

ჰიდროელექტროსადგურების სადგურშიგა რეჟიმების ოპტიმიზაციის განხორციელების კომპიუტერული პროგრამის მოკლე აღწერა

ჯ.კილასონია, პ.სამსონაშვილი

მოცემულია ჰიდროელექტროსადგურების სადგურშიგა რეჟიმების ოპტიმიზაციის განხორციელების ორიგინალური კომპიუტერული პროგრამის სტრუქტურის აღწერა. პროგრამა ძირითადად ემყარება დინამიკური პროგრამირების მეთოდს. ამასთან იგი შეიცავს ქვეპროგრამების პაკეტს, რომელიც ორიენტირებულია რეჟიმული ამოცანების გამარტივებული ვარიანტების ანალიზურ ამოხსნაზე, რაც თავის მხრივ იძლევა რიცხვითი მეთოდებით ამოხსნების კორექტურობის კონტროლის საშუალებას.

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 ჩაგარდნები 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

$$Q_{i=1,2}^j(N_i^j) = \min[Q_2(N_2) + Q_1(N_1 - N_2)], \tag{1}$$

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 $Q_{i=1,2}^e(N_i^e)$ ოპტიმიზაციის მეორე ბიჯის მახასიათებელს, რომელიც ექნება $i = 1, 2$ აგრეგატების მახასიათებელი. მახასიათებელზე ექნება 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.

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

აქ ჩაირთვება მესამე $i = 3$ აგრეგატი და განიხილება მისი ერთობლივი გამოყენება ჰიპოთეზურ აგრეგატთან ერთად, რომელსაც გააჩნია $Q_{i=1,2}^e(N_i^e)$ მახასიათებელი. N_3 სიმძლავრის ვარირებით შეიძლება ნაპოვნი იქნას ოპტიმალური გადაწყვეტილება რიგრიგობით ყველა N_j -ისთვის სამი აგრეგატის მუშაობის დიაპაზონში და აგებული იქნას $Q_{i=1,2,3}^e(N_i^e)$ 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.

სადგურშიგა 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.

სადგურშიგა 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 ჰესის 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 რომელიღაც 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.

პირველ ბლოკში განისაზღვრება ჰესის დასაშვები რეჟიმების არე და სადგურის მახასიათებლების 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 $H_{საბ}$ 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 $N_{საბ}$ 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 შეზღუდვები. 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 ოპტიმუმის 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.