად იგი სწრაფად გადაადგილდება ზემოთ და დახურავს ორთქლის სარქველს.

ტურბინის დაცვა ბრუნთა გადამეტებული სიხშირისაგან ხდება მაშინ, როდესაც როტორის ბრუნთა სიხშირე გადააჭარბებს ნომინალურს 10-12%-ით.

დამცავი მოწყობილებები კონსტრუქციულად ორი სახისაა: მექანიკური და ჰიდროდინამიკური. ერთიც და მეორეც შეიძლება იყოს პირდაპირი ან არაპირდაპირი ქმედების.

მთავარ ტურბოაგრეგატებში გამოიყენება არაპირდაპირი ქმედების დამცავი მოწყობილობები ჰიდროდინამიკური ან მექანიკური მგრძნობიარე ელემენტით ნახ.69.



ნახ. 69. ბრუნთა სიხშირის არაპირდაპირი ქმედების ზღვრული რეგულატორის სქემა: 1 - მგრძნობიარე ელემენტი; 2, 6 - ზამზარები; 3 - ზერკეტი; 4 - დამჭერი; 5 - ზეთის მკვეთარა; 7 და 8 - ფანჯრები.

ბრუნთა სიხშირის მგრძნობიარე ელემენტის 1 სიმძიმის ცენტრი აცილებულია ტურბინის ბრუნვის ღერძს. ტურბინის ბრუნვის დროს, როცა მისი სიხშირე არ აღემატება ნომინალური სიხშირის 110-112%-ს, ექცენტრულად დამაგრებულ მასაში ბრუნვის შედეგად წარმოქმნილი ცენტრიდანული ძალა წონასწორდება ზამზარის 2 დაჭიმულობის ძალით.

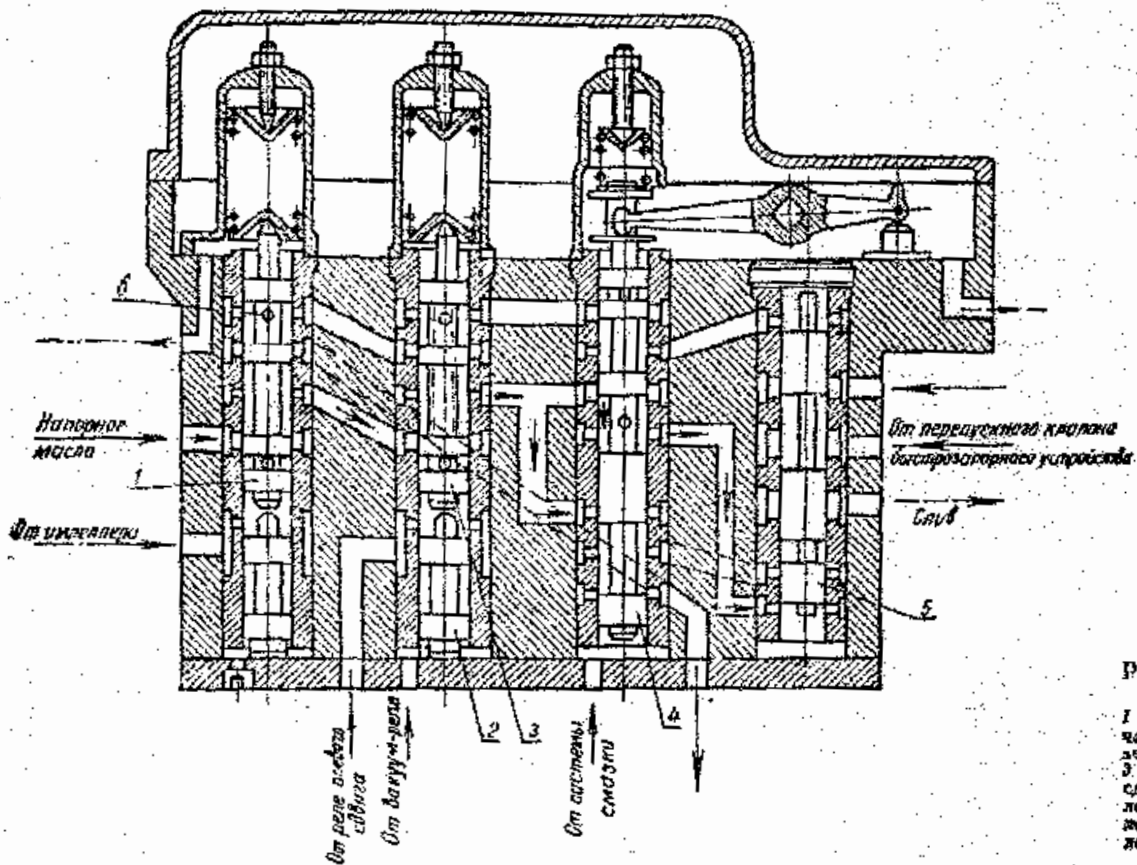
ბრუნთა სიხშირის გადამეტების დროს ცენტრიდანული ძალაც მოიმატებს და გადალახავს ზამზარას დაჭიმულობის ძალას, მგრძნობიარე ელემენტი აშორდება ღერძს



და იმოქმედებს ზამბარის მიერ დატვირთულ ბერკეტზე 3. ბერკეტი შემობრუნდება და დამჭერი 4 მოშორდება ზეთის მკვეთარას 5, რომელიც ზამბარის 6 მოქმედებით გადაინაცვლებს მარცხნივ და შეაერთებს ფანჯარას 7 სლივთან.

ამის შედეგად (ნახეთ ნახ.63) სწრაფჩამკეტი მოწყობილობის პერეპუსკნოი-სარქველის ზედა სივრცეში წნევა ეცემა, პერეპუსკნოი სარქველი გადაინაცვლებს და სწრაფჩამკეტი სარქველის დგუშის ზედა სივრცეს შეაერთებს სლივთან. ზამბარის მოქმედების შედეგად სერვომოტორის დგუში აიწევა მაღლა და დახურავს სწრაფჩამკეტი მოწყობილობის ორთქლის სარქველს.

ჰიდროდინამიკური მგრძობიარე ელემენტის (იმპულერი) გამოყენების შემთხვევაში, ზეთი იმპულერიდან მიეწოდება ზეთის გამომრთველის (ნახ.70) მკვეთარას ქვედა სივრცეს. ეს მკვეთარა იმყოფება წონასწორულ მდგომარეობაში, რადგანაც მასზე ქვემოდან მოქმედი იმპულერის ზეთის წნევის და ზემოდან მოქმედი ზამბარას დაჭიმულობის ძალები აწონასწორებენ ერთმანეთს.



ნახ.70. ზეთის გამომრთველი;

- 1- ზღვრული ბრუნთა სიხშირის მკვეთარა;
- 2- ვაკუუმ-რელეს მკვეთარა;
- 3- როტორის ღერძული წანაცვლების მკვეთარა;

- 4- შეზეთვის ზეთის წნევის დამცველი მკვეთარა;
- 5- გამომრთველის მკვეთარა;
- 6- ხვრელი.

ბრუნთა ნორმალური სიხშირის დროს მკვეთარა იმყოფება ქვედა მდგომარეობაში. ბრუნთა სიხშირის დასაშვებ მნიშვნელობაზე მეტად გაზრდის შემთხვევაში, ზეთის მომატებული წნევის შედეგად მკვეთარა 1 გადაინაცვლებს მაღლა, ხოლო „ძალური“ ზეთი მიეწოდება გამომრთველის მკვეთარას 5 ზედა სივრცეში. ამის გამო მკვეთარა ჩამოიწევს ქვემოთ და სწრაფჩამკეტი მოწყობილობის სარქველის ზედა სივრცეს (ნახეთ ნახ.68) შეაერთებს სლივთან, რის შედეგად სწრაფჩამკეტი მოწყობილობის სერვომოტორის დგუში ზამბარის ძალით აიწევს მაღლა და ჩაკეტავს ორთქლის სარქველს.

ტურბინის დაცვა შეზეთვის სისტემაში წნევის ვარდნისაგან ხდება იმ მოწყობილობით, რომელიც ახორციელებს რეზერვული ზეთის ტუმბოს გამშვებას და იმ შემთხვევაში, თუ ზეთის ტუმბოს გამშვებით ზეთის წნევა არ აიწია, მაშინ მოწყობილობა წყეტს ტურბინაში ორთქლის მიწოდებას.

რეზერვული ტუმბოს ავტომატური გამშვების მოწყობილობის ერთ-ერთ შემადგენელ ნაწილს წარმოადგენს წნევის რელე, რომელიც მოქმედებაში მოდის წნევის დაეარდნის შემთხვევაში.

თუ რეზერვული ტუმბოს გამშვებისას ზეთის წნევა აგრძელებს ვარდნას, მაშინ ზეთის გამომრთველის მკვეთარა 4 (რომელიც სისტემაში ზეთის წნევის შემოქმედების შედეგად იმყოფება ზედა მდგომარეობაში), ზამბარას ძალით დაიწევს ქვემოთ (ნახ.70) ხოლო სწრაფჩამკეტი მოწყობილობა შეწყვეტს ტურბინაზე ორთქლის მიწოდებას. ტურბინის დაცვა კონდენსატორში ვაკუუმის ვარდნისაგან.

ვაკუუმის დავარდნა, ანუ წნევის აწევა კონდენსატორში შეიძლება გამოიწვიოს ეექტორის მყობრიდან გამოსვლამ, კონდენსატორის გერმეტულობის დაკარგვამ და ა.შ. ამიტომ ვაკუუმის დავარდნის 500-550 მმ.ვწყ.სვ. შემთხვევაში, ტურბინა უნდა გაჩერდეს.

კონდენსატორში წნევის გამზომ მგრძნობიარე ელემენტად გამოიყენება ვაკუუმ-რელე, რომლის კონსტრუქცია მოცემულია ნახ.71, რომლის მუშაობის პრინციპი მდგომარეობს შემდეგში:

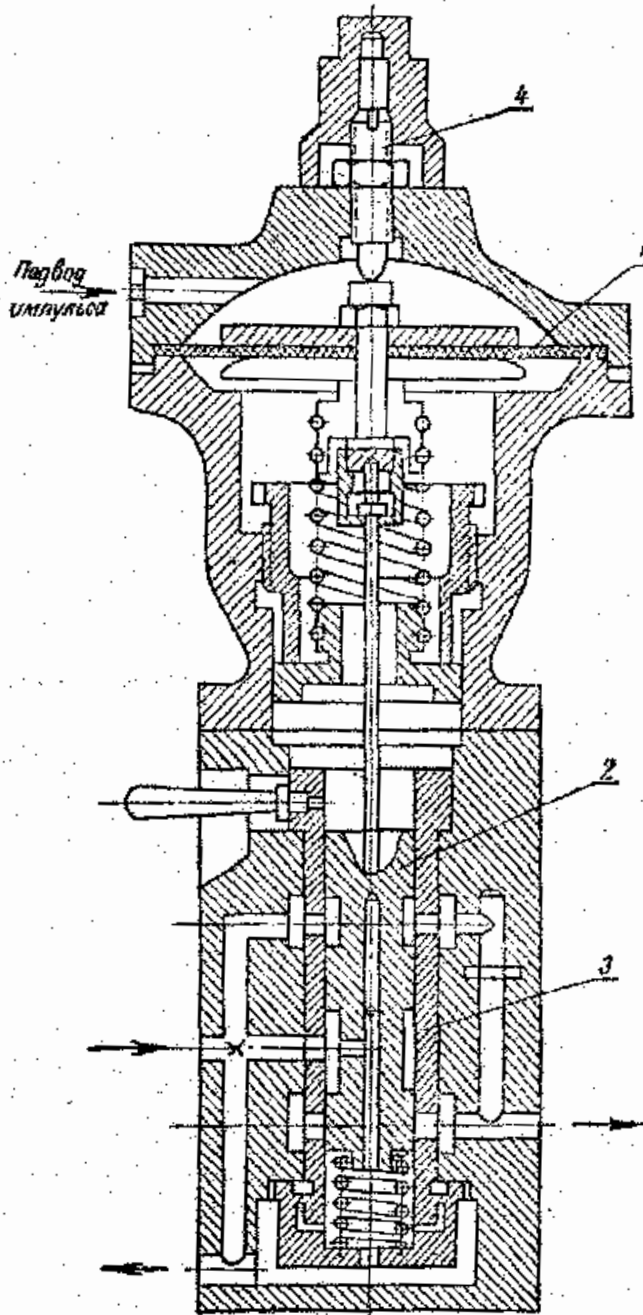
ვაკუუმის ვარდნისას, ანუ წნევის აწევის დროს კონდენსატორში ვაკუუმ-რელეს შემბრანა 1 ჩაიზნიქება, მკვეთარა 2 ჩამოიწევს ქვემოთ და მკვეთარას ზედა და ქვედა ფანჯრები შეუერთდებიან ერთმანეთს. რადგანაც მკვეთარას ერთი ფანჯარა შეერთებულია ძალოვანი ზეთის მაგისტრალთან, ხოლო მეორე ზეთის გამომრთველის მკვეთარასთან 2 (ნახ.70), ამიტომ სწრაფჩამკეტი მოწყობილობის ზეთის სარქველი ამოქმედდება და შეწყვეტს ტურბინაზე ორთქლის მიწოდებას.

ტურბინის დაცვა როტორის წანაცვლებისგან.

ტურბინის ღერძული წანაცვლების მგრძნობიარე ელემენტად გამოიყენება გამჭოლი ღერძული კვეთის მკვეთარა (ღერძული წანაცვლების რელე) ნახ.72.

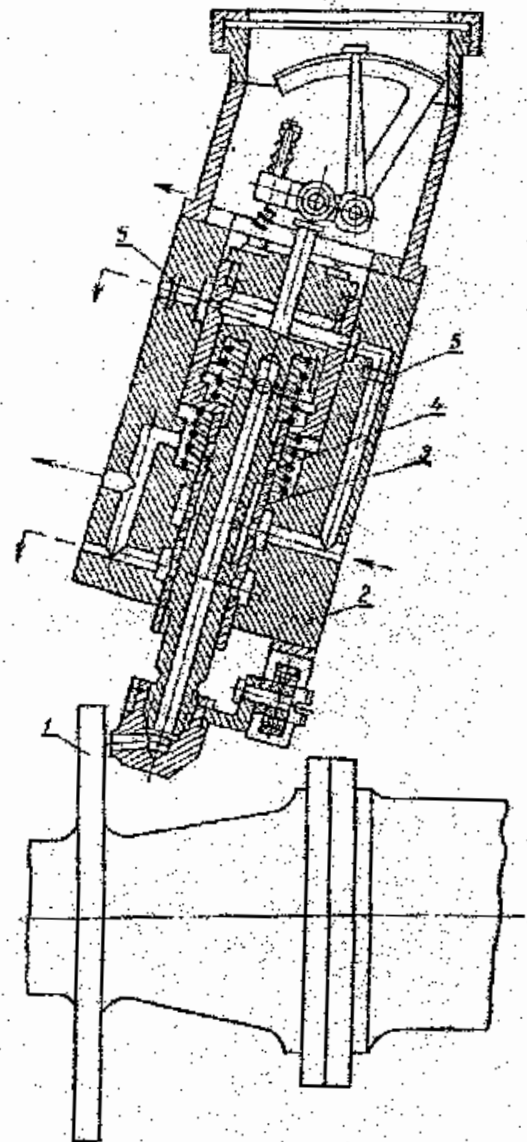
ტურბინის როტორის წანაცვლების შემთხვევაში ( რაც გამოწვეულია საკისარის მწყობრიდან გამოსვლით), შეიცვლება ტურბინის ლილვს 1 და მკვეთარას გამავალ

კვეთას შორის არსებული ღრეჩო, რაც გამოიწვევს იმპულსური ზეთის წნევის შეცვლას. აღნიშნული წნევის ცვლილების გამო ზეთის გამომრთველის მკვეთარა 3 გადაინაცვლებს, ამოქმედდება სწრაფჩამკეტი მოწყობილობა და შეწყდება ტურბინაზე ორთქლის მიწოდება.



ნახ. 71. კონდენსატორში ვაკუუმის ვარდნის დამცავი მოწყობილობა (ვაკუუმ-რელე)

1 — მკვეთარა; 2 — მკვეთარა; 3 — მკვეთარას მილითა; 4 — ხელის შემზღვეველი.



ნახ. 72. ტურბინის როტორის ღრეჩული (ინაცვლების აგრეგატის გამჭოლი მკვეთარა

1 — ლილე; 2 — კორპუსი; 3 — მკვეთარას მილითა; 4 — მკვეთარა; 5 — დროსტელური მხიბა.

კითხვები თვითშეჯახებისთვის.

- 1- ორთქლის ტურბოდანადგარის სარეგულირებელი სიდიდეები.
- 2 როგორ ხდება წნევის რეგულირება ორთქლის ადების სისტემაში?
- 3- რა და რა სახის დაცვის მოწყობილობებია თანამედროვე ტურბოდანადგარებში?

## თავი 6

### გემის დიზელური დანადგარების ავტომატიზაცია.

#### 6.1. ავტომატიკის ძირითადი საკითხები.

თანამედროვე გემის ენერგეტიკული დანადგარი აღჭურვილია ავტომატიზაციის მაღალი კლასის საშუალებებით, რაც იძლევა იმის შესაძლებლობას, რომ ენერგეტიკული დანადგარი გემის სვლის დროს იმართებოდეს მხოლოდ ერთი ვახტის მექანიკოსის მიერ, ხოლო დგომის დროს იყოს უვახტო მომსახურება.

ასეთი სქემის განსახორციელებლად გათვალისწინებულია:

- 1) მთავარი ძრავის დისტანციური ავტომატური მართვა ხიდურიდან;
- 2) მთავარი ძრავისა და დიზელ-გენერატორების მომსახურე ტუმბოების ავტომატური და დისტანციურ-ავტომატური მართვა;
- 3) მთავარი კომპრესორების ავტომატური ან დისტანციურ-ავტომატური მართვა;
- 4) გემის ავტომატიზირებული ელექტრო სადგური, რომელიც ითვალისწინებს გენერატორების ავტომატურ სინქრონიზაციას და პარალელურ რეჟიმში შეყვანას. ამასთანავე, ავარიული დიზელ-გენერატორის გაშვებას მაშინ, როდესაც მთავარ გამანაწილებელ დაფას არ მიეწოდება კვება (გაუდენურება).
- 5) დამხმარე და უტილიზაციური ქვაბების ავტომატური მართვა. (ქვაბის მოშვადება და გაშვება ხდება ხელოვნურად)
- 6) მთავარი ძრავისა და დიზელ გენერატორების შეზეთვისა და გაგრილების სისტემების ავტომატიზირებული სისტემები;
- 7) სამანქანე განყოფილების სხვადასხვა სისტემების (სახარჯი ტანკის, ზეთისა და საწვავის გათბობა) ავტომატური თერმორეგულირება;
- 8) მძიმე საწვავის სიბლანტის ავტომატური რეგულირების სისტემა;
- 9) ავტომატიზირებული საწვავის სეპარატორები;
- 10) ცილინდრული შეზეთავის ავტომატიზირებული სისტემა;
- 11) სამანქანე განყოფილების ცისტერნების დონის დისტანციური გაზომვა და სიგნალიზაცია მათი საშიში მნიშვნელობის შემთხვევაში;
- 12) სახანძრო ტუმბოების დისტანციური გაშვება და გაჩერება მართვის ცენტრალური პოსტიდან, ხიდურიდან და გემბანის კანცელარიიდან;
- 13) ვენტლატორების დისტანციური გაშვება და გაჩერება მართვის ცენტრალური პოსტიდან და მათი დისტანციური გაჩერება ხიდურიდან;
- 14) დამხმარე მექანიზმების მუშაობის საათების მრიცხველები.

გარდა ამისა, გათვალისწინებულია პარამეტრების მნიშვნელობათა რეგისტრაცია და მათი დარღვევის შემთხვევაში შესაბამისი სიგნალის გადაცემა მექანიკოსის კაიუტაში, კაიუტ-კომპანიაში და სასადილო ოთახში.

კომპლექსური ავტომატიზაცია აადვილებს გემის მართვას და ამაღლებს მის მანევრირებას, გამორიცხავს არასწორ ოპერაციებს, ძრავებს ამუშავებს ეკონომიურად და ამცირებს მომსახურე პერსონალის რიცხვს.

ვინაიდან ავტომატური რეგულირების სისტემა შეადგენს კომპლექსური ავტომატიზაციის ძირითად ნაწილს, ამიტომ ცალ-ცალკე განვიხილოთ ავტომატური რეგულირების ის ძირითადი სისტემები, რომლებიც ემსახურებიან ძრავებს და მათ მომსახურე მექანიზმებს. თანამედროვე დიზელი წარმოადგენს რეგულირების რთულ ობიექტს, რმელშიც ავტომატურად რეგულირდება შემდეგი ძირითადი პარამეტრები:

მუხლა ლილვის ზრუნთა სიხშირე; ტემპერატურა გაგრილების, შეუეთვის და ჩაბერვის სისტემაში; საწვავის სიბლანტე.

### 6.2 ზრუნთა სიხშირის რეგულირება

გაზოტურბინული დანადგარით აღჭურვილი დიზელის ძრავის, როგორც ზრუნთა რიცხვის რეგულირების ობიექტის დინამიკა, რომლის ფუნქციონალური სქემა მოცემულია ნახ.73, შეიძლება აღწერილი იქნას დიფერენციალურ განტოლებათა შემდეგი სახის სისტემით:

1) დიზელის ძრავის:

$$(T_D p + 1) \varphi_D = k_1 \mu + k_2 \varphi_n; \quad (89 a)$$

2) ტურბოკომპრესორის:

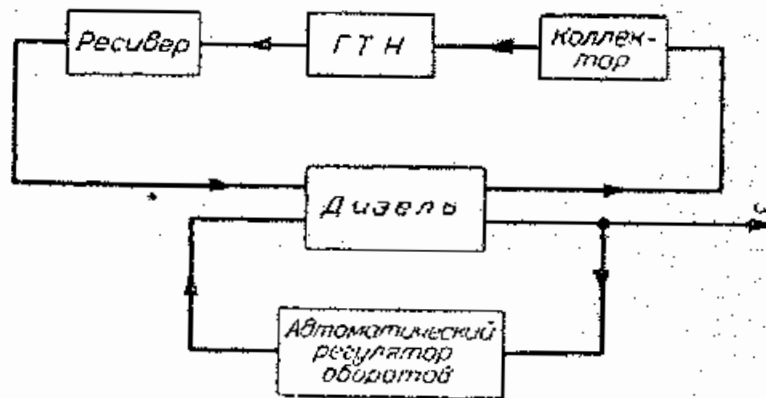
$$(T_T p + 1) \varphi_T = k_3 \zeta + k_4 \mu + k_5 \varphi_n; \quad (89 b)$$

3) შემშვები კოლექტორის:

$$(T_K p + 1) \varphi_n = k_6 \varphi_T + k_7 \varphi_D; \quad (89 v)$$

4) გამომშვები კოლექტორის:

$$(T_H p + 1) \zeta = k_8 \varphi_D + k_9 \varphi_n + k_{10} \mu; \quad (89 r)$$



ნახ. 73. ძრავის ზრუნთა სიხშირის ავტომატური რეგულირების სისტემის ფუნქციონალური სქემა.

განტოლებათა სისტემის ამოხსნის შედეგად, მივიღებთ მე-4-ე რიგის ერთ დიფერენციალურ განტოლებას. ამ განტოლებებში  $T_D$ ,  $T_T$ ,  $T_K$  და  $T_H$  წარმოადგენენ ძრავის, ტურბოკომპრესორის, შემშვები და გამომშვები კოლექტორების დროის მუდმივებს,  $k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6, k_7, k_8, k_9, k_{10}$  — გაძლიერების კოეფიციენტებს.

ხოლო:

$$\varphi_A = \frac{\Delta\omega_A}{\omega_A^0}, \quad \varphi_T = \frac{\Delta\omega_T}{\omega_T^0}, \quad \varphi_P = \frac{\Delta p_K}{p_K^0}, \quad \zeta = \frac{\Delta p_T}{p_T^0}, \quad \mu = \frac{\Delta h}{h^0}$$

— წარმოადგენს ძრავის ლილვის ბრუნთა სიხშირის, ტურბინის როტორის ბრუნთა სიხშირის, კომპრესორის წნევის, გამონახოლქვი გაზების წნევის და საწვავის ტუმბოების ბერკეტის გადანაცვლების უგანზომილებო ცვლადებს.

როგორც ცნობილია, მხაფავ ლილვზე მომუშავე გემის დიზელის ძრავი, როგორც ბრუნთა სიხშირის რეგულირების ობიექტი, ხასიათდება დადებითი თვითრეგულირებით. ამიტომ დიდი შემფოთებების არ არსებობის შემთხვევაში, მას შეუძლია იმუშაოს დამოუკიდებლად რეგულატორის გარეშე. მაგრამ იმის გამო, რომ გემის შტორმულ პირობებში ცურვის დროს ბრუნთა სიხშირის რბევები შეზღუდულია და ამასთანავე რეგულატორი უზრუნველყოფს დიზელის დისტანციურ ავტომატურ მართვას, ძრავები აღჭურვილი არიან ბრუნთა სიხშირის რეგულატორებით, რომელთა ტიპები და მახასიათებლები დამოკიდებულია გემისა და პროპულსიური კომპლექსის თავისებურებებზე.

#### 6.2.1. ბრუნთა სიხშირის რეგულატორთა კლასიფიკაცია

ბრუნთა სიხშირის რეგულატორები მგრძნობიარე ელემენტის მიხედვით კლასიფიცირდებიან როგორც მექანიკური, პნევმატური და ჰიდრაულიკური რეგულატორები. ძრავის მართვის ორგანოებზე სიგნალის გადაცემის მიხედვით კლასიფიცირდებიან როგორც პირდაპირი და არაპირდაპირი რეგულატორები. სიჩქარის რეჟიმების რეგულირების მიხედვით კლასიფიცირდებიან როგორც ზღვრული, ერთრეჟიმიანი, ორრეჟიმიანი და მრავალრეჟიმიანი რეგულატორები. უკუკავშირის მიხედვით კლასიფიცირდებიან როგორც რეგულატორები უკუკავშირის გარეშე, ხისტი უკუკავშირით, იზოდრომული უკუკავშირით და კომბინირებული უკუკავშირით. იმპულსთა რაოდენობის მიხედვით როგორც ერთი იმპულსიანი და მრავალი იმპულსიანი რეგულატორები.

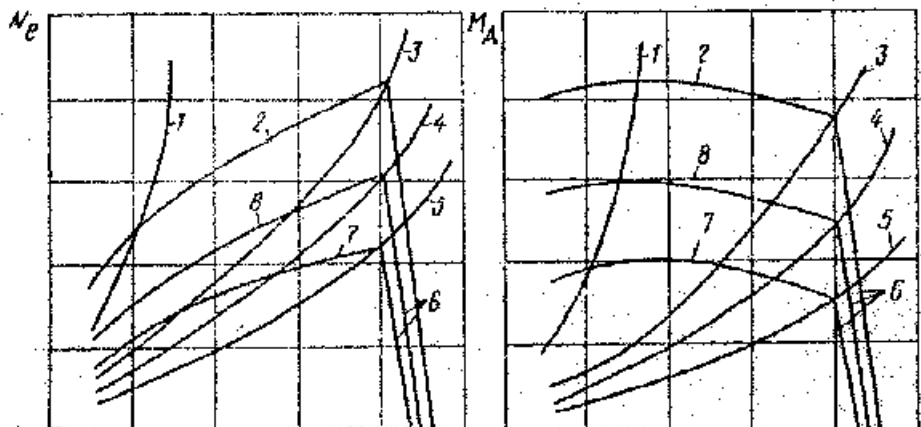
გემის ძრავის ბრუნთა სიხშირის სარეგულირებლად ხშირ შემთხვევაში გამოიყენება როგორც ზღვრული, ასევე მრავალრეჟიმიანი არაპირდაპირი მოქმედების რეგულატორები მექანიკური მგრძნობიარე ელემენტებით.

ზღვრული რეგულატორის შემთხვევაში, ძრავის ბრუნთა სიხშირე რეგულირდება მართვის ცენტრალური პოსტიდან საწვავის ტუმბოს მარეგულირებელ ორგანოზე უშუალო ზემოქმედებით. ამ შემთხვევაში, მართვის პოსტის სახელურის ნებისმიერ მდგომარეობას შეესაბამება საწვავის ტუმბოს მარეგულირებელი ორგანოს გარკვეული მდგომარეობა და ძრავის გარკვეული წილობრივი მახასიათებელი. ზღვრული რეგულატორით აღჭურვილი ძრავის მახასიათებლები მოყვანილია ნახ.74

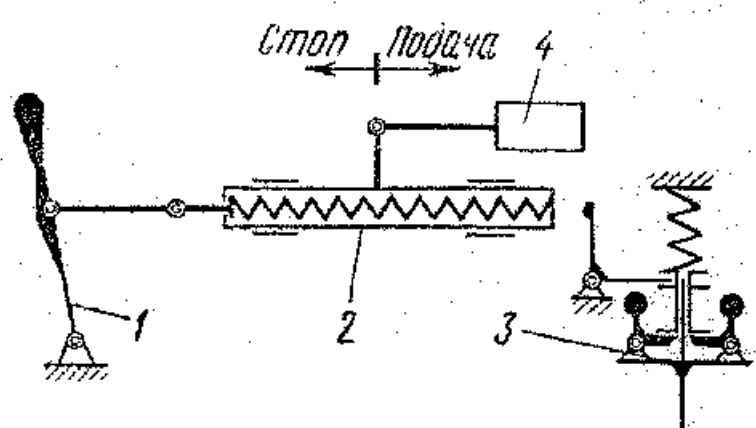
ზღვრული რეგულატორი მოქმედებაში მოდის მხოლოდ მაშინ, როცა ბრუნთა სიხშირე გადააჭარბებს დასაშვებ მნიშვნელობას ( ხრახნის დაკარგვის ან გაშიშვლების შემთხვევაში) და გადაანაცვლებს საწვავის მარეგულირებელ ორგანოს მხოლოდ საწვავის მიწოდების დაკლებისაკენ. თუ ბრუნთა სიხშირე ზღვრულ მნიშვნელობაზე ნაკლებია, მაშინ რეგულატორი არ ზემოქმედებს საწვავის მარეგულირებელ ორგანოზე. ზღვრული



რეგულატორისა და საწვავის მარეგულირებელი ორგანოს ურთიერთქმედების ერთ-ერთი შესაძლებელი სქემა მოცვანილია ნახ.75



ნახ. 74. ზღვრული რეგულატორით აღჭურვილი ძრავის მახასიათებლები; 1,3,4,5, — ხრახნული მახასიათებლები; 2 — გარე მახასიათებელი; 6 — რეგულატორული მახასიათებლები; 7 და 8 — წილობრივი მახასიათებლები.

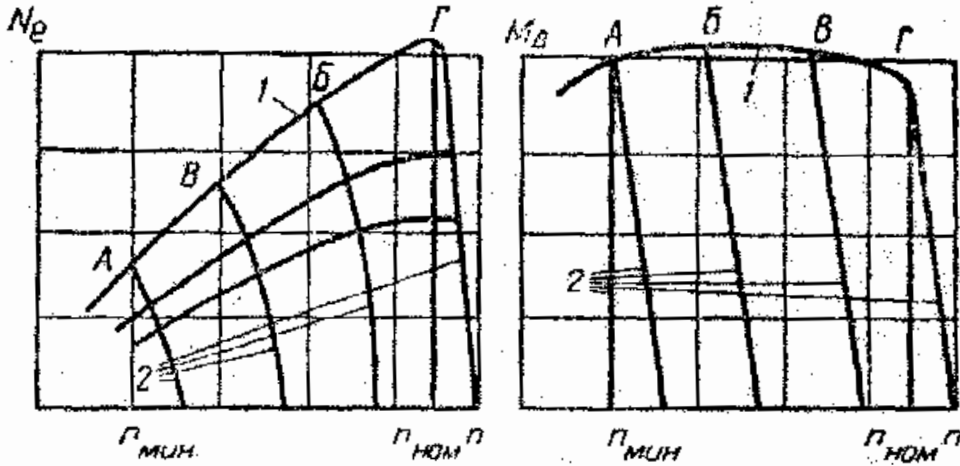


ნახ. 75. ზღვრული რეგულატორისა და საწვავის მარეგულირებელი ორგანოს ურთიერთქმედების სქემა. 1 — საწვავის ხელოვნური მიწოდების მარეგულირებელი სახელური; 2 — пружинная тяга; 3 — ზღვრული რეგულატორი; 4 — საწვავის ტუმბო.

ბოლო წლებში ფართო გამოყენება ჰპოვა მრავალრეჟიმიანი რეგულატორმა, რომლებიც ავტომაურად იჭერს ნებისმიერ მოცემულ სიჩქარულ რეჟიმს, ნომინალური მდგრადიდან მაქსიმალურამდე. მრავალრეჟიმიანი რეგულატორით აღჭურვილი ძრავის მახასიათებლები მოცემულია ნახ.76

მრავალრეჟიმიანი რეგულატორის შემთხვევაში, მუშაობის ნებისმიერი რეჟიმის დროს საწვავის მიწოდების რეგულირება ხდება რეგულატორის საშუალებით, რომლის სერვომოტორის გამომავალი ბერვეტი შეერთებულია საწვავის ტუმბოების საწვავის მარეგულირებელ ორგანოებთან, ხოლო ძრავის მუშაობის რეჟიმი დაიკვეთება მართვის პოსტიდან რეგულატორის მგრძნობიარე ელემენტის ზამბარის დაჭიმულობის გზით.

ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარეობს შემდეგი: ზღვრული რეგულატორის არსებობის შემთხვევაში ძრავში საწვავის ციკლური მიწოდება რჩება უცვლელი, ხოლო



ნახ. 76. მრავალრეჟიმიანი რეგულატორით აღჭურვილი ძრავის მახასიათებლები; 1 — გარე მახასიათებლები; 2 — რეგულატორული მახასიათებლები.

ძრავის ლილვის ბრუნთა სიხშირე გარე დატვირთვის ცვლილებასთან ერთად შეიცვლება ფართო დიაპაზონში (მაქსიმალურად დასაშვებამდე).

აღნიშნულ შემთხვევაში, ძრავის სითბური დატვირთვა და მასთან დაკავშირებული ტემპერატურული დაძაბულობები ცილინდრულ-დგუშურ ჯგუფში პრაქტიკულად უცვლელი რჩება, ხოლო ძრავის მოძრავი დეტალების ინერციის დატვირთვები მიაღწევენ მაქსიმალურ მნიშვნელობებს.

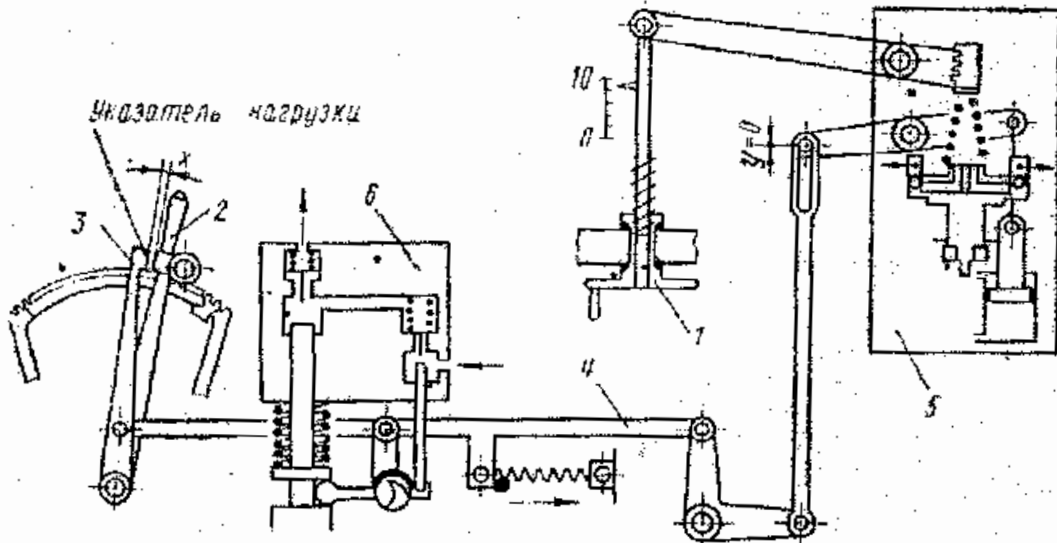
— მრავალრეჟიმიანი რეგულატორის არსებობის შემთხვევაში, გარე დატვირთვის ცვლილების დროს შეიცვლება საწვავის ციკლური მიწოდება ისე, რომ ბრუნთა სიხშირე რჩება უცვლელი. ამ შემთხვევაში ბრუნთა სიხშირის ცვლილების შედეგად გამოწვეულ ინერციულ დატვირთვებს არ ექნებათ ადგილი, მაგრამ სითბური დატვირთვა და ტემპერატურული დაძაბულობები მიაღწევენ მაქსიმალურ მნიშვნელობას.

ანუ როგორც ზღვრულ, ასევე მრავალრეჟიმიან რეგულატორებს აქვთ თავისი უარყოფითი მხარეები. ამიტომ ბოლო წლებში ხრახნთან პირდაპირი შეერთების დიზეინებში გამოიყენება რეგულატორები, რომლებიც მუშაობენ მრავალრეჟიმიან-ზღვრული სქემით. ნახ. 77

მრავალრეჟიმიანი რეგულატორის ჩართვის ასეთი სქემის შემთხვევაში, მას შეუძლია იმუშაოს როგორც მრავალრეჟიმიანი, ასევე ზღვრული რეგულატორი.

რეგულატორის 5 სასურველ რეჟიმზე დაყენება ხდება მართვის ცენტრალურ პოსტში არსებული მქნევარას 1 საშუალებით, რომლის ბრუნვის შედეგად ხდება ზემოქმედება ბერკეტებზე და იცვლება მგრძობიარე ელემენტის ზამზარას დაჭიმულობა.





ნახ. 77. მრავალრეჟიმიან-ზღვრული სქემით ჩართული რეგულატორი;

საწვავის ციკლური მიწოდების რეგულირება ხდება ბერკეტის 2 საშუალებით, რომელიც ამავე დროს წარმოადგენს დატვირთვის მაჩვენებლის 3 დასაყრდენ-შემზღვეველს და ბერკეტის 4 საშუალებით შემოქმედებს საწვავის ტუმბოს 6 მარეგულირებელ ორგანოზე.

მქნევარასა და ბერკეტის ურთიერთკავშირი და მათი ურთიერთგანლაგება იძლევა იმის საშუალებას, რომ რეგულატორს შეუძლია იმუშაოს როგორც მრავალრეჟიმიანი, ან როგორც ზღვრული.

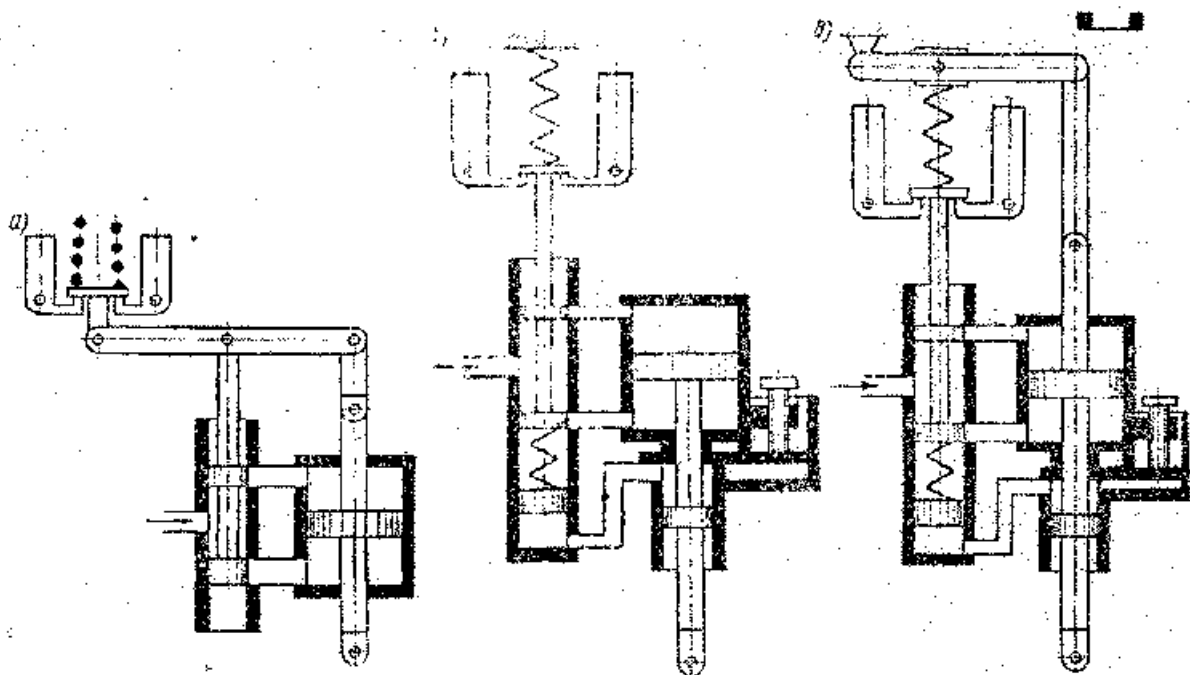
თუ ბერკეტსა 2 და დატვირთვის მაჩვენებელს 3 შორის არსებობს  $x$  ღრეჩო, ხოლო ბერკეტის 4 და რეგულატორის გამომავალ ბერკეტს შორის შეერთებაში ღრეჩო არ არის ( $y = 0$ ), მაშინ რეგულატორი მუშაობს როგორც მრავალრეჟიმიანი, ხოლო ბრუნთა სიხშირე განისაზღვრება რეგულატორის ნასტროიკის მქნევარას 1 მდგომარეობით.

თუ არსებობს  $y$  ღრეჩო ხოლო  $x$  ღრეჩო არ არსებობს, მაშინ რეგულატორი მუშაობს როგორც ზღვრული და ბრუნთა სიხშირის რეგულირება ხდება სახელურით 2.

ერთრეჟიმიანი რეგულატორი განკუთვნილია მოცემული ბრუნთა სიხშირის შესანარჩუნებლად ნებისმიერი დატვირთვის დროს. ასეთი სახის რეგულირება ხდება დამხმარე ძრავებში (დიზელ-გენერატორებში, დიზელ-კომპრესორებში და სხვა). მთავარ ძრავებში კი ისინი გამოიყენებიან როგორც ზღვრული რეგულატორები.

ორრეჟიმიანი რეგულატორის დანიშნულებაა უზრუნველყოს ძრავის ბრუნთა სიხშირის ავტომატური რეგულირება მისი ორ უკიდურეს რეჟიმში მუშაობისას (უქმი სვლისა და მაქსიმალური დატვირთვის დროს). ამ ორი უკიდურესი რეჟიმების გარდა ყველა დანარჩენ რეჟიმში ძრავის მართვა ხდება ხელოვნურად საწვავის მარეგულირებელ ორგანოზე ოპერატორის უშუალო შემოქმედებით. ამ ტიპის რეგულატორები ძირითადად გამოიყენება მცირე სიმძლავრის ძრავებში.

რეგულატორების დინამიკური მახასიათებლების გასაუმჯობესებლად (ძირითადად მდგრადობა და გარდამავალი პროცესის ხანგრძლივობა) სისტემაში შეჭყავთ დამატებითი უკუკავშირები. ნახ. 78 ა, ნდა ბ -ზე ნაჩვენებია რეგულატორები სხვადასხვა სახის უკუკავშირებით.



ნახ. 78. რეგულატორების სქემები სხვადასხვა სახის უკუკავშირებით.

*a* — ხისტი; *ბ* — იზოდრომული; *გ* — კომბინირებული.

როგორც ცნობილია, ხისტი უკუკავშირის არსებობის შემთხვევაში რეგულატორი მუშაობს სტატიკური ცდომილებით ან ნარჩენი უთანაბრობის ხარისხით.

კონსტრუქციულად ხისტი უკუკავშირები აგებულია ისე, რომ შესაძლებელია ნარჩენი უთანაბრობის რეგულირება უკუკავშირის ბერკეტთა მხრების ცვლილებით.

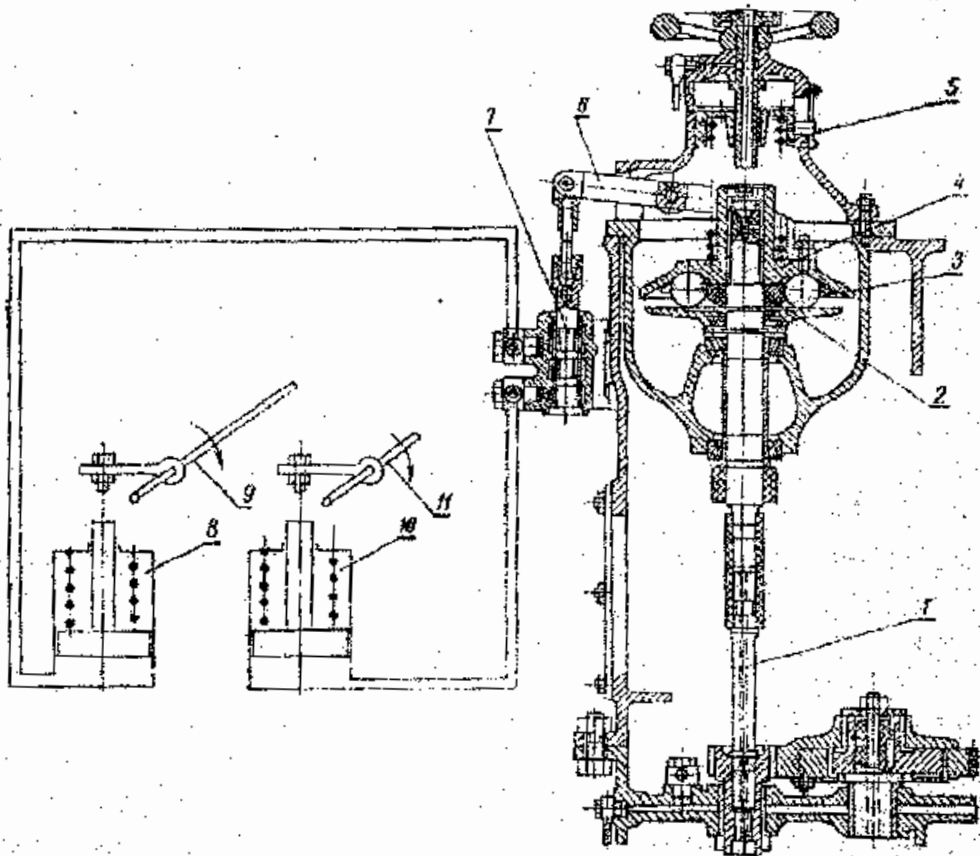
ხისტი უკუკავშირიან რეგულატორებისაგან განსხვავებით, რეგულატორებში იზოდრომული უკუკავშირით უთანაბრობა წარმოიშეება მხოლოდ გარდამავალი პროცესის რეჟიმებში, ხოლო მისი დასრულებისას უთანაბრობა ქრება. ამიტომ იზოდრომულ რეგულატორებს უწოდებენ რეგულატორებს დროებითი სტატიზმით.

კომბინირებულ უკუკავშირიან რეგულატორებში ნარჩენი უთანაბრობის ხარისხის ცვლა მისი ნასტროიკის მიხედვით შესაძლებელია ნულიდან მაქსიმალურ (6-12%) მნიშვნელობამდე. ნარჩენი უთანაბრობის ხარისხი აუცილებელია ძრავების პარალელურ რეჟიმში მუშაობისათვის და ასევე საწვავის ციკლური მიწოდების რხევების შესამცირებლად ძრავის დატვირთვის პერიოდულად ცვლილების პირობებში (მაგ. შტორმის დროს).

### 6.2.2. ზრუნთა სიხშირის რეგულატორთა სქემები.

თანამედროვე გემების მაღალი სიმძლავრის დიზელის ძრავები აღჭურვილია ფიატის ფორმის არაპირდაპირი ქმედების ზღვრული რეგულატორებით (ნახ.79). რეგულატორის ლილვი 1 მოძრაობაში მოდის ძრავის ლილვის მეშვეობით. თუ ძრავის ზრუნთა სიხშირე გადააჭარბებს დასაშვებ მნიშვნელობას (103-105% ნომინალურიდან), მგრძნობიარე ელემენტის ბურთულები 3 ცენტრიდანული ძალების მოქმედების შედეგად გამოიწვევიან და და მუფთას 4 გადაანაცვლებენ ზემოთ. მუფთა ბერკეტის 6 საშუალებით

გადაანაცვლებს მკვეთარას 7, რომელიც მართავს ორ პნევმატიკურ სერვომოტორს 8 და 10 ისე, რომ პირველად ამოქმედდეს ერთი, ხოლო შემდეგ მეორე. შესაბამისად გამოიწვევს საწვავის ტუმბოების ჯერ ერთი ჯგუფის და შემდეგ მეორე ჯგუფის გამორთვას. მქნევარას საშუალებით იცვლება ზამბარას 5 დაქიმულობა რეგულატორის პირველადი ნასტროიკის დროს.



ნახ. 79. ფიატის ფირმის ბრუნთა სიხშირის რეგულატორის სქემა.

1 — რეგულატორის ლილევი; 2 — поперечина; 3 — ტვირთები; 4 — მუფთაა; 5 — пружина задания; 6 — ბერკეტი; 7 — მამლიერებლის მმართავი მკვეთარა; 8 — სერვომოტორი, რომელიც გამორთავს საწვავის მაღალი წნევის ტუმბოების პირველ ჯგუფს.; 9 — პირველი ჯგუფის გამომრთველი მექანიზმის ლილევი; 10 — სერვომოტორი, რომელიც გამორთავს საწვავის მაღალი წნევის ტუმბოების მეორე ჯგუფს.; 11 — მეორე ჯგუფის გამომრთველი მექანიზმის ლილევი.

მრავალრეჟიმიანი რეგულატორის ერთ-ერთ გავრცელებულ სახეს წარმოადგენს ამერიკული Woodward-ის ფირმის UG-40TL ტიპის არაპირდაპირი ქმედების რეგულატორი ნახ.80. რეგულატორის მარკა იმიფრება შემდეგნაირად: U - უნივერსალური; G - რეგულატორი; 40 - განსაზღვრავს რეგულატორის მუშაობის უნარიანობას (გამომავალი ღერძის ძალისა და მისი გადაადგილების ნამრავლს) ფუნტო-ფუტებში (~550 კგ.ძ. სმ); TL - დატვირთვის შეზღუდვა.

ადნიშნული რეგულატორი არის უნივერსალური, რადგანაც იგი შეიცავს მოცემულ სიჩქარულ რეჟიმზე დამოკიდებულ საწვავის მიწოდების პროგრამული შეზღუდვის დამატებით მოწყობილობას და ჩაბერვის წნევაზე დამოკიდებულ საწვავის მიწოდების შეზღუდვის მოწყობილობას.

დამყარებული რეჟიმის დროს მოძრავი მუფთა, რომელიც ასრულებს შემადარებელი მოწყობილობის როლს, იმყოფება წონასწორულ მდგომარეობაში, რადგანაც მასზე მოქმედ ტვირთების 3 ცენტრიდანულ ძალებს აწონასწორებს ზამზარას 4 დაჭიმულობის ძალა.

წონასწორული რეჟიმის დარღვევის შემთხვევაში მუფთა გადაადგილდება და გადაწევს მასთან კინემატიკურ კავშირში მყოფ მკვეთარას 2, რომელიც უზრუნველყოფს ზეთის მიწოდებას სერვომოტორის 1 ქვედა სივრცეში. სერვომოტორის დგუშის გადაადგილებისას მოქმედებაში შოდიან უკუკავშირები, რომლებიც მკვეთარას 2 გადაანაცვლებენ საწინააღმდეგო მიმართულებით. ხისტი უკუკავშირის ბერკეტები 25, 26 და 18 შეცვლიან ზამზარას 4 დაჭიმულობას ისე, რომ ძრავის დატვირთვის გაზრდის დროს დაჭიმულობა შემცირდება და ახალი დამყარებული რეჟიმის დროს ძრავი იმუშავებს ნაკლები ბრუნთა სიხშირით.

უკუკავშირის ბერკეტების მხარეთა ფარდობის ცვლილებით შეიძლება ვცვალოთ უთანაბრობა 0-დან 12%-მდე.

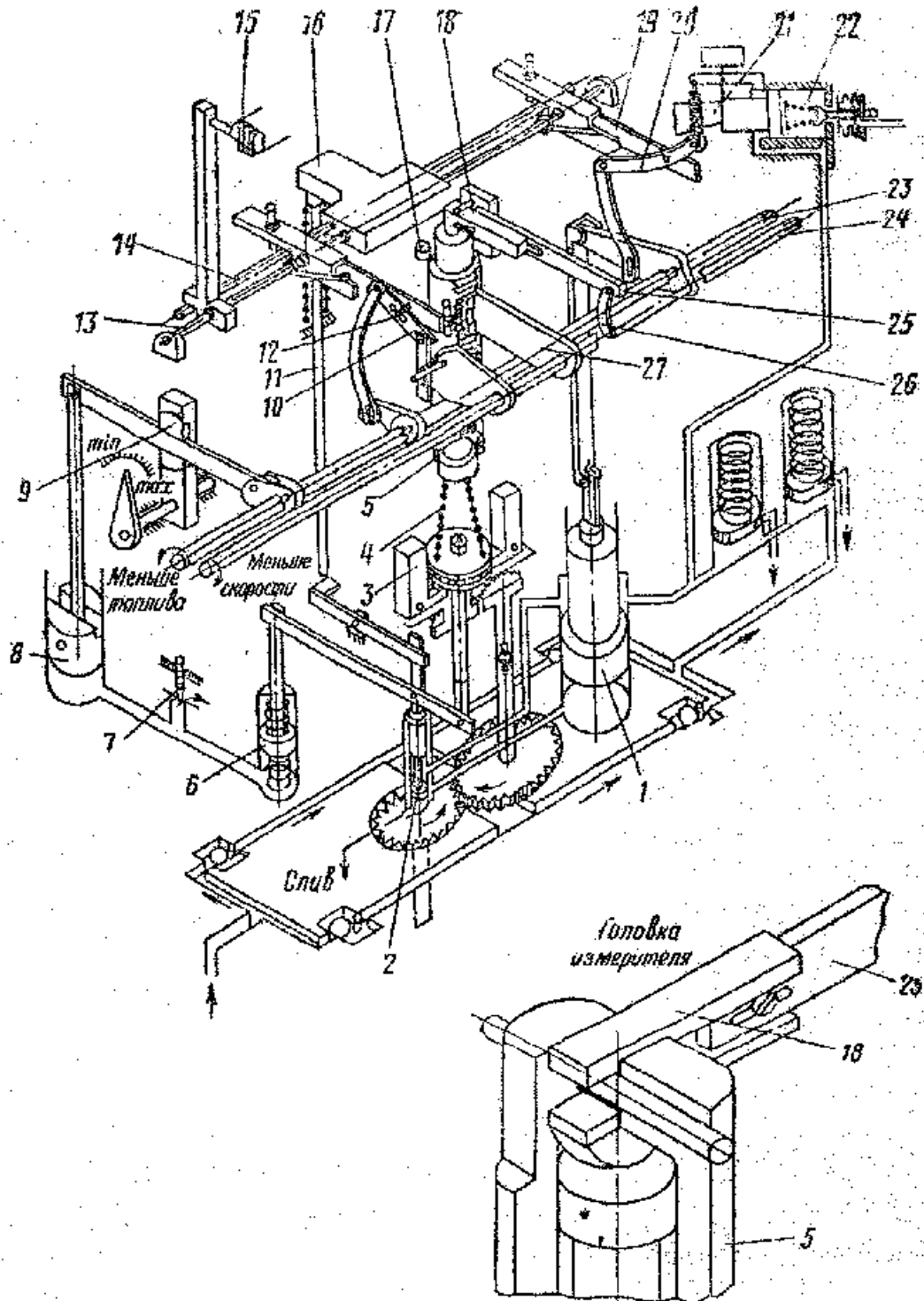
იზოდრომული უკუკავშირი მუშაობს შემდეგნაირად: გამოჩავალი ღერძის 23 მოძრუნების დროს, იზოდრომის დგუში 8 წაინაცვლებს და დგუშის 6 ქვეშ შეცვლის წნევას. რის შედეგადაც დგუში გადაინაცვლებს და მკვეთარას 2 დაუბრუნებს პირვანდელ მდგომარეობას. დროის გარკვეული მონაკვეთის შემდეგ დროსელიდან 7 ზეთის გადადინების გამო დგუშის ქვეშ არსებული ნამატი წნევა ან გაუხშობება გაქრება და დეფორმირებული ზამზარას დაჭიმულობის ძალა დაუბრუნებს დგუშს 6 თავის პირვანდელ მდგომარეობას. ამის შემდეგ იზოდრომული უკუკავშირი შეწყვეტს მოქმედებას.

იზოდრომული უკუკავშირის დროებითი სტატიზმის შეცვლა შესაძლებელია მოძრავი საყრდენის 9 გადაადგილებით. ხოლო იზოდრომის დრო, რომელიც განსაზღვრავს გარდამავალი პროცესის ხანგრძლივობას, რეგულირდება იზოდრომის ნემსის 7 საშუალებით.

ჩაბერვის ჰაერის წნევის ანუ მამბრუნი მომენტის სიდიდის მიხედვით საწვავის მიწოდების შეზღუდვა ხდება კორომისლოს 12 და 19 შემობრუნებით. ისინი თავისუფლად არიან მოთავსებული ღერძზე 13 ისე, რომ მარეგულირებელი ჭანჭიკები აწვებიან მოძრავ ღერძს 14, ხოლო ჭოგი 16 ტალკატელით 11 შემობრუნდება ღერძის 13 გარშემო და ჰორიზონტალური ბერკეტით იჭერს მკვეთარას 2 რათა არ გადაინაცვლოს საწვავის მომატებისაკენ.

კორომისლოები 12 და 19 შესაბამისად შარნირულად უკავშირდებიან ორმხარიან ბერკეტს 20 და ჭოგს 10. ჭოგზე 10 მოქმედებს ჰაერის სიჭარბის კოეფიციენტზე დამოკიდებული საწვავის მიწოდების გაჩერების შესაბამისი ძალა, რომელიც განისაზღვრება სერვომოტორის დგუშის 1 მდგომარეობით და რესივერში ჰაერის წნევით. ჰაერის წნევა რესივერში იზომება სილფონის საშუალებით და სერვომოტორის 22 საშუალებით გარდაიქმნება პროფილური ლეკალის წრფივ გადაადგილებაში.

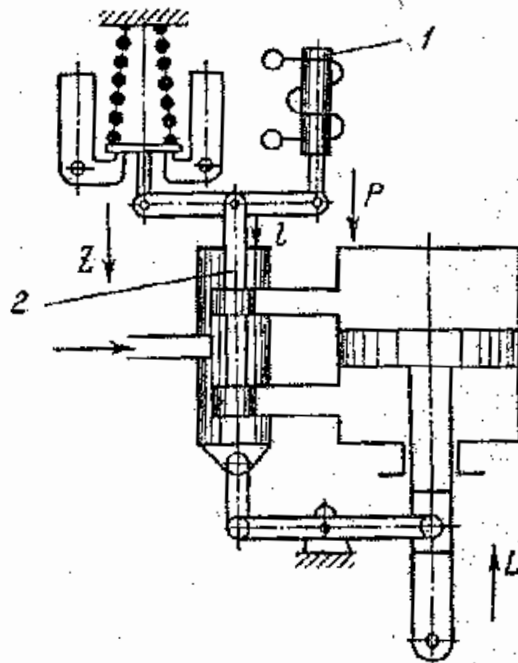
იმ შემთხვევაში, თუ გარდამავალი რეჟიმის დროს ძრავში საწვავის მიწოდება ნაკლებია ვიდრე დერძის 24 მიერ დანიშნულზე, და ამასთანავე არ შეესაბამება ჩაბურვის ჰაერის წნევას, შეზღუდვის მექანიზმი არ მოდის მოქმედებაში.



ნახ. 80. Woodward-ის ფორმის UG-40TL რეგულატორის ხეკმა.

რეგულატორის დაყენება სასურველ რეჟიმზე ხდება სექტორის 27 ზემოქმედებით ღერძზე 24. სოლენოიდის 15 დანიშნულებათა ძრავის ექსტრემალური დისტანციური გაჩერება საწვავის მიწოდების შეწყვეტით. მინიმალური ბრუნთა რიცხვის დაყენება ხდება ხრახნით 17, რომელიც განსაზღვრავს მილისას 5 სვლას.

რეგულირების ხარისხის ასამაღლებლად ( რაც აუცილებელია დიზელ-გენერატორების ბრუნთა სიხშირისთვის) გამოიყენება ორიმპულსიანი რეგულატორები, რომლებშიც ისევე როგორც სხვა დანარჩენ რეგულატორებში ძირითად იმპულსს წარმოადგენს ბრუნთა სიხშირის ცვლილება, ხოლო დამატებით იმპულსად შემოდებულია ან დატვირთვის ცვლილება, ან ლილვის ბრუნთა სიხშირის წარმოებულზე ზემოქმედება. ორიმპულსიანი რეგულატორის დატვირთვის დამატებითი იმპულსით ერთ-ერთი შესაძლო სქემა მოცემულია ნახ.81



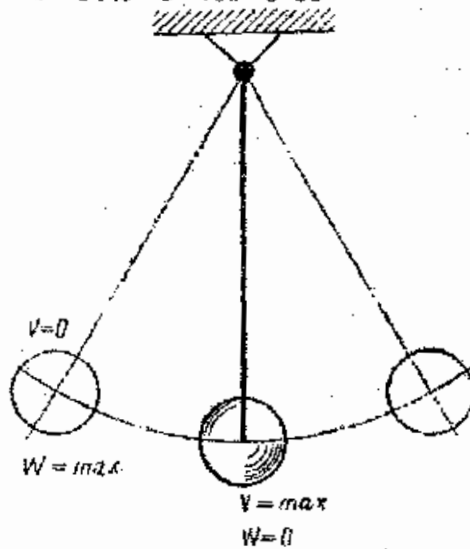
ნახ. 81. ბრუნთა სიხშირის ორიმპულსიანი რეგულატორის სქემა.

დატვირთვის პროპორციული დენი მიეწოდება ელექტრომაგნიტის 1 ხვიას, რომელიც ასრულებს დატვირთვის გამზომის ფუნქციას.

დატვირთვის ცვლილების დროს, როცა ბრუნთა სიხშირე ჯერ კიდევ უცვლელია, დატვირთვის გამზომი 1 გადაანაცვლებს მამლიერებელი მოწყობილობის მკვეთარას 2, რის შედეგად სერვომოტორის დგუში იმოქმედებს მარეგულირებელ ორგანოზე და შეცვლის საწვავის მიწოდებას, რის შედეგად თვიდან აიცილებს ბრუნთა სიხშირის მნიშვნელოვან ცვლილებას.

რეგულატორის მუშაობის პრინციპის ახსნა, როცა იგი მოქმედებს ბრუნთა სიხშირის წარმოებულზე, შეიძლება ქანქარას მოძრაობის მაგალითზე, რომელიც გამოსახულია ნახ.82. როცა ქანქარა მდებარეობს გადახრის უკიდურეს მდგომარეობაში, იცვლება მისი მოძრაობის მიმართულება და ამიტომ სიჩქარე ნულის ტოლია. მაგრამ აჩქარება ანუ სიჩქარის წარმოებული ამ დროს მაქსიმალურია. სწორედ ამ პრინციპით მომუშავე მგრძნობიარე ელემენტის

სქემაზევაში შესაძლებელი იქნება ზემოქმედება აჩქარების ცვლილებაზე, მაშინ, როცა სარეგულირებელი სიდიდე სიჩქარე ჯერ კიდევ იზივია.

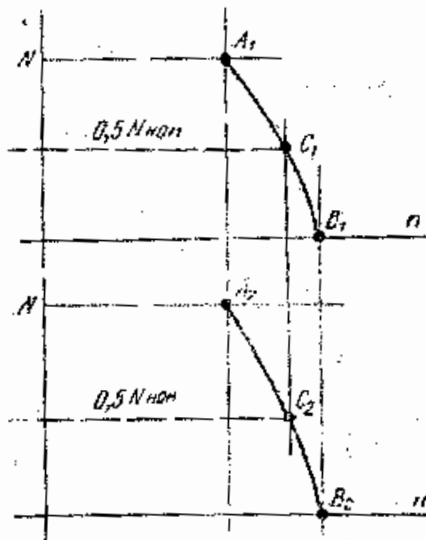


ნახ. 82. წარმოებულზე მოქმედების სქემა.

რეგულატორები, რომლებშიც მეორე იმპულსად გამოიყენება წარმოებულზე ზემოქმედება, ერთიმპულსიან რეგულატორებთან შედარებით მუშაობენ გარკვეული წინსწრებით, რაც უზრუნველყოფს გარდამავალი პროცესის უფრო მაღალ ხარისხს.

### 6.2.3. პარალელურად მომუშავე ძრავების ზრუნთა სიხშირის რეგულირება.

დიზელის პარალელური მუშაობა გამოიყენება დიზელ-რედუქტორულ აგრეგატებში, როდესაც ორი ან მეტი ძრავები მუშაობენ ერთ საერთო მომხმარებელზე. პარალელურად მომუშავე ძრავების ზრუნთა სიხშირე ერთნაირია და ამიტომ აქტიური დატვირთვა მათ შორის ოპტიმალურად განაწილდება ძრავების ნომინალური სიმძლავრის პროპორციულად. დატვირთვის ასეთი განაწილებისათვის აუცილებელია, რომ ყველა ძრავის რეგულატორული მახასიათებლები იყოს ერთი ფორმის და თავსებადი. ნახ.83.



ნახ. 83. პარალელურად მომუშავე ძრავების რეგულატორული მახასიათებლები.

იმის გამო, რომ რეგულატორების სხვადასხვა სიხშირულ რეჟიმზე დაყენებას შეიძლება მოჰყვეს რეგულატორული მახასიათებლების გარკვეული ცვლილებები, აუცილებელია, რომ ეს მახასიათებლები იყოს წრფივი, ან მასთან მიახლოებული. ამავე დროს მდგრადი პარალელური მუშაობისათვის და ძრავებს შორის დატვირთვის სათანადო განაწილებისათვის რეგულატორულმა მახასიათებლებმა უნდა უზრუნველყონ გარკვეული უთანაბრობა. ამიტომ იზოდრომული რეგულატორი, რომლის უთანაბრობა მიახლოებულია ნულთან, პარალელურად მომუშავე დიზელებში არ გამოიყენება.

პარალელურად მომუშავე ძრავების სათანადო რეგულირებისთვის ანუ მდგრადი მუშაობის და დატვირთვის პროპორციულად განაწილების უზრუნველსაყოფად გამოიყენება იზოდრომული რეგულატორები ნარჩენი უთანაბრობით (რბილი და დამატებითი ხისტი უკუკავშირი).

ბოლო წლებში მაღალი ხარისხის რეგულირების მიზნით, პრაქტიკაში შემოდის დატვირთვის მაკორექტირებლები, რომლებშიც სპეციალური მოწყობილობა ასდენს საწვავის ტუმბოების რეიკების შედარებას და მათი უთანაბრობის შემთხვევაში გამოიშუშავებს სიგნალს, რომელიც ზემოქმედებას ახდენს რეგულატორის ზადაიუმეე მოწყობილობაზე.

### 6.3. გამაგრილებელი გარემოს ტემპერატურის რეგულირება.

თანამედროვე გემებზე ძირითადად გამოიყენება ჩაკეტილი ტიპის გაგრილების სისტემა. გემის დიზელის ოფტიმალურ ტემპერატურულ რეჟიმზე მუშაობისათვის, რომლის დროსაც აღინიშნება ძრავის მუშაობის მაღალი ეფექტური მ.ქ.კ. და ცილინდრულ-დგუშური ჯგუფის მინიმალური ცვეთა, აუცილებელია შიგა კონტურის გამაგრილებელი წყლის ტემპერატურის მოცემული მნიშვნელობის ავტომატურად შენარჩუნება.

ძრავის გამაგრილებელი წყლის ტემპერატურის რეგულირება ხდება შემდეგი სქემებით:



1. დროსელირება, რომლის დროსაც ძრავში შემავალი ან ძრავიდან გამომავალი გამაგრილებელი წყლის მიღზე აყენებენ დროსელურ სარქველს, რომლის გამავალი კვეთის ფართობის შეცვლით იცვლება ძრავში შემავალი წყლის რაოდენობა.
2. შემოტარება, ობვოდ, რომლის დროსაც შემოტარებითი მილის საშუალებით იცვლება მაცივარში შემავალი გამაგრილებელი ზღვის წყლის რაოდენობა.
3. გადადინება, (პერეპუსკ) რომლის დროსაც ძრავიდან გამოსული ცხელი წყლის ნაწილი გადადინების მილით მიეწოდება ისევ ძრავს.

გაგრილების ჩამოთვლილი სქემებიდან ყველაზე უფრო გავრცელებულია გადადინების მეთოდი, რომლის შემთხვევაში შესაძლებელია ძრავის გამაგრილებელი წყლის ტემპერატურის მუდმივი მნიშვნელობის შენარჩუნება. საერთოდ, ტემპერატურის მგრძობიარე ელემენტი ყენდება ძრავიდან გამომავალი გამაგრილებელი წყლის მიღზე, აღნიშნულ შემთხვევაში სარეგულირებელ პარამეტრს წარმოადგენს ძრავიდან გამომავალი წყლის ტემპერატურა რომელიც სტატიკური ცდომილების გათვალისწინებით ნარჩუნდება სათანადო დონეზე, ხოლო ძრავში შემავალი წყლის ტემპერატურის ცვლილება დამოკიდებულია ძრავის მუშაობის რეჟიმზე.

გამოკვლევებმა აჩვენეს, რომ აღნიშნული სქემით რეგულირების დროს გასაგრილებელ დეტალებში ხდება ტემპერატურების უფრო უკეთესი გადანაწილება ვიდრე ძრავში შემავალი წყლის ტემპერატურის რეგულირების დროს. ხოლო ძრავის დატვირთვის გაზრდის ან შემცირების შემთხვევაში გარდამავალი პროცესები მიმდინარეობს ექსპონენციალური კანონით. ამის გამო, სარეგულირებელ სიდიდეს წარმოადგენს ძრავიდან გამოსული გამაგრილებელი წყლის ტემპერატურა. ტემპერატურის მომატების შემთხვევაში ავტომატური რეგულირების სისტემამ უნდა გაზარდოს მაცივარში შემავალი წყლის რაოდენობა, ხოლო ტემპერატურის კლების დროს - პირიქით.

გამაგრილებელი წყლის ტემპერატურის ავტომატური რეგულირების სისტემა უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ მოთხოვნილებებს:

- რეგულატორის ნასტროიკის დიაპაზონი - 35-100°C;
- რეგულატორის უთანაბრობა (რეგულირების სტატიკური ცდომილება) არა უმეტეს 12°C.
- უგრძობლობა არა უმეტეს 1°C.
- რეგულატორის ინერციულობა, რომელშიც იგულისხმება მარეგულირებელი ორგანოს სრული გადანაცვლების 2/3 გადანაცვლების დრო მაშინ, როდესაც ტემპერატურა იცვლება მყისიერად რეგულატორის უთანაბრობის ტოლი მნიშვნელობით - არა უმეტეს 40 ს.
- ტემპერატურის ვარდნა გარდამავალ პროცესებში მყისიერი შეშფოთებისას - არა უმეტეს 6°C.
- ავტომატური რეგულირების სისტემის გარდამავალი პროცესის ხანგრძლივობა სრული დატვირთვის ან დატვირთვის სრული მოხსნის შემთხვევაში - არა უმეტეს 20 წთ მთავარი ძრავებისთვის და არა უმეტეს 10წთ. დამხმარე ძრავებისთვის.

ზეთის გაგრილების ავტომატური რეგულირების სისტემაში სარეგულირებელ სიდიდეს წარმოადგენს ძრავში შემავალი ზეთის ტემპერატურა, რომლის რეგულირება

ხდება მაცივარში შემავალი წყლის რაოდენობის ცვლილებით პერეპუსკის მეოთხდით. (გამაგრებელი წყლის ნაწილის მაცივარის გვერდის ავლით).

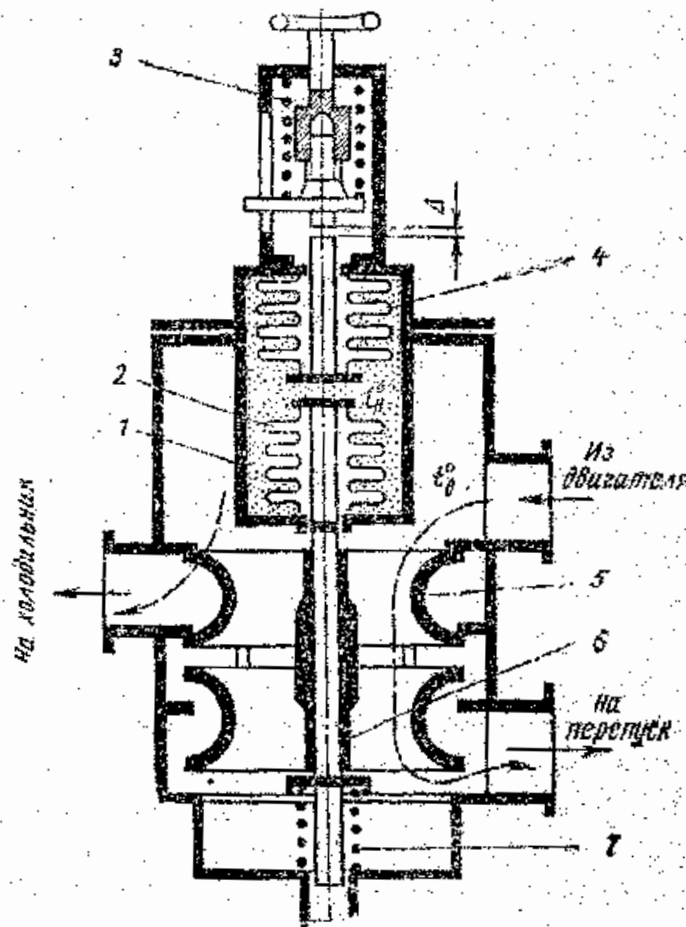
ზეთის ტემპერატურის ავტომატურ რეგულირების სისტემაზე ვრცელდება იგივე მოთხოვნები, რაც ჩამოთვლილი იყო ზემოთ.

### 6.3.1. ტემპერატურის რეგულატორები.

არსებობს პირდაპირი და არაპირდაპირი მოქმედების ტემპერატურის რეგულატორები ანუ თერმორეგულატორები. მცირე სიმძლავრის მქონე გემების ენერგეტიკულ დანადგარებში გამოიყენება პირდაპირი ქმედების თერმორეგულატორები, ხოლო მაღალი სიმძლავრის დანადგარებში როგორც პირდაპირი, ასევე არაპირდაპირი ქმედების თერმორეგულატორები. თერმორეგულატორებში გამოიყენება მოცულობითი და ორთქლსითხოვანი ტიპის მგრძობიარე ელემენტები. პირდაპირი ქმედების რეგულატორში მგრძობიარე ელემენტი ჩამონტაჟებულია მარეგულირებელ ორგანოში. პირდაპირი ქმედების არადისტანციური თერმორეგულატორის სქემა მოცულობითი გამზომით მოყვანილია ნახ.84, რომელშიც მგრძობიარე ელემენტს წარმოადგენს ორი სილფონი 2 და 4. გარსსა 1 და სილფონებს შორის არსებული სივრცე გავსებულია გაფართოების დიდი კოეფიციენტის მქონე სითხით (გლიცერინით).

ტემპერატურის გაზრდის დროს სითხე გაფართოვდება, რის შედეგად სილფონები 2 და 4 შეიკუმშებიან. იმდენად, რამდენადაც სილფონის 4 გადაადგილება არ არის შეზღუდული, ამიტომ იგი განაგრძობს კუმშვას მანამ, სანამ არ გაქრება დრეზო. Δ ამის შემდეგ, ტემპერატურის კიდევ უფრო მომატებისას იწყებს დეფორმირებას სილფონი 2 და მარეგულირებელ ორგანოებს 5 და 6 გადაადგილებს ქვემოთ, რის შედეგად გაიზრდება მაცივარში შემავალი წყლის რაოდენობა.

იმ შემთხვევაში, თუ მარეგულირებელი ორგანოები ბოლოსმდე მოქმედებენ, ხოლო ტემპერატურა განაგრძობს ზრდას, სარქველის დაზიანების თავიდან ასაცილებლად გათვალისწინებულია დამცავი ზამბარა 3, რომლის შეკუმშვის დროს ზედა სილფონს ეძლევა გადაადგილების მეტი საშუალება.

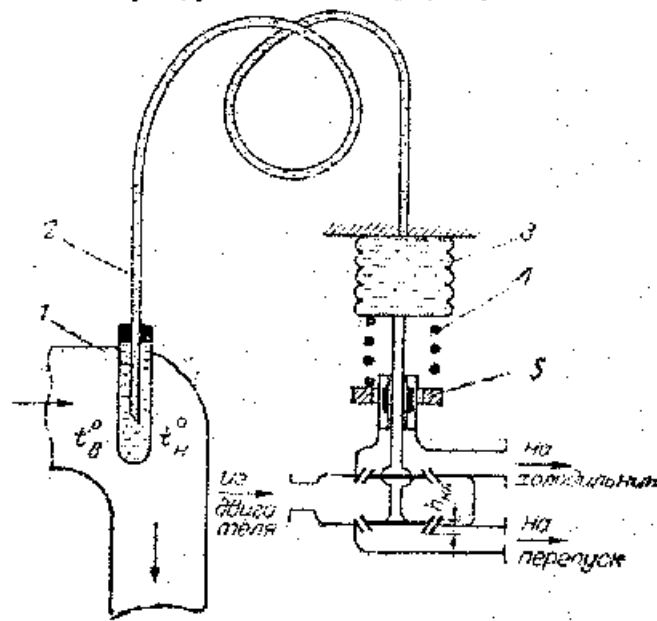


ნახ. 84. პირდაპირი ქმედების არადისტანციური თერმორეგულატორი

ტემპერატურის დაკლების დროს მარეგულირებელი ორგანო ზამზარას 7 ზემოქმედების შედეგად გადაინაცვლებს ზემოთ. თერმორეგულატორის საჭირო რეჟიმზე დაყენება ხდება  $\Delta$  ღრეჩოს ცვლილებით. ამ თერმორეგულატორის სტატიკური მახასიათებელი არ არის წრფივი და აქვს მარყუქისებური სახე. მისი უთანაბრობა  $\Delta t_{\text{კ}} = 18^{\circ}\text{C}$ , ხოლო უგრძნობლობა  $\Delta t_{\text{კ}} \pm 0,75^{\circ}\text{C}$ .

ორთქლსითხიანი მგრძნობიარე ელემენტის მქონე პირდაპირი ქმედების დისტანციური თერმორეგულატორის სქემა მოცემულია ნახ. 85

მგრძნობიარე ელემენტი 1, კაპილარული მილი 2 და სილფონი შევსებულია სითხით, რომელიც ადვილად დუღდება. ამ ჰერმეტიკულ სისტემაში წნევა დამოკიდებულია მის ტემპერატურაზე. თერმორეგულატორის სასურველ ტემპერატურაზე დაყენება ხდება ქანჩის 5 საშუალებით, რომელიც ცვლის ზამზარას 4 დაჭიმულობას.



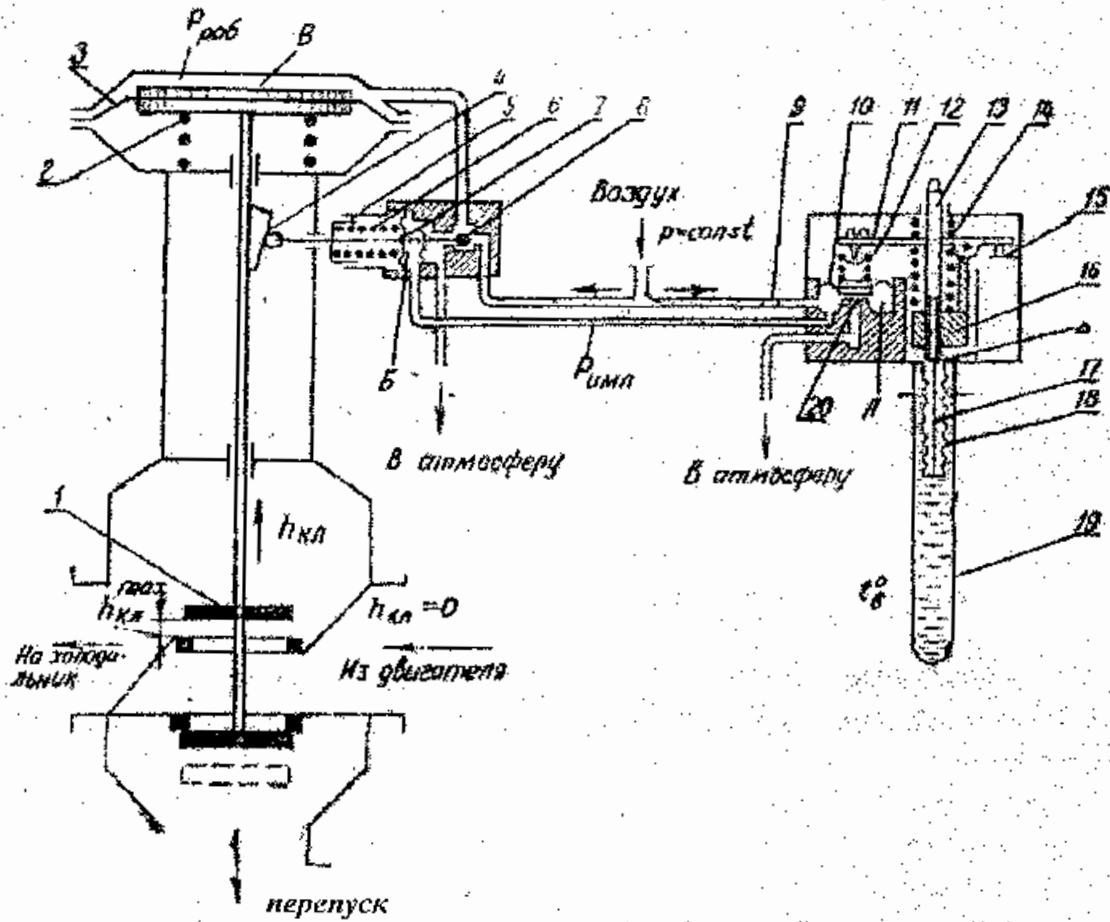
ნახ. 85. პირდაპირი ქმედების დისტანციური თერმორეგულატორის სქემა.

დისტანციური არაპირდაპირი ქმედების პნევმატიკური თერმორეგულატორი, რომლის სქემა მოცემულია ნახ.86, აღჭურვილია მოცულობითი ტიპის გრძნობიარე ელემენტით.

რეგულატორი შედგება შემდეგი კონსტრუქციული კვანძებისაგან: გრძნობიარე ელემენტი A ; მაძლიერებელი მოწყობილობა B ; და შემზრახული ტიპის სერვომოტორი B.

ტემპერატურის გაზრდის შემთხვევაში კოლბაში 19 იზრდება წნევა, რის შედეგად გრძნობიარე ელემენტის 17 ღერო დაიწყებს თავისუფლად გადაადგილებას ზემოთ მანამ, სანამ არ გაქრება ღრეჩო A. ხოლო შემდეგი გადაადგილებისას ღერო გადაინაცვლებს დაბკვეთი რგოლის 16 ქანჩს და გამზომის ბერკეტის 11 მარცხენა ბოლოს. ამის შედეგად შემცირდება გამზომის 12 ზამზარას დეფორმაცია, მემზრანა 10 გადაინაცვლებს ზემოთ და გაზრდის გამავალი კვეთის ფართობს, სადაც გაივლის გამზომის საქმნიდან 20 გამოსული ჰაერი. მემზრანას 10 ქვედა კამერაში და მემზრანა 7-ზე წნევა შემცირდება, რის შედეგად სარქველი 8 რომელიც მართავს ჰაერის ატმოსფეროში გამვებას გადაინაცვლებს მარჯვნივ და შეამცირებს ჰაერის წნევას კამერაში და სერვომოტორის B ზედა სივრცეში. მემზრანა 3 და მასთან შეერთებული მარეგულირებელი სარქველი 1 გადაინაცვლებენ ზემოთ, მაგივარში მიწოდებული გამაგრებელი წყლის რაოდენობა გაიზრდება და ტემპერატურა შემცირდება მოცემულ მნიშვნელობამდე.

რეგულატორის საჭირო ტემპერატურაზე დაყენება ხდება ქანჭიკის 13 საშუალებით A ღრეჩოს ცვლილებით.



ნახ. 86 არაპირდაპირი ქმედების თერმორეგულატორის სქემა.

1 — მარეგულირებელი სარქველი; 2 — სერვომოტორის ზამბარა; 3 — სერვომოტორის მემბრანა; 4 — ხისტი უკუკავშირის მუშტა; 5 — толкатель ЖОС; 6 — ხისტი უკუკავშირის ზამბარა; 7 — მმართველი სარქველის (პოზიციონერის) მემბრანა; 8 — მამლიერებლის მმართველი სარქველი; 9 — დროსელი; 10 — გამზომის მემბრანა; 11 — გამზომის ბერკეტი; 12 — გამზომის ზამბარა; 13 — დამკვეთი კვანძის ჭანჭიკი; 14 — ზამბარა; 15 — ბერკეტის უძრავი საყრდენი; 16 — დამკვეთი კვანძის ქანჭი; 17 — მგრძნობიარე ელემენტის ღერი; 18 — სილფონი; 19 — კოლბა; 20 — გამზომის საჭენი.

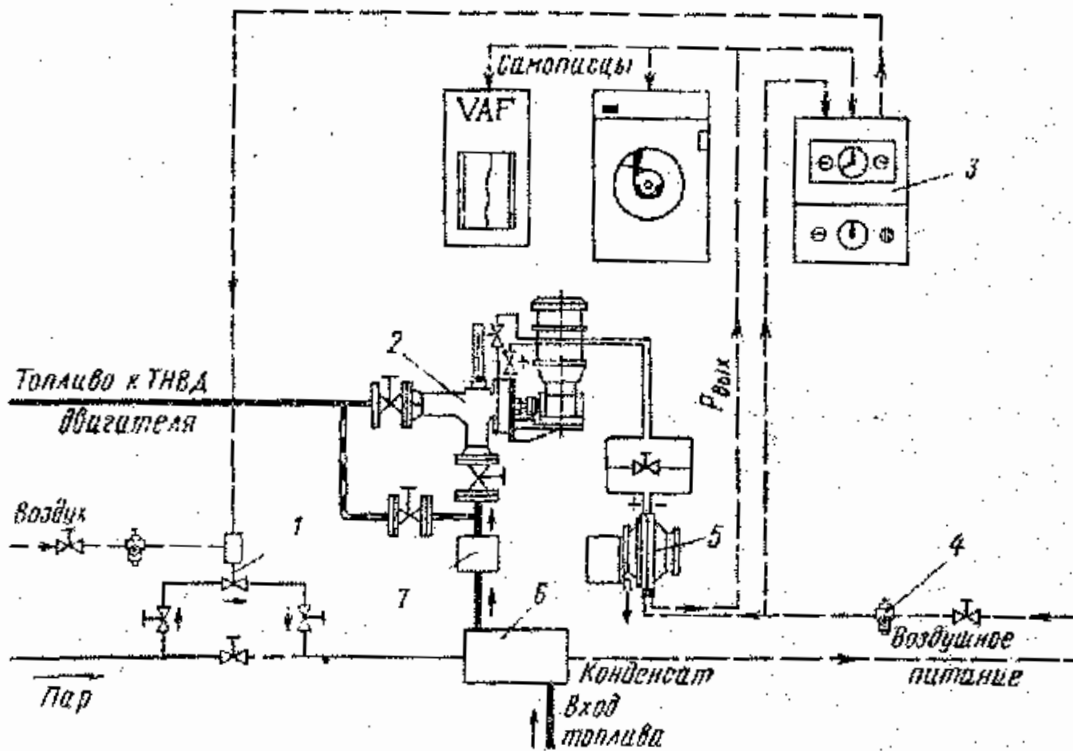
#### 6.4. საწვავის სიბლანტის რეგულირება.

საწვავის ხარჯების შესამცირებლად, წამყვანი დიზელმშენებელი ფირმები აწარმოებენ მძიმე საწვავზე მომუშავე საშუალო და დაბალი ბრუნვის ძრავების გამოშვებას.

ძრავში მიმდინარე წვის პროცესი დამოკიდებულია საწვავის გაფრქვევაზე, რაც უშუალო კავშირშია საწვავის სიბლანტესთან. საწვავის ხარისხიანი გაფრქვევისათვის აუცილებელია, რომ მისი სიბლანტე შეადგენდეს დაახლოებით  $2^{\circ}\text{E}$ .

დიზელის მშენებელი ქარხნის მიერ რეკომენდებული სიბლანტის შესანარჩუნებლად გამოიყენება სიბლანტის სხვადასხვა ტიპის რეგულატორები.

გემის ძალურ დანადგარებში გავრცელებულია გერმანული ფირმის რეგულატორები „ASCANIA VISCOZIMAT“, რომლის მოქმედების პრინციპი ეფუძნება კაპილარულ მილში (რომელშიც ლამინარულად გაედინება სიბლანტის სარეგულირებელი სითხე) წნევათა ვარდნის გაზომვაზე და „VAF VISCOTERM“ რომლის პრინციპული სქემა ნაჩვენებია ნახ.87.



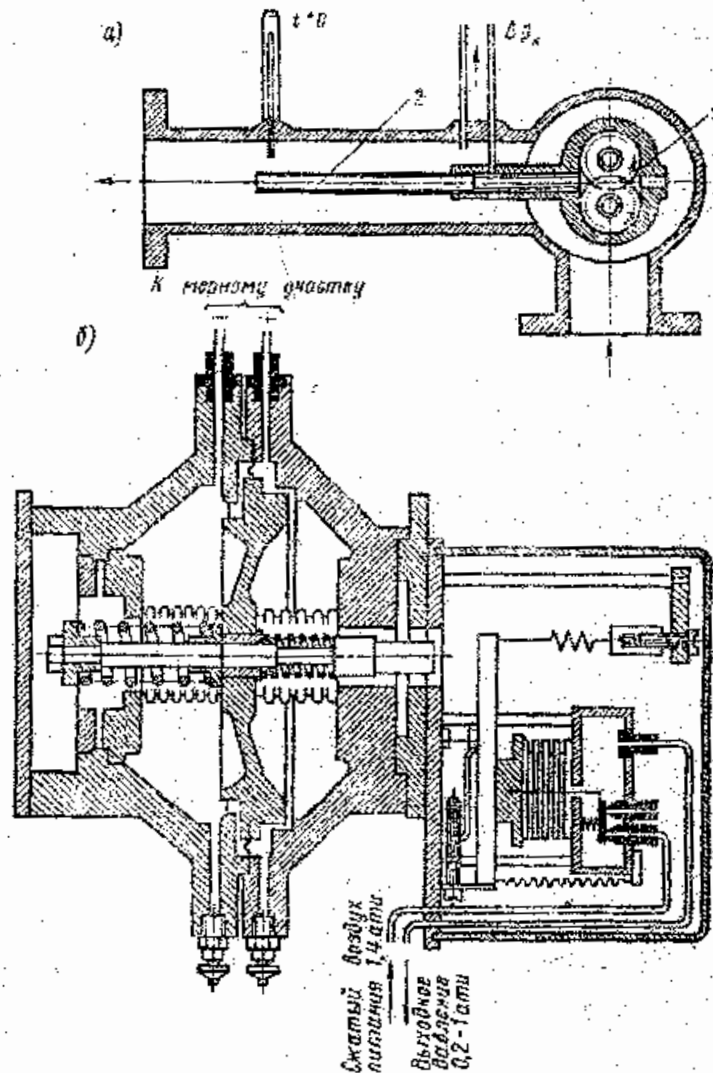
ნახ. 87. საწვავის სიბლანტის რეგულატორის სქემა:

1 — მარეგულირებელი ორთქლის სარქველი; 2 — მგრძნობიარე ელემენტი; 3 — მართვის სადგური; 4 — ჰაერის რედუქტორიანი ფილტრი; 5 — წნევათა ვარდნის გადამწოდები; 6 — საწვავის გამათბობელი; 7 — საწვავის ფილტრი.

სახარჯი ცისტერნიდან საწვავის მიმწოდებელი ტუმბოს საშუალებით საწვავი გამათბობელისა 6 და ფილტრის 7 გავლით მიეწოდება ჯერ მგრძნობიარე ელემენტს 2, ხოლო შემდეგ საწვავის მაღალი წნევის ტუმბოებს. მგრძნობიარე ელემენტი, რომლის სქემა მოცემულია ნახ.88 a, შედგება კუთხური მილისაგან, რომელშიც განთავსებულია შესტერიონი ტუმბო 1, რომელიც მოქმედებაში მოდის ელექტროძრავისა და რედუქტორის მეშვეობით. ტუმბო 1 საშუალებით საწვავი კაპილარულ მილში უწყვეტად გაედინება და საწვავის ლამინარული მოძრაობის გამო, მილში წნევათა ვარდნა პირდაპირპროპორციული იქნება მისი სიბლანტისა.

წნევათა ვარდნის  $\Delta p_k$  სიგნალი მიეწოდება გადამწოდებს(ნახ. 88 ნ), რომელიც ამ სიგნალს გარდაქმნის ისე, რომ მმართველი ჰაერის გამოძავალი წნევა საწვავის სიბლანტის პროპორციული ხდება. ამის შემდეგ გამოძავალი სიგნალი მიეწოდება მართვის სადგურს, სადაც ხდება სიბლანტის ნამდვილი და მოცემული

მნიშვნელობების შედარება. ჰაერის წნევა, რომელიც სიბლანტის ნამდვილი და მოცემული მნიშვნელობების პროპორციულია, მიწოდება მემბრანულ მარეგულირებელ სარქველს, რომელიც ცვლის საწვავის გამათბობელზე მიწოდებული ორთქლის რაოდენობას. შესაბამისად იცვლება საწვავის ტემპერატურა და სიბლანტე.



ნახ. 88. საწვავის სიბლანტის რეგულატორი:  
 ა — მგრძობიარე ელემენტი; ბ — წნევათა ვარდნის გადამწოდები.

### 6.5. სიგნალიზაციისა და დაცვის სისტემები.

უკუარიო მუშაობის უზრუნველსაყოფად მთავარი და დამხმარე ძრავები აღჭურვილი არიან სიგნალიზაციისა და დაცვის სისტემებით, რომელთა შემადგენლობა და მოცულობა დამოკიდებულია ძრავის დანიშნულებაზე, კონსტრუქციაზე, მუშაობის პირობებზე და საიმედოობაზე.

საერთოდ, სიგნალიზაციისა და დაცვას ექვემდებარებიან შემდეგი პარამეტრები:



1. გაგრილების სისტემის წნევა და ტემპერატურა;
2. შეზეთვის სისტემის წნევა და ტემპერატურა;
3. საწვავისა და გამაგრილებელი წყლის დონე ცისტერნებში;
4. ლილვის ბრუნთა სიხშირე;
5. საკისრების ტემპერატურა;
6. გამონაბოლქვი გაზების ტემპერატურა;

ავტომატიზირებულ ენერგეტიკული დანადგარებში პარამეტრების ინდიკაციის სქემა მოყვანილია ტაბულის სახით:

დიზელური ძრავის ავტომატიზირებული გემების პარამეტრები, რომლებიც ექვემდებარებიან ინდიკაციას, სიგნალიზაციასა და დაცვას

№ პ/ი	საკონტროლო სიდიდე	ინდიკაცია (მაჩვენებელი ხელსაწყოები)	სიგნალიზაცია (ა.გ.ს)	დაცვა: გაჩერება ან რეჟიმის შეცვლა
<b>I. ძრავი</b>				
1.	ძრავის ბრუნთა სიხშირე	მუდმივი	—	—
2.	ძრავის თითოეული ცილინდრიდან გამოსული გაზების ტემპერატურა	მუდმივი ან გამოძახებით	მაღალი	—
3.	ტემპერატურა გამონაბოლქვი გაზების კოლექტორში	მუდმივი		
4.	ძრავის დატვირთვა	—	მაღალი (რ)	—
<b>II. საწვავის სისტემა</b>				
5.	ძრავში შემავალი საწვავის სიბლანტე ან ტემპერატურა	—	მაღალი, დაბალი	
6.	საწვავის წნევა მაღალი წნევის ტუმბოს წინ	გამოძახებით	—	—
7.	სახარჯო ცისტერნის დონე	გამოძახებით (რ)	დაბალი	—
8.	საწვავის ტემპერატურა ცისტერნაში	გამოძახებით (რ)	მაღალი	—
9.	საწვავის დონე დამლუქ ცისტერნაში	გამოძახებით (რ)	მაღალი	
10.	სეპარატორის ვიბრაცია	—	მომატებული	სეპარატორი ს გაჩერება
11.	საწვავის ნაკადი სეპარატორში	—	არ არსებობა	—
<b>III. ზეთის სისტემა</b>				



<b>ა) ცირკულაციური შეზღვევის სისტემა</b>				
12.	ძრავში შემაგალი ზეთის ტემპერატურა	მუდმივი ან გამომახებით	მაღალი, დაბალი (ს)	—
13.	ძრავიდან გამოსული ზეთის ტემპერატურა	მუდმივი (რ)	მაღალი	—
14.	ძრავში შემაგალი ზეთის წნევა	მუდმივი	დაბალი	ძრავის გაჩერება

15.	ძრავის კარტერში ზეთის ნისლის კონცენტრაცია	—	მაღალი	—
16.	ზეთის დონე ჩამდინარე ცირკულაციურ სისტემაში (Sump Tk)	—	დაბალი	—
17.	სეპარატორში შემაგალი ზეთის ტემპერატურა	—	მაღალი (რ)	—
18.	სეპარატორის ვიბრაცია	—	მომატებული	სეპარატორი ს გაჩერება
19.	საწვავის ნაკადი სეპარატორში	—	არ არსებობა	—

<b>ბ) ცილინდრული შეზღვევის სისტემა</b>				
20.	ზეთის დონე ლუბრიკატორებში	—	დაბალი	—

<b>გ) გაზოტურბინული დანადგარის შეზღვევის სისტემა</b>				
21.	გტდ-ში შემაგალი ზეთის ტემპერატურა	გამომახებით	მაღალი	—
22.	გტდ-ში შემაგალი ზეთის წნევა	მუდმივი ან გამომახებით	დაბალი	—
23.	Уровень масла в напорной цистерне	—	დაბალი	—
24.	გტდ შეზღვევის სისტემაში: - ზეთის ტემპერატურა; - ზეთის ნაკადი	— —	მაღალი არ არსებობა	— —

<b>IV. გაგრილების სისტემა</b>				
25.	ფრქვევანების გაგრილების კონტურიდან გამოსული სითხის ტემპერატურა	მუდმივი ან გამომახებით	მაღალი	—
26.	თითოეული ცილინდრიდან და დგუშიდან გამოსული გამაგრილებელი სითხის ტემპერატურა	გამომახებით	მაღალი	—
27.	გაგრილების თითოეულ კონტურში შემაგალი	მუდმივი	დაბალი	ძრავის გაჩერება

	გამაგრებული სითხის წნევა			
28.	წყლის ნაკადი თითოეულ დგუშში	—	შემცირება	—
29.	წყლის დონე გაფართოების ცისტერნაში	—	დაბალი	—
<b>V. ზღვის წყლის სისტემა</b>				
30.	მაცივრის წინ ზღვის წყლის ტემპერატურა	გამოძახებით	—	—
31.	ზღვის წყლის წნევა	მუდმივი	დაბალი	—
<b>VI. ჩაბერვის სისტემა</b>				
32.	გაზების ტემპერატურა გაზოტურბინულ დამჭირხნის წინ და შემდეგ	გამოძახებით	—	—
33.	ჰაერის ტემპერატურა რესივერში	გამოძახებით (რ)	—	—
34.	გაზოტურბინულ დამჭირხნის ბრუნთა სიხშირე	მუდმივი	—	—
35.	ჰაერის წნევა რესივერში	მუდმივი	—	—
<b>VII. გამშვები ჰაერის სისტემა</b>				
36.	ჰაერის წნევა ბალონებში	მუდმივი	დაბალი	კომპრესორის გამშვება
37.	კომპრესორიდან გამოძავალი ჰაერის ტემპერატურა	—	მაღალი	—
38.	გამაგრებული წყლის წნევა კომპრესორში	—	დაბალი	კომპრესორის გაჩერება
39.	ზეთის წნევა კომპრესორში	—	დაბალი	კომპრესორის გაჩერება

შენიშვნა: ცხრილში მოცემულია შემდეგი აღნიშვნები:

„მუდმივი“ — პარამეტრის მნიშვნელობის ჩვენება უნდა წარმოებდეს უწყვეტად;  
 „გამოძახებით“ — პარამეტრის მნიშვნელობის ჩვენება უნდა წარმოებდეს დღის გარკვეულ ინტერვალში. (შემოვლითი კონტროლი ან ოპერატორის მოთხოვნით)

არსებობს შემთხვევები, როდესაც მოსალოდნელი ავარიული სიტუაციის დროსაც კი ძრავის გაჩერება არ შეიძლება, რადგანაც მან შეიძლება გამოიწვიოს გემის დაღუპვა (მაგ. შტორმის დროს გემის სველა არხში და ა.შ.). ამიტომ დაცვის სისტემები როგორც წესი, მზადდება ისე, რომ შესაძლებელი იყოს მათი გამორთვა. შეუძლებელია მხოლოდ ბრუნთა სიხშირის დაცვის გამორთვა, რადგანაც ამ პარამეტრის ზღვრული მნიშვნელობის გადაჭარბება იწვევს ძრავის მწყობრიდან გამოსვლას. დაცვისა და სიგნალიზაციის სისტემები დამოუკიდებელია ავტომატური რეგულირების სისტემისაგან.

სიგნალიზაციისა და დაცვის სისტემა შედგება შემდეგი ელემენტებისაგან:

მგრძობიარე ელემენტები და გადამწოდებები; შემსრულებელი მოწყობილობები, სიგნალის მოწყობილობები, ლოგიკური ელემენტები და კომუტაციური აპარატურა.

#### 6.6. დისტანციური ავტომატიზირებული მართვის სისტემები. (დამ)

დისტანციური ავტომატიზირებული მართვის სისტემაში იგულისხმება მოწყობილობა, რომელიც ერთი ორგანოს მეშვეობით უზრუნველყოფს მთავარი ძრავის დისტანციურ ავტომატურ მართვას (გაშვება, რევერსი, სიჩქარული რეჟიმის შეცვლა და გაჩერება). ამასთანავე, მართვის ორგანოს გადანაცვლება მოცემული მდგომარეობიდან ნებისმიერ საჭირო მდგომარეობამდე ხდება სიჩქარის შეზღუდვისა და შუალედური მდგომარეობის გარეშე (მაგ; ყველაზე დაბალი სვლიდან სრულ სვლამდე). ხოლო ძრავის სასურველ რეჟიმში შეყვანისათვის საჭირო ყველა შუალედური პროცესი სრულდება ავტომატურად დისტანციურ ავტომატურ მართვის სისტემაში ჩადებული პროგრამის მიხედვით.

თანამედროვე გემებზე დაყენებულია 30-ზე მეტი ტიპის დისტანციური ვტომატური მართვის სისტემა. ისინი განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან დანიშნულებით, ფუნქციებით და მთავარი ძრავის მართვის პროცესების ავტომატიზაციის დონით. მინიმალური ნომენკლატურის დისტანციური ვტომატური მართვის სისტემა უზრუნველყოფს მხოლოდ ძრავის გაშვებს, რევერსს, სიჩქარული რეჟიმის შეცვლას და გაჩერებას.

სრული ნომენკლატურის დისტანციური ვტომატური მართვის სისტემა გარდა ზემოთაღნიშნულისა, ასრულებს ისეთ ოპერაციებს როგორცაა მთავარი ძრავის და მისი მომსახურე მექანიზმებისა და სისტემების გაშვებისათვის მომზადებას. ამასთანავე ამცირებს ძრავის დატვირთვას მუშაობის მახასიათებელი პარამეტრების ნორმიდან გადახრის დროს. ხოლო ძირითადი პარამეტრების დასაშვები მნიშვნელობიდან გადახრის შემთხვევაში, მაშინ როდესაც ძრავის დატვირთვის შემცირებას არ მოაქვს სასურველი შედეგი, დისტანციური ავტომატური მართვის სისტემა უზრუნველყოფს ძრავის ბლოკირებასა და ავარიულ დაცვას.

დისტანციური ავტომატური მართვის სისტემები ასრულებენ შემდეგ ძირითად ოპერაციებს:

1. ძრავის გასაშვებად მომზადება;
2. ძრავის ავტომატიზირებული გაშვება, განმეორებითი გაშვებების ჩათვლით;
3. ძრავის სასურველ რეჟიმში შეყვანა ნორმალური და ექსტრემალური პროგრამებით;
4. ძრავის სასურველ რეჟიმში შეყვანა შენელებული პროგრამით;
5. ძრავის დატვირთვის ავტომატური დაკლება ძირითადი პარამეტრების დასაშვები მნიშვნელობიდან გადახრის შემთხვევაში;
6. ზრუნთა კრიტიკული სიხშირიდან ჩქარი გასვლა;
7. ძრავის ნორმალური რევერსი;
8. ძრავის ექსტრემალური რევერსი;
9. ძრავის ნორმალური და ექსტრემალური გაჩერება (რეჟიმიდან გამოყვანა);

10. ძრავის დაცვა გადატვირთვისაგან, გადაჭარბებული ტემპერატურებისაგან, ზეთის წნევის ვარდნისაგან, აფეთქებისაგან კარტერში მომატებული ზეთის ნისლის გამო და სხვა;

11. მანევრირების ოპერაციებისა და პარამეტრების რეგისტრაცია დამყარებულ რეჟიმში;

12. დისტანციურ ავტომატურ მართვის სისტემაში არსებული ბლოკების მდგომარეობის კონტროლი;

13. დისტანციურ ავტომატურ მართვის სისტემის უწყესივრობის შემთხვევაში ავტომატური გადასვლა ძრავის დისტანციურ ან ხელოვრურ მართვაზე;

14. ავარიული კვების ავტომატური ჩართვა;

15. სისტემის კონსერვატულობა, რაშიც იგულისხმება სისტემის უნარი, მისი მწყობრიდან გამოსვლის შემთხვევაში დარჩეს ავარიის

გამოყენებული ენერჯის მიხედვით ყველაზე უფრო პოპულარულია დისტანციური ავტომატური მართვის ის სისტემები, რომლებშიაც ლოგიკური ნაწილი შექმნილია ელექტრონული აპარატურის ბაზაზე, ხოლო შემსრულებელი ნაწილი პნევმატიკურია.

თავი 7. დამხმარე მექანიზმებისა და სისტემების ავტომატიზაცია.

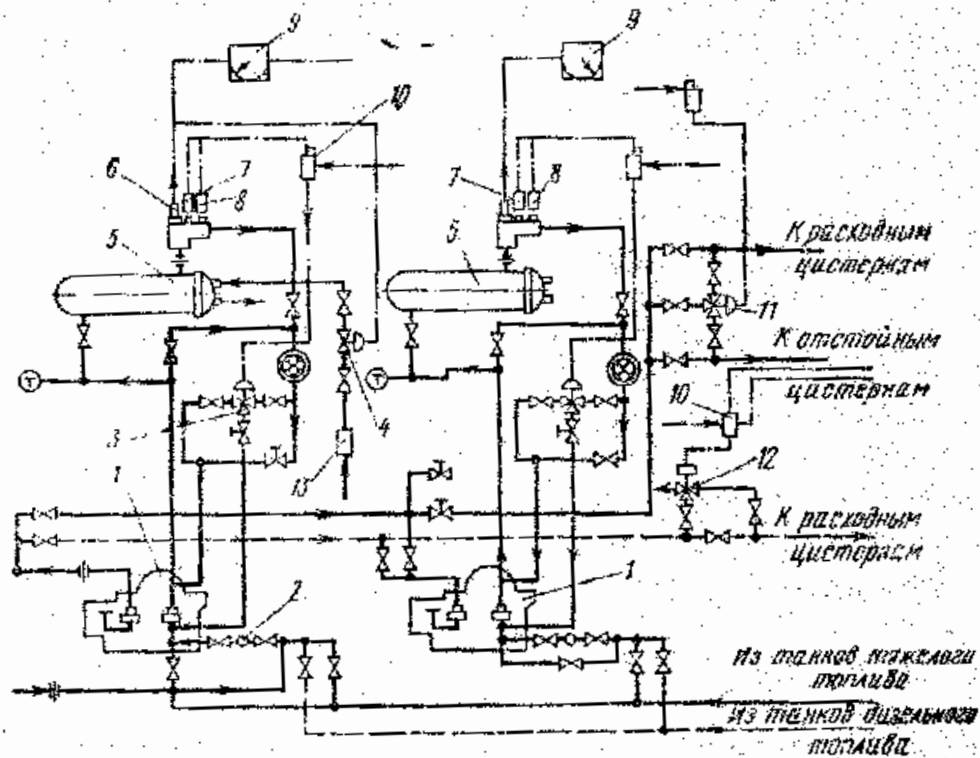
7.1. ენერგეტიკული დანადგარის მომსახურე სისტემების ავტომატიზაცია.

7.1.1. საწვავის მომზადების სისტემა.

თანამედროვე გემებზე დაყენებულია თვითგამწმენდი სეპარატორები პერიოდული გაწმენდით და უწყვეტი ავტომატური გაწმენდით.

სამანქანე განყოფილებების უვახტო მომსახურების დროს სეპარატორების საიმედო მუშაობისათვის ავტომატიზირდება შემდეგი ოპერაციები: სეპარირებადი საწვავის მოცემული ტემპერატურის დაჭერა, სეპარატორების განტვირთვა, წყლის მოცემული ტემპერატურის დაჭერა. ამასთანავე სეპარატორების მართვის დაფაზე დაყენებულია მუშაობის საათების მრიცხველი და სიგნალური ნათურები რომლებიც აჩვენებენ სეპარატორების მუშაობის ნორმალურ ან არანორმალურ მდგომარეობას.

ავარიული სიგნალის ამოქმედების შემთხვევაში ავტომატურად წყდება საწვავის მიწოდება სეპარატორის დოლში და სეპარატორი მუშაობს რევირკულაციის რეჟიმში. ვიბრაციების წარმოქმნისას სეპარატორი ჩერდება ავტომატურად. საწვავის ავტომატური სეპარაციის სქემა მოცემულია ნახ.89.



ნახ. 89. საწვავის ავტომატური სეპარაციის სქემა;

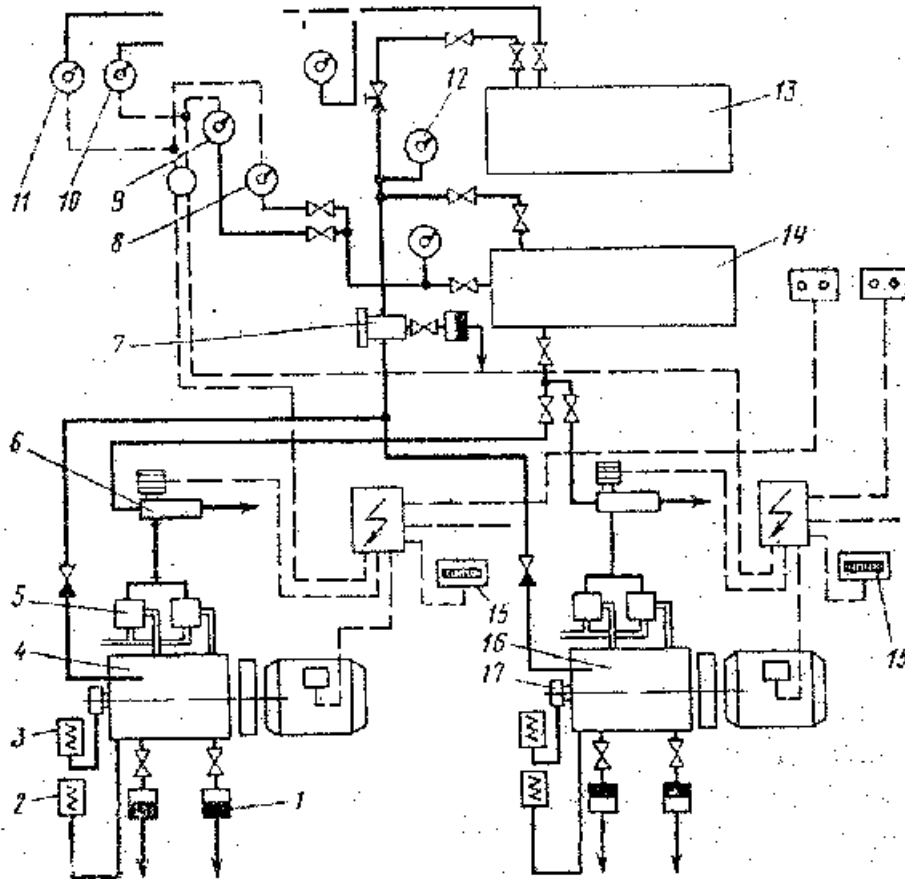
1 — საწვავის სეპარატორი; 2 — ფილტრი; 3 — საწვავის რეგირკულაციის სარქველი; 4 — გამათბობელში მისასწოდებელი ორთქლის სარქველი; 5 — ორთქლის გამათბობელი; 6 — საწვავის ტემპერატურის გადამწოდები, რომელიც მოქმედებს სარქველზე 4; 7 და 8 — საწვავის ზედა და ქვედა ტემპერატურების გადამწოდებები; 9 — მაჩვენებელი ხელსაწყო; 10 — სოლენოიდური სარქველი; 11 — დამლექ ცისტერნაში საწვავის რეგირკულაციის სარქველი; 12 — დამლექი ცისტერნების შემავსებელი სარქველი; 13 — ელექტრომაგნიტური სარქველი, რომელიც არეგულირებს გამათბობელში ორთქლის მიწოდებას.

### 7.1.2. შეკუმშული ჰაერის სისტემა

განვიხილოთ ავტომატიზირებული კომპრესორული დანადგარი, რომელიც შედგება ორი კომპრესორისაგან და თითოეულის წარმადობაა 280 მ<sup>3</sup>/სთ წნევა კი 30 კგ/სმ<sup>2</sup>. ნახ.90 ბალონებში 13 და 14 წნევის 22 კგ/სმ<sup>2</sup>-მდე ვარდნის შემთხვევაში კონტაქტური მანომეტრის 11 საშუალებით ავტომატურად ირთვება მთავარი კომპრესორი 4. როცა წნევა მიაღწევს 30 კგ/სმ<sup>2</sup>-ს, კომპრესორი ჩერდება კონტაქტური მანომეტრის 8 საშუალებით. იმ შემთხვევაში, თუ კომპრესორის 4 გაშვების შემდეგ ვრძელდება წნევის ვარდნა და იგი ჩამოვა 19 კგ/სმ<sup>2</sup>-მდე, მაშინ კონტაქტური მანომეტრი 10 ჩართავს მეორე კომპრესორს 16, რომელიც ჩერდება ავტომატურად კონტაქტური მანომეტრის 9 საშუალებით მაშინ, როცა წნევა მიაღწევს 28 კგ/სმ<sup>2</sup>-ს.

კომპრესორის გაშვების გაადვილების მიზნით დაყენებულია განმტვირთავი სარქველები 5 რომლებიც იმართებიან სამსვლიან ელექტრომაგნიტურ სარქველზე 6 კონტაქტური მანომეტრის 10 ან 11 ზემოქმედებით. კომპრესორის გაგრილება ხდება მასზე

დაკიდული ტუმბოს 17 საშუალებით. ჰაერის ბალონებისა და კომპრესორის მაცივრის განჭრევისათვის გათვალისწინებულია სარქველები 1 და 7.



ნახ. 90. შეკუმშული ჰაერის ავტომატური დანადგარის სქემა.

გამაგრებული წყლისწნევისა და ზეთის წნევის დაცემის შემთხვევაში მოქმედებაში შედის წნევის რელე 2 და 3 და აჩერებს კომპრესორს. კონტაქტური მანომეტრი 12 კომპრესორს აჩერებს მაშინ, როცა ჰაერის წნევა გადააჭარბებს დასაშვებ მნიშვნელობას. კომპრესორების მუშაობის ხანგრძლივობას აკონტროლებს მრიცხველი 15.

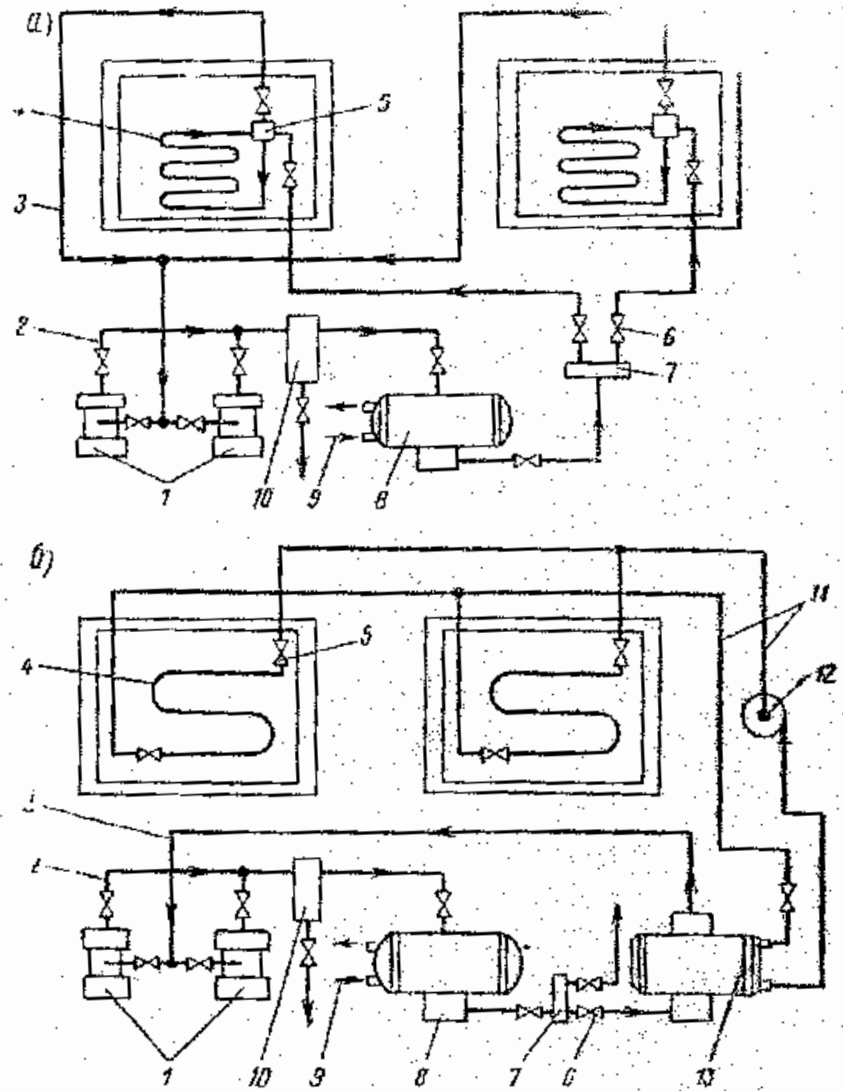
აღნიშნული სისტემის ხელოვნურად მართვა შესაძლებელია ადგილობრივი პოსტიდანაც, რისთვისაც საჭიროა მართვის პულტზე არსებული გადამრთველის გადაყვანა ავტომატური მართვიდან ხელოვნურ მართვაზე.

## 7.2. სამაცივრო დანადგარების ავტომატიზაცია.

სამაცივრო დანადგარის ავტომატური რეგულირების დროს ხდება საჭირო ტემპერატურის უფრო ზუსტი დაჭერა პროვიზიულ კამერებში, დანადგარის უწყვეტი კონტროლი, ავარიისგან დაცვა და ამასთანავე მისი საიმედო ექსპლუატაცია.

სამაცივრო დანადგარის ავტომატიზაციის მოცულობა დამოკიდებულია მის დანიშნულებაზე, ზომებზე და დანადგარის გაგრძელების სისტემაზე.

თანამედროვე გემებზე ფართოდაა გავრცელებული კომპრესორული სამაცივრო დანადგარები უშუალო და რასსოლნი გაგრილების სისტემებით. ნახ. 91



ნახ. 91. სამაცივრო დანადგარის სქემა:

ა — გაცივების უშუალო სისტემით;

ბ — გაცივების რასსოლნი სისტემით;

1 — კომპრესორი; 2 — დაჭირხენის ხაზი; 3 — შეწოვის ხაზი; 4 — გაცივების ბატარეა; 5, 6 — მარეგულირებელი ვენტილი; 7 — კოლექტორი; 8 — კონდენსატორი; 9 — გამაგრილებელი წყალი; 10 — водомаслоотделитель; 11 — რასსოლნი მილი; 12 — ტუმბო; 13 — ამპორთქლებელი.

საერთოდ, სამაცივრო დანადგარის ძირითად სარეგულირებელ პარამეტრს წარმოადგენს: ტემპერატურა სამაცივრო კამერებში, კომპრესორების სიცივის წარმადობა, გამაცივებელი აგენტის დუღილის ტემპერატურა, ამპორთქლებელის შევსება თხევადი გამაცივებელი აგენტით, კონდენსაციის წნევა. გარდა ამისა, ავტომატიზირებულ



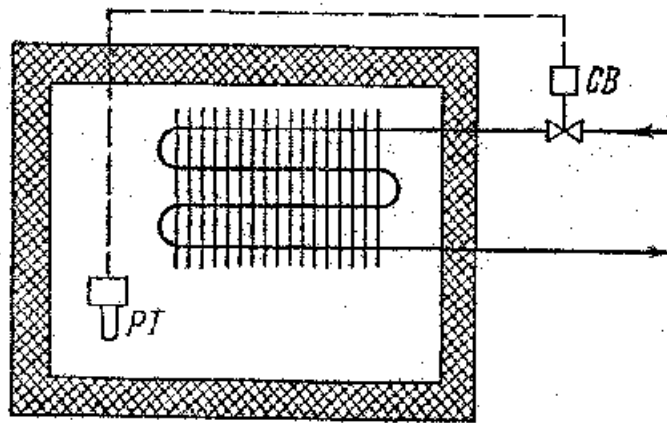
სამაცივრო დანადგარებში ხდება ზეთის დაბრუნება ზეთის გამცალკეებელი კამერიდან კომპრესორში და სისტემიდან ჰაერის გამოდევნა.

განვიხილოთ ჩამოთვლილი სიდიდეების რეგულირების მეთოდები და საშუალებები.

### 7.2.1. ტემპერატურის რეგულირება სამაცივრო კამერებში

რამოდენიმე კამერის მქონე სამაცივრო დანადგარში ტემპერატურული დატვირთვები იცვლება არაერთნაირად. თითოეულ კამერაში მოცემული ტემპერატურის შენარჩუნება ხდება გამაცივებელი ბატარეების სიცივის წარმადობის ცვლით. იმის გამო, რომ გემის სამაცივრო დანადგარის სითბური ინერციულობა საკმაოდ მაღალია და დატვირთვა იცვლება ნელა, ტემპერატურის რეგულირება ხდება არაპირდაპირი ქმედების ორბოზიციური რეგულატორის საშუალებით. რეგულატორი შედგება კამერაში დამონტაჟებული ტემპერატურის რელესაგან (PT), და სოლენოიდური ვენტილისაგან (CB).

რეგულირების მოცემული სქემა ნაჩვენებია ნახ.92.



ნახ. 92. სამაცივრო კამერაში ტემპერატურის რეგულირების სქემა:

PT — ტემპერატურული რელე; CB — სოლენოიდური ვენტილ

კამერაში ტემპერატურის მომატების შემთხვევაში იღება სოლენოიდური ვენტილ და გამაცივებელი სითბე მიეწოდება ბატარიას, რის გამოც კამერაში ტემპერატურა დაიკლებს. როცა ტემპერატურა მიაღწევს მოცემულ მნიშვნელობას, ტემპერატურის რელეს კონტაქტები გაიხსნება, სოლენოიდური ვენტილ გაუდენურდება და დაიხურება. კამერის გაცივება გაჩერდება.

### 7.2.2. კომპრესორების სიცივის წარმადობის რეგულირება.

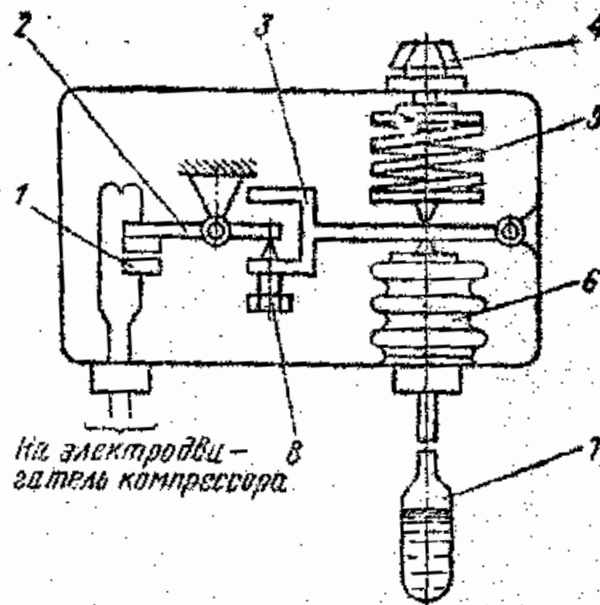
კომპრესორების სიცივის წარმადობის რეგულირება შეიძლება ფანხორციელდეს მდოვრედ ან ბიძგობრივად და პოზიციურად. მდოვრე რეგულირება ხდება კომპრესორის ლილვის ბრუნთა სიჩქარის ცვლილებით, შესაწოვი ორთქლის დროსელირებით, დამჭირხნი სისტემიდან შემწოვ სისტემაში გადადინებით და ა.შ.



პოზიციური რეგულირება ხდება კომპრესორის გაჩერებებით და გაშვებებით, რამოდენიმე ციკლანდრის გამორთვით ან გადამშვება ვენტილების იძულებითი გახსნით.

გემის სამაცივრო დანადგარებში ფართოდ გამოიყენება პოზიციური (ბიძგობრივი ან ბიჯობრივი) რეგულირება, ხოლო რეგულირების გავრცელებულ მეთოდს წარმოადგენს კომპრესორის გაჩერება და გაშვება (სითბური დატვირთვადან გამომდინარე).

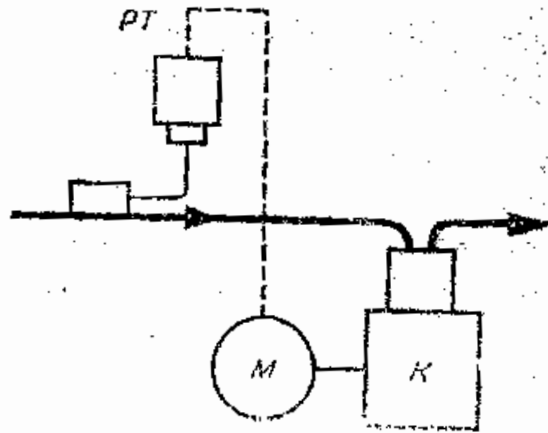
რეგულირების აღნიშნული მეთოდი სორციელდება წნევის ან ტემპერატურის რელეს საშუალებით. ტემპერატურის ორპოზიციანი რელე მოცემულია ნახ.93, ხოლო მისი განლაგება კი ნახ.94.



ნახ. 93 ტემპერატურის ორპოზიციანი რელე:

- 1 — კონტაქტი; 2 — კორმისლო; 3 — ბერკეტი; 4 — დამკვეთი; 5 — ზამზარა;  
6 — სილფონი; 7 — თერმობალონი; 8 — винт настройки дифференциала срабатывания

გასაცივებელ კამერებში ტემპერატურის გაზრდის დროს გაგრილების მატარებში იზრდება სიცივის აგენტის დუდილის ინტენსიურობა, რის გამოც კომპრესორის შემწვოვ მაგისტრალში ორთქლების დუდილის ტემპერატურა და წნევა იზრდება.



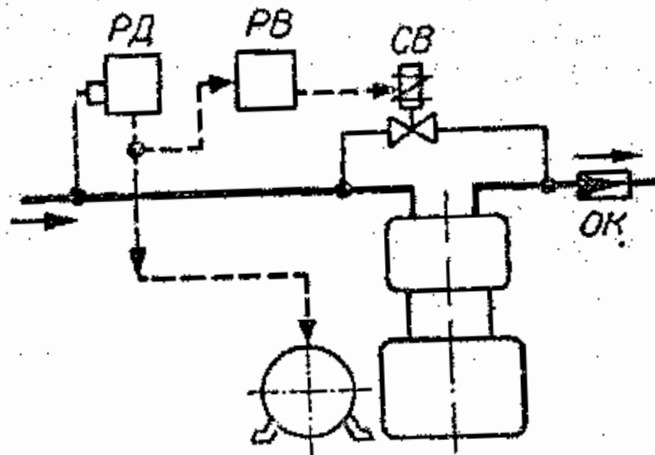
ნახ. 94. ტემპერატურის ორპოზიციანი რელეს განლაგება:  
*PT* — ტემპერატურის რელე; *K* — კომპრესორი; *M* — ელექტროძრავი

შემწოვ მაგისტრალზე დაყენებული ტემპერატურის (ან წნევის) მგრძობიარე ელემენტი ზემოქმედებს კონტაქტურ მოწყობილობაზე, კრავს წრედს და უშვებს კომპრესორის ელექტროძრავს. გასაცივებელ კამერებში ტემპერატურის დაკლების შემთხვევაში აღნიშნული პროცესი ხდება პირიქით.

წნევის რელე განსხვავდება ტემპერატურის რელესგან იმით, რომ მას არ აქვს თერმობალონი და ამიტომ შემწოვ მაგისტრალში არსებული ორთქლების წნევა უშუალოდ მოქმედებს სილფონზე 6.

კომპრესორის გაშვების გასაადვილებლად გათვალისწინებულია მოწყობილობა, რომელიც ავტომატურად განტვირთავს კომპრესორს გაშვების წინ.

განტვირთვის ერთ-ერთ გავრცელებულ მეთოდს წარმოადგენს კომპრესორის გაშვების დროს დამჭირხნი ძილის შემწოვ ძილთან დაკავშირება. (ნახ.95)



ნახ. 95 კომპრესორის გაშვების წინ განტვირთვის სქემა:  
*PD* — წნევის რელე; *PB* — დროის რელე; *CB* — სოლენოიდური ვენტილ; *OK* — невозвратный клапан

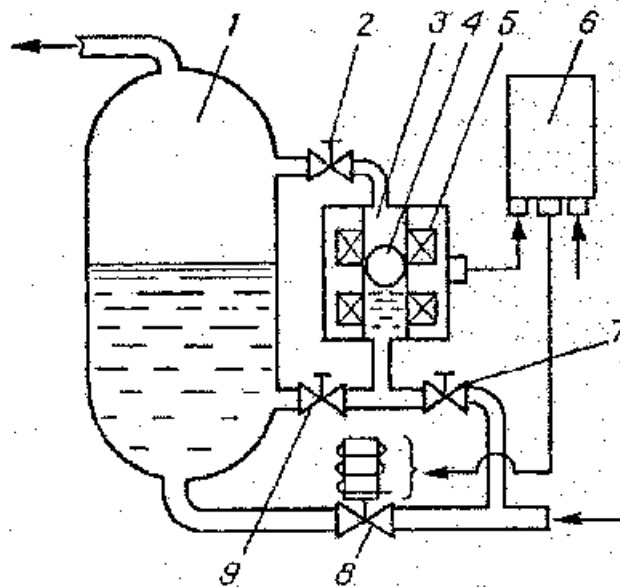
წნევის რელეს *PD* საშუალებით ელექტროძრავის გაშვების დროს დროის რელე *PB* ადებს სოლენოიდურ ვენტილს *CB*, რომელიც აერთებს დამჭირხნი ძილს შემწოვ ძილთან.

როცა ელექტროძრავი მიაღწევს ნომინალურ ბრუნს, დროის რულე გამოერთავს სოლენოიდურ ვენტილს და შეწყდაბა კავშირი დამჭირხნ და შემწოვ მილუბს შორის.

### 7.2.3. ამორთქლებელის თხევადი ხლოდოაგენტიო შევსების რეგულირება.

ამორთქლებლის სიაბური დატვირთვის ცვლილების დროს იცვლება ხლოდოაგენტის რაოდენობა, რადგანაც იგი გადადის პაროობრაზნოე მდგომარეობაში. შესაბაჰისად იცვლება თხევადი ხლოდოაგენტის დონეც. დანადგარის ეკონომიური მუშაობისათვის კი საჭიროა ამორთქლებელში თხევადი ხლოდოაგენტის გარკვეული დონის შენარჩუნება.

მოწყობილობები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ხლოდოაგენტის მოცემული დონის შენარჩუნება, მოქმედების პრინციპის მიხედვით არსებობს დონის რეგულატორები და გადახურების რეგულატორები. მათი სქემები მოცემულია ნახ.96 და 97.



ნახ. 96. ტივტივა ტიპის დონის რეგულატორი

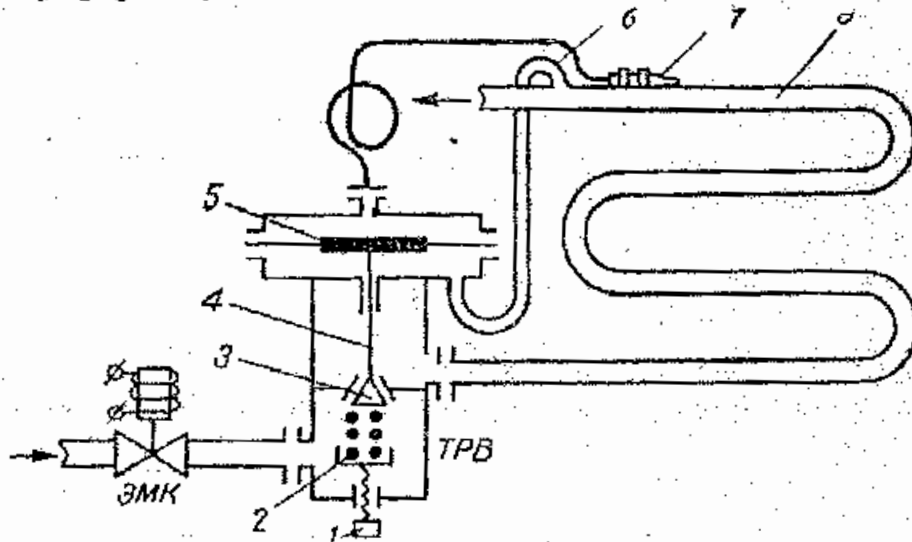
დონის ტივტივა რეგულატორის (ნახ.96) კამერაში 3 რომელიც შეერთებულია რეგულირების ობიექტთან ცურავს მაგნიტური ფოლადისაგან დაზზადებული ტივტივა 4. კამერის 3 გარე ნაწილზე განლაგებულია ორი კოჭა 5, რომლებიც ჩართულია ცვლადი დენის სიდურაში 6. მოცემული დონის ცვლილების შემთხვევაში იცვლება კოჭების ინდუქტიური წინაღობა, ირღვევა ხიდურას ბალანსი, რაც იწვევს ელექტრომაგნიტური სარქველის 8 გამტარი კვეთის შეცვლას, რაც აისახება დონეზე. სქემაზე აგრეთვე ნაჩვენებია მარეგულირებელი ვენტილები 2,7 და 9.

გადახურების რეგულატორი (ნახ.97) წარმოადგენს ტერმომარეგულირებელ ვენტილს, რომელიც დამონტაჟებულია ამორთქლებელის 8 შესასვლელზე და უზრუნველყოფს მუდმივ გადახურებას, ანუ ამორთქლებელიდან გამოსული

ორთქლისა და დუდილის ტემპერატურებს შორის სხვაობას. იმის გამო, რომ დუდილის ტემპერატურის გაზომვა რთულია, ამიტომ იზომება დუდილის წნევა, რომელიც მასთან პირდაპირ კავშირშია.

თერმობალონში 7 არსებული გადახურების ტემპერატურის პროპორციული წნევისა და ამორთქლებელში არსებული დუდილის ტემპერატურის პროპორციული წნევის ზემოქმედების შედეგად მემბრანა 5 იმყოფება წონასწორულ მდგომარეობაში. თერმომარეგულირებელი ვენტილის რეგულირება ხდება ვინტის 1 საშუალებით, რომელიც ზემოქმედებს ზამზარაზე 2. ხოლო ხლოდაგენტის ხარჯის რეგულირება ხდება სარქველით 3.

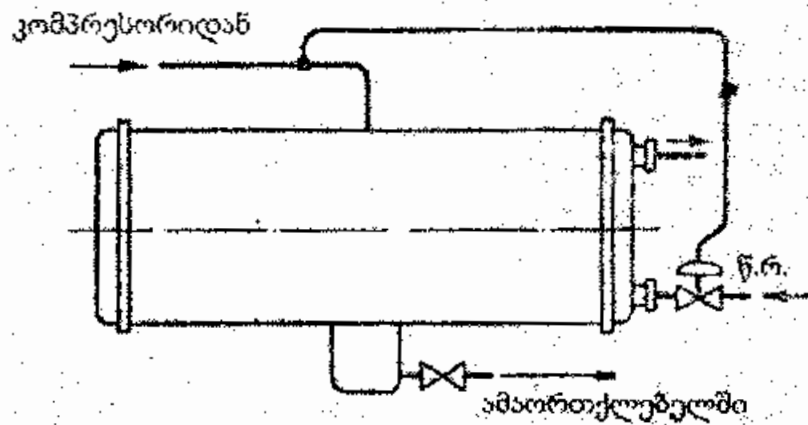
გადახურების მატების შემთხვევაში მემბრანა 5 ჩაიზნიკება ქვემოთ და დეროს 4 საშუალებით სარქველი 3 უფრო მეტად გაიხსნება, შესაბამისად გაიზრდება ამორთქლებელში შემავალი ხლოდაგენტის რაოდენობა. ელექტრომაგნიტური სარქველის დანიშნულებას წარმოადგენს მაგისტრალის სრული გადაკეტვა კომპრესორის გაჩერების დროს.



ნახ.97. დონის თერმორეგულატორით რეგულირების სქემა.

#### 7.2.4. კონდენსაციის წნევის რეგულირება

კონდენსაციის წნევის კლების დროს მცირდება კომპრესორის მიერ გამოყენებული სიმძლავრე, კონდენსაციის წნევა კი დამოკიდებულია გამაგრებელი წყლის სარჯზე და მის ტემპერატურაზე, ანუ კონდენსაციის ტემპერატურის კლების დროს ცირკულაციური ტუმბოს ამძრავს სჭირდება მეტი ენერგია. აქედან გამომდინარე, დანადგარის ეკონომიური მუშაობისათვის უმჯობესია კონდენსაციის წნევის მოცემულ ფარგლებში შენარჩუნება. წნევის მოცემული მნიშვნელობის უზრუნველყოფა შესაძლებელია წნევის რეგულატორის ანუ წყალ-რეგულატორის (წ.რ.) საშუალებით ნახ.98

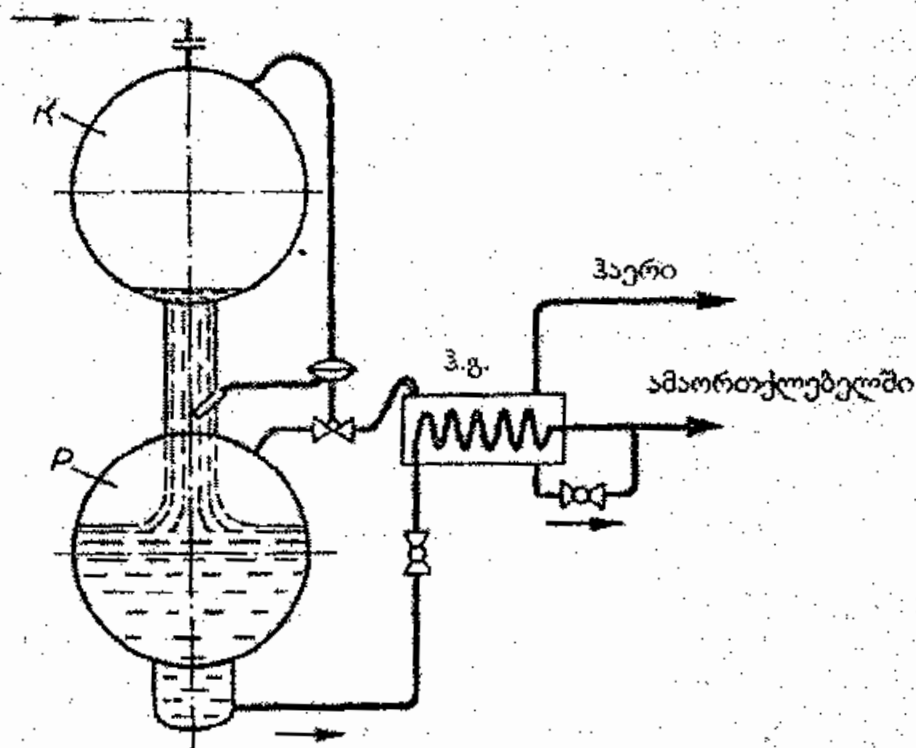


ნახ.98. კონდენსაციის წნევის ავტომატური რეგულირების სისტემის სქემა.

კონდენსაციის წნევის ცვლილების შემთხვევაში, რეგულატორის მგრძობიარე ელემენტი კონდენსატორის შესასვლელზე დებულობს ხლოდოგენტის ორთქლების წნევას და იმპულსური მილით გადასცემს რეგულატორის მეშვეობით მოწყობილობას, რომელიც ცვლის კონდენსატორში შემავალი წყლის რაოდენობის მარეგულირებელი სარკველის გამავალ კვეთას.

#### 7.2.5. ჰაერის ავტომატური გამოდევნა სისტემიდან.

სისტემაში ჰაერის მოხვედრის შემთხვევაში კონდენსატორში წნევა იზრდება ჰაერის წნევის პროპორციულად. ჰაერის ავტომატური გამოდევნის ერთ-ერთი სქემა მოცემულია ნახ.99.



ნახ.99. სამაცივრო მანქანიდან ჰაერის გამოდევნის ავტომატური სისტემის სქემა.

ამ მოწყობილობის მოქმედების პრინციპი დამყარებულია კონდენსატორის წნევასა და კონდენსაციის ტემპერატურის შესაბამის წნევას შორის სხვაობაზე.

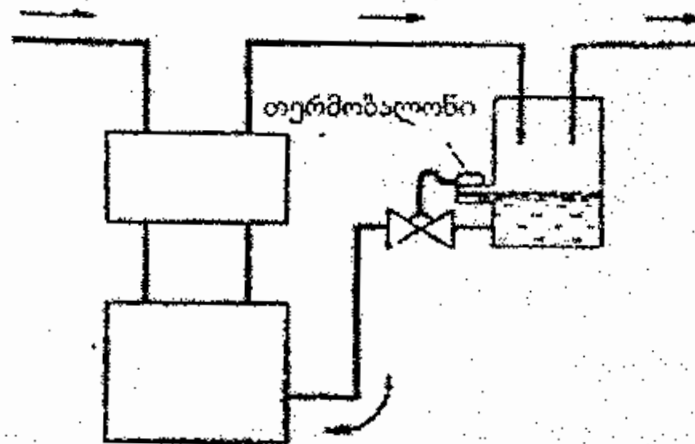
კონდენსაციის წნევის გასაზომად კოლექტორში, რომელიც აერთებს კონდენსატორს (K) რესივერთან (P), მოთავსებულია ხლოდოგენტი შევსებული თერმობალონი. თერმობალონში არსებული კონდენსაციის ტემპერატურის შესაბამისი წნევა ერთი მხრიდან მიეწოდება მემბრანულ მოწყობილობას, ხოლო მემბრანის მეორე მხარე შეერთებულია კონდენსატორთან. როცა სისტემაში ჰაერი არ არის, მაშინ სარქველი, რომელზეც ზემოქმედებს მემბრანული მოწყობილობა დაკეტილია. კონდენსატორში ჰაერის შეპარვის შემთხვევაში, მემბრანის შესაბამის სივრცეში წნევა გაიზრდება, სარქველი გაიღება და ჰაერისა და ხლოდოგენტის ნარევი გადავა ჰაერის განმაცალკეველში (ჰ.გ.), საიდანაც კონდენსირებული ხლოდოგენტი გადადის ამორთქლებელში, ხოლო ჰაერი განიდევნება ატმოსფეროში.

#### 7.2.6. ზეთის დონის რეგულირება ზეთის განმაცალკეველში.

კომპრესორის მუშაობის დროს ხლოდოგენტთან ერთად სისტემაში ზეთიც გადადის. კომპრესორში ზეთის დასაბრუნებლად გათვალისწინებულია სპეციალური მოწყობილობები, რომელთა კონსტრუქცია დამოკიდებულია ზეთისა და ხლოდოგენტის ურთიერთშერევის თვისებაზე.

სამაცივრო მანქანებში, რომლებიც მუშაობენ ფრეონზე F-12 (რომელიც მთლიანად იხსნება ზეთში), არ არის საჭირო კომპრესორში ზეთის დასაბრუნებელი სპეციალური მოწყობილობა.

სამაცივრო მანქანებში, რომლებიც მუშაობენ ამიაკზე (რომელიც უმნიშვნელოდ იხსნება ზეთში), ზეთის კომპრესორში დასაბრუნებლად გათვალისწინებულია ზეთის განმაცალკეებლები დონის რეგულატორით, ნახ.100.



ნახ.100. ზეთის განმაცალკეებელში ზეთის დონის ავტომატური რეგულირების სისტემის სქემა.

ზეთის დონის გაზრდის დროს თერმობალონი ტემპერატურა დაიკლებს, რეგულატორი გახსნის სარქველს და ზეთს განდევნის კომპრესორის კარტერში.

### 7.2.7. გამაცივებელ ზედაპირზე წარმოქმნილი ყინულის (შუბა) მოშორება

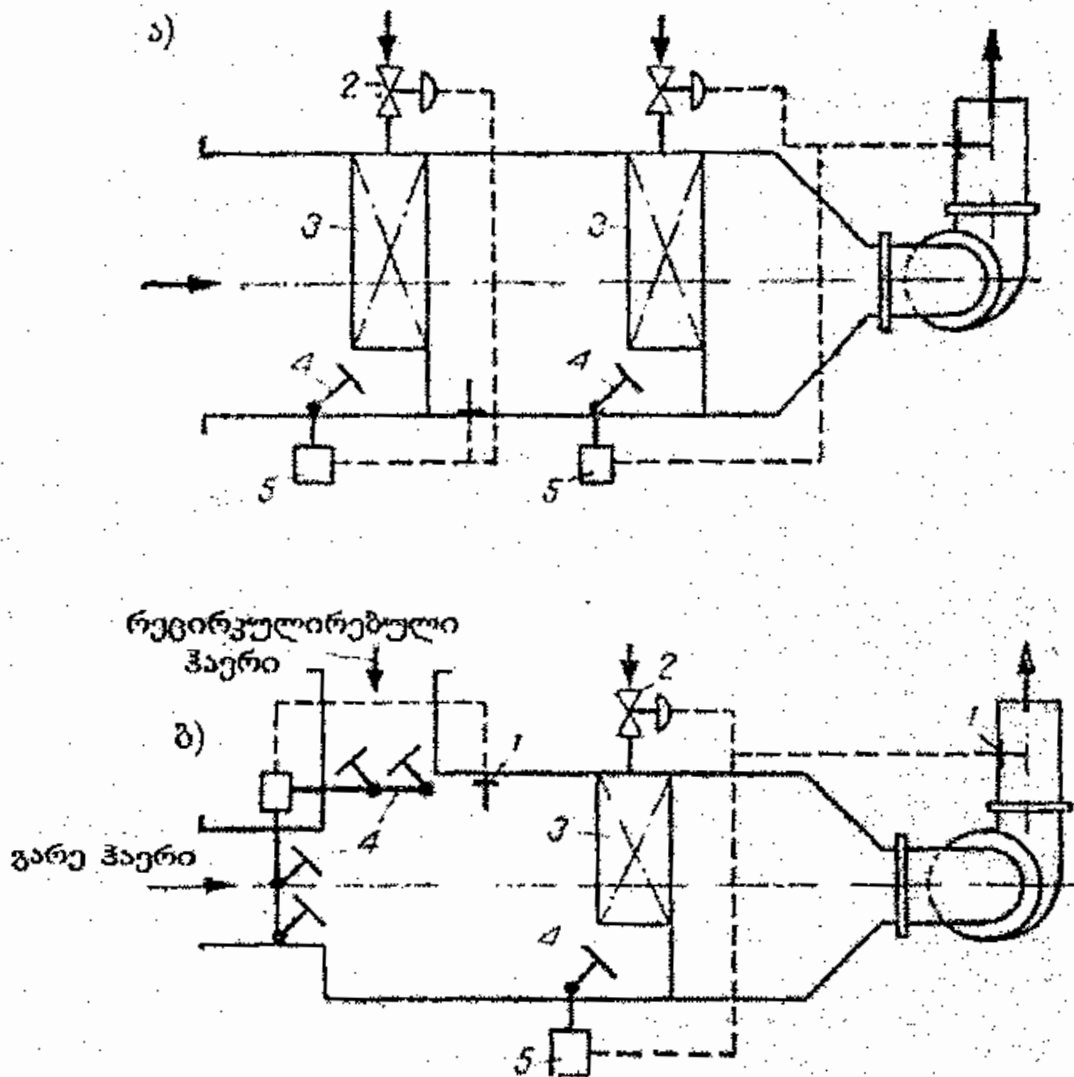
გამაცივებელ ბატარეებზე წარმოქმნილი ყინული ამცირებს თბოგადაცემის კოეფიციენტს და ხელს უშლის სამაცივრო დანადგარის ნორმალურ მუშაობას. ამიტომ საჭიროა მისი პერიოდული გაწმენდა (გალხვობა). გალხვობის მეთოდი დამოკიდებულია პირველ რიგში გასაცივებელი ოთახის ტემპერატურულ რეჟიმზე და გაცივების სისტემაზე.

ფართოდაა გავრცელებული გალხვობა პროგრამული რეღეს გამოყენებით, რომელიც პერიოდულად (დღეში რამოდენიმეჯერ) აჩერებს კომპრესორს და ყინულის გალღვობას ახდენს ელექტრული გამათბობლების საშუალებით.

### 7.3. ჰაერის კონდიციონირების ავტომატიზაცია.

გემის ჰაერის კონდიციონერული დანადგარები მუშაობის რეჟიმების მიხედვით იყოფიან შემდეგ ჯგუფებად: - ზაფხულის, რომელშიც ხდება ჰაერის მხოლოდ გაგრილება და გაშრობა, - ზამთრის, რომელშიც ხდება ჰაერის გათბობა და გატენიანება და საერთო, რომელიც წელიწადის დროის მიხედვით მუშაობს როგორც ზაფხულის ასევე ზამთრის რეჟიმებში. გარდა ამისა, კონდიციონირების სისტემას შეუძლია იმუშაოს ღია ან რეგულაციის ციკლზე, რომლის დროსაც ხდება გარე ჰაერის შერევა შენობაში არსებულ ჰაერთან.

განვიხილოთ გემებზე არსებული ჰაერის კონდიციონირების ავტომატური რეგულირების სისტემის ტიპური სქემები. ნახ.101.



ნახ.101. ჰაერის მომზადების სქემა.:

ა — უცივკულაციო ორსაფეხურიანი; ბ — რეგულირებით:

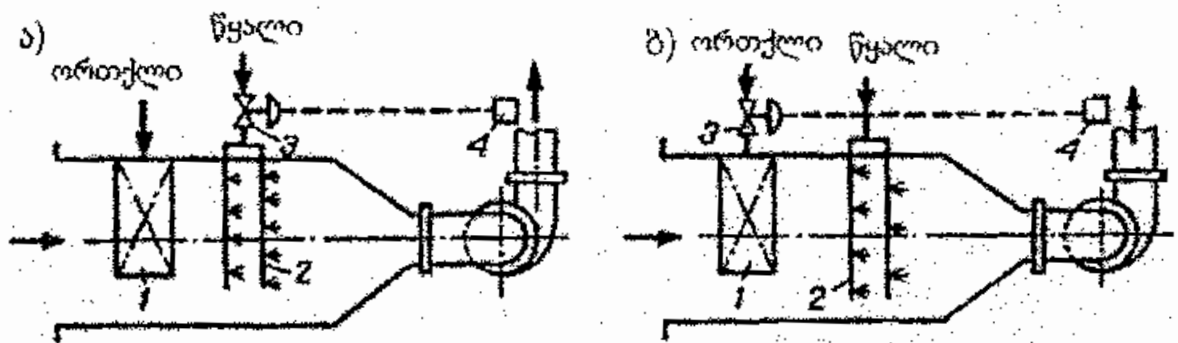
- 1 — ტემპერატურის გადამწოდებები; 2 — ორთქლის მიწოდების მარეგულირებელი ორგანოები;  
3 — კალორიფერები; 4 — регулирующие заслонки; 5 — приводы заслонок.



ნახ. 100 გამოსახულია ჰაერის გათბობის შესაძლო სქემა რეცირკულაციის გარეშე და რეცირკულაციით.

კოლორიფერში 3 გამათბობელი ორთქლის მიწოდების რეგულირება ხდება მარეგულირებელი ორგანოს 2 საშუალებით, რომელზეც მოქმედებს ტემპერატურის მგრძნობიარე ელემენტი 1, ამავდროულად ტემპერატურის მგრძნობიარე ელემენტი მოქმედებს მარეგულირებელი ზასლონკების 4 ამძრავებზე 5.

ჰაერის გატენიანების სქემა მოცემულია ნახ. 102.



ნახ. 102. ჰაერის ტენიანობის რეგულირების სქემა:

ა — გამფრქვევებში წყლის მიწოდების ცვლით,

ბ — გამათბობელი ორთქლის მიწოდების ცვლით;

1 — კოლორიფერი; 2 — წყლის ფრქვევანები;

3 — მარეგულირებელი ორგანო; 4 — ტენიანობის გადამწოდები.

შენობაში დაყენებული ტენიანობის გადამწოდებები 4 ზემოქმედებენ მარეგულირებელ ორგანოებზე 3, რომლებიც ცვლიან ან წყლის მიწოდებას ფრქვევანებზე 2, ან კოლორიფერზე მიწოდებული ორთქლის რაოდენობას.

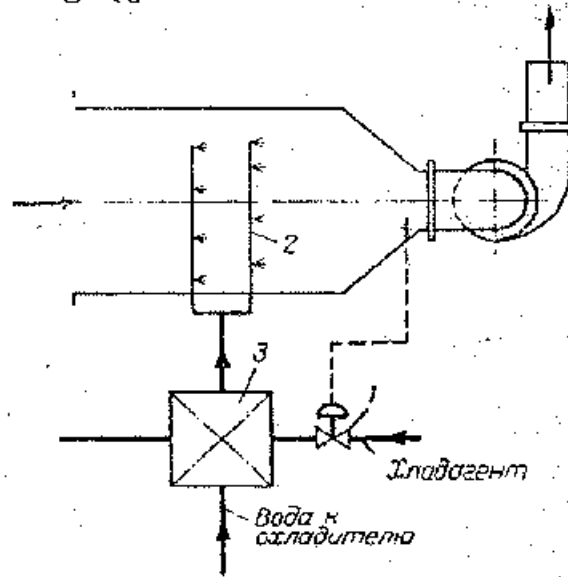
ზაფხულის კონდიციონირების სქემაში ჰაერის გაგრილება ხდება ან ზედაპირულ გამაგრილებელში ჰაერის თბოცვლით, ან ჰაერის ნაკადში წყლის შეფრქვევით. მეორე მეთოდი მისაღებია მაშინ, როდესაც გასაგრილებელი ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა მცირეა. წლის შეფრქვევით ჰაერის გაგრილების დანადგარის სქემა მოცემულია ნახ. 103.

ჰაერის გამოშრობა ხდება ან მისი გაგრილებით, რომლის დროსაც ჰაერიდან გამოიყოფა ტენი, ან აბსორბირებით, ანუ ტენის ქიმიური ნივთიერებებით შთანთქმის გზით. გაგრილებით ჰაერის გამოშრობა უფრო მიზანშეწონილია იმდენად, რამდენადაც შესაძლებელი ხდება ე.წ. კომფოტის ზონის უზრუნველყოფა.

ზაფხულის კონდიციონირების დანადგარის სქემა მოცემულია ნახ. 104.

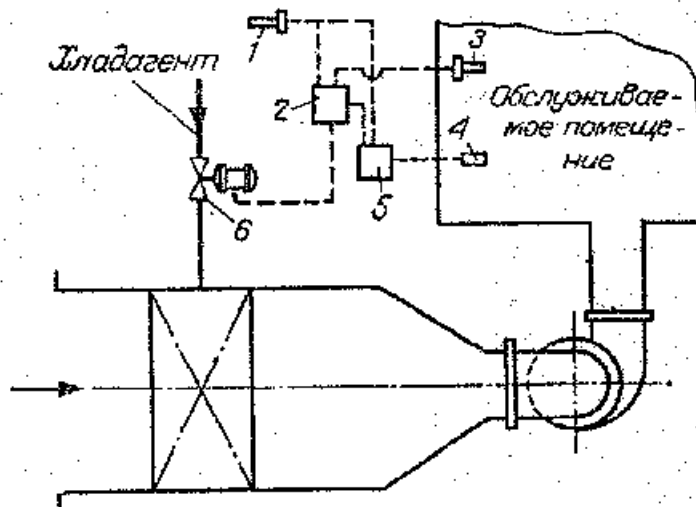
გარემო პირობების ცვლილებიდან გამომდინარე, ავტოკორექტორი ავტომატურად ცვლის ტემპერატურისა 2 და ტენიანობის 5 რეგულატორების რეჟიმებს ისე, რომ გარემოსა და ოთახის ტემპერატურებს შორის არსებობდეს გარკვეული სხვაობა. ამ რეგულატორების მგრძნობიარე ელემენტები 3 და 4 განთავსებულია ოთახში.

ჩამოთვლილი სიდიდეების რეგულირება წარმოებს პნევმატიკური, ელექტრული ან სხვა ტიპის რეგულატორების საშუალებით.



ნახ.103. ჰაერის გაგრილების ავტომატური რეგულირების სქემა:

- 1 — ტემპერატურის რეგულატორი; 2 — წყლის ფრქვევანები;  
3 — წყლის გამაგრილებელი



ნახ.104. ზაფხულის კონდიციონირების ავტომატური რეგულირების სქემა.

- 1 — ავტოკორექტორის გადამწოდები; 2 — ტემპერატურის რეგულატორი;  
3 — ტემპერატურის რეგულატორის მგრძობიარე ელემენტი; 4 — ტენიანობის რეგულატორის მგრძობიარე ელემენტი; 5 — ტენიანობის რეგულატორი; 6 — შემსრულებელი მექანიზმი.

#### 7.4. ხანძარსაწინააღმდეგო სისტემების ავტომატიზაცია.

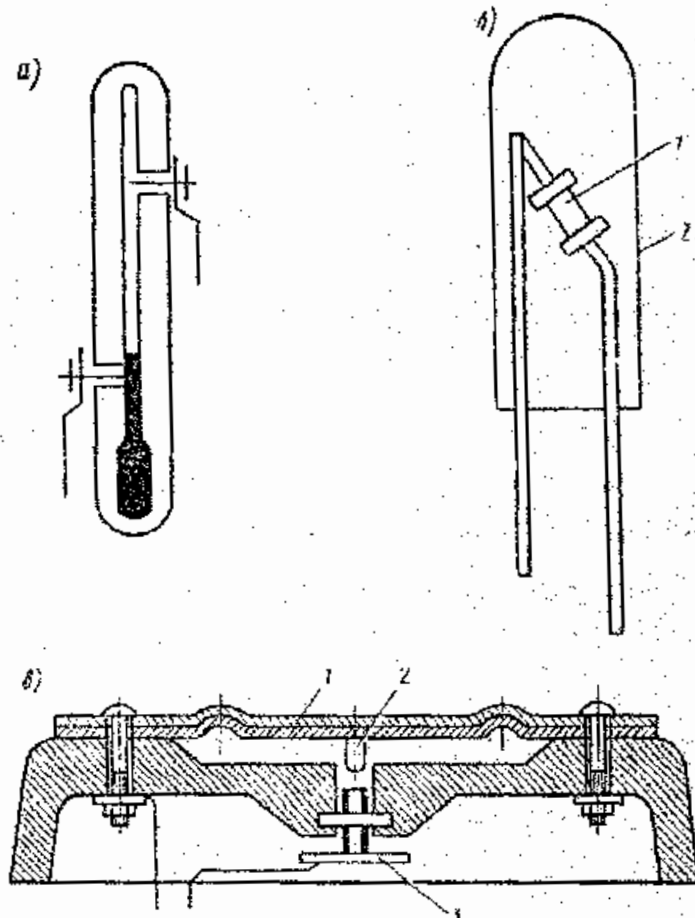
ავტომატიზირებული ხანძარსაწინააღმდეგო სისტემებში შედის: ავტომატური სიგნალიზაცია, რომელიც აუწყებს ხანძრის გაჩენას; ავტომატური ცეცხლჩაქრობი, ლოკალიზირების და პროფილაქტიკური სისტემები, რომლებიც ცეცხლჩაქრობ ნივთიერებებს ავტომატურად მიაწოდებენ ხანძრის კერას, ლოკალიზირებას უკეთებენ ხანძრის ადგილს ხანძარსაწინააღმდეგო კარების ავტომატური დაკეტვით, ვენტილაციური არხების გადაკეტვით და ვენტილატორების გაჩერებით; პროფილაქტიკური სისტემები იუწყებიან ხანძარის გაჩენას წინა პირობების მოხლოახლოებას.

#### 7.4.1. ხანძარსაწინააღმდეგო სიგნალიზაცია

ხანძარსაწინააღმდეგო სიგნალიზაცია შედგება მაუწყებელი გადამწოდებებისაგან, გარდამქმნელი აპარატურისაგან, კაბების არხებისაგან და ხმოვანი და შუქოვანი სიგნალიზატორებისაგან.

მოქმედების პრინციპით მაუწყებელი გადამწოდებები რეაგირებენ ტემპერატურის ცვლილებაზე, ცეცხლის გამოჩენაზე, ნაპრწყალზე, კვამლზე და ა.შ.

ყველაზე მეტად გავრცელებულია ტემპერატურული გადამწოდებები, რომლებიც იყოფიან როგორც მაქსიმალური, დიფერენციალური და მაქსიმალურ-დიფერენციალური. ნახ.105 მოცემულია მაუწყებელი გადამწოდებების სქემები.



ნახ.105 ხანძარსაწინააღმდეგო სიგნალიზაციის გადამწოდებები:

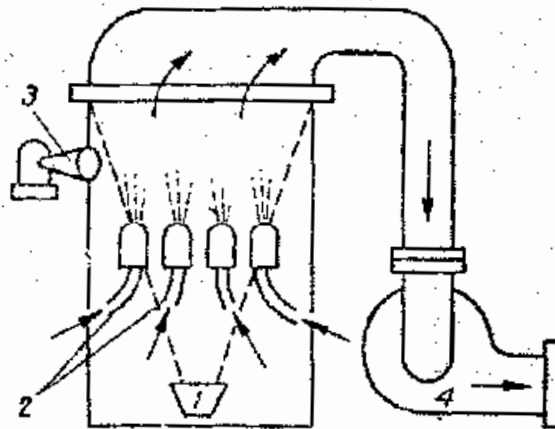
*a* — ვერცხლისწყლიანი; *ბ* — ნახევარგამტარული; *ა* — ბიმეტალური

ვერცხლისწყლიან გადამწოდებში (ნახ.104*ა*) ოთახში ტემპერატურის მომატების დროს ვერცხლისწყალი ფართოვდება, კრავს კონტაქტებს და ირთვება სიგნალიზაცია.

ნახევარგამტარული გადამწოდებები (ნახ. 104*ბ*) გამოირჩევიან მცირე ინერციულობით. ჭიქის ამპულაში 2 განთავსებულია თერმოწინააღმდეგობა 1. ტემპერატურის გაზრდის დროს თერმოწინააღმდეგობის ელექტროგამტარიანობა ნახტომისებურად იცვლება და რთავს სიგნალიზაციის წრედს.

ბიმეტალურ გადამწოდებში (ნახ. 104*გ*) ტემპერატურის მომატების დროს ბიმეტალური ფირფიტა 1 იზნეება ქვევით, მოძრავი კონტაქტი 2 ეხება უძრავ კონტაქტს 3 და შეიკვრება სიგნალიზაციის წრედი. გადამწოდების საჭირო ტემპერატურაზე დაყენება ხდება კონტაქტებს 2 და 3 შორის არსებული ღრეჩოს რეგულირებით. აღნიშნული გადამწოდების უარყოფით თვისებას მიეკუთვნება მოჭარბებული ინერციულობა.

სანძარსაწინააღმდეგო სიგნალიზაციის სხვა ტიპს მიეკუთვნება სიგნალიზაცია კვამლის მაუწყებლით, რომლის სქემა მოცემულია ნახ.106.



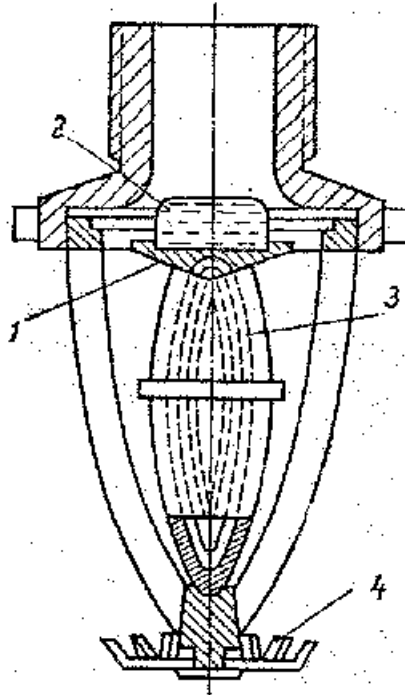
ნახ.106. კვამლური სახანძრო სიგნალიზაციის ცენტრალური აპარატის სქემა.

დაცული ოთახიდან მიღებით 2 ჰაერი შეიწოვება ვენტილატორით 4 და მიეწოდება აპარატის კამერას, რომელშიც მოთავსებულია ნათურა 1 და ფოტოელემენტი 3. კვამლის გაჩენის შემთხვევაში სინათლის სხივი არ ეცემა ფოტოელემენტს 3, რის შედეგადაც ჩაირთვება სიგნალიზაცია.

#### 7.4.2. ხანძრის ჩამქრობი სისტემები

ხანძრის ჩამქრობი სისტემების ერთ-ერთ გავრცელებულ სახეს წარმოადგენს სპრინკლერული სისტემა, რომელიც შედგება სპრინკლერული თავისაგან (ნახ.107). ტემპერატურის მომატების დროს, დაბალი დუღილის ტემპერატურის მქონე სითხით შევსებული კოლბა 3 იმსხვრევა, რის შედეგად მეტალური ოპრავა 1 და სარქველი 2 ვარდება და უშვებს წყალს გამფრქვევში, საიდანაც გაფრქვეული წყალით იფარება გარკვეული ფართობი.

ხანძრის ჩაქრობა CO<sub>2</sub> და ქაფის სისტემებით შესაძლებელია ავტომატურად. გადამწოდების სიგხალის ზემოქმედებით, რომლებიც მართავენ შესაბამის ელექტრომაგნიტურ სარქველებს და ხანძრის კერას მიაწოდებენ ცეცხლჩაქრობ ნივთიერებას.



ნახ.107. სპრინკლერული თავის სქემა.

#### ლიტერატურა:

1. Андресен В.А., Гольдберг М.Э. и др. Автоматизация судовых энергетических установок и систем. Л.: Судостроение, 1973. 212 с.
2. Антонович С.А. Динамические характеристики объектов регулирования судовых дизельных установок. Л.: Судостроение, 1966. 195 с.
3. Збожек В.В. Автоматика судовых систем. Л.: Судостроение, 1962. 158 с.
4. Крутов. В.И. Автоматическое регулирование двигателей внутреннего сгорания. М.: Машиностроение, 1968. 245 с.
5. Онасенко В.С. Автоматизация судовых энергетических установок (Регулирование и управление). М.: Транспорт, 1981. 272 с.
6. Орлов Л.А. Автоматизация судовых энергетических установок. М.: Рекламинформбюро, 1976. 183 с.
7. Перельман Р.С. и др. Комплексная автоматизация СЭУ. М.: Феникс, 2008. 268 с.
8. Потяев В.А. Автоматика судовых газотурбинных установок. Л.: Судостроение, 1972. 325 с.
9. Соболев Л.Г. Комплексная автоматизация судовых паротурбинных установок. Л.: Судостроение, 1967. 310 с.

10. Сыромятников В.Ф., Лубочкин Б.И. Автоматическое регулирование судовых паровых котлов. М.: Транспорт, 1968, 213 с.

სარჩევი  
შესავალი

ნაწილი 1. ავტომატური რეგულირების თეორიის ძირითადი დებულებები.

თავი 1. ავტომატური რეგულირების სისტემების საერთო ცნებები.

1.1. ავტომატიზაცია და მექანიზაცია.

1.2. ავტომატური რეგულირების სისტემების ელემენტები.

1.2.1. მგრძობიარე ელემენტები და გადამწოდებები.

1.2.1. მაძლიერებლები.

1.2.3 ელექტრომაგნიტური რელეები

1.3. რეგულირების ობიექტები

1.3.1 ობიექტის დინამიკის დიფერენციალური განტოლება

1.3.2. დიფერენციალური განტოლების ამოხსნა

1.4. ავტომატური რეგულატორები

1.4.1. რეგულატორისა და ობიექტის ურთიერთქმედება

1.4.2. რეგულატორის ტიპის შერჩევა და ნასტროიკა

თავი 2. პერედატოჩნიე ფუნქციები და სიხშირული მახასიათებლები

2.1. პერედატოჩნიე ფუნქციები.

2.2. სიხშირული მახასიათებელი

2.3. ტიპიური დინამიკური რგოლები.

2.4. პერედატოჩნია ფუნქციების ალგებრა. რგოლების შეერთება.

2.5. ჩაკეტილი სისტემის დინამიკის განტოლება.

თავი 3. ავტომატური რეგულირების სისტემების  
მდგრადობა და ხარისხი.

3.1. მდგრადობის განსაზღვრა.

- 3.2. გურვიცის მდგრადობის კრიტერიუმი
- 3.3. მიხაილოვის მდგრადობის კრიტერიუმი
- 3.4. რეგულირების ხარისხი

ნაწილი II

გემის ენერგეტიკული დანადგარების  
ავტომატიზაცია

თავი 4

გემის საქვაბე დანადგარების ავტომატიზაცია

- 4.1. ავტომატიკის საერთო საკითხები
  - 4.2. საქვაბე დანადგარების ავტომატიზაციის ამოცანები.
  - 4.3. წყლის დონის რეგულირება ქვაბის დოლში
    - 4.3.1. წყლის დონის ერთიმპულსიანი ავტომატური რეგულირების სისტემა თერმოჰიდრაულიკური რეგულატორით..
    - 4.3.2. წყლის დონის ერთიმპულსიანი ავტომატური რეგულირების სისტემა იზოდრომული რეგულატორით.
    - 4.3.3. წყლის დონის მრავალიმპულსიანი რეგულატორები
    - 4.3.4. ქვაბის მკვებავი ტუმბოს წარმადობის რეგულირება.
  - 4.4. გადახურებული ორთქლის ტემპერატურის რეგულირება.
    - 4.4.1. ტემპერატურის რეგულირება კონდენსატის შეშუყრებით.
    - 4.4.2. ტემპერატურის რეგულირება ზედაპირულ ორთქლმაგრილებლებში.
  - 4.5. საწვავის წვის რეგულირება
    - 4.5.1. წვის რეგულირების სქემა პარალელურად ჩართული კონტურებით.
    - 4.5.2. წვის რეგულირების სქემა მიმდევრობით ჩართული კონტურებით.
  - 4.6. ქვაბის დაცვისა და სიგნალიზაციის სისტემები.
  - 4.7. დამხმარე და უტილიზაციური ქვაბების რეგულირება.
- თავი 5. ორთქლის ტურბინული დანადგარების ავტომატიზაცია.
- 5.1. ორთქლის ტურბოდანადგარის სარეგულირებელი სიდიდეები.
  - 5.2. ლილვის ბრუნთა სიხშირის რეგულირება
  - 5.3. ორთქლის წნევის რეგულირება შემამჭიდროვებლებში.
  - 5.4. ზეთის ტემპერატურის რეგულირება შეზეთვის სისტემაში
  - 5.5. ორთქლის ტურბოდანადგარის დაცვის სისტემები
- თავი 6. გემის დიზელური დანადგარების ავტომატიზაცია.
- 6.1. ავტომატიკის საერთო საკითხები.
  - 6.2. ბრუნთა სიხშირის რეგულირება
    - 6.2.1. ბრუნთა სიხშირის რეგულატორთა კლასიფიკაცია
    - 6.2.2. ბრუნთა სიხშირის რეგულატორთა სქემები.
    - 6.2.3. პარალელურად მომუშავე ძრავების ბრუნთა სიხშირის რეგულირება.
  - 6.3. გამაგრილებელი გარემოს ტემპერატურის რეგულირება.

6.3.1. ტემპერატურის რეგულატორები.

6.4. საწვავის სიბლანტის რეგულირება.

6.5. სიგნალიზაციისა და დაცვის სისტემები.

6.6. დისტანციური ავტომატიზირებული მართვის სისტემები. (დამ)

თავი 7. დაშხმარე მექანიზმებისა და სისტემების ავტომატიზაცია.

7.1. ენერგეტიკული დანადგარის მომსახურე სისტემების ავტომატიზაცია.

7.1.1. საწვავის მომზადების სისტემა.

7.1.2. შეკუმშული ჰაერის სისტემა

7.2. სამაცივრო დანადგარების ავტომატიზაცია.

7.2.1. ტემპერატურის რეგულირება სამაცივრო კამერებში

7.2.2. კომპრესორების სიცივის წარმადობის რეგულირება.

7.2.3. ამოერთქლებელის თხევადი ხლოდოაგენტით შევსების რეგულირება.

7.2.4. კონდენსაციის წნევის რეგულირება

7.2.5. ჰაერის ავტომატური გამოდევნა სისტეშიდან.

7.2.6. ზეთის დონის რეგულირება ზეთის განმაცალკევეებელში.

7.2.7. გამაცივებელ ზედაპირზე წარმოქმნილი ყინულის (მუხაკი) მოშორება

7.3. ჰაერის კონდიციონირების ავტომატიზაცია.

7.4. ხანძარსაწინააღმდეგო სისტემების ავტომატიზაცია.

7.4.1. ხანძარსაწინააღმდეგო სიგნალიზაცია

7.4.2. ხანძრის ჩამქრობი სისტემები

ლიტერატურა