ISSN 1512-1232

წრფივი პროგრამირების აპარატის გამოყენება ენერგოსისტემის ოპტიმალური სტრუქტურის დადგენისათვის

თინათინ მშვიდობაძე
გორის უნივერსიტეტის ასოც. პროფესორი, ქ. გორი ჭავჭავაძის №53
tinikomshvidobadze@gmail.com

რეზიუმე

ნაშრომში აღწერილია ენერგოსისტემის სტრუქტურის ოპტიმიზაცია კაპიტალდაბანდებების ეკონომიკური ეფექტურობის უზრუნველყოფით. ნაჩვენებია მათემატიკური მოდელების შექმნა წრფივი პროგრამირების აპარატის გამოყენებით.

სავანძო სიტყვები: *გაზისური, კაპიტალდაბანდებები, საექსპლუატაციო დანახარჯები.*

საქართველოს ელექტრო ენერგეტიკული სისტემის სწორი განვითარებისათვის შემუშავებულ იქნა დინამიკური მოდელი. მშენებარე და ასაშენებლად მომზადებულ ელექტროსადგურების და ელგადამცემი ხაზების მოდელიდან გამორიცხვის შემთხვევაში დამუშავებული მოდელი ტრანსფორმირდება სტატიკურში [1].

ენერგეტიკული სისტემა წარმოადგენს რთულ სისტემას და რთული სისტემების ანალიზისათვის მიზანშეწონილია კიბერნეტიკული მოდელის გამოყენება, სადაც კომპლექსურად შეიძლება იყოს დადგენილი სხვადასხვა ტიპის ელექტროსადგურების ოპტიმალური სტრუქტურის მიღწევა, სხვადასხვა ტიპის ელექტროსადგურების საჭირო ვადებში აშენება და არსებული სიმძლავრეების ეკონომიურად გამოყენება.

ამ მიზნისათვის აგებულ იქნა მათემატიკური მოდელი წრფივი პროგრამირების აპარატის გამოყენებით, რომელიც გვაძლევს საშუალებას გადავწყვიტოთ კონკრეტული პირობებისათვის სიმძლავრეების მაქსიმალური შესაძლებლობით გამოყენებისას, ელექტროენერგიის გამომუშავების მაქსიმიზაციის და კაპიტალდაბანდებების მინიმიზაციის ამოცანები.

აგებული მათემატიკური მოდელი შედგება საქართველოს აღმოსავლეთ და დასავლეთ განყოფილებებისაგან. ამასთან, თითოეული ეს ორი განყოფილება შეიცავს სიმძლავრისა და ენერგიის ბალანსის ტოლობას წლის სამი დამახასიათებელი პერიოდისათვის: წყალმცირობის, სეზონთაშორისო და წყალდიდობის პერიოდი[2].

როგორც მიზნის ფუნქცია და სიმძლავრისა და ენერგიის ბალანსის ტოლობა, ისევე დანარჩენი ტოლობები მოდელის შესაბამისად უნდა იყვნენ წრფივი.

რამდენადაც, ელექტროსადგურები მუშაობენ ცვლადი დატვირთვის რეჟიმში და სადგურების ხვედრითი ხარჯი საწვავისა და დატვირთვის ცვლილებასთან იცვლება არაწრფივად, ამდენად ტოლობის დაყვანით წრფივ სახეზე მიღებულია შემდეგი მიდგომა:

მუშაობის სამი პერიოდიდან, თითოეული *i* ელექტროსადგურისათვის საქართველოს ენერგოსისტემაში გათვალისწინებულია სადგურის სპეციფიკა (თბოსადგური, სეზონური ჰესი, მარეგულირებელი ჰესი). გამოყენებულია

ISSN 1512-1232

განსაზღვრული განაწილება სადგურის დადგენილი სიმძლავრის N^i -სათვის მისი შემადგენელ ნაწილებზე $(N_1^i, N_2^i, \ldots, N_j^i \ldots)$..

$$N^i = \sum_j N_j^i \tag{1.1}$$

შემდგომ თითოეული i ელექტროსადგურისათვის მისი სპეციფიკის გათვალისწინებით გამოყენებულია მუშაობის საათების რიცხვი h_j^i, რომელიც მოდის N_j^i თითოეულ ნაწილზე.

ამასთან, თითოეული N_j^i -სათვის თავიდანვე მიიღებოდა წილი, რომელიც მოდიოდა ბაზისურ და მანერვულ ნაწილებზე. აღნიშნულის გათვალისწინებით, წყალდიდობის პერიოდისათვის იქნა შედგენილი ბაზისური და მანევრული სიმძლავრისა და ენერგიის ბალანსის ტოლობები საქართველოს ელექტროენერგეტიკული სისტემის აღმოსავლეთ ნაწილისა:

$$\begin{cases} \sum_i \sum_j K_j^i N_j^i - \sum_i N_i^{\text{წ,აღ,ბ}} + \Pi \sum_i N_i^{\text{წ,დას,ბ}} \geq P_{\text{ბ}} \\ \sum_i \sum_j \left(1 - K_j^i\right) N_j^i - \sum_i N_i^{\text{წ,აღ,მ}} + \Pi \sum_i N_i^{\text{წ,დას,მ}} \geq P_{\text{მ}} \\ \sum_i \sum_j K_j^i h_{\text{ჰერ}} N_j^i - \sum_i h^{\text{წ,აღ,ბ}} N_i^{\text{წ,აღ,ბ}} + \Pi \sum_i h^{\text{წ,დას,ბ}} N_i^{\text{წ,დას,მ}} \geq W_{\text{ბ}} \\ \sum_i \sum_j \left(h_j - K_j^i h_{\text{ჰერ}}\right) N_j^i - \sum_i h^{\text{წ,აღ,მ}} N_i^{\text{წ,აღ,მ}} + \Pi \sum_i h^{\text{წ,დას,მ}} N_i^{\text{წ,დას,მ}} \geq W_{\text{მ}} \end{cases} \tag{1.2}$$

სადაც $P_{\text{ბ}}$ - ბაზისური მოხმარების სიმძლავრეა.

$P_{\text{მ}}$ - მანევრული მოხმარების სიმძლავრეა.

$W_{\text{ბ}}$ - ბაზისური მოხმარების ენერგია.

$W_{\text{მ}}$ - მანევრული მოხმარების ენერგია.

$N_i^{\text{წ,აღ,ბ}}$ და $N_i^{\text{წ,დას,ბ}}$ შესაბამისად წარმოადგენენ ბაზისურ სიმძლავრეს, რომელიც გადაეცემა ენერგეტიკული სისტემის აღმოსავლეთ ნაწილიდან მის დასავლეთ ნაწილში და პირიქით ელგადამცემი ხაზის დახმარებით, რომლებიც აერთიანებენ რესპუბლიკის ამ რეგიონებს[3].

$N_i^{\text{წ,აღ,მ}}$ და $N_i^{\text{წ,დას,მ}}$ შესაბამისად წარმოადგენენ გადაცემის მანევრულ სიმძლავრეს.

$h_{\text{ჰერ}}$ - წყალდიდობის პერიოდის ხანგრძლივობაა.

$h_i^{\text{წ,აღ,ბ}}$ და $h_i^{\text{წ,დას,ბ}}$ შესაბამისად წარმაოადგენენ ბაზისური სიმძლავრის $N_i^{\text{წ,აღ,ბ}}$ და $N_i^{\text{წ,დას,ბ}}$ გადამცემის ხანგრძლივობას.

$h_i^{\text{წ,აღ,მ}}$ და $h_i^{\text{წ,დას,მ}}$ შესაბამისად წარმოადგენენ მანევრული სიმძლავრის $N_i^{\text{წ,აღ,მ}}$ და $N_i^{\text{წ,დას,მ}}$ გადაცემის ხანგრძლივობას.

Π - ელგადამცემში კარგვის კოეფიციენტია.

ISSN 1512-1232

წყალდიდობის პერიოდის ტოლობების ანალოგიური ტოლობები იქნა შედგენილი დასავლეთ საქართველოსთვის. ასეთივე ტოლებები შედგენილია სეზონთაშორისი და წყალმცირობის პერიოდისათვის, ცალკე ბუნებრივი აირის, მაზუთის და ქვანახშირის მოხმარებისათვის:

კერძოდ, ბუნებრივი აირის მოხმარებული რაოდენობის ბალანსის ტოლობას აქვს შემდეგი სახე:

$$\sum_i \sum_j b_j^{i,} h_j^i N_j^i + B^{\circ} \geq B_{\partial}^{\circ} \qquad (1.3)$$

სადაც B° - ბუნებრივი აირის ჯამური ხარჯია.

B_{∂}° - რეგიონში ბუნებრივი აირის მარაგი.

b_j^i - ბუნებრივი აირის კუთრი ხარჯია i - ურ ელექტროსადგურზე j - ურ რეჟიმში მუშაობის დროს .

საქართველოს ენერგოსისტემის მოდელი მოიცავს 38 ელექტროენერგიის გადადინების და გადასაცემი სიმძლავრეების მნიშვნელობებს. მათ შორის 18 უცნობი შეესაბამება ენერგიის გადადინების და გადაცემულ სიმძლავრეებს დასავლეთიდან აღმოსავლეთ რეგიონში. ორი უცნობი წარმოადგენს არსებული ელექტროგადამცემი ხაზების ოპტიმალურ დატვირთვას და ელექტროგადამცემი ხაზების დატვირთვას, რომლებიც აღებულ უნდა იქნას პერსპექტიულ პერიოდში.

თითოეული ჯგუფი შედგენილი მითითებული 9 უცნობისაგან შეიცავს 3-3 უცნობს წყალდიდობის, სეზონთაშორისი და წყალმცირობის პერიოდებთან დაკავშირებით.

იგივე მთლიანად შეიძლება ითქვას 18 უცნობზეც, რომელიც შეესაბამება ენერგიის გადადინებას და გადასაცემ სიმძლავრეებს დასავლეთ რეგიონოიდან აღმოსავლეთში.

როგორც ზემოთ ითქვა აგებული მათემატიკური მოდელის საფუძველზე შეიძლება იყოს ამოხსნილი სხვადასხვა ოპტიმიზაციური ამოცანები [3]. მაგალითისათვის აღებულია რვა ტიპის ელექტროსადგურები:

1. მცირე ჰიდროელექტროსადგურები.
2. კალაპოტიანი ჰიდროელექტროსადგურები.
3. დერივაციული ჰიდროელექტროსადგურები.
4. წყალსაცავიანი ჰიდროელექტროსადგურები.
5. ქვანახშირზე მომუშავე თბოსადგურები.
6. მაზუთზე მომუშავე თბოსადგურები.
7. აირზე მომუშავე თბოსადგურები.
8. ქარის ელექტროსადგურები.

განვსაზღვროთ მოდელის შეზღუდვების ტოლობები .

1. კაპიტალდაბანდების შეზღუდვები:

$$\sum_{i=1}^{8} C_i^k P_i \leq D_1$$

სადაც C_i^k ხვედრითი კაპიტალდაბანდებაა 1 კვტ დადგენილი სიმძლავრის i ტიპის ელექტროსადგურისათვის.

P_i - სიმძლავრეა i -ური ტიპის ელექტროსადგურისათვის.

ISSN 1512-1232

D_1 - ფონდია გამოყოფილი სახელმწიფო ბიუჯეტიდან სისტემის განვითარებისათვის გათვლილი პერიოდის მანძილზე.

2. საექსპლუატაციო ხარჯების შეზღუდვები:

$$\sum_{i=1}^{8} C_i^э P_i \le D_2$$

სადაც $C_i^э$ - ხვედრითი საექსპლუატაციო ხარჯებია 1 კვტ დადგენილი სიმძლავრის გამოყენებისას წლის განმავლობაში ჩამკეტი ხარჯების გათვალისწინებით ორგანულ საწვავზე i -ური ტიპის ელექტროსადგურებისათვის.

D_2 - ფონდია, გამოყოფილი სისტემის ფუნქციონირებისათვის.

3. შეზღუდვები სიმძლავრეზე:

$$\sum_{i=1}^{8} P_i \le N$$

სადაც N ჯამური სიმძლავრის სიდიდეა, რომელიც უნდა შევიყვანოთ სისტემაში გათვლილი პერიოდის ბოლომდე.

4. შეზღუდვები ენერგიაზე:

$$\sum_{i=1}^{8} h_i P_i \ge W$$

სადაც h_i -საათების საშუალო წლიური რაოდენობაა i -ური ტიპის ელექტროსადგურების სიმძლავრის გამოყენებისას. სიდიდე h_i -განისაღვრება ძირითადად ელექტროსადგურის ტიპზე დამოკიდებულებით. კონკრეტული მონაცემების გათვალისწინებით საქართველოში h_8 -ად აღებულია საათების რიცხვი 2500.

W -ენერგიის წლიური გამომუშავებაა, რომელიც უნდა იძლეოდეს გარანტიას საანგარიშო პერიოდის ბოლოს.

5. შეზღუდვები პიკურ სიმძლავრეზე:

დატვირთვის პიკური და მანევრული ნაწილის დასაფარავად არჩეულია მეოთხე ტიპი ანუ წყალსაცავიანი ჰიდროელექტროსადგურები:

$$P_4 \ge N_П$$

სადაც $N_П$ -პიკური სიმძლავრის სიდიდეა, რომლის დამატებით გარანტიას უნდა იძლეოდეს სისტემა საანგარიშო პერიოდის ბოლოს.

რაც შეეხება ქარის ელექტროსადგურებს, ისინი იძლევიან უგარანტიო ენერგიას, ამიტომ მათ მიერ გამომუშავებული ენერგია ძირითადად გამოიყენება ორგანული სათბობის შენახვის მიზნით.

6. შეზღუდვები ეკოლოგიურ ზიანზე წყალსაცავიან ჰიდროელექტროსადგურებში.

$$P_4 \ge N_э$$

სადაც $N_э = K * S$, K -საშუალო მნიშვნელობაა წყალსაცავის ზედაპირის ფართობის დამოკიდებულების საქართველოს ჰიდროელექტროსადგურის დადგენილ სიმძლავრესთან. S -მაქსიმალური ჯამური მნიშვნელობაა წყალსაცავის ზედაპირის ფართობისა, ხარჯების გათვალისწინებით. ჩვენ შემთხვევაში $S = 10$ კმ² და $K = 9 * 10^6$ კვტ/კმ²მიიღება $N_э = 1.111 * 10^6$ კვტ=$1.111 * 10^3$ მგვტ.

ISSN 1512-1232

7. ქარის ელექტროსადურებზე დადგენილი ჯამური სიმძლავრეების შეზღუდვები.

$$P_8 \le N_B$$

ასეთი სახის შეზღუდვა აიხსნება იმით, რომ ასეთი ტიპის ელექტროსადგურები იკავებენ დიდ სივრცეს და ჯერ კიდევ აქვთ მცირე სიმძლავრე. მოდელში მიღებულია $N_B = 0.3 * 10^6$ კვტ.

საბოლოოდ მიიღება მათემატიკური მოდელი:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{8} C_i^k P_i \le D_1 \\ \sum_{i=1}^{8} C_i^э P_i \le D_2 \\ \sum_{i=1}^{8} P_i \le N \\ \sum_{i=1}^{8} h_i P_i \ge W \\ \sum_{i=5}^{7} h_i P_i b_i^j \le M_i \\ N_П \le P_4 \le N_э \\ P_8 \le N_B \end{cases}$$

ამ მოდელის საფუძველზე შეიძლება ამოიხსნას შემდეგი სახის ამოცანები კომპიუტერული სისტემა ”MATLAB”-ის საშუალებით: ელექტრული სიმძლავრეების მაქსიმიზაციის ამოცანა, ელექტრული ენერგიის მაქსიმიზაციის ამოცანა, კაპიტალდაბანდებების მინიმიზაციის ამოცანა, საექსპლუატაციო დანახარჯების მინიმიზაციის ამოცანები.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. Варамашвили А.В., Гомелаури А.В., Джаникашвили М.С. Математическая модель электроэнергетической системы на примере Грузинской ССР. Тезисы докладов IV конференции молодых ученых закавказских республик. «Проблемы автоматического управления.» Тбилиси. 1986 г. Стр.22-25.
2. Арзамасцев Д.А., Липес А.В., Мизин А.Л. Модели оптимизации развития энергосистем. М.: высш. шк. 1987 г. 272 с.
3. Гроппен Б.О. Оптимизация методов динамического программирования при решении экстремальных комбинаторных задач. «Автомат и телемех.» 1985 г. №12, стр. 79-84.

ნაშრომი მიღებულია: 2012-01-18