

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

პავლე სამსონაშვილი

ჰიდროელექტროსადგურებში სადგურშიგა რეჟიმების  
ოპტიმიზაციის საკითხები

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად  
წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

თბილისი

2013 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის  
თბო და ჰიდროენერგეტიკის დეპარტამენტის  
ჰიდროენერგეტიკული დანადგარებისა და  
სამილსადენო სისტემების სასწავლო-  
სამეცნიერო მიმართულებაზე

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: ჯემალ კილასონია - სრული პროფესორი,  
ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი

რეცენზენტები: აკად. დოქტორი რ. პატარაია  
აკად. დოქტორი თ. არშვა

დაცვა შედგება 2013 წლის "30" მარტს, 15<sup>00</sup>საათზე  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკისა და  
ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს  
კოლეგიის სხდომაზე, კორპუსი VIII, აუდიტორია 123  
მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში,  
ხოლო ავტორეფერატისა – სტუ-ს ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი სრული პროფესორი გია ხელიძე

## სამუშაოს ზოგადი დახასიათება

თემის აქტუალობა საკითხების წრე, რომლებიც ეხება ჰიდროენერგეტიკული რესურსების ეფექტური გამოყენების პრობლემას ჰიდროელექტროსადგურების ექსპლუატაციის პერიოდში, ძირითადად მოიცავს ელექტროენერჯის წარმოების ტექნოლოგიური პროცესის სრულყოფის ამოცანებს და, თუ წყალსაცავების წყლის რესურსების რაციონალური გამოყენების ამოცანების გადაწყვეტაში მიღწეულია საკმაოდ შთამბეჭდავი შედეგები, სხვა სურათია ჰიდროაგრეგატების რეჟიმების ოპტიმიზაციის სფეროში. ჯერ კიდევ არასაკმარისად არის დამუშავებული და გაშუქებული ჰესის მომუშავე აგრეგატების შემადგენლობის აჩვენისა და მათ შორის დატვირთვის განაწილების მეთოდთა. განსაკუთრებით მცირე ყურადღება აქვს დათმობილი ჰესის აგრეგატების შემადგენლობის არჩევას სადგურშია ოპტიმიზაციის პოზიციებიდან.

გეგმიური ეკონომიკიდან საბაზროზე გადასვლამ ისევე, როგორც სამეურნეო მოღვაწეობის სხვა დარგების, შეცვალა ელექტროენერგეტიკის განვითარებისა და ფუნქციონირების პირობები. კერძოდ, შეიმჩნევა ტენდენცია დეცენტრალიზაციისაკენ რეჟიმების მართვაში და ობიექტის ცალკეული მესაკუთრეების სწრაფვა ინდივიდუალური სარგებლობის მიღწევასკენ. ეს კიდევ უფრო აქტუალურს ხდის ელექტროსადგურების, კერძოდ, ჰიდროელექტროსადგურების სადგურშია რეჟიმების ოპტიმიზაციის მეთოდების სრულყოფას თვითოეული ობიექტის სპეციფიკის გათვალისწინებით.

ჰიდროელექტროსადგურის (ჰესის) სადგურშია რეჟიმის ოპტიმიზაცია, გარდა იმისა, რომ ხელს უწყობს ჰიდროენერგორესურსების მოცულობით შეზღუდული და ღროით რეგლამენტირებული მარაგების რაციონალურ გამოყენებას, ზოგად შემთხვევაში არეგულირებს ენერგოსისტემის დატვირთვისა და სისწირეს, რაც დაკავშირებულია აგრეგატების მუდმივი ჩართვასა და გამორთვებთან, აგრეგატებს შორის დატვირთვების სისტემატურ გადანაწილებასთან.

ჰესი, როგორც სამრეწველო საწარმო, ცდილობს თავისთვის რაც შეიძლება რაციონალურად გამოიყენოს მოცულობით შეზღუდული და ღრძში რეგალმენტირებული ჰიდროენერგორესურსები. ამასთან ერთად იგი მონაწილეობს ენერგოსისტემის საერთო დატვირთვის დაფარვაში, რაც განსაზღვრავს მისი რეჟიმის ოპტიმიზაციის ამოცანის ზოგადსისტემურ ხასიათს, რომელიც განუყრელად არის დაკავშირებული მთელი ელექტროენერგეტიკული წარმოების თავისებურებებთან.

ეკონომიკის ელექტროენერგეტიკულ სექტორში მიმდინარე საბაზრო გარდაქმნების მიზანია ელექტროენერგეტიკის მუშაობის ეფექტურობის ამაღლება საბოლოო მომხმარებლისათვის: ელექტროენერგიაზე გადახდისუნარიანი მოთხოვნის დაკმაყოფილება და მისი ღირებულების შემცირება, მოწოდებული ენერჯის და მომსახურების ხარისხის გაზრდა, პროგრესული ტექნოლოგიების გამოყენება, ინვესტიციების მოზიდვა აუცილებელი მოცულობებით და ა.შ. ელექტროსადგურების არასაკმარისად შეთანხმებული ფუნქციონირებას ახალ საბაზრო პირობებში მიყვავართ წყლის უქმი გადაადგების, წყალსაცავების ვადაზე ადრე დაცლისა და ცალკეული ჰიდროელექტროსადგურების არაოპტიმალური დატვირთვისაკენ. ამიტომ საბაზრო ეკონომიკის პირობებში აქტუალურად რჩება ენერგოსისტემების გრძელვადიანი ოპტიმალური რეჟიმების დაგეგმვა მათი შემდგომში ოპერატიული კორექტირების შესაძლებლობით.

ტექნიკური პროცესის ყველა თავისებურებების კორექტული გათვალისწინებისაგან დიდად არის დამოკიდებული ჰიდროენერგორესურსების გამოყენების ეფექტურობა მთლიანობაში, რაც სადგურშიგა რეჟიმების ოპტიმიზაციის ამოცანას ანიჭებს განსაკუთრებულ მნიშვნელობას.

**სამუშაოს მიზანი** – სადისერტაციო სამუშაოს მიზანია ჰიდროელექტროსადგურების მომუშავე აგრეგატების შემადგენლობის არჩევისა და მათ შორის დატვირთვის განაწილების მეთოდის შემდგომი სრულყოფა სადგურშიგა რეჟიმების ოპტიმიზაციის პოზიციებიდან თვითეული ობიექტის სპეციფიკის გათვალისწინებით.

**მეცნიერული კვლევის მეთოდები** – სამუშაოს ძირითადი შედეგები მიღებულია დინამიკური პროგრამირების, ვარიაციული აღრიცხვის ლაგრანჟის და ალბათობის თეორიისა და მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდებით.

**ძირითადი შედეგები და მეცნიერული სიახლე:**

გაანალიზებულია ჰიდროელექტროსადგურების როგორც სადგურშია რეჟიმის, ასევე მოკლევადიანი და ხანგრძლივი რეჟიმების თავისებურებები და შეფასებულია თვითეული მათგანის როლი ენერგოსისტემის ფუნქციონირებაში. ვრცლად არის განხილული სამივე რეჟიმის, განსაკუთრებით სადგურშია რეჟიმის ოპტიმიზაციის საკითხები. შეფასებულია ელექტროენერჯის წარმოების ტექნოლოგიური პროცესის თავისებურებების გავლენა სადგურშია რეჟიმის ოპტიმიზაციის ეფექტურობაზე. აღნიშნულია გეგმიური ეკონომიკიდან საბაზროზე გადასვლასთან დაკავშირებით ტენდენცია დეცენტრალიზაციისკენ რეჟიმების მართვაში, რაც უფრო აქტუალურს ხდის ელექტროსადგურების, კერძოდ, ჰიდროელექტროსადგურების სადგურშია რეჟიმების ოპტიმიზაციის მეთოდების სრულყოფას თვითთეული ობიექტის სპეციფიკის გათვალისწინებით. მოყვანილია ტექნოლოგიური და სხვა სახის შეზღუდვების სისტემა და ოპტიმალურობის კრიტერიუმები. დასაბუთებულია დინამიკური პროგრამირების მეთოდის უპირატესობა ჰესის სადგურშია ოპტიმალური რეჟიმების გაანგარიშებაში. აღნიშნულია ცალკეული ჰესის სადგურშია რეჟიმის ოპტიმიზაციის კავშირი მთლიანად ენერგოსისტემის რეჟიმის ოპტიმიზაციის ამოცანასთან და მისი როლი ამ უკანასკნელის გადაწყვეტაში. ამასთან ერთად აღნიშნულია, რომ ელექტროსადგურების არასაკმარისად შეთანხმებული ფუნქციონირებას ახალ საბაზრო პირობებში მივეყვართ წყლის უქმი გადაადგილების, წყალსაცავების ვადაზე აღრე დაცლისა და ცალკეული ჰიდროელექტროსადგურების არაოპტიმალური დატვირთვებისკენ. ამიტომ საბაზრო ეკონომიკის პირობებში აქტუალურად რჩება ენერგოსისტემების გრძელვადიანი ოპტიმალური რეჟიმების დაგეგმვა მათი შემდგომში ოპერატიული კორექტირების შესაძლებლობით. იმასთან დაკავშირებით, რომ ელექტროენერჯის ბაზარს გააჩნია თავისი კრიტერიუმები და იმისათვის, რომ თანხმობაში იყოს ტექნოლოგიური და საბაზრო ეფექტურობა, უყურადღებოდ არ დაგვრჩენია კრიტერიუმების იერარქიის დადგენის საკითხიც. წარმოდგენილი კრიტერიუმებს გააჩნია გამოყენების განსაზღვრული

არე, ისინი დაკავშირებულია ერთმანეთთან და ურთიერთ-დამოკიდებულება.

იმის გამო, რომ ელექტროენერჯის მოხმარების განუსაზღვრელობა ობიექტური რეალობაა, ხოლო პროგნოზების აბსოლუტური სიზუსტის მოთხოვნა აბსურდული, სადისერტაციო ნაშრომში მნიშვნელოვანი ყურადღება აქვს დათმობილი ოპტიმიზაციის ამოცანების გადაწყვეტისას საწყისი ინფორმაციის შემთხვევითი ხასიათის გათვალისწინებას, ხოლო ისეთი შემთხვევებისთვის როცა ვერ ხერხდება საწყისი ინფორმაციის ალბათური აღწერაც, – მინიმალური კრიტერიუმებით სარგებლობას, რომლებიც ფართოდ გამოიყენება თამაშების თეორიაში.

იმასთან დაკავშირებით, რომ ჰესების ჰიდროაგრეგატების ენერგეტიკული მახასიათებლები საწყისია ოპტიმიზაციური ამოცანების გადასაწყვეტად, სადისერტაციო ნაშრომში მოცემულია მახასიათებლების ანალიზი და ვრცლად არის განხილული მათი აპროქსიმაციის და კომპიუტერის მექსიერებაში შენახვის საკითხები.

მოცემულია ჰიდროელექტროსადგურის სადგურშია რეჟიმის ოპტიმიზაციის ძირითადი ამოცანის მათემატიკური ფორმულირება, ჰესის ოპტიმალური ენერგეტიკული მახასიათებლის აგების ალგორითმი და ჰიდროაგრეგატების შემადგენლობისა და რეჟიმების მართვის ალგორითმი დინამიკური პროგრამირების მეთოდის გამოყენებით. განხილულია აგრეთვე ცალკეულ შემთხვევებში სხვა მათემატიკური მეთოდების, კერძოდ, შტოებისა და საზღვრების და ვარიანტების მიმართული გადარჩევის მეთოდების გამოყენების საკითხები. რამდენადაც რეჟიმის ოპტიმიზაციის რთული ამოცანების რიცხვითი ამოხსნების გარდა, მიზანშეწონილია ამ ამოცანების გამარტივებული ვარიანტების ანალიზური ამოხსნების ქონა, რომლებიც შესაძლებლობას მოგვცემს ამოვიცნოთ ჰესების რეჟიმების ოპტიმალური მართვის ძირითადი კანონზომიერებები, რაც თავის მხრივ იძლევა რიცხვითი მეთოდების ამოხსნების კორექტირების კონტროლის საშუალებას, განხილულია, აგრეთვე გამარტივებულ შემთხვევებში ვარიაციული აღრიცხვის მეთოდების, პირველ რიგში ლაგრანჟის მამრავლის მეთოდის გამოყენების საკითხები. მოცემულია აღნიშნული ალგორითმების მიხედვით შედგენილი კომპიუტერული პროგრამის აღწერა, მისი გამოყენებით ჩატარებული გაანგარიშებებით მიღებული შედეგები და მათი ანალიზი.

**ნაშრომის პრაქტიკული მნიშვნელობა** – მიღებული შედეგების გამოყენება ხელს შეუწყობს ჰიდროელექტროსადგურების ოპტიმალურ მართვას და ფუნქციონირებას ახალ ეკონომიკურ პირობებში.

პუბლიკაციები და სამუშაოს აპრობაცია – დისერტაციის ძირითადი შინაარსი წარმოადგენილია 7 ნაბეჭდ ნაშრომში. შედეგები მოხსენებულია ერთ საერთაშორისო კონფერენციაზე (ქუთაისი, 21-22 მაისი, 2010 წელი), საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკის და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის 1-ელ და მე-2 თემატურ სემინარებზე (თბილისი 2011, 2012 წწ).

დისერტაციის სტრუქტურა – დისერტაცია მოიცავს რეზიუმეს, შესავალს, 3 თავს, შედეგებს და მათ განსჯას, დასკვნებს და გამოყენებულ ლიტერატურის ჩამონათვალს. მთელი მოცულობა შეადგენს გვერდს, მათ შორის ძირითადი ტექსტია ნახაზით და ცხრილით. გამოყენებული ლიტერატურე შეიცავს დასახელებას.

## **ნაშრომის შინაარსი**

შესავალში დასაბუთებულია თემის აქტუალობა, მოყვანილია გამოსაკვლევი საკითხების მოკლე მიმოხილვა და ჩამოყალიბებულია სადისერტაციო ნაშრომის მიზნები და ამოცანები.

პირველი თავის დასაწყისში განხილულია ჰიდროელექტროსადგურების და ელექტროენერგეტიკული სისტემების რეჟიმების ოპტიმიზაციის თანამედროვე კონცეფციები. აღნიშნულია რომ, ეკონომიკის ელექტროენერგეტიკულ სექტორში მიმდინარე საბაზრო გარდაქმნების მიზანია ელექტროენერგეტიკის მუშაობის ეფექტურობის ამაღლება საბოლოო მომხმარებლისათვის: ელექტროენერგიაზე გადახდისუნარიანი მოთხოვნის დაკმაყოფილება და მისი ღირებულების შემცირება, მოწოდებული ენერჯის და მომსახურების ხარისხის გაზრდა, პროგრესული ტექნოლოგიების გამოყენება, ინვესტიციების მოზიდვა აუცილებელი მოცულობებით და ა.შ. ელექტროსადგურების არასაკმარისად შეთანხმებული ფუნქციონირებას ახალ საბაზრო პირობებში მივეყვართ წყლის უქმი გადაგდების, წყალსაცავების ვადაზე ადრე დაცლისა და ცალკეული ჰიდროელექტროსადგურების არაოპტიმალური დატვირთვისაკენ. ამიტომ საბაზრო ეკონომიკის პირობებში აქტუალურად რჩება ენერგოსისტემების გრძელვადიანი

ოპტიმალური რეჟიმების დაგეგმვა მათი შემდგომში ოპერატიული კორექტირების შესაძლებლობით.

საბაზრო ურთიერთობები გულისხმობს, რომ თვითოეული მეწარმე დამოუკიდებლად იღებს გადაწყვეტილებას, თუ რამდენი ენერჯია და დროის რომელ მომენტში უნდა აწარმოოს. არსებობს მოსაზრება, რომ ენერგეტიკული სისტემებისათვის, რომლებშიც ჰესების წილი მცირეა ელექტროენერჯიის გამომუშავებაში, ასეთი მიდგომა გამართლებულია. ელექტროენერჯიის წარმოების მოცულობა განისაზღვრება ბაზარზე მოთხოვნით, სათბობის მარაგით, ტექნიკური შეზღუდვებით და შეიძლება ჩაითვალოს დამოუკიდებლად დროის სხვადასხვა ინტერვალში. ყველა რეჟები, დაკავშირებული წყალსაცავში წყლის შემოდინების განუსაზღვრელობასთან, ჰესებზე გამომუშავების მცირე წილის შემთხვევაში შეიძლება გასწორდეს თბოსადგურების რეზერვებით.

ენერგეტიკული სისტემებისათვის, რომლებშიაც ჰესების წილი დიდია ელექტროენერჯიის წარმოებაში (საქართველოს გარდა ასეთი ქვეყნებია ბრაზილია, ახალი ზელანდია და სხვ.), ენერგოსისტემის მდინარის ჩამონადენის რეგულირებასთან მიბმულობის გამო, ამ მიდგომამ შეიძლება გამოიწვიოს შემდეგი ნეგატიური შედეგები:

- წყლის რესურსების არაოპტიმალური გამოყენება;
- თბოსადგურებზე სათბობის ეკონომიურად არაეფექტური გამოყენება;
- ელექტროენერჯიის დროებითი დეფიციტის წარმოქმნა.

თუ მიმდინარე ინტერვალში ჰესი ზრდის ელექტროენერჯიის გამომუშავებას (იყენებს წყლის დამატებით მოცულობებს), რომ დაზოგოს სათბობი თბოსადგურზე (ან მიიღოს დამატებითი მოგება), მაშინ მომდევნო პერიოდში, თუ ისინი იქნება წყალმცირე, შეიძლება მოხდეს თბოსადგურების არაეკონომიური დატვირთვა, ხოლო მათში სათბობის უკმარისობისას – ელექტროენერჯიის დეფიციტი. თუ კი მიმდინარე პერიოდში ჰესი იმარაგებს წყალს მომავალში გამოსაყენებლად, მაშინ მომდევნო წყალუხვი პერიოდების შემთხვევაში



არის ალბათობა, რომ საჭირო გახდება თბოსადგურის არაეკონომიური განტვირთვა ან წყლის უქმი გადაგდება.

მაშასადამე, იმისათვის, რომ უზრუნველყოფილი იყოს ენერგოსისტემის, რომელშიც ჰიდროელექტროსადგურების წილი ელექტროენერჯის გამომუშავებაში მნიშვნელოვანია, ეკონომიურად ეფექტური მუშაობა, და ენერგო რესურსების ოპტიმალური გამოიყენება, აუცილებელია რეჟიმების ცენტრალიზებული დაგეგმვა ციკლში, რომელიც გაითვალისწინებს ჰესის რეჟიმების გაძღოლის თავისებურებებს. რეჟიმების დაგეგმვის მეთოდთა უნდა შეიცავდეს აუცილებელ ცვლილებებს და დამატებებს, რომლებიც უზრუნველყოფს ელექტროენერგეტიკაში ურთიერთობების საბაზრო ხასიათს.

ჰიდროელექტროსადგურების და ელექტროენერგეტიკული სისტემების რეჟიმების ოპტიმიზაციის ამოცანების გადაწყვეტის ეფექტურობის ამაღლების უპირველესი გზაა ოპტიმიზაციის შესაბამისი მათემატიკური მეთოდების გამოყენება, რაც თხოულობს მათემატიკური მოდელების და ალგორითმების გამოყენებას. არსებობს მოსაზრება, რომ თუ ჰესზე ავირჩევთ მომუშავე აგრეგატების ოპტიმალურ რიცხვს ოპტიმიზაციის შესაბამისი მეთოდების გამოყენებით, მაშინ სადგურის მ.კ.კ. ამაღლება 3–5%-ით (აქ რეკომენდირებულია ვარიანტების მიმართული გადარჩევის მეთოდი). თუ მოხდება წყალსაცავის წყლის რესურსების გამოყენების რეჟიმის ოპტიმიზაცია სხვადასხვა წყლიანობის წლებში – 5–10%-ით (რეკომენდირებული გრადიენტული მეთოდი და ლაგრანჟის მამრავლების მეთოდი). თუ სისტემაში ოპტიმალურად განაწილდება დატვირთვა, მაშინ სათბობის გადამეტწვა შემცირდება – 2–5%-ით (რეკომენდირებულია არაწრფივი პროგრამირების მეთოდების კომპლექსი. ელექტროქსელების ოპტიმალური რეჟიმი – მიყვევართ ელექტროენერჯის დანაკარგების შემცირებამდე 1–5%-ით.

ოპტიმალურობა დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე, მაგრამ პირველ რიგში შესაძლო ვარიანტების რიცხვზე. მაგალითად თუ ელექტროენერჯის სიჭარბეს აქვს ადგილი, მაშინ შეიძლება იყოს ალტერნატივები.

ენერგეტიკაში წარმოიშვება პრინციპული შეკითხვა – როგორ წარიმართოს ოპტიმიზაციის პროცესი? საწარმოო შესაძლებლობებიდან გამომდინარე თუ საბაზრო შეხედულებებიდან. ინვესტიციების ეფექტურობას უზარმაზარი როლი გააჩნია ენერგეტიკის განვითარებაში. არც ერთი ინვესტორი არ ჩადებს სახსრებს წარმოების განვითარებაში, თუ მას შემდგომში იგი ვერ გამოიყენებს ეფექტურად. მაშასადამე, ბუნებრივი გზაა – „წარმოების ტექნიკური შესაძლებლობების ეფექტური გამოყენებიდან კომერციულ შედეგებამდე“. ამ პრინციპის გამოყენებისას ერთერთი ძირითადი კითხვაა – რომელი მაჩვენებელი ან მაჩვენებლები იქნას მიღებული შეფასების კრიტერიუმად? სახალხო მოხმარების საქონლისა და სამრეწველო საქონლის კომერციული საწარმოებისთვის – ეს არის მოგება. ენერგეტიკისათვის მოგება არ შეიძლება იყოს კრიტერიული მაჩვენებელი. ენერგეტიკა არის საზოგადოების სიცოცხლის უზრუნველყოფის არე, მისი როლი განსაზღვრავს ეკონომიკის განვითარებას, სახელმწიფოს პოლიტიკურ მდგრადობას, მოსახლეობის სოციალურ მდგომარეობას. აქედან გამომდინარე კრიტერიუმი შეიძლება იყოს მხოლოდ დანახარჯები ელექტროენერჯის და სიმძლავრის წარმოებაზე, ხოლო ბაზრის წესებს უნდა მიენიჭოს მხოლოდ დამხმარე, მაკორექტირებელი, და არა მთავარი როლი.

ელექტროენერჯის ბაზარს გააჩნია თავისი კრიტერიუმები და იმისათვის, რომ თანხმობაში იყოს ტექნოლოგიური ეფექტურობა და საბაზრო, აუცილებელია კრიტერიუმების იერარქიის დადგენა. ამასთან შეიძლება გამოყენებული იქნას ოპტიმიზაციის კრიტერიუმების შემდეგი იერარქია.

- უმაღლესი დონე – ენერგეტიკის საწარმოს შიგა დანახარჯების ოპტიმიზაცია – „ოპტიმიზაცია დანახარჯების მიხედვით“. ესაა მინიმიზაცია დანახარჯებისა წარმოებაზე სასაქონლო ასორტიმენტის (რეჟიმის პარამეტრების ელექტროენერჯისა და სიმძლავრის და მომსახურების მიხედვით) გათვალისწინებით, რაც სრულად ეხმიანება ბიზნესის, კონკურენციისა და მარკეტინგის ტიპურ სტრატეგიებს.

- შემდეგი დონეა – ენერგეტიკული საწარმოების ელექტროენერჯის და სიმძლავრის ოპტიმალური გამოყენება ელექტროენერგეტიკულ ბაზარზე („კომერციული ოპტიმიზაცია“) საქონლის გასაყიდი ფასის მინიმუმის კრიტერიუმის მიხედვით და გასაყიდი ფასი ემყარება წარმოების ოპტიმალურ დანახარჯებს.

- და ბოლოს – ენერგეტიკული საწარმოების რეჟიმების ოპტიმიზაცია ბაზარზე საზოგადოებრივი ინტერესებისათვის („ოპტიმიზაცია საზოგადოებრივი ინტერესების წესების მიხედვით“) – ფასჩამოკლება / დანამატი, შეღავათები, ჯარიმები.

წარმოდგენილ კრიტერიუმებს გააჩნია განსაზღვრული არე და ისინი დაკავშირებულია ერთმანეთთან და ურთიერთდამოკიდებულია. კავშირი გამოიხატება მათი იერარქიის სახით და თუ ამოვალთ პრინციპიდან „ტექნიკური წარმოების ეფექტური გამოყენებიდან კომერციული შედეგებისაკენ“, მაშინ იერარქიულ სქემას ექნება სახე: წარმოებაზე დანახარჯების მინიმიზაცია მთელ ტექნოლოგიურ ციკლზე, დანახარჯების მინიმიზაცია ტრანსპორტირებაზე, გასაყიდი ფასის მინიმიზაცია, გაყიდვის და შესყიდვის წესების დადგენა სასაქონლო – ფულადი ურთიერთობების დამუშავებისას.

საწყისი ინფორმაცია რეჟიმების ოპტიმიზაციის ამოცანების გადასაწყვეტად არის დატვირთვის და ელექტრომოხმარების გრაფიკების პროგნოზი, ობიექტების მახასიათებლები, რომლებიც აკავშირებენ კრიტერიუმებს და დამოუკიდებელ ცვლადებს, სისტემის სტრუქტურის თვისებებს, რომლებიც გავლენას ახდენს მათემატიკურ მოდელზე, შეზღუდვები (ტექნიკური, სამეურნეო, კომერციული). კომერციული პრინციპები დამყარებულია ელექტროენერჯის შესყიდვაზე განაცხადების სრულ განსაზღვრულობაზე, რადგანაც ელექტროენერჯის დასაწყობება არ შეიძლება. მაგრამ ელექტროენერჯის მოხმარების განუსაზღვრელობა ეს ობიექტური რეალობაა და პროგნოზების აბსოლუტური სიზუსტის მოთხოვნა აბსურდულია – ცდომილებები გარდუვალია.

ოპტიმიზაციისთვის არსებითი მნიშვნელობა აქვს დატვირთვის გრაფიკს და ენერგეტიკული ბალანსების პროგნოზების უტყუარობას.

პროგნოზების ცდომილებები შეიძლება მივიღოთ მოდელების ცდომილებიდან და დამატებითი საექსპერტო შესწორებებიდან. ასეთი შეფასებები ძალიან პირობითია – ესაა გადაწყვეტილებების მიღება განუსაზღვრელობის პირობებში. შეიძლება მოცემულ იქნას პროგნოზული პარამეტრების ცვლილებების ზონა და შემდეგ მასში ნაპოვნი იქნას გადაწყვეტის ალტერნატიული ვარიანტები. დატვირთვის გრაფიკების ცვლილების პროცესის დროის მიხედვით მოდელირება ჯერჯერობით ვერ ხერხდება საკმარისად კარგად.

ელექტროენერგეტიკაში არსებული მართვის იერარქიის გათვალისწინებით ჰესის რეჟიმის ოპტიმიზაციის ამოცანა პირობითად იყოფა რამდენიმე გაანგარიშების ეტაპად, დროსა და სივრცეში ურთიერთდაკავშირებული ცვლადებით: ჰესის ოპტიმალური გრძელვადიანი რეჟიმის გაანგარიშება; ჰესის მოკლევადიანი რეჟიმის გაანგარიშება; ჰესის ძირითადი მოწყობილობის ოპტიმალური სადგურშიგა რეჟიმის გაანგარიშება. პირველი ორი ამოცანა ზოგადსისტემურია. მესამე ამოცანის გადაწყვეტა ხდება ჰიდროაგრეგატის მუშაობის დამყარებული ნორმალური პირობებისათვის და გარდა იმისა, რომ აქვს თავისთავადი მნიშვნელობა, წარმოადგენს ინფორმაციულ ბაზას სხვა ამოცანებისათვის. რამდენადაც სამივე რეჟიმი მჭიდროდ არის დაკავშირებული ერთმანეთთან და გავლენას ახდენენ ერთმანეთზე, ნაშრომში ძირითად თემაზე – ჰესის ძირითადი მოწყობილობების სადგურშიგა რეჟიმის გაანგარიშების მეთოდებზე გადასვლამდე განხილულია ჰესის მოკლევადიანი და გრძელვადიანი რეჟიმების გაანგარიშების საკითხები.

ენერგოსისტემის დატვირთვის დღე-ღამური (კვირიანი) გრაფიკის ერთ-ერთ ძირითად თავისებურებას წარმოადგენს მისი არათანაბარზომიერება, რაც განსაზღვრავს ძირითად მოთხოვნებს ელექტროსადგურების მიმართ. ასე, მაგალითად, დატვირთვის მაქსიმუმის პერიოდებში ყველა ელექტროსადგური იტვირთება მთლიანად, სხვა დროს დღე-ღამის განმავლობაში სისტემის დატვირთვა ნაკლებია მაქსიმალურზე.

ამასთან დაკავშირებით იქმნება ელექტროსადგურის დატვირთვის ქვეშეყოფი დანადგარების რიცხვისა და შემადგენლობის ოპტიმიზაციის აუცილებლობა, ასევე აუცილებელია მისი განაწილების რაციონალური მეთოდი. ენერგოსისტემის მოკლევადიანი რეჟიმის ოპტიმიზაციის ამოცანა მსგავსია, მაგრამ გაცილებით რთულია ჰეს-ის სადგურში რეჟიმის ოპტიმიზაციის ამოცანაზე დიდი ზომის, ელექტროსადგურთა ტიპების მრავალფეროვნების გამო, რომლებიც მონაწილეობენ ენერგოსისტემის დატვირთვის დაფარვაში, სხვადასხვა ელექტროსადგურების რეჟიმების ურთიერთგავლენის გათვალისწინების სირთულის, ელექტროსადგურების რეჟიმის ეფექტურობის განმსაზღვრელი ფაქტორების სიმრავლის, გამოყენებული დამოკიდებულებების არაწრფივობის, სხვადასხვა განტოლებების და ელექტროსადგურების უტოლობათა ტიპის შეზღუდვების დიდი სიმრავლის გამო და ა.შ. გარდა ამისა, საჭიროა რეჟიმის მიმართ იმ მოთხოვნების გათვალისწინება, რომელიც წაყენებულია წყალსამეურნეო სისტემის არაენერგეტიკული უბნის მიერ. დამატებითი სირთულეები შეაქვს ალბათური და განუსაზღვრელი ხასიათის საწყისი ინფორმაციის გათვალისწინებას.

აღნიშნულის გათვალისწინებით ენერგოსისტემის ნორმალური მოკლევადიანი რეჟიმის ოპტიმიზაციის ამოცანა უნდა მივაკუთვნოთ არაწრფივი (სტოქასტიკური) პროგრამირების მთელრიცხვა მრავალექსტემალურ ამოცანას.

ამოხსნის გასამარტივებლად იყენებენ სხვადასხვა მათემატიკურ ხერხებს. ასე, მაგალითად, ამოცანის განზომილების შესამცირებლად, ენერგეტიკაში ჩამოყალიბებული მართვის სტრუქტურის გათვალისწინებით, გამოიყენება აგრეგირების მეთოდი, რომელიც იმაში მდგომარეობს, რომ ენერგოსისტემის ძირითადი ელემენტების სახით გამოიყენება არა ცალკეული ენერგობლოკები, არამედ ელექტროსადგურები მთლიანობაში. ამ დროს ელექტროსადგურების რეჟიმების შიდასასადგურო ოპტიმიზაციის ამოცანა ითვლება ამოხსნილად.

ამ მიზნითვე გამოიყენება დეკომპოზიციის მეთოდი, რომლის დახმარებით შესაძლებელი ხდება რთული ამოცანის დაყოფა უფრო

მარტივ ამოცანების რიგად. წყალსამეურნეო სისტემის და გარემოს დაცვის მოთხოვნათა გათვალისწინება გარდაქმნის მოკლევადიანი ოპტიმიზაციის ამოცანას არაფორმალურებულში. ამ უკანასკნელის ამოხსნა შესაძლოა კვალიმეტრიის მეთოდების გამოყენებით.

უნდა აღინიშნოს, რომ გაანგარიშებებში მონაწილე მთელი საწყისი ინფორმაცია ხასიათდება გარკვეული ცდომილებით. ამის გამო ნებისმიერი შედეგი, მიღებული გაანგარიშებებში უნდა განიხილებოდეს როგორც რაღაცა ზომით საორიენტაციო.

ზემოხსენებული ეხებოდა ე.წ. ექსპლოატაციურ ამოცანას, ანუ ენერგოსისტემის დღე-ღამურ და ერთკვირიანი დაგეგმვის ამოცანას სადისპეჩერო მართვის ავტომატიზირებული სისტემის ფუნქციონირების პირობებში. საპროექტო ამოცანისათვის ასეთი დეტალიზაცია, ელექტროსადგურების რეჟიმების განსაკუთრებულობის გათვალისწინების დროს, არ მოითხოვება, მისთვის საკმარისია გათვალისწინებული იყოს დატვირთების მიახლოებითი განაწილება ენერგოსისტემის ელექტროსადგურებს შორის, დატვირთვა შეიძლება ჩაითვალოს მოცემულად ერთ ექვივალენტურ კვანძში, ხოლო დატვირთვის დღე-ღამური გრაფიკი შეიძლება წარმოდგენილ იქნას ხანგრძლივობის მრუდის სახით და ა.შ.

როგორც საპროექტო, ასევე საექსპლოატაციო ამოცანას არა აქვთ ამონახსნები ზოგადი სახით. ის შეიძლება იყოს მიღებული მხოლოდ რიცხვითი მეთოდებით, რომელთა კორექტული გამოყენება ბევრ შემთხვევაში განისაზღვრება ამოცანის დასმით. არანაკლებ მნიშვნელოვანია მისაღები შედეგების ფიზიკური აზრის ცოდნა უხეში შეცდომების თავიდან ასაცილებლად.

ენერგოსისტემაში ჰეს-ის მუშაობის ხანგრძლივი რეჟიმის ოპტიმიზაციის ამოცანა და, აქედან გამომდინარე, მთელი ენერგოსისტემისა მთლიანობაში, პრინციპულად ცოტათი განსხვავდება ამოცანისაგან, რომელიც განხილული იყო ზემოთ. მართლაც ხანგრძლივი რეჟიმის ოპტიმიზაციის ნებისმიერი ამოცანა შეიძლება წარმოვადგინოთ ისევე, როგორც დღე-ღამისათვის, მხოლოდ გაზრდილი საანგარიშო ინტერვალით, მაგრამ ამ დროს მნიშვნელოვნად მატულობს ამოცანის განზომილება.

ენერგოსისტემის ექსპლოატაციის პრაქტიკაში აისახება შექმნილი იერარქიული სტრუქტურა მათი რეჟიმების მართვისა, რომელიც ითვალისწინებს ასევე ამოცანის განსაკუთრებულობებს დროის დიდი პერიოდისათვის.

მართლაც, ხანგრძლივი რეჟიმების ოპტიმიზაციას, მოკლევადიანი ოპტიმიზაციისაგან განსხვავებით, გააჩნია შემდეგი თავისებურებანი: საწყისი ინფორმაციის დიდი ცდომილება; დატვირთვის და საყოფაცხოვრებო მოდინების გრაფიკის სეზონური ცვლილებების გათვალისწინების აუცილებლობა; ქვედა ბიევის მახასიათებლების ცვლილება ზამთარში ყინულოვანი პირობების ან ზაფხულში წყალდენის მცენარეებით გაბარდვის გამო; ელექტროსადგურებზე მოწყობილობის რიცხვისა და შედგენილობის ცვლილება რემონტის შედეგად; ჰიდროენერგოდანადგარების რეჟიმის მიმართ მნიშვნელოვანი მოთხოვნები წყალსამეურნეო სისტემის მონაწილეთა მხრიდან (შეზღუდვები ზედა და ქვედა ბიევის ნიშნულებში ნაოსნობის, სოფლის მეურნეობის, სამრეწველო და კომუნალური წყალმომარაგების პირობებით და ა.შ.) სპეციფიკური მოთხოვნები არსებობს გარემოს დაცვის მხრივ. განსაკუთრებული სირთულეები შემოაქვს გაანგარიშებებში დედამიწაზე მტკნარი წყლის შეზღუდული მარაგების კომპლექსური გამოყენების აუცილებლობას, მასში მოთხოვნილების უწყვეტი ზრდის პირობებში. არანაკლებ რთულია საწყისი ინფორმაციის ალბათური და განუსაზღვრელი ხასიათის გათვალისწინებაც.

ხანგრძლივი რეჟიმების გაანგარიშებებში, განსხვავებით მოკლევადიანი რეჟიმების გაანგარიშებებისაგან, აუცილებელია იმის გათვალისწინებაც, რომ ჰესი წყალსაცავებით გადანაწილებენ დროში მდინარეების საყოფაცხოვრებო ჩადინებას და შესაბამისად, მდინარის ენერჯიას.

მნიშვნელოვანი გავლენა ენერგორესურსების ოპტიმალურ გამოყენებაზე ხანგრძლივ პერიოდში შეუძლია მოახდინოს ჰედ-ის ჰიდრაულიკურმა კავშირმა კასკადში (ქვემოთ განლაგებული ჰეს-ების შეტბორვის გათვალისწინებამ).

ჰეს-ის ხანგრძლივი რეჟიმების ეფექტურობაზე გავლენას ახდენენ ასევე დაწნევების მნიშვნელოვანი რხევები წყალსაცავების დაცლა-ავსების გამო. ამ პირობებში (თეს-ებისაგან განსხვავებით) ადგილი აქვს ამოცანას შედეგებით, კერძოდ, წყალსაცავის ნაადრევი ამუშავება შემცირებს ჰეს-ის გამომუშავებას დაწნევის შემცირების გამო; ამუშავების დაგვიანებას დიდი წყალდიდობისას მოსდევს წყლის ფუჭი გადაგდება და დადგმული ენერჯის დანაკარგები, სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ჩნდება ენერჯის დამატებით დანაკარგები, რომლებიც განისაზღვრება არა მარტო მოწყობილობების, არამედ წყალსაცავების რეჟიმებითაც.

ამასთან დაკავშირებით გამოვლინდება ჰეს-ის ხანგრძლივი რეჟიმების მართვის ამოცანის ძირითადი არსი, რომელიც განსხვავდება მოკლევადიანი ამოცანების დანიშნულებისაგან, კერძოდ, ამოცანის ამოხსნა სისტემაში ენერჯის ბალანსისას და ჰეს-ზე ჩამონადენის გაანგარიშებების მიხედვით. ამასთანავე, ბუნებრივია, ამოხსნილად იგულისხმება მოკლევადიანი ოპტიმიზაციის ამოცანა, რომელიც ახდენს სიმძლავრის ბალანსის რეალიზაციას დროში.

ზემოთქმული და ასევე სხვა მოსაზრებები განაპირობებენ წყალსაცავებიანი ჰეს-ების რეჟიმების მართვაში აგრეგირებისა და დეკომპოზიციის მეთოდების გამოყენების აუცილებლობას.

მიღებული ამოხსნის ეფექტურობის შეფასება რთულია საწყისი ინფორმაციის ალბათური და განუსაზღვრელი ხასიათისა და წყლის რესურსების მრავალმიზნობრივი გამოყენების გამო. მაგრამ გაანგარიშებების მეთოდებისა და ამოცანის დასმის მიუხედავად სხვადასხვა ჰიდროენერგეტიკული დანადგარები მასში იქნება წარმოდგენილი გარკვეული ენერგეტიკული მახასიათებლებითა და მაჩვენებლებით. კანონზომიერი იქნება ასევე სხვადასხვა კრიტერიუმების ურთიერთკავშირიც.

ცნობილია, რომ ჰიდროენერგეტიკული დანადგარების მაჩვენებლების შესაფასებლად გამოიყენება ზოგიერთი, წყლიანობის მიხედვით საშუალო, პირობები. წსს-ის სხვა მონაწილეების მოთხოვნები ჰეს-ის რეჟიმის მიმართ გათვალისწინებულია შეზღუდვების სახით. ხდება ამ შეზღუდვების გავლენის გაანალიზება ჰიდროენერგეტიკული



დანადგარების რეჟიმზე და მისი ცვლილებების შესაძლებლობაზე მრავალმიზნობრივი კრიტერიუმების შემოყვანის შემთხვევაში.

განისაზღვრება დატვირთვების და დაწნევების შესაძლო გრაფიკები დროის თითოეულ საანგარიშო ინტერვალისათვის, მეორეზე – დატვირთვებისა და დაწნევების გრაფიკების ყველა შესაძლო კომბინაციები, მესამეზე – თითოეული კომბინაციისათვის განისაზღვრება ელექტროენერჯის მოგების სიდიდე მართვის სხვადასხვა ხერხების გამოყენებისას, ხოლო მეოთხე ეტაპზე, მინიმალური კრიტერიუმების გამოყენებით განისაზღვრება მოგების გარანტირებული მნიშვნელობა.

**მეორე თავში** მოცემულია ჰიდროელექტროსადგურების სადგურშია რეჟიმების ოპტიმიზაციის მეთოდის შემუშავება.

ჰესის სადგურშია რეჟიმის ოპტიმიზაციის ამოცანას გააჩნია რამდენიმე ძირითადი ქვეამოცანა, მათ შორის დღეღამური რეჟიმის დაგეგმვა და მისი კორექცია ჰესის ენერჯოსისტემაში მუშაობის პირობების ცვლილების გათვალისწინებით. მათემატიკური განსხვავება ამ ქვეამოცნებს შორის განისაზღვრება მხოლოდ საანგარიშო პერიოდით, რაც იძლევა ზოგადი ამოცანის დასმის შესაძლებლობას, რომელსაც დაემატება შემდგომ სხვადასხვა ჰესების თავისებურებების ანალიზი. ტექნოლოგიური პროცესის ყველა თავისებურებების კორექტული გათვალისწინებისაგან დიდად არის დამოკიდებული ჰიდროენერჯორესურსების გამოყენების ეფექტურობა მთლიანობაში, რაც სადგურშია რეჟიმების ოპტიმიზაციის ამოცანას ანიჭებს განსაკუთრებულ მნიშვნელობას.

რადგანაც ჰესის ენერგეტიკული მახასიათებლები მიიღება სადგურშია რეჟიმების ოპტიმიზაციის ამოცანის გადაწყვეტისაგან, მისი დასმისა და გადაწყვეტის მეთოდებისაგან იქნება დამოკიდებული ამ მახასიათებლების ზოგადი სახე და ხასიათი.

ზოგად შემთხვევაში, როგორც ცნობილია ცალკეული ჰესის სადგურშია რეჟიმის ოპტიმიზაციის ამოცანა, როცა მის აგრეგატების გააჩნია სხვადასხვა ენერგეტიკული მახასიათებლები, ასე შეიძლება დაისვას: განსახილველი  $T = t_b - t_0$  პერიოდისათვის მოიძებნოს

დატვირთვის ქვეშ ჩართული ჰიდროაგრეგატების ისეთი  $z_0(t)$  რიცხვი, მათი  $S^0(t)$  შემადგენლობა და ჰესის მოცემული  $N_{ჰეს}^{მოც}(t)$  აქტიური და  $\Theta_{ჰეს}^{მოც}(t)$  რეაქტიული დატვირთვების გრაფიკების განაწილება რომელიც უპასუხებს მიღებულ ოპტიმალურობის კრიტერიუმის ექსტრემუმს აგრეგატების რეჟიმების ცნობილი შეზღუდვების პირობებში. მოცემულად იგულისხმება ჰესის მოწყობილობის რეჟიმების და ბიეფების მდგომარეობა  $T$  პერიოდის  $t_0$  საწყის და  $t_b$  ბოლო მომენტებში, აგრეგატების ენერგეტიკული მახასიათებლები, ბიეფების მახასიათებლები, ჰიდროაგრეგატების ელექტრული შეერთებების სქემა და ჰესის ჰიდრაგლიკური სქემა.

ჰესის ზოგადი კანონზომიერებების და ეფექტური სადგურშიგა რეჟიმის ორგანიზების თავისებურებების გათვალისწინების მიზნით მიზანშეწონილია არა რამოდენიმე, არამედ ერთი ყველაზე უფრო საჩვენებელი სადგურისათვის ოპტიმალურობის კრიტერიუმი, რომელიც გამომდინარეობს ჰესის თავისებურებებიდან. ასეთი კრიტერიუმები შეიძლება იყოს, მაგალითად, ჰესზე ენერჯის დანაკარგის მინიმუმი, ან მ.ქ.კ-ს მაქსიმუმი. ტოლობის ტიპის შეზღუდვებად ჩვეულებრივად მიღებული უნდა იყოს ჰესის აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრეების ბალანსი, ხოლო უტოლობის ტიპის შეზღუდვებად გათვალისწინებული უნდა იყოს შეზღუდვები ჰიდროაგრეგატის ან მთლიანად ჰესის აქტიურ სიმძლავრეზე.

აგრეგატების ზღვრული დატვირთვები განისაზღვრება როგორც მათი გამტარუნარიანობით, ასევე ეკონომიკური შეზღუდვებით მათი მცირე დატვირთვისას. მთლიანად ჰესზე შეიძლება დადებული იქნეს შეზღუდვები ელექტროგადამცემი ხაზების გამტარუნარიანობაზეც და ა.შ.

უტოლობის ტიპის შეზღუდვები რეაქტიული დატვირთვების მიხედვით ძირითადად განისაზღვრება ენერგოსისტემის რეჟიმის მდგრადობით და დამოკიდებულია მთლიანად ჰესზე და არა თვითუფ აგრეგატზე. დაშვებები აგრეგატის გაშვება-გაჩერების დასაშვები მაქსიმალური რიცხვის მიხედვით  $T$  პერიოდის განმავლობაში

განისაზღვრება მოთხოვნებით ჰიდროაგრეგატების მუშაობის საიმედოების უზრუნველყოფაზე.

ამრიგად, ჰესის რეჟიმების გაანგარიშებისა და ანალიზის ბალანსური მეთოდი საშუალებას იძლევა შეიკვეცოს ტურბინის სხვადასხვა დიფერენციალური მაჩვენებლებების რიცხვი და დაყვანილი იყოს  $q_{\delta Q}^N$  ერთ მაჩვენებელზე, რომელიც განისაზღვრება  $\Delta N_{\delta}(Q_{\delta})$ -ის მიხედვით და მოწმდება  $\eta_{\delta}(Q_{\delta})$ -ით.

ყველა სადგურშიცა რეჟიმების ოპტიმიზაციის ალგორითმო სტრუქტურულად შეიძლება დაიყოს სამ ნაწილად. პირველ ნაწილში წარმოებს გაანგარიშებები, რომლებიც დაკავშირებულია საწყისი ინფორმაციის მომზადებასთან, მაგალითად, აგრეგატების მახასიათებლების გაანგარიშებასთან, რადგანაც ზოგად შემთხვევაში აგრეგატების დაძველების, სადგურებისა და აგრეგატების რეჟიმების ცვალებადობის გამო მახასიათებლები იცვლება. მეორე ნაწილში ხდება აგრეგატების შემადგენლობისა და რეჟიმების ოპტიმიზაცია რომელიმე მათემატიკური მეთოდის გამოყენებით. ყველაზე უფრო გავრცელებულია: დინამიკური პროგრამების (დპ), შტოების და საზღვრების (შს), ვარიანტების მიმართული მეტნაკრების (ვმმ), მეთოდები. მესამე ნაწილში წინასწარი პროგრამა სწორდება, მასში შედის შესწორებები, დაკავშირებული შეზღუდვებთან, რომლებიც არ იყო გათვალისწინებული მისი დამუშავებისას. შეზღუდვების გათვალისწინების არამკაცრი მეთოდების გამოყენება ამცირებს ოპტიმიზაციის ეფექტს.

დასახელებული მეთოდებიდან დპ და შს იძლევა უფრო ზუსტი გადაწყვეტის მიღებას, ვიდრე ვმმ. ამასთან ერთად ორივე არ იძლევა გარკვეული შეზღუდვების გათვალისწინების შესაძლებლობას და ამიტომ ალგორითმის მესამე ნაწილში კომპრომისული გზებით ხდება დამატებითი შეზღუდვების გათვალისწინება. ვმმ მეთოდს ამ მხრივ გააჩნია უპირატესობა.

სამივე მეთოდის შედარებითი შეფასება სხვადასხვა ჰესებისათვის აჩვენებს, რომ მეთოდების განსხვავდება ერთმანეთისგან საბოლოო შედეგებით. არსებითი განსხვავებაა მეთოდებს შორის ალგორითმების

საექსპლოატაციო პარამეტრების დათვლის დროის, მეხსიერების მოცულობის, ალგორითმის საერთო შეფასების მიხედვითაც. მართალია და მეტოდი 2-3-ჯერ მეტ მეხსიერების მოცულობას მოითხოვს, ვიდრე შს მეტოდი და 3-5-ჯერ მეტს ვიდრე 3მმ მეტოდი, აგრეთვე მეტი დრო სჭირდება გამოთვლებისთვის, მაგრამ ის იძლევა ყველაზე უფრო ზუსტ შედეგებს. ამასთან ერთად მას, დანარჩენი ორი მეტოდისგან განსხვავებით, არ გააჩნია რაიმე განსაკუთრებული მოთხოვნები აგრეგატის მახასიათებლებისა და ამოცანის განზომილების მიმართ. თუ გავითვალისწინებთ თანამედროვე კომპიუტერული ტექნიკის განვითარების დონესაც, ჩვენ ვფიქრობთ და ალბათ ბევრი სხვაც, რომ უპირატესობა უნდა მიენიჭოს დინამიკური პროგრამირების მეტოდს და ძირითადად მასზე ვამახვილებთ ყურადღებას.

დინამიკური პროგრამირება(დინამიკური დაგეგმვა) არის გადაწყვეტილებების ოპტიმიზაციის განსაკუთრებული მეტოდი, რომელიც სპეციალურად მიმარჯვებულია მრავალბიჯიან ან მრავალეტაპიან ოპერაციებისადმი. პროცესი, რომელზეც მიმდინარეობს საუბარი, ითვლება მართვად. მის თითოეულ ბიჯზე მიიღება რაიმე გადაწყვეტილება, რომელზედაც დამოკიდებულია ამ ბიჯის და მთლიანად ოპერაციის წარმატება. ოპერაციის მართვა ჯამდება ელემენტარული “ბიჯური” მართვის მწკრივისაგან.

ალგორითმი, რომელიც ემყარება ჰიდროაგრეგატებს ენერგეტიკული მახასიათებლების ბიბლიოთეკის და დინამიკური პროგრამების (სხვანაირად „დინამიკური დაგეგმვის“) მათემატიკურ მეტოდის გამოყენებას. როგორც ცნობილია, აღნიშნული მახასიათებლები მიიღება მოდელური ან ნატურული გამოცდებით მიღებული შედეგების დამუშავების საფუძველზე და მასზე არ შეეჩერდებით. რაც შეეხება დინამიკური პროგრამირების მეტოდს, როგორც მისი გამოყენების გამოცდილება აჩვენებს, იგი იძლევა ყველაზე უფრო ზუსტ შედეგებს და შეიძლება გამოყენებული იქნას როგორც ეტალონური მეტოდი ალგორითმების შედარებისას. უნდა აღინიშნოს, რომ „პროგრამირებაში“ აქ იგულისხმება „გადაწყვეტილების მიღება“, „დაგეგმვა“, ხოლო სიტყვა „დინამიკური“ მიუთითებს დროის და ოპერაციების შესრულების რიგის მნიშვნელობას

განხილვაში მყოფი პროცესებისათვის. დინამიკური პროგრამირების მეთოდით ზოგადი ექსტრემალური ამოცანა დაიყვანება უფრო მარტივი ექსტრემალური ამოცანების მწკრივზე და იგი წარმატებით გამოიყენება როგორც დისკრეტულ, ასევე უწყვეტი პროცესების კვლევაში. საერთოდ, ამ მეთოდს არ გააჩნია რაიმე განსაკუთრებული მოთხოვნები აგრეგატის მახასიათებლებისა და ამოცანის განზომილების მიმართ.

ოპტიმიზაციური ამოცანების გადაწყვეტა ალბათური მიდგომით სულ უფრო და უფრო მეტ განვითარებას იძენს. სისტემების მართვისას საჭირო ხდება შემთხვევითი სიდიდეების, ფუნქციების და პროცესების გაანალიზება. ამასთან შეუძლებელია პარამეტრების განსაზღვრული მნიშვნელობების მიღება, შესაძლებელია მხოლოდ მათი მნიშვნელობების კანონზომიერებებზე მსჯელობა მასობრივ მოვლენებში. ასეთ შემთხვევაში ოპტიმიზაციური ამოცანების გადაწყვეტისას მინიმიზირდება ოპტიმალურობის კრიტერიუმის მათემატიკური მოლოდინი.

საწყისი ინფორმაციის ცვალებადობის გავლენის გათვალისწინების ამოცანისთვის ფართოდ გამოიყენება სტატისტიკური მოდელირების მეთოდი. ინფორმაციის ცდომილებები ხშირად განისაზღვრება შემთხვევითი ფაქტორებით, რომლებისთვისაც ცნობილია ალბათობის განაწილების კანონები, მათი მათემატიკური მოლოდინები, დისპერსიები და სხვა მახასიათებლები.

**მესამე — თავში** მოცემულია ჰიდროელექტროსადგურების სადგურშიგა რეჟიმების ოპტიმიზაციის გაანგარიშების დეტალური ალგორითმი, კომპიუტერული პროგრამა და კონკრეტული გაანგარიშების შედეგები და მათი ანალიზი. ჩვენს მიერ შედგენილი კომპიუტერული პროგრამა ემყარება ალგორითმს, რომელიც ძირითადად დამუშავებულია დინამიკური პროგრამირების მეთოდის გამოყენებით და შედგება ორი ნაწილისაგან: პირველი — ჰიდროელექტროსადგურის ენერგეტიკული მახასიათებლების აგება, მეორე — ჰიდროაგრეგატების შემადგენლობისა და რეჟიმების მართვის გეგმის შედგენა შეზღუდვების გათვალისწინების მთელ განსახილველ პერიოდზე. ქვემოთ მოგვყავს აღნიშნული ალგორითმის საფუძველზე შედგენილი პროგრამის სტრუქტურის აღწერა.

ზოგად შემთხვევაში, ჰიდროაგრეგატების მახასიათებლებს, შეიძლება ჰქონდეს ნებისმიერი ფორმა, ცალკეულ ზონებში ჩავარდნები და თაროები. ასეთი მახასიათებლები არადიფერენცირებადია, არ იზრდება მონოტონურად, რაც გარკვეულად ართულებს მათ გამოყენებას, მაგრამ დინამიკური პროგრამირების მეთოდისათვის ეს გარემოებები არ წარმოადგენს გადაულახავ წინააღმდეგობას.

ჰიდროელექტროსადგურის ენერგეტიკული მახასიათებლების აგების ამოცანა გულისხმობს ჰიდროაგრეგატების მდგომარეობის ანალიზს, ხოლო სადგურშიგა რეჟიმის ოპტიმიზაციის ამოცანის დასმა და გადაწყვეტის მეთოდები გავლენას ახდენს ამ მახასიათებლების საერთო სახეზე და კანონზომიერებებზე.

საერთოდ, დინამიკური პროგრამირების მეთოდის გამოყენებით აგებული ენერგეტიკული მახასიათებლების საფუძველზე შეიძლება ზოგად შემთხვევაში განისაზღვროს ჰიდროაგრეგატების შემადგენლობა და სიმძლავრე ოპტიმიზაციის განსახილველი პერიოდის დროის ნებისმიერი ინტერვალისათვის.

ოპტიმიზაციის პირველი ბიჯის მახასიათებელი მოიცემა როგორც ერთერთი აგრეგატის, მაგალითად  $i=1$  მახასიათებელი. შემდგომში ის გასწორდება ოპტიმალურით. მეორე ბიჯზე საჭიროა აიგოს ორი ერთობლივად მომუშავე აგრეგატის ექვივალენტური მახასიათებელი. ამისათვის განიხილება პირველი ბიჯის ცნობილი (მოცემული) მახასიათებლის და მოცემული რიგითობიდან მომდევნო აგრეგატის, ანუ  $i=2$  მახასიათებლის შეუღლება.

ოპტიმიზაციის განტოლება იძლევა ამ ორი აგრეგატის ექვივალენტურ ხარჯსა და ექვივალენტურ სიმძლავრეს, ანუ

$$Q_{i=1,2}^j(N_i^j) = \min[Q_2(N_2) + Q_1(N_i - N_2)],$$

სადაც მარჯვენა ფრჩხილის პირველი შესაკრები – ჩართული  $i=2$  აგრეგატის მახასიათებელი, ხოლო მეორე – ოპტიმიზაციის პირველი ბიჯის მახასიათებელი.

$N_2$  სიმძლავრის ვარირებით  $N_j = \text{const}$  პირობებში შეიძლება მივიღოთ ისეთი განაწილება, რომლისთვისაც მიზნის ფუნქციას ექნება მინიმუმი. თუ ასეთ გაანგარიშებებს ჩავატარებთ სხვადასხვა  $N_j$ -ისთვის

ორი აგრეგატის შესაძლებლობის დიაპაზონში, მივიღებთ  $Q_{i=1,2}^j(N_i^j)$  ოპტიმიზაციის მეორე ბიჯის მახასიათებელს, რომელიც იქნება  $i=1,2$  აგრეგატების მახასიათებელი. მახასიათებელზე იქნება წერტილები, რომლებშიც მუშაობს ერთ-ერთი აგრეგატი, და წერტილები, სადაც ისინი მუშაობენ ერთობლივად. ყველაფერს განსაზღვრავს წყლის ხარჯის მინიმუმი. ამის შემდეგ აიგება ექვივალენტური მახასიათებელი სამი  $i=1,2,3$  აგრეგატისათვის შემდეგი განტოლების გამოყენებით.

$$Q_{i=1,2,3}^j(N_i^j) = \min[Q_3(N_3) + Q_{i=1,2}(N_i - N_3)].$$

აქ ჩაირთვება მესამე  $i=3$  აგრეგატი და განიხილება მისი ერთობლივი გამოყენება ჰიპოთეზურ აგრეგატთან ერთად, რომელსაც გააჩნია  $Q_{i=1,2}^j(N_i^j)$  მახასიათებელი.  $N_3$  სიმძლავრის ვარირებით შეიძლება ნაპოვნი იქნას ოპტიმალური გადაწყვეტილება რიგრიგობით ყველა  $N_j$ -ისთვის სამი აგრეგატის მუშაობის დიაპაზონში და აგებული იქნას  $Q_{i=1,2,3}^j(N_i^j)$  ექვივალენტური მახასიათებელი. გაანგარიშებების შედეგად შეიძლება მიღებული იქნას მუშაობის რეჟიმები ან სამიდან ერთერთი აგრეგატის, ან მათგან ორ-ორის კომბინაციების, ან ყველა სამი აგრეგატის მუშაობისათვის. შემდეგ გაანგარიშებები მეორდება ყოველ ბიჯზე აგრეგატების რიცხვის ერთით გაზრდისას. ნათლად ჩანს, რომ ექვივალენტური მახასიათებლების ასაგებად საჭიროა დიდი რაოდენობის გაანგარიშებების ჩატარება. ზოგად შემთხვევაში გაანგარიშებების რიცხვი იქნება:

$$m = \sum_i (k_i + 1)k_i,$$

სადაც  $k - \Delta N$  სიმძლავრის დისკრეტულობის ბიჯების რიცხვი, რომლის მიხედვითაც მიმდინარეობს გაანგარიშებები;  $i$  – ბიჯის ნომერი.

გაანგარიშებები მახასიათებლების ასაგებად მარტივი არითმეტიკული ოპერაციებია, თუმცა მრავალრიცხოვანი, რაც კომპიუტერისთვის არ არის რთული.

სადგურშია ოპტიმიზაციისას ხდება არჩევა აგრეგატების შემადგენლობის, რომლებიც ზოგად შემთხვევაში შეიძლება მუშაობდნენ გენერატორის და სინქრონული კომპესატორის რეჟიმში და

მათი აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრეების სადგურის ენერგეტიკული რესურსების ეკონომიური გამოყენების პირობით.

ამოცანის გადაწყვეტა მიიღება აგრეგატების და მათი აქტიური სიმძლავრეების გამოყენების გეგმის სახით დაგეგმვის მთელი პერიოდის თვითოეულ ინტერვალზე.

სადგურშია რეჟიმების ოპტიმიზაციის ალგორითმი ზოგადად სტრუქტურულად შეიძლება დაიყოს სამ ნაწილად. პირველი ნაწილში სრულდება გაანგარიშებები, დაკავშირებული საწყისი ინფორმაციის მომზადებასთან, მაგალითად, აგრეგატების მახასიათებლების გაანგარიშებები, რადგანაც ზოგადად აგრეგატების დაძველების, სადგურისა და აგრეგატების რეჟიმების ცვალებადობის გამო მახასიათებლები იცვლება. მეორე ნაწილში წარმოებს აგრეგატების შემადგენლობისა და რეჟიმების ოპტიმიზაცია რომელიმე მათემატიკური მეთოდის გამოყენებით, მაგრამ ოპტიმიზაციისას ჩვეულებრივად ხერხდება მხოლოდ წინასწარი პროგრამის შედგენა. მესამე ნაწილში წინასწარი პროგრამა სწორდება, კერძოდ იმ შესწორებების შეტანით, რომლებიც დაკავშირებულია შეზღუდვებთან, რომელთა გათვალისწინებაც არ მოხდება პროგრამის შედგენისას.

დინამიკური პროგრამირების მეთოდით აგებული ჰქსის ენერგეტიკული მახასიათებლების საფუძველზე შეიძლება ზოგად შემთხვევაში განისაზღვროს აგრეგატების შემადგენლობა და სიმძლავრე ოპტიმიზაციის განსახილველი პერიოდის თვითოეული დროითი ინტერვალისთვის. ამასთან უმეტესად ვერ ხერხდება შეზღუდვების მთელი კომპლექსის გათვალისწინება, რის გამოც ალგორითმის მეორე ნაწილში ხდება პირველ ნაწილში მიღებული გადაწყვეტის შესწორება. გასწორება ჩვეულებრივად მიიღწევა კომპრომისული გზით. ასე მაგალითად, თუ მომუშავე აგრეგატების რიცხვი ნაკლებია მოცემულ რიცხვზე, წინასწარი გეგმის აგრეგატების რიცხვი იზრდება. თუ არ კმაყოფილდება შეზღუდვები სიმძლავრის რეზერვის მიმართ, მაშინ აგრეთვე ჩაირთვება დამატებითი აგრეგატები. ჩართვა გამორთვის ოპერაციების მინიმიზაციისთვის რომელიმე აგრეგატები რჩება სამუშაო პროცესში, ან ნაადრევად გამოირთვება, ვიდრე ამას თხოულობს პირველ ნაწილში ნაპოვნი გეგმა, ამასთან



ხდება გასაშვები ხარჯების გათვალისწინება. ასეთ შემთხვევაში მომუშავე აგრეგატების შემადგენლობა აღარ იქნება ყველაზე ხელსაყრელი, მაგრამ ისეთ შემთხვევებში, როცა შეზღუდვები არ არის, ან მათ არ შეუძლიათ არსებითი ზეგავლენა მოახდინონ გადაწყვეტის ეკონომიურობაზე, ალგორითმი, დამყარებული დინამიკური პროგრამების მეთოდზე, შეიძლება წარმატებით იქნას გამოყენებული. ალგორითმის ბლოკ-სქემა მოცემულია ნახაზზე.

პირველ ბლოკში განისაზღვრება ჰესის დასაშვები რეჟიმების არე და სადგურის მახიათებლების პარამეტრები, კერძოდ დაწნევები.

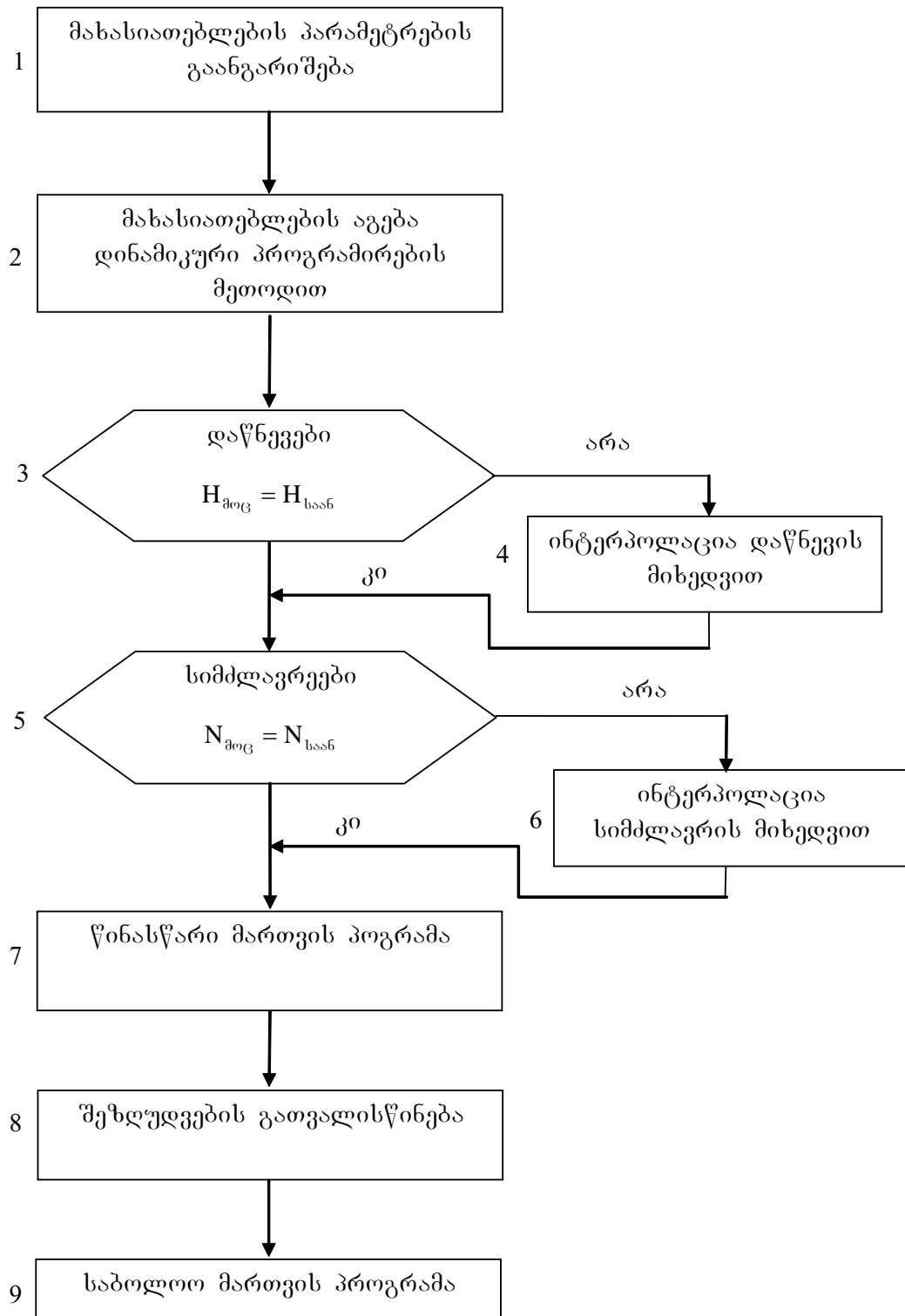
მეორე ბლოკში წარმოებს ამოცანის პირველი ნაწილის გადაწყვეტა, ანუ წარმოებს ოპტიმალური მახასიათებლების აგება დინამიკური პროგრამების მეთოდის გამოყენებით. მესამე ბლოკში განისაზღვრება  $H_{მოც}$  მოცემული დაწნევების შესაბამისობა გაანგარიშებისათვის არსებულ  $H_{საან}$  საანგარიშო მახასიათებლებთან. თუ ეს შესაბამისობა არ იქნება (მეოთხე ბლოკი), მაშინ აგრეგატების შემადგენლობა და რეჟიმი  $H_{მოც}$ -ისთვის გაუტოლდება ერთერთ გადაწყვეტას საანგარიშო დაწნევებიდან. ინტერპოლაცია დაწნევის მიხედვით წარმოებს ხარჯის დანაკარგების მინიმუმის მიხედვით.

ანალოგიურად წარმოებს ინტერპოლაცია სიმძლავრეების მიხედვით (მეხუთე და მეექვსე ბლოკები), თუ  $N_{საან}$  მახასიათებლების საანგარიშო წერტილები არ შეესაბამება  $N_{მოც}$  სადგურის სიმძლავრეებს მათი მუშაობისას მოცემული გრაფიკის მიხედვით.

მეშვიდე ბლოკში დატვირთვის გეგმიური გრაფიკისათვის განისაზღვრება აგრეგატების შემადგენლობა და სიმძლავრეები. ამ პროგრამას ჰქვია წინასწარი იმიტომ, რომ მასში არ არის გათვალისწინებული ყველა შეზრუდვები. წინასწარი პროგრამა სწორდება მერვე ბლოკში, ხოლო მეცხრე ბლოკში მიიღება საბოლოო შედეგი.

რეჟიმის ოპტიმიზაციის რთული ამოცანების რიცხვითი ამოხსნების გარდა, მიზანშეწონილია ამ ამოცანების გამარტივებული ვარიანტების ანალიზური ამოხსნების ქონა, რომლებიც შესაძლებლობას მოგვცემს ამოვიცნოთ ჰესების რეჟიმების ოპტიმალური

მართვის ძირითადი კანონზომიერებები, რაც თავის მხრივ იძლევა რიცხვითი მეთოდებით ამოხსნების კორექტირების კონტროლის საშუალებას. მარტივ შემთხვევებში, კერძოდ, შეზღუდვების ტოლობის ფორმით მოცემისას დასმული ოპტიუმის ძიების ამოცანა შედარებით მარტივდება და მის გადასაწყვეტად შეიძლება გამოყენებული იქნას ვარიაციული აღრიცხვის მეთოდები, პირველ რიგში ლაგრანჟის მეთოდი. ეს მეთოდი იძლევა უწყვეტი ფუნქციის ექსტრემუმის მოძებნის შესაძლებლობას, რომელიც იქნება მაქსიმუმი ან მინიმუმი დამატებითი პირობების შესრულებისას ტოლობების (კავშირის განტოლებების) ფორმით. აღნიშნული გარემოებაც გათვალისწინებულია ჩვენს პროგრამაში.



სადგურშიგა რეჟიმების ოპტიმიზაციის გაანგარიშების გამსხვილებული ბლოკ-სქემა დინამიკური პროგრამირების მეთოდის გამოყენებით

## დასკვნები

1. ელექტროენერგეტიკაში არსებული მართვის იერარქიის გათვალისწინებით, ჰესის რეჟიმის ოპტიმიზაციის ამოცანა პირობითად იყოფა რამდენიმე გაანგარიშების ეტაპად, დროსა და სივრცეში ურთიერთდაკავშირებული ცვლადებით: ჰესის ოპტიმალური გრძელვადიანი რეჟიმის გაანგარიშება; ჰესის მოკლევადიანი რეჟიმის გაანგარიშება; ჰესის ძირითადი მოწყობილობის ოპტიმალური სადგურშია რეჟიმის გაანგარიშება. პირველი ორი ამოცანა ზოგადსისტემურია. მესამე ამოცანის გადაწყვეტა ხდება ჰიდროაგრეგატების მუშაობის დამყარებული ნორმალური პირობებისათვისა და გარდა იმისა, რომ აქვს თავისთავადი მნიშვნელობა, წარმოადგენს ინფორმაციულ ბაზას სხვა ამოცანებისათვის;
2. ელექტროენერჯის საერთო გამომუშავებაში ჰესებზე გამომუშავებული ელექტროენერჯის მნიშვნელოვანი წილის მქონე ენერგოსისტემების ეკონომიკურად ეფექტური მუშაობისა და ენერგორესურსების ოპტიმალური გამოყენების უზრუნველყოფისათვის, აუცილებელია რეჟიმების ციკლური დაგეგმვა მათი მართვის თავისებურებების გათვალისწინებით. რეჟიმების დაგეგმვის მეთოდიკა უნდა შეიცავდეს აუცილებელ კორექტივებს ელექტროენერგეტიკაში საბაზრო ურთიერთობების ხასიათის გათვალისწინებით;
3. ჰესის მუშაობის ოპტიმალური რეჟიმს მრავალი ფაქტორი განსაზღვრავს, რომელთაგან არსებითი მნიშვნელობა გააჩნია შესაძლო ვარიანტების რაოდენობას. ელექტროენერჯის დეფიციტის პირობებში შეუძლებელია ოპტიმალური რეჟიმით მუშაობა;
4. ჰესის მუშაობის ზოგადი კანონზომიერებების და ეფექტური სადგურშია რეჟიმის ორგანიზების თავისებურებების გათვალისწინებით მიზანშეწონილია არა რამოდენიმე, არამედ ერთი ყველაზე უფრო დამახასიათებელი სადგურისათვის ოპტიმალურობის კრიტერიუმის შერჩევა. აღნიშნული კრიტერიუმი შეიძლება იყოს, მაგალითად, ჰესზე ენერჯის დანაკარგების მინიმუმი, ან მ.ქ.კ.-ს მაქსიმუმი. ტოლობების ტიპის შეზღუდვებად ჩვეულებრივ მიღებული

უნდა იყოს ჰესის აქტიური და რეაქტიული სიმპლავრების ბალანსი, ხოლო უტოლობის ტიპის შეზღუდვებად – ჰიდროაგრეგატის ან მთლიანად ჰესის აქტიური სიმპლავრის შეზღუდვები.

5. ჰესების ექსპლუატაციისათვის დამახასიათებელი სპეციფიკური ჰიდროენერგეტიკული პრობლემების არსებობის გამო შეუძლებელია ამ ეტაპზე ჰესების დაპროექტების სტადიაზე მიღებული გადაწყვეტის მეთოდების გამოყენება ყველა რეჟიმული ამოცანისათვის;

6. მოცემული ალგორითმები, ძირითადად ემყარება ჰიდროაგრეგატების ენერგეტიკული მახასიათებლების ბიბლიოთეკის და ძირითადად დინამიკური პროგრამირების („დინამიკური დაგეგმვის“) მათემატიკური მეთოდის გამოყენებას. როგორც ამ უკანასკნელის გამოყენების გამოცდილება აჩვენებს, იგი იძლევა ყველაზე უფრო ზუსტ შედეგებს და შეიძლება გამოყენებული იქნას როგორც „ეტალონური“ მეთოდი ალგორითმების შედარებისას;

7. დინამიკური პროგრამირების მეთოდით აგებული ჰესის ენერგეტიკული მახასიათებლების საფუძველზე შეიძლება ზოგად შემთხვევაში განისაზღვროს აგრეგატების შემადგენლობა და სიმპლავრე ოპტიმიზაციის განსახილველი პერიოდის თითოეული დროითი ინტერვალისათვის. ამასთან, შეზღუდვების კომპლექსის სრულად გათვალისწინების შეუძლებლობის გამო ალგორითმის მეორე ნაწილში ხდება პირველ ნაწილში მიღებული გადაწყვეტის კომპრომისული გზით შესწორება;

8. სიტუაციური თვალსაზრისით აგრეგატების მართვა შეიძლება განხორციელდეს სისტემის ნორმალურ, ავარიულ და ავარიის შემდგომ რეჟიმებში. აღნიშნულ სიტუაციებში ოპტიმიზაციის კრიტერიუმი სხვადასხვაა. ნორმალური ექსპლუატაციის პირობებში კრიტერიუმია ენერგორესურსი, ავარიულ სიტუაციებში – საიმედოობის რომელიმე მაჩვენებელი. კრიტერიუმებს შორის განსხვავება აისახება სადგურშიგა ოპტიმიზაციის ალგორითმის სტრუქტურაზე;

9. უტოლობის ტიპის შეზღუდვები რეაქტიული დატვირთვების მიხედვით ძირითადად განისაზღვრება ენერგოსისტემის რეჟიმის მდგრადობით და დამოკიდებულია მთლიანად ჰესზე და არა თითოეულ

აგრეგატზე. დაშვებები აგრეგატის გაშვება-გაჩერების დასაშვები მაქსიმალური რიცხვის მიხედვით T პერიოდის განმავლობაში განისაზღვრება ჰიდროაგრეგატების მუშაობის საიმედოობის უზრუნველყოფის მოთხოვნებით;

10. ენერგეტიკული მახასიათებლების აგება და მათი დამახსოვრება მრავალრიცხოვანი არითმეტიკული ოპერაციების განხორციელებით კომპიუტერის მეხსიერებაში შესაძლებელია ცხრილური ფორმით ან სხვადასხვა მააპროქსიმირებელი ფუნქციების სახით. ცხრილური ფორმა უფრო ზუსტია და მას 1.5–2.0-ჯერ ნაკლები ცდომილება გააჩნია პოლინომურ ფორმასთან შედარებით;

11. რეჟიმის ოპტიმიზაციის რთული ამოცანების რიცხვითი ამოხსნების გარდა, მიზანშეწონილია ამ ამოცანების გამარტივებული ვარიანტების ამოხსნების ქონა, რომლებიც შესაძლებლობას მოგვცემს დავადგინოთ ჰესების სადგუშიგა რეჟიმების ოპტიმალური მართვის ძირითადი კანონზომიერებები, რაც თავის მხრივ იძლევა რიცხვითი მეთოდებით ამოხსნების კორექტულობის კონტროლის საშუალებას.

## Summary

Characteristic features of Hydro Power Stations as an intra-station regime, as well as short term and long term characteristics have been analyzed and their role in the functioning of energy system has been estimated. The matters related to optimization of all three regimes and especially intra-station regime, have been widely discussed. The influence of the peculiarities of the technological process related to energy production on the efficiency of the intra-station regime optimization has been assessed. The tendency related to changing scheduled economy by the market economy in the process of managing regimes towards decentralization has been also mentioned, which makes it more actual to complete the intra-station regime optimization methods of the power plants and particularly of the hydro power plants, considering the specifics of each project. The system of technological and other limitations are mentioned, with its optimality criteria. Priority of dynamical programming method for calculating intra-station optimal regimes has been substantiated. The link of the intra-station regime optimization of separate HPP-s to the energy system regime optimization task and its role in the solution of the latter has been mentioned. Besides, it is mentioned, that due to insufficient functioning of the HPP-s on the background of the new market leads us towards an idle diversion of river water, the discharge of reservoir water earlier than needed and towards non-optimal loading of separate HPP-s. Due to this, under the conditions of market economy it is optimal to plan a long term optimal regimes of the energy system with a possibility of their future correction. Due to the fact, that the energy market has its own criteria and due to the necessity of its being consistent with technological and market efficiency, the matter of determining hierarchy criteria has become the issue of discussion. The presented criteria have their own area of application, which are interconnected with each other and are interdependent.

Due to the fact that non-determination of power consumption requirements is an objective reality and a requirement for the absolute precision in this case is a real absurd, a great deal of attention is paid to the consideration of occasional character of the initial information in the dissertation work, but in such cases, when it is impossible to provide a probable description of the initial information - an attention is paid to the use of minimum and maximum criteria, which are widely used in the game theory.

Due to the fact that the energetic characteristics of the HPP aggregates are initial for solving the optimization tasks, the dissertation work describes analysis of characteristics, including discussion of approximation and the issues of keeping them in the computer memory.

Mathematical formulation of the main task of HPP regime optimization is also provided, including the algorithm of creating optimal energetic properties and the algorithms of HPP structures and regime management by using dynamical programming method. Also the issues related to the use of selection methods for the boundaries and variants of other mathematical methods for separate cases have been also discussed.

As long as it is recommended to have analytical solving of the simplified variants of the mentioned tasks, besides solving of the difficult tasks of regime optimization, which would give us a possibility to find main regulations of optimal management of HPP regimes, which in itself gives a possibility to control the solving correction process, it is also discussed in the work, including variation estimation methods in the simplified cases and first of all the issues of using the Lagrange multiplier factor method. Description of the computer program based on the mentioned algorithms and the calculations carried out by using them, their results and analysis have been also discussed.