

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

გიორგი მეტრეველი

თელავის მუნიციპალიტეტის ელექტრომომარაგების ქსელში
მიმდინარე პროცესების გამოკვლევა და ეკოლოგიურად სუფთა
ენერგოდამოუკიდებელი ელექტროსისტემის დამუშავება

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

წარდგენილი დისერტაციის

ა ვ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი

სადოქტორო პროგრამა: „ენერგეტიკა და ელექტროინჟინერია“

შიფრი: 0713

თბილისი

2022

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში
ენერგეტიკის ფაკულტეტი
ელექტრომომხმარებლის ტექნოლოგიების დეპარტამენტი

ხელმძღვანელი: პროფესორი მ. ქობალია

რეცენზენტები:

დაცვა შედგება 2022 წლის "-----" "-----" "-----" საათზე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკის ფაკულტეტის
სადისერტაციო ნაშრომის დაცვის კოლეგიის სხდომაზე, კორპუსი VIII,
სხდომათა დარბაზი.

მისამართი: 0160, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ის ბიბლიოთეკაში,
ხოლო ავტორეფერატისა - ფაკულტეტის ვებგვერდზე

ფაკულტეტის სწავლული მდივანი,
პროფესორი

გ. გიგინეიშვილი

ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

თემის აქტუალობა

მსოფლიოში, მათ შორის საქართველოშიც, ელექტროენერჯის მოხმარების ზრდის პარალელურად მაღალი ძაბვის ელექტრომომარაგების სისტემის მიმართ წაყენებული მოთხოვნებიც შესაბამისად იზრდება. პირველ რიგში, ეს ელექტროსისტემაში შემავალ ელექტროსადგურებს და მაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემ სისტემებს ეხებათ. საქართველოს შემთხვევაში საყურადღებო არის განახლებად ენერჯიებზე მომუშავე ელექტროსადგურები (ჰიდრო, მზე), რადგან ამჟამინდელი მდგომარეობით ქვეყანაში გამომუშავებული ელექტროენერჯის დიდი წილი ჰიდროელექტროსადგურებზე მოდის, ხოლო მზის ელექტროსადგურების განვითარება საწყის ეტაპზეა.

საქართველოს ელექტრომომარაგების სისტემა ძირითადად ცენტრალიზებულია და ის ელექტროსადგურები, რომლებზეც ელექტროენერჯის გამომუშავების მნიშვნელოვანი წილი მოდის, ელექტროენერჯის დიდი მომხმარებლებიდან (ქალაქები, ქარხნები, ა.შ.) ტერიტორიულად შორს მდებარეობენ. ამის გამო, გრძელი მაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემი ქსელის მოწყობა ხდება საჭირო, რათა ამ ელექტროსადგურების მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯია მომხმარებლამდე მივიდეს. ელექტრულ ქსელში შორ მანძილზე ელექტროენერჯის გადაცემას სიმძლავრის დანაკარგები ახასიათებს, რაც საერთო ჯამში საკმაოდ მაღალი მაჩვენებლით გამოირჩევა და საქართველოს შემთხვევაში 2021 წელს 1.88 % შეადგინა [1].

2021 წელს საქართველოს რეგიონებიდან ელექტროენერჯის დანაკარგების ყველაზე მაღალი პროცენტული მაჩვენებელი 5.4% კახეთში დაფიქსირდა, რადგან ამ რეგიონში ელექტროსადგურების რაოდენობა მცირეა და ელექტროენერჯის მოხმარების სრულად დასაკმაყოფილებლად სხვა რეგიონებიდან მაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემი ქსელით

ელექტროენერჯის შემოტანა ხდება საჭირო. კახეთის რაიონებიდან ყველაზე მაღალი ელექტროენერჯის მოხმარებით თელავის რაიონი გამოირჩევა (26%). ამასთანავე, თელავის რაიონში მხოლოდ ორი მცირე სიმძლავრის ჰიდროელექტროსადგური ფუნქციონირებს, რაც მიუთითებს იმ ფაქტზე, რომ ეს რაიონი ძირითადად მაღალი ძაბვის ქსელიდან შემოტანილ ელექტროენერჯიაზე არის დამოკიდებული. შესაბამისად, კახეთის რეგიონში არსებული სიმძლავრის დანაკარგებიდან მეტი წილი თელავის რაიონზე მოდის და საერთო მოცულობის 25%-ს შეადგენს.

კახეთის რეგიონში, მათ შორის თელავის რაიონში, განახლებადი ენერჯორესურსების აუთვისებლობის ერთ-ერთი ძირითადი მიზეზი შესაბამისი კვლევების არარსებობაა. ეს განსაკუთრებით ეხება ჰელიოენერჯეტიკას, რადგან დღემდე, ენერჯეტიკის სამინისტრო მზის ენერჯეტიკული პოტენციალის 1980-იანი წლების კვლევებს ეყრდნობა [2]. ამ ძველი კვლევების შედეგები ამჟამინდელი მდგომარეობისგან განსხვავდება და რეალობას არ შეესაბამება. ამასთანავე, აღსანიშნავია, რომ კახეთში არსებული ჰიდრო რესურსებზეც ძირითადი ინფორმაცია საკმაოდ მოძველებულია, რადგან ამჟამად „კახეთის მელიორაციის სამსახური“ და „თელავის კომპლექსური მეტეოროლოგიური სადგური“ დაკვირვებებს მხოლოდ დიდ მდინარეებზე აწარმოებენ და საშუალო და პატარა მდინარეებს 1986 წლის შემდეგ აღარ აკვირდებიან. მსოფლიოში მიმდინარე კლიმატური პირობების ცვლილებებიდან გამომდინარე, კახეთის რეგიონში ჰიდროენერჯეტიკული რესურსების მდგომარეობაც მკვეთრად შეცვლილი იქნება. ამიტომ, 30 წლის წინანდელი კვლევების შედეგები გამოუსადეგარია და შესაბამისად, ინვესტორების მხრიდან დაინტერესებაც ნაკლებია. შედეგად, კახეთის განახლებადი ენერჯის რესურსები აუთვისებელი რჩება.

ზემოთ აღნიშნული პრობლემების აღმოსაფხვრელად, აუცილებელია, რომ თელავის რაიონში არსებული განახლებადი ენერჯის რესურსების რაოდენობა სწორედ განისაზღვროს. განახლებულ ინფორმაციაზე დაყრდნობით ეკოლოგიურად სუფთა ენერჯოდამოუკიდებელი და

მდგრადი ელექტრომომარაგების ქსელი უნდა დაპროექტდეს, რათა საქართველოს ელექტრომომარაგების სისტემის დეცენტრალიზაციას ხელი შეეწყოს და თელავის რაიონის გარე ელექტრულ ქსელზე დამოკიდებულება და სიმძლავრის დანაკარგები შემცირდეს. ეს საჭიროება დისერტაციის თემის აქტუალობაზე ნათლად მიუთითებს.

კვლევის მიზანი და ძირითადი ამოცანები

კვლევის მიზანს წარმოადგენს კახეთის რეგიონის და თელავის რაიონის მაღალი ძაბვის ელექტრულ ქსელში სიმძლავრის დანაკარგების შემცირება და თელავის რაიონის ეკოლოგიურად სუფთა ენერგოდამოუკიდებელი ელექტრომომარაგების ქსელის შემუშავება, რისთვისაც შემდეგი მიზნები დაისახა:

- კახეთის რეგიონის და თელავის რაიონის მაღალი ძაბვის ელექტრული ქსელების არსებული მდგომარეობის შესწავლა;
- ელექტროენერჯის მიწოდება-მოხმარების ბოლო ხუთი წლის ანალიზი და სამომავლო პროგნოზების განსაზღვრა;
- გლობალური კლიმატური ცვლილებების ტენდენციის გათვალისწინებით თელავის რაიონის მდინარეების წყლის და მზის რადიაციის რესურსების მოკვლევა;
- ქ. თელავში მზის და ჰიდრო ელექტროსადგურების დაპროექტება და 35კვ ძაბვის ქსელთან მიერთება.
- თელავის რაიონის მაღალი ძაბვის ელექტრომომარაგების სისტემის ენერგოდამოუკიდებლობის მიღწევა.
- საპროექტო ჰესის გენერატორების და მზის ელექტროსადგურის იზოლირებულ რეჟიმში მუშაობის ფუნქციის არსებობით, თელავის რაიონის მაღალი ძაბვის ელექტრომომარაგების სისტემის საიმედოობის გაზრდა.
- თელავის რაიონის მაღალი ძაბვის ელექტრომომარაგების ქსელში სიმძლავრის დანაკარგების შემცირება.

კვლევის მეთოდოლოგია

კვლევა ჩატარებულია კახეთის რეგიონის და თელავის რაიონის ჰიდრო და ჰელიო ენერგეტიკული რესურსების ისტორიული ინფორმაციების მიების და ექსპედიციური გამოკვლევების მეთოდით, ხოლო კახეთის რეგიონში ელექტროენერჯის გამომუშავება-მოხმარების ბალანსის დასადგენად კვლევა შესაბამისი უწყებებისადმი ოფიციალური წერილობითი კომუნიკაციით განხორციელდა. აგრეთვე, მზის და ჰიდრო ელექტროსადგურების დაპროექტების და ძირითადი ელექტრო მოწყობილობების შესარჩევად, ლოგიკური მსჯელობა და მათემატიკური მოდელის პრინციპები იქნა გამოყენებული, რომლის ანგარიშები “Microsoft Excel” კომპიუტერულ პროგრამაში შესრულდა.

დისერტაციის მეცნიერული სიახლე

ნაშრომში წარმოდგენილი კვლევითი კომპონენტები, მეთოდოლოგია და შედეგები შემდეგ სამეცნიერო სიახლეებს მოიცავს:

- მზის რადიაციის სიდიდის, მდინარის ნაკადის სიდიდის, მზის და ჰიდრო ელექტროსადგურების სიმძლავრეების დასადგენი მათემატიკური მოდელის პრინციპები შემუშავდა და მოდელი “Microsoft Excel” კომპიუტერულ პროგრამაში შეიქმნა. ამ მოდელის ნებისმიერი სხვა კვლევებისთვის გამოყენება შესაძლებელია.
- 1986 წლის შემდეგ კახეთის რეგიონის ხუთი საშუალო მდინარის ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის გამოკვლევა პირველად მოხდა.
- თელავის რაიონში კონკრეტულ ადგილმდებარეობაზე მზის რადიაციის რესურსის მოკვლევა პირველად მოხდა.
- ქსელთან მიერთების ქვესადგურში სტატიკური კონდენსატორების ფილტრაციის ბლოკი არის გათვალისწინებული, რათა მზის ელექტროსადგურის მიერ ინვერტირებული ძაბვის მრუდის არასინუსოიდალური ფორმის გასწორება მოხდეს და თელავის რაიონის ელექტრულ ქსელში არსებული რეაქტიული სიმძლავრე შემცირდეს.

- გამოვლინდა თელავის რაიონის მაღალი ძაბვის ელექტრომომარაგების სისტემის ხარვეზები, რის საფუძველზეც, მზის და ჰიდროელექტროსადგურების დაპროექტებით, მისი საიმედოობის ამაღლება და ენერგოდამოუკიდებლობის მიღწევა პირველად გახდა შესაძლებელი.

ნაშრომის პრაქტიკული ღირებულება

კვლევის მეთოდოლოგია, შედეგები და დასკვნები შემდეგი პრაქტიკული მიზნებისთვის შეიძლება იქნას გამოყენებული:

- მაღალი ძაბვის ელექტრული ქსელების გამომუშავება-მოხმარების ბალანსის დადგენისთვის.
- მდინარეების წყლის რესურსების ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის განსაზღვრისთვის.
- კონკრეტული ადგილმდებარეობის ჰელიოენერგეტიკული პოტენციალის განსაზღვრისთვის.
- მზის და ჰიდრო ელექტროსადგურების სიმძლავრეების სწორედ განსაზღვრისთვის.
- მზის და ჰიდრო ელექტროსადგურების მაღალი ძაბვის ღია და დახურული გამანაწილებელი ელექტრული მოწყობილობების შერჩევისა და მაღალი ძაბვის ქსელთან მიერთებისთვის.
- მაღალი ძაბვის ქსელში არსებული სიმძლავრეების დანაკარგების შემცირებისთვის.

ნაშრომის აპრობაცია

ნაშრომის ძირითადი შედეგები წარმოდგენილი იქნა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის ელექტრომომხმარების ტექნოლოგიების დეპარტამენტში I, II და III კოლოქვიუმებზე და დისერტაციის წინასწარ განხილვაზე. აგრეთვე, საერთაშორისო-ტექნიკურ კონფერენციაზე ორი მოხსენება გაკეთდა:

1) II საერთაშორისო-ტექნიკური კონფერენცია: „ენერგეტიკის თანამედროვე პრობლემები და მათი გადაწყვეტის გზები“. მოხსენების თემა: „საქართველოში საათობრივი მზის რადიაციის ანგარიში მათემატიკური მოდელის გამოყენებით“, 07-10 დეკემბერი, 2020 წელი.

2) III საერთაშორისო-ტექნიკური კონფერენცია: „ენერგეტიკის თანამედროვე პრობლემები და მათი გადაწყვეტის გზები“. მოხსენების თემა: „მზის ელექტრო სადგურის პროექტირება მათემატიკური მოდელის გამოყენებით“, 07-10 ივნისი, 2021 წელი.

დისერტაციის მოცულობა და სტრუქტურა

სადისერტაციო ნაშრომი შეიცავს რეზიუმეს, სარჩევს, ცხრილების ნუსხას, ნახაზების ნუსხას, მადლიერების გვერდს, შესავალს, ლიტერატურის მიმოხილვას, სამ თავს, დასკვნებს, გამოყენებული ლიტერატურის სიას და დანართებს. ნამუშევრის საერთო მოცულობა 133 გვერდია.

ნაშრომის მოკლე შინაარსი

შესავალში წარმოდგენილია ნაშრომის კვლევის მიზნები და ძირითადი ამოცანები, მეთოდოლოგია, მეცნიერული სიახლეები და პრაქტიკული ღირებულებები, აგრეთვე, ნაშრომის გარშემო არსებული აპრობაციები და პუბლიკაციები.

პირველ თავში განხილული არის კვლევის თემატიკასთან დაკავშირებული ლიტერატურის მიმოხილვა, როგორც ქართველი, ასევე, უცხოელი მეცნიერების შესრულებით. უნდა აღინიშნოს, რომ საქართველოში ჰელიო და ჰიდრო ენერგეტიკულ რესურსებზე ჩატარებული კვლევები ძალიან მწირია. ეს განსაკუთრებით ეხება აღმოსავლეთ საქართველოს, კონკრეტულად კახეთის რეგიონს, სადაც კვლევები მზის რადიაციის და საშუალო და მცირე სიმძლავრის მდინარეების შესახებ ან საერთოდ არ არსებობს, ან იმდენად მოძველებულია, რომ კლიმატური ცვლილებებიდან გამომდინარე ისინი ამჟამინდელ მდგომარეობას ოპტიმალურად ვეღარ ასახავენ. ამ თავში, აგრეთვე, რამოდენიმე განვითარებული ქვეყნის მაღალი ძაბვის ელექტრო მომარაგების სისტემის პრობლემური საკითხები არის განხილული და პარალელები არის გავლებული საქართველოში არსებულ მდგომარეობასთან, საიდანაც დგინდება, რომ მაღალი ძაბვის ტრადიციული ელექტროსისტემა ძირითადად ცენტრალიზებულია და მძლავრი ელექტროსადგურების მომხმარებლებთან დასაკავშირებლად გრძელი ელექტროგადამცემი ხაზების აშენება ხდება საჭირო, რაც სიმძლავრის დანაკარგებს საგრძნობლად ზრდის. მკვლევარების მიერ წარმოდგენილი არის რეკომენდაციები, რის მიხედვითაც ენერგოსისტემის დეცენტრალიზაცია და მომხმარებლებთან ახლოს ელექტროსადგურების აშენება არამარტო სიმძლავრის დანაკარგებს შეამცირებს, არამედ, ელექტრომომარაგების სისტემის საიმედოობისა და მდგრადობის გაზრდასაც შეუწყობს ხელს.

მეორე თავში მათემატიკური მოდელის ანგარიშების მეთოდოლოგიები არის წარმოდგენილი, რომელთა საშუალებითაც შესაძლებელია, კონკრეტულ ადგილმდებარეობებზე წლიურ და საათობრივ ჭრილებში მზის და ჰიდროელექტროსადგურის სიმძლავრეები განისაზღვროს. აგრეთვე, განხილული არის მაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემი კაბელის და საჰაერო ხაზის შერჩევის და შესაბამისი კვეთის დადგენის პრინციპებიც. კონკრეტულად, მათემატიკური მოდელები შემდეგი კომპონენტების განსაზღვრისათვის არის შემუშავებული:

- საათობრივი მზის რადიაციის რაოდენობის განსაზღვრის მეთოდოლოგია, რომლის დაწყებამდე, აუცილებელია, შეირჩეს ადგილმდებარეობა და მისი საკოორდინატო მონაცემები განისაზღვროს. ამის შემდეგ, ანგარიშების დაწყება არის შესაძლებელი, რის დროსაც განისაზღვრება შემდეგი: მზის დახრილობის კუთხე (δ), მზის ადგილობრივი დრო (AST), მზის საათობრივი კუთხე (ω), მზის სხივის ვარდნილობის კუთხე (θ), ზენიტის კუთხე (θ_z), მზის ამოსვლის კუთხე (SR), მზის ჩასვლის კუთხე (SS), მზის სხივის გამოსხივების სიდიდე ატმოსფეროში შემოჭრამდე (G_0), მზის სხივების პირდაპირი გამოსხივება (H_b) და მზის სხივების მიმოფანტული გამოსხივება (H_b). ამ სიდიდეების დადგენის შემდეგ, შესაძლებელია, დღის საათების ნებმისმიერ მონაკვეთში მზის გამოსხივების საშუალო სიდიდე (HT) დადგინდეს:

$$H_T = H_b \cdot R_b + H_d \left(\frac{1 + \cos\beta}{2} \right) + H \cdot P_g \left(\frac{1 - \cos\beta}{2} \right) \quad (1)$$

- მზის ელექტროსადგურის სიმძლავრის განსაზღვრის მეთოდოლოგია, რომლის დაწყებამდე, პირველ რიგში, აუცილებელია ისეთი მზის პანელის ტიპი შეირჩეს, რომელიც ფინანსური და ტექნიკური თვალსაზრისით ყველაზე მისაღები იქნება. ამის შემდეგ, მათემატიკური ანგარიშების გამოყენებით, შემდეგი კომპონენტები განისაზღვრება: მზის პანელის უჯრედის ტემპერატურა (T_c), მზის პანელის ეფექტურობის ცვლილება (η_p), პარალელურად და მიმდევრობით შეერთებული პანელების რაოდენობა (V_{oc-max}), მზის პანელის მიმდევრობით შეერთებული

მოდულების მაქსიმალური რაოდენობა (N_{max}), ინვერტორიდან გამომავალი მაქსიმალური სიმძლავრის მინიმალური ძაბვა (V_{mp-max}), მზის პანელის მიმდევრობით შეერთებული მოდულების მინიმალური რაოდენობა (N_{min}), მზის პანელის პარალელურად შეერთებული მოდულების მინიმალური რაოდენობა ($N_{max}(p)$), მზის პანელის პარალელურად შეერთებული მოდულების მინიმალური რაოდენობა ($N_{min}(p)$), მზის ელექტროსადგურის ერთ ცენტრალურ ინვერტორში ჩართული მზის პანელების მინიმალური ფართობი (A), მზის ელექტროსადგურის ერთი ერთული ცენტრალური ინვერტორის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის რაოდენობა (E_A). ამის შემდეგ, მზის ელექტროსადგურის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის საერთო სიდიდის ($E_{ჯამი}$) დადგენა არის შესაძლებელი:

$$E_{ჯამი} = E_A \cdot \eta_{ელ.მოწყობილობები} \cdot N_{inv} \quad (2)$$

სადაც, E_A არის ერთი ერთული ცენტრალური ინვერტორის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის რაოდენობა, $\eta_{ელ.მოწყობილობები}$ არის მზის ელექტროსადგურის ელექტრული მოწყობილობების ჯამური მარგი ქმედების კოეფიციენტი, ხოლო N_{inv} ცენტრალური ინვერტორების რაოდენობა.

• **ჰიდროელექტროსადგურის სიმძლავრის განსაზღვრის მეთოდოლოგია**, რისთვისაც საჭიროა, ტურბინის ფრთებში წყლის შესვლის კვეთში არსებული დაწნევა (H_6) და შესული წყლის ხარჯის სიდიდეები განისაზღვროს (Q). ამასთანავე, უნდა შეირჩეს ტურბინა-გენერატორები და მათი მარგი ქმედების კოეფიციენტები ($\eta_6, \eta_{გენ}$) დადგინდეს. ამის შემდეგ, ამ მაჩვენებლების გამოყენებით, ჰესის სიმძლავრე შესაბამისი ფორმულის გამოყენებით დგინდება:

$$P_{ჰეს} = G \cdot H_6 \cdot Q \cdot \eta_6 \cdot \eta_{გენ} \quad (3)$$

სადაც G არის დედამიწის გრავიტაციული მიზიდულობის ძალით გამოწვეული აჩქარება (თავისუფალი ვარდნა) და 9.81-ს უდრის.

• **მაღალი ძაბვის მიწისქვეშა ან საჰაერო ელექტროგადამცემი ხაზის შერჩევის მეთოდოლოგია**, რომელიც ელექტრული დატვირთვების და

ძაბვის კარგვის ანგარიშებს მოიცავს, რის დროსაც ხაზში გამავალი ნომინალური დენის (I_B) და ძაბვის კარგვის (ΔU) სიდიდეები უნდა დადგინდეს:

$$I_B = \frac{P}{U_f \cdot \sqrt{3}} \quad (4)$$

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (r_0 \cdot \cos\varphi + x_0 \cdot \sin\varphi) \quad (5)$$

მიღებული შედეგები ოფიციალური სტანდარტების ცხრილებში არსებულ მონაცემებს უნდა შედარდეს, რომლის მიხედვით, კონკრეტული ხაზის კვეთის და დანარჩენი ელექტრული პარამეტრების შესაბამისობა განისაზღვრება.

მესამე თავში წარმოდგენილი არის შედეგები და მათი განხილვა, რის ფარგლებშიც, კახეთის რეგიონის მაღალი ძაბვის ელექტრომომარაგების ქსელი იქნა გამოკვლეული, საიდანაც დადგინდა, რომ საქართველოში კახეთი ერთადერთი რეგიონია, სადაც 35კვ და 110კვ ძაბვის ელექტროგადამცემი ქსელები “საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემას” (სსე) ეკუთვნის. ამჟამად, კახეთის რეგიონში სსე-ს ბალანსზე არის ერთი 220კვ ძაბვის ქვესადგური, 16 ცალი 110კვ ძაბვის ქვესადგური და 32 ცალი 35კვ ძაბვის ქვესადგური. ამჟამად, კახეთის რეგიონის მაღალი ძაბვის ელექტროენერჯის ქსელი ერთი 220კვ ძაბვის და სამი 110კვ ძაბვის საჰაერო ელექტროგადამცემი ხაზებით მარაგდება („მანავი-2“, „კვეტრა“, „იორი“ და „უდაბნო“). 2022 წლის მონაცემებით, კახეთის რეგიონში 12 ცალი ჰოდროელექტროსადგურია ექსპლუატაციაში გაშვებული, რომელთა ჯამური დადგმული სიმძლავრე 66,35 მგვტ-ს შეადგენს.

მკვლევარის მიერ სსე-სთვის ოფიციალური წერილი იქნა მიწერილი, რის საფუძველზეც კახეთის რეგიონის რვა რაიონში 2017-2021 წლებში ელექტროენერჯის მოხმარების ჯამური მონაცემები იქნა გამოთხოვილი. სსე-ს მიერ მკვლევარისთვის ოფიციალურად გამოგზავნილი წერილის საფუძველზე ირკვევა, რომ ბოლო ხუთი წლის განმავლობაში კახეთის რეგიონში ყველაზე მაღალი ელექტროენერჯის მოხმარება თელავის

რაიონში ფიქსირდება. ბოლო ხუთი წლის განმავლობაში ელექტროენერჯის მოხმარების ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი 2019 წელს დაფიქსირდა და 98,317,549 კვტ/სთ შეადგინა, იხ. ცხრ. 1:

	რაიონი	2017	2018	2019	2020	2021
		კვტ/სთ				
1	თელავი	92,937,079	97,410,773	98,317,549	97,270,872	93,929,890
2	ახმეტა	26,309,318	26,413,065	25,586,767	26,400,404	24,480,009
3	გურჯაანი	65,330,534	68,499,295	71,806,250	76,892,970	65,470,035
4	ყვარელი	32,115,448	33,673,676	38,603,869	41,045,756	37,354,333
5	ლაგოდეხი	35,090,623	34,851,595	36,231,598	38,206,517	34,177,351
6	სიღნაღი	33,988,682	34,291,969	35,263,554	37,091,260	31,085,204
7	დ/წყარო	24,849,330	25,473,762	25,991,333	26,381,620	19,066,381
8	საგარეჯო	56,515,361	60,368,955	62,511,117	62,221,063	53,470,468
9	ჯამი	367,136,375	380,983,090	394,312,037	405,510,462	359,033,671

ცხრილი 1. ბოლო ხუთი წლის კახეთის რაიონების ელექტროენერჯის მოხმარება

თელავის რაიონის მაღალი ძაბვის ელექტრომომარაგების ქსელში არის ორი 110კვ ძაბვის ქვესადგური („თელავი-110“ და „წინანდალი-110“) და სამი ჩიხური ტიპის 35კვ ძაბვის ქვესადგური („კურდღელაური-35“, „გულგულა-35“, „ნაფარეული-35“).

აღსანიშნავია, რომ სსე-სგან მიღებულ ინფორმაციაზე დაყრდნობით, დადგინდა, თელავის რაიონში 2017-2021 წლებში ელექტროენერჯის მოხმარების დინამიკა არაწრფივია, რაც თავისთავად მომავალ წლებში ელექტროენერჯის მოხმარების რაოდენობის პროგნოზირებას ართულებს. შესაბამისად, თელავის რაიონის ბოლო ხუთი წლის განმავლობაში ყოველი თვის ბოლო დღის დღე-ღამური საათობრივი დატვირთვების საპროგნოზო მონაცემები საშუალო არითმეტიკული მეთოდით დაანგარიშდა. მიღებული შედეგები იხ. ცხრ. 2-ში.

თვე	საათი																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	მგვტ/სთ																							
იან	7.56	7.96	6.38	7.94	7.96	7.92	8.12	10.26	11.32	12.36	13.06	12.36	13.68	13.70	14.58	13.68	13.02	12.96	13.42	12.62	11.52	11.62	10.36	9.88
თებ	8.24	8.48	7.26	7.24	6.66	7.52	7.48	8.92	11.00	11.78	12.88	12.82	13.56	13.12	14.00	14.38	13.32	13.72	12.36	12.68	11.32	11.62	10.40	9.18
მარ	7.74	7.06	7.06	6.12	7.08	6.06	7.44	8.96	10.94	11.12	11.08	12.18	13.64	12.16	12.12	12.12	12.12	13.08	12.12	12.70	11.18	11.54	10.36	9.34
აპრ	6.82	6.70	6.40	6.76	6.72	7.14	7.56	8.74	10.20	10.86	11.90	11.00	11.96	12.38	10.46	10.54	10.64	12.18	11.02	11.98	11.18	10.54	9.86	8.78
მაი	6.12	6.46	6.64	6.20	5.88	5.18	7.54	8.42	10.06	11.52	12.08	11.38	10.66	11.14	11.08	11.06	11.18	11.04	12.12	12.28	11.52	10.90	9.74	8.48
ივნ	7.80	8.06	7.38	6.42	6.54	6.26	7.06	8.74	9.76	11.32	12.86	13.70	12.38	12.28	13.74	12.68	12.06	12.36	13.64	12.68	10.68	9.90	8.52	7.76
ივლ	7.92	7.82	6.14	6.14	5.14	7.50	7.32	9.64	10.72	12.02	12.98	14.46	14.92	13.76	13.32	15.16	15.48	15.52	15.36	14.10	13.66	10.70	9.92	8.92
აგვ	8.54	8.44	7.58	7.58	7.58	7.94	8.06	10.22	11.90	12.74	13.22	14.46	15.04	15.02	14.40	15.22	15.38	14.40	15.48	13.68	13.34	11.64	10.94	9.94
სექ	6.90	7.82	7.82	6.58	6.30	6.62	7.28	9.90	11.96	12.00	12.70	13.18	13.28	14.42	13.42	14.30	13.36	13.76	12.86	13.20	11.12	10.22	9.16	8.10
ოქტ	7.10	6.92	7.72	7.42	7.10	6.04	8.48	9.12	10.44	11.66	12.60	12.88	13.02	13.70	13.66	13.06	13.22	13.46	12.56	11.92	11.30	10.32	10.08	8.90
ნოე	7.64	6.36	6.36	6.36	6.40	6.40	7.30	9.00	11.50	12.52	13.00	13.24	12.02	13.10	13.06	13.50	13.66	13.26	12.98	11.04	11.20	10.20	9.52	8.30
დეკ	6.40	6.60	6.50	5.80	6.60	6.20	7.20	9.70	12.02	12.42	13.52	13.28	14.24	13.62	13.82	14.14	14.44	14.72	12.32	12.78	11.00	10.28	9.18	8.98

ცხრილი 2. თელავის რაიონის ბოლო ხუთი წლის განმავლობაში ყოველი თვის ბოლო დღის დღე-ღამური საათობრივი დატვირთვების საპროგნოზო მონაცემები

თელავის რაიონის ელექტროენერჯის დატვირთვების და საპროგნოზო გრაფიკების დადგენის შემდეგ, ჰიდრო ენერგეტიკული რესურსების გამოკვლევა განხორციელდა, საიდანაც დადგინდა, რომ თელავის რაიონი წყლის რესურსების სიმრავლით არ გამოირჩევა. თელავის რაიონში წყლის რესურსების სიმცირე არის მიზეზი იმისა, რომ დღემდე თელავის რაიონში მხოლოდ ორი მცირე სიმძლავრის ჰესია აშენებული. ეს ჰესებია: ლოპოტაჰესი და ფშაველჰესი, რომელთა ჯამური დადგმული სიმძლავრეები არის 2.4 და 1.9 მგვტ და 2021 წელს მათი მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის ჯამურმა რაოდენობამ 12,412,159 კვტ/სთ შეადგინა.

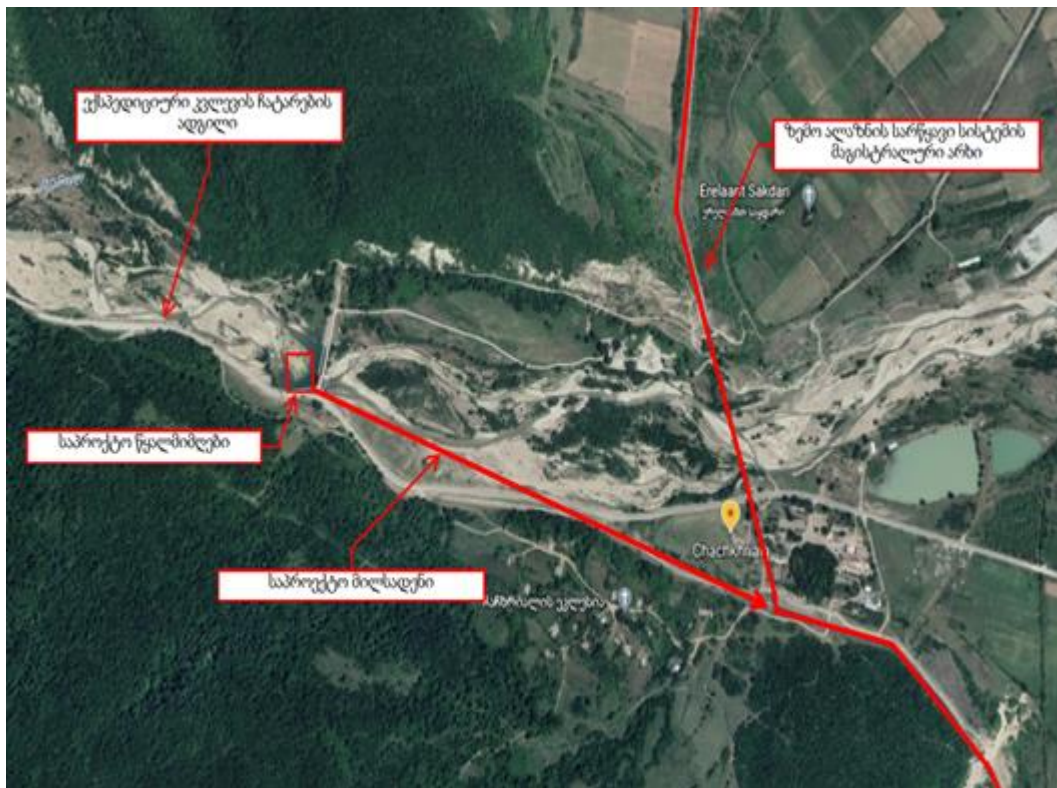
ქ. თელავში ზემო ალაზნის სარწყავი სისტემის მაგისტრალური არხი გადის, რომელიც სოფ. დუისთან (ახმეტის მუნიციპალიტეტი) იღებს სათავეს და გურჯაანის მუნიციპალიტეტში სრულდება. მისი საერთო სიგრძე არის 135,8 კმ და ახმეტის, თელავის და გურჯაანის მუნიციპალიტეტების 67,300 ჰა ფართობის მოსარწყავად გამოიყენება. ამ არხის მიწის მორწყვის მიზნით გამოყენება წელიწადის გაზაფხული-ზაფხულის პერიოდის რამდენიმე თვის განმავლობაში ხდება, ხოლო წელიწადის დანარჩენი პერიოდი ეს არხი უფუნქციოა. ქ. თელავსა და ამ არხის სათავე ნაგებობას შორის ახმეტის რაიონში 2014 წელს 9.12 მგვტ დადგმული სიმძლავრის ჰესი („ახმეტაჰესი“) აშენდა, რომელიც ამ მაგისტრალური არხის წყლით მარაგდება. შესაბამისად, ახლანდელი მდგომარეობით, წყლის რესურსის არ ქონის გამო, ქ. თელავში ამ არხზე ჰესის მშენებლობის პერსპექტივა აღარ არსებობს. ამიტომ, უნდა მოიძებნოს ყველაზე გამართლებული ტექნიკურ-ეკონომიკური გამოსავალი, რათა ამ არხში არსებული წყლის რესურსის რაოდენობა გაიზარდოს და ქ. თელავში ჰესის დაპროექტება შესაძლებელი გახდეს.

ამჟამად, ქ. თელავში არსებობს „თელავის კომპლექსური ჰიდრომეტეოროლოგიური სადგური“, რომლის პირდაპირი დანიშნულება არის კახეთის რეგიონის მასშტაბით წყლის რესურსების გამოკვლევა. აგრეთვე, ქ. თელავში არსებობს „კახეთის მელიორაციის სამსახური“,

რომელიც კახეთის რეგიონის მასშტაბით წყლის რესურსების მართვას აკონტროლებს. ამ ორ სამსახურში ვიზიტით და მათთან პირდაპირი კომუნიკაციით დადგინდა, რომ სოფ. დუისის სათავე ნაგებობიდან ქ. თელავამდე ზემო ალაზნის სარწყავი სისტემის მაგისტრალური არხის შემოგარენში არსებობს მდინარეები, რომლების ადგილმდებარეობებისა და განლაგებების გათვალისწინებით მათი წყლის გარკვეული რაოდენობის ამ არხში შემომშვება არის შესაძლებელი. ეს მდინარეებია: „მაწანწრის ხევი“, „თურდო“, „ხოდაშენიხევი“, „ხევის ჭალა“ და „ილტო“. ამ მდინარეებიდან მხოლოდ მდ. „ილტო“ არის არასეზონური, დანარჩენი ოთხი მდინარე სეზონური ხასიათისაა და მოედინება მხოლოდ გაზაფხული-ზაფხულის პერიოდებში - წლის დანარჩენ პერიოდებში წყლის ხარჯი ან უმნიშვნელოდ ცოტაა, ან საერთოდ არ არის.

კვლევა გაგრძელდა მდ. „ილტო“-ზე, რათა მისი საშუალო ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი წელიწადის 12 თვეზე დადგენილიყო. წინანდელი ინფორმაცია კვლევის გასაგრძელებლად ვერ გამოდგება. სამწუხაროდ, „თელავის კომპლექსური ჰიდრომეტეოროლოგიური სადგური“ ამ მდინარეზე დაკვირვებას 1986 წლის შემდეგ აღარ აწარმოებს და შესაბამისად, მასზე სეზონური წყლის ხარჯის განახლებული ოფიციალური ინფორმაცია არ არსებობს. ამიტომ, „კახეთის მელიორაციის სამსახურის“ თანამშრომლებთან ერთად დაიგეგმა ექსპედიციური კვლევები წელიწადის ყველაზე წყალმცირე და წყალუბვ პერიოდებში - 2022 წლის თებერვლიდან მაისის ჩათვლით. ექსპედიციური კვლევები ჩატარდა ამ ოთხი თვის ბოლო რიცხვებში, რის დროსაც წყლის ნაკადის მზომი ხელსაწყო (OTT MF pro) იქნა გამოყენებული. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ექსპედიციური კვლევა ჩატარდა სოფ. ჩაჩხრიალასთან ახლოს, იმ ადგილას სადაც წყალმიმღების აშენების შესაძლებლობა არსებობს. საპროექტო წყალმიმღებიდან ამ არხამდე მანძილი არის 1.2 კმ და ერთმანეთს მილსადენით ან ღია არხით უნდა დაუკავშირდეს, რათა მდ. „ილტო“-ს

წყლის ნაკადის გარკვეული რაოდენობის ძველ მაგისტრალურ არხში შემშვება მოხდეს, იხ. ნახ.1.



ნახაზი 1. მდ. ილტოსთან საპროექტო წყალმიღების და საირიგაციო არხის განლაგება

ექსპედიციური კვლევის მონაცემები მხოლოდ ოთხი თვის განმავლობაში (თებერვალი-მარტი) შეგროვდა, რაც საკმარისი არ არის და საჭიროა დანარჩენი 8 თვის მონაცემებიც არსებობდეს, რათა საპროექტო ჰესის მთელი წლის განმავლობაში გამომუშავებული ელექტროენერჯის რაოდენობა ზუსტად განისაზღვროს. შესაბამისად, ექსპედიციური კვლევის ჩატარების დროს, „კახეთის მელიორაციის სამსახურის“ თანამშრომლებისა და სოფ. „ჩაჩხრიალას“ ადგილობრივი მოსახლეობის გამოკითხვით, გასული წლების ისტორიული გამოცდილებები იქნა მხედველობაში მიღებული და მათი გათვალისწინებით მდ. „ილტოს“ წყლის ნაკადის დარჩენილი რვა თვის მონაცემები დაახლოებით განისაზღვრა, შედეგები იხ. ცხრ. 3-ში.

#	თვე	წყლის ხარჯი მ ³ /წმ
1	იანვარი	1.16
2	თებერვალი	1.27
3	მარტი	1.73
4	აპრილი	3.17
5	მაისი	4.19
6	ივნისი	4.68
7	ივლისი	4.02
8	აგვისტო	3.34
9	სექტემბერი	2.70
10	ოქტომბერი	1.86
11	ნოემბერი	1.24
12	დეკემბერი	1.21
13	წლიური საშუალო	2.54

ცხრილი 3. მდ. ილტოს წყლის ნაკადის რესურსები

მდ. ილტოს წლიური წყლის ხარჯის დადგენის შემდეგ, საპროექტო ჰიდროელექტროსადგურის მიერ გამოიმუშავებული ელექტროენერჯის რაოდენობა განისაზღვრა, რისთვისაც, პირველ რიგში, ზედა და ქვედა ბიეფების ადგილმდებარეობები დადგინდა. ამ შემთხვევაში ზედა ბიეფი იქნება ქ. თელავში საპროექტო წყალსაცავი, ხოლო ქვედა ბიეფი - ქ. თელავში საპროექტო ჰესის საგენერატორო შენობა. საპროექტო მილსადენის სიგრძე 7.82 კმ იქნება.

ამის შემდეგ, ოთხი მწარმოებლის ტურბინა-გენერატორის („GEPPERT“, „GUGLER“, „VAPTECH“, „VOITH“) ტექნიკურ-ეკონომიკური ანალიზი ჩატარდა და მონაცემები ერთმანეთს შედარდა. შედარებიდან გაირკვა, რომ

იზოლაციის კლასის, საერთო წონის, ტურბინის მარგი ქმედების კოეფიციენტის, გენერატორის მარგი ქმედების კოეფიციენტის და ფასის მიხედვით საუკეთესო მაჩვენებელი გერმანულ კომპანია “VOITH-ს” ჰქონდა. შესაბამისად, შეირჩა ამ მწარმოებლის პელტონის ტიპის 2 ცალი 7,5 მგვტ სიმძლავრის სამფაზა სინქრონული ტურბინა-გენერატორი, რომლის ტექნიკური პარამეტრებიდან ირკვევა, რომ $\eta_{\text{ტ}}$ ტურბინის და $\eta_{\text{გენ}}$ გენერატორის მარგი ქმედების კოეფიციენტებს შემდეგი მნიშვნელობები აქვთ: $\eta_{\text{ტ}} = 0.95$, $\eta_{\text{გენ}} = 0,983$.

ჰესის ძირითადი ელექტრული მოწყობილობების და ფორმულა-3-ის ყველა მნიშვნელის სიდიდის დადგენის შემდეგ, საპროექტო ჰესის მიერ გამომუშავებული სიმძლავრის დღიური, თვიური და წლიური სიდიდეების გამოთვლაც გახდა შესაძლებელი. ანგარიშები “Microsoft Excel” კომპიუტერულ პროგრამაში შესრულდა. თელავის რაიონის ელექტროენერჯის მოხმარების საპროგნოზო მონაცემები ამ საპროექტო ჰესის და თელავის რაიონში არებული ორი ჰესის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის საპროგნოზო მონაცემებს შედარდა, შედეგები იხ. ცხრ. 4-ში.

საპროექტო ჰესის წლიურ ჭრილში ელექტროენერჯის გამომუშავების სიდიდეების ანგარიშების შემდეგ, მზის ელექტროსადგურის დაპროექტების შესაძლებლობა განისაზღვრა, რისთვისაც, პირველ რიგში, ადგილმდებარეობა დადგინდა და მისი საკოორდინატო მონაცემები შეგროვდა. შეირჩა ქ. თელავში საპროექტო ჰესის მიმდებარე ტერიტორია, სადაც მზის გამოსხივების საშუალო სიდიდეების (H_T) განსასაზღვრად წელიწადის ყველა თვის ბოლო რიცხვი შეირჩა.

მათემატიკური მოდელის მეთოდოლოგიაზე დაყრდნობით, გამოთვლები „Microsoft Excel“ კომპიუტერულ პროგრამაში შესრულდა. შედეგები იხ. ცხრ. 5-ში.

თვე	საათი																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	მგვტ/სთ																							
იან	0.6	0.2	1.8	0.2	0.2	0.2	0	-3.71	-4.77	-5.81	-6.51	-5.81	-7.13	-7.15	-8.03	-7.13	-6.47	-6.41	-6.87	-6.07	-4.97	-5.07	-3.81	-3.33
თებ	0.4	0.4	0.9	0.9	1.5	0.7	1.1	-1.74	-3.82	-4.6	-5.7	-5.64	-6.38	-5.94	-6.82	-7.2	-6.14	-6.54	-5.18	-5.5	-4.14	-4.44	-3.22	-2
მარ	2.1	2.8	2.8	3.7	2.7	3.8	3	0.87	-1.11	-1.29	-1.25	-2.35	-3.81	-2.33	-2.29	-2.29	-2.29	-3.25	-2.29	-2.87	-1.35	-1.71	-0.53	0.49
აპრ	7.6	7.7	8	7.7	7.7	7.3	7.6	5.51	4.05	3.39	2.35	3.25	2.29	1.87	3.79	3.71	3.61	2.07	3.23	2.27	3.07	3.71	4.39	5.47
მაი	8.3	8	7.8	8.2	9	9.07	6.71	5.83	4.19	2.73	2.17	2.87	3.59	3.11	3.17	3.19	3.07	3.21	2.13	1.97	2.73	3.35	4.51	5.77
ივნ	6.6	6.4	7	8	8	7.99	7.19	5.51	4.49	2.93	1.39	0.55	1.87	1.97	0.51	1.57	2.19	1.89	0.61	1.57	3.57	4.35	5.73	6.49
ივლ	6.5	6.6	8.3	8.3	9.4	6.75	6.93	4.61	3.53	2.23	1.27	-0.21	-0.67	0.49	0.93	-0.91	-1.23	-1.27	-1.11	0.15	0.59	3.55	4.33	5.33
აგვ	5.9	6	6.8	6.8	6.8	6.8	6.19	4.03	2.35	1.51	1.03	-0.21	-0.79	-0.77	-0.15	-0.97	-1.13	-0.15	-1.23	0.57	0.91	2.61	3.31	4.31
სექ	7.5	6.6	6.6	7.8	8.1	8	6.97	4.35	2.29	2.25	1.55	1.07	0.97	-0.17	0.83	-0.05	0.89	0.49	1.39	1.05	3.13	4.03	5.09	6.15
ოქტ	3.4	3.6	2.8	3.1	3.4	4.6	2.03	1.39	0.07	-1.15	-2.09	-2.37	-2.51	-3.19	-3.15	-2.55	-2.71	-2.95	-2.05	-1.41	-0.79	0.19	0.43	1.61
ნოე	0.4	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	0.8	0.4	-4.45	-5.47	-5.95	-6.19	-4.97	-6.05	-6.01	-6.45	-6.61	-6.21	-5.93	-3.99	-4.15	-3.15	-2.47	-1.25
დეკ	0.5	1.1	1.2	1.5	1.6	1.7	0.7	0.5	-5.15	-5.55	-6.65	-6.41	-7.37	-6.75	-6.95	-7.27	-7.57	-7.85	-5.45	-5.91	-4.13	-3.41	-2.31	-2.11

ცხრილი 4. თელავის რაიონში არსებული ორი ჰესის და საპროექტო ჰესის მიერ საპროგნოზო გამომუშავებული და თელავის რაიონის მიერ საპროგნოზო ელექტროენერჯიის მოხმარების ბალანსი

საა თი	31ა5 ვტ/მ²	28თებ ვტ/მ²	31ბარტ ვტ/მ²	30აპრ ვტ/მ²	31მაი ვტ/მ²	30ივნ ვტ/მ²	31ივლ ვტ/მ²	31აგვ ვტ/მ²	30სე ვტ/მ²	31ოქ ვტ/მ²	30ნოვ ვტ/მ²	31დეკ ვტ/მ²
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0.12	20,1	0.21	0.2	0.11	0	0	0	0
6	0	0	0	0,1	1900	140,3	167,5	148,9	0	0	0	0
7	0	0,1	128,4	208,4	301,5	253,1	289,4	269,7	0,9	0,1	0	0
8	80,5	160,1	238,9	35,4	720,5	355,1	380,1	360,8	120,9	90,1	11,2	0,2
9	177	254,2	344,1	450,9	580,1	680,5	607,5	510	670,2	297,6	154,1	101
10	284,1	391,5	505,5	605,4	725,9	670,5	750,5	668,7	305,7	340,8	287,2	218
11	420,6	530,3	632	730,1	823,5	805,6	860,3	792,2	470,5	460,1	369,1	330
12	501,2	610,8	706,8	803,9	860,6	890,8	930,7	870,8	601,5	550,5	437,1	408,6
13	545	656	765	849	850,1	935,9	985,1	911,4	707,0	601,9	482,6	442,2
14	535,2	645,4	754,0	837,4	788,8	926,8	978,3	900,4	748,5	590,5	470,7	429,6
15	474,7	584,0	691,7	776,7	681,0	868,2	921,4	842,2	737,8	529,8	412,7	372,5
16	368,1	476,0	583,1	671,7	534,0	764,1	818,4	740,8	675,5	424,0	312,4	274,7
17	269,9	328,7	435,6	529,81	357,7	621,6	676,2	603,0	566,0	280,3	228,4	217,2
18	0	278,3	259,2	360,5	241,0	450,4	504,5	438,2	260,1	251,2	0	0
19	0	0	249,9	231,8	257,7	262,2	315,1	257,7	0	0	0	0
20	0	0	0	0	220,8	242,9	215,7	220,8	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ჯამი	3664,41	4913,52	6321,94	7380,06	8538,82	9307,21	8720,33	7390,54	5434,61	4424,42	3125,81	2833,08

ცხრილი 5. საპროექტო მზის ელექტროსადგურის ტერიტორიაზე მზის რადიაციის რაოდენობა

მზის რადიაციის სიდიდეების დადგენის შემდეგ, ამ ტერიტორიაზე გარემო ტემპერატურა (მზეზე) დადგინდა, რის შემდეგაც მზის პანელი, ინვერტორი და დანარჩენი ელექტრული მოწყობილობები შეირჩა, რამაც შესაძლებელი გახადა, რომ დღიურ ჭრილში ერთი მზის პანელის

ტემპერატურის ცვლილება, ერთი მზის პანელის ეფექტურობის ცვლილება და ერთი მზის პანელის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის სიდიდე განსაზღვრულიყო.

ერთი მზის პანელის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის რაოდენობის წლიურ ჭრილში დადგენის შემდეგ, საპროექტო მზის ელექტროსადგურის მზის პანელების საერთო რაოდენობა განისაზღვრა ისე, რომ მზის ელექტროსადგურის და ჰესის მიერ ჯამურად გამომუშავებულ ელექტროენერჯიას თელავის რაიონის ელექტრომომხმარებლის მოთხოვნა მთელი წლის განმავლობაში დაეკმაყოფილებინა. „Microsoft Excel“-ის კომპიუტერულ პროგრამაში შესრულებული ანგარიშების დროს, ამ ერთი მზის პანელის რაოდენობა იმ სასურველ რაოდენობამდე გაიზარდა, სანამ მათი ელექტროენერჯის ჯამური გამომუშავება ზემოთ ნახსენები საპროექტო ჰესის მიერ გამომუშავებული და თელავის რაიონის მიერ მოხმარებული ელექტროენერჯის დისბალანსს ყველაზე ოპტიმალურ ნიშნულამდე არ შეამცირებდა. შესაბამისად, შეირჩა 21,000 ცალი მზის პანელი, რომლებიც ჯამში წლიურად დაახლოებით 19,115,400 კვტ/სთ ელექტროენერჯიას გამოიმუშავებენ.

ჰიდრო და მზის ელექტროსადგურების სიმძლავრეების წლიურ ჭრილებში დადგენის შემდეგ, მათი 35კვ ძაბვის ქსელთან მიერთების შესაძლებლობა განისაზღვრა, რისთვისაც ჰესის საგენერატორო შენობაში 10/35კვ ძაბვის ქვესადგური დაპროექტდა, სადაც ჰესის გენერატორების და მზის ელექტროსადგურის მზის პანელების მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯია შეიკრიბება და 35კვ ძაბვის მიწისქვეშა კაბელით სსე-ს ბალანსზე არსებულ ქვესადგურ „კურდღელაური-35-ს“ დაუკავშირდება. ამის შემდეგ, ქვესადგურები „კურდღელაური-35“ და „თელავი-110“ ელექტროგადამცემი ხაზი „გულგულა-35-ით“ უკავშირდებიან ერთმანეთს. ამ ქვესადგურებში ვიზიტის შედეგად, გაირკვა, რომ ამჟამად ეგხ „გულგულა-35-ზე“ არსებული AC-95 მმ² კვეთის ეგხ საპროექტო ჰესის და მზის ელექტროსადგურების მიერ გამომუშავებული მაქსიმალური

სიმძლავრის დენის გატარებას ვერ შეძლებს. შესაბამისად, უფრო მაღალი AC-185 მმ² კვეთის ელექტროგადამცემი ხაზი შეირჩა.

თელავის მაღალი ძაბვის ელექტრომომარაგების ქსელის საიმედოობის გაზრდის მიზნით, საპროექტო ჰესს იზოლირებულ რეჟიმში მუშაობის ფუნქცია ექნება, რაც საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემის მაღალი ძაბვის ქსელში ავარიული გამორთვების დროს, თელავის რაიონს უწყვეტ რეჟიმში ელექტროენერგიით მომარაგების საშუალებას მისცემს.

საპროექტო ელექტროსადგურების ქსელთან მიერთების ნაწილში, გათვალისწინებული უნდა იქნას, რომ მძლავრ მზის ელექტროსადგურებში ელექტროენერგიის წარმოებას მაღალი რიგის ჰარმონიკების წარმოებაც ახლავს თან. შედეგად, მაღალი რიგის ჰარმონიკები ქსელში ვრცელდება და მზის ელექტროსადგურის მიერ წარმოებულ ელექტროენერგიის ძაბვას არასინუსოიდალურ ფორმას აძლევს, რაც ელექტროსისტემის მუშაობის ხარისხს აფუჭებს და დამატებით სიმძლავრის დანაკარგებს იწვევს. ამიტომ, მზის ელექტროსადგურის ინვერტირებული ძაბვის მრუდის არასინუსოიდულობის გავლენის შესამცირებლად, ქვესადგურის ტერიტორიაზე გათვალისწინებული უნდა იქნას სტატიკური კონდენსატორების ფილტრაციის ბლოკი, რომელიც მზის ელექტროსადგურის მუშაობის პერიოდში (დღის საათებში) მაღალი რიგის ჰარმონიკების წარმოებას შეზღუდავს, ხოლო ღამის საათებში თელავის რაიონის ელექტრულ ქსელში რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსაციას მოახდენს.

საპროექტო ჰიდრო და მზის ელექტროსადგურების მიერ გამომუშავები ელექტროენერგიის და თელავის რაიონის ელექტროენერგიის მოხმარების ბალანსის ზუსტად განსაზღვრისათვის აუცილებელია, რომ ამ სადგურების მიერ გამომუშავებული ჯამური ელექტროენერგია თელავის მიერ მოხმარებულ ჯამურ ელექტროენერგიას წლიურ ჭრილში შედარდეს. ამისათვის, საპროექტო მზის ელექტროსადგურის მიერ გამომუშავებული ჯამური ელექტროენერგიის, საპროექტო ჰესის მიერ გამომუშავებული

ჯამური ელექტროენერჯის და თელავის რაიონში არსებული ორი მცირე სიმძლავრის ჰესის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის რაოდენობები დაჯამდა. შედეგები თელავის რაიონის ელექტროენერჯის საპროგნოზო წლიურ მოხმარებას გამოაკლდა, შედეგები იხ. ცხრ. 6-ში.

ცხრ. 6-ში წარმოდგენილი შედეგები ყოველი თვის ბოლო დღისთვის არის დაანგარიშებული. ამის შემდეგ, თვეების ყველა დღის მნიშვნელობები დაჯამდა და წლიურ ჭრილში ერთმანეთს შედარდა.

ცხრ. 7-ში წარმოდგენილი შედეგებიდან ჩანს, რომ წლიურ ჭრილში 8 თვის განმავლობაში ბალანსი დადებითი იქნება, ხოლო 4 თვის განმავლობაში უარყოფითი. დადებით ბალანსის თვეებიდან მაღალი ძაბვის ქსელში ყველაზე მეტი ელექტროენერჯია მაისის თვეში (5,288,520 კვტ/სთ) გაიცემა, ხოლო უარყოფით ბალანსის თვეებიდან მაღალი ძაბვის ქსელიდან ყველაზე მეტი ელექტროენერჯია იანვრის თვეში (1,145,880 კვტ/სთ) შემოვა. საპროექტო ელექტროსადგურები და თელავის რაიონში არსებული ორი მცირე სიმძლავრის ჰესი ჯამში 119,301,960 კვტ/სთ ელექტროენერჯიას გამოიმუშავენ, რაც მიუთითებს იმ ფაქტზე, რომ თელავის რაიონის ელექტროენერჯის გამომუშავება-მოხმარების წლიური ბალანსი დადებითი იქნება და 28,130,076 კვტ/სთ-ს შეადგენს.

თვე	საათი																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	მგვტ/სთ																							
იან	0.6	0.2	1.8	0.2	0.2	0.2	0.0	0.7	0.9	1.8	1.9	0.9	0.5	0.4	2.5	1.9	1.8	-2.4	-5.3	-4.5	-3.4	-3.5	-2.2	-1.7
თებ	0.4	0.4	0.9	0.9	1.5	0.7	1.1	0.1	1.3	1.8	1.6	0.2	0.5	0.1	0.8	1.4	2.9	-2.8	-4.2	-4.5	-3.1	-3.4	-2.2	-1.0
მარ	2.1	2.8	2.8	3.7	2.7	3.8	3.0	1.8	0.6	1.7	2.7	3.1	2.6	3.5	2.9	2.6	0.4	-2.0	-2.1	-2.9	-1.4	-1.7	-0.5	0.5
აპრ	7.6	7.7	8.0	7.7	7.7	7.3	7.6	6.9	6.3	7.3	7.3	9.8	9.7	8.4	10.1	9.0	6.9	3.7	3.7	2.4	3.2	3.9	4.6	5.6
მაი	8.3	8.0	7.8	8.2	9.0	9.4	8.0	7.8	7.5	7.3	7.6	10.2	11.8	10.8	10.2	9.8	7.1	5.1	2.8	2.6	2.9	3.5	4.7	5.9
ივნ	6.6	6.4	7.0	8.0	8.0	8.5	8.6	7.8	7.9	9.0	8.1	8.2	10.4	10.6	9.0	9.3	7.5	5.2	2.4	2.3	3.7	4.5	5.9	6.7
ივლ	6.5	6.6	8.3	8.3	9.4	7.3	8.4	7.0	7.1	8.6	8.1	7.8	8.3	9.8	9.7	7.2	4.5	2.4	0.9	1.0	0.8	3.7	4.5	5.5
აგვ	5.9	6.0	6.8	6.8	6.8	6.8	7.6	6.1	6.7	8.6	8.5	8.5	9.2	9.3	9.4	8.0	4.3	3.5	0.8	1.5	1.1	2.8	3.5	4.5
სექ	7.5	6.6	6.6	7.8	8.1	8.0	7.5	5.9	6.0	7.4	7.4	9.1	10.0	8.5	8.6	7.1	5.5	2.7	2.2	1.2	3.3	4.2	5.3	6.3
ოქტ	3.4	3.6	2.8	3.1	3.4	4.6	2.6	2.6	2.1	3.5	3.3	4.2	5.3	4.0	3.2	3.0	1.9	-1.0	-1.6	-1.4	-0.8	0.2	0.4	1.6
ნოე	0.4	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	0.8	0.4	1.5	1.0	1.1	1.9	2.0	1.8	1.2	0.6	1.2	-2.5	-4.8	-3.0	-3.1	-2.1	-1.5	-0.2
დეკ	0.5	1.1	1.2	1.5	1.6	1.7	0.7	0.5	1.0	1.0	1.6	0.2	0.2	0.5	1.9	1.6	1.4	-2.7	-4.5	-4.9	-3.1	-2.4	-1.3	-0.9

ცხრილი 6. თელავის რაიონის ელექტროენერჯის გაცემა-მიღების ბალანსი

თვე	დღიური მოხმარება	დღიური გამომუშავება	თვიური მოხმარება	თვიური გამომუშავება	ბალანსი
	კვტ/სთ				
იან	226,044	264,240	7,927,200	6,781,320	-1,145,880
თებ	231,514	259,940	7,798,200	6,945,420	-852,780
მარ	278,124	245,320	7,359,600	8,343,720	984,120
აპრ	394,800	232,320	6,969,600	11,844,000	4,874,400
მაი	404,964	228,680	6,860,400	12,148,920	5,288,520
ივნ	416,360	244,580	7,337,400	12,490,800	5,153,400
ივლ	420,390	268,620	8,058,600	12,611,700	4,553,100
აგვ	425,920	282,740	8,482,200	12,777,600	4,295,400
სექ	409,258	256,260	7,687,800	12,277,740	4,589,940
ოქტ	306,544	252,680	7,580,400	9,196,320	1,615,920
ნოე	241,980	247,920	7,437,600	7,259,400	-178,200
დეკ	220,834	255,763	7,672,884	6,625,020	-1,047,864
ჯამი	3,976,732	3,039,063	91,171,884	119,301,960	28,130,076

ცხრილი 7. თელავის რაიონის ელექტროენერჯის მოხმარების და საპროექტო ელექტროსადგურების მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის რაოდენობის შედარება

დასკვნა

კვლევის შედეგების გათვალისწინებით, შეგვიძლია დავასკვნათ:

1. ნაშრომში ჩატარებული გამოკვლევების მიხედვით, დადგენილია, რომ 2021 წელს კახეთის ელექტროდატვირთვა (359,033,671 კვტ/სთ) მნიშვნელოვნად აღემატებოდა კახეთის რაიონებში განთავსებულ მცირე სიმძლავრის ჰიდროელექტროსადგურების მიერ გენერირებულ ჯამურ სიმძლავრეს (183,547,893 კვტ/სთ). შესაბამისად, თელავის რაიონის ელექტროენერჯით უზრუნველყოფა საქართველოს ელექტროსისტემიდან მიღებული 220კვ და 110 კვ ძაბვის ელექტროგადამცემი ხაზების (მანავი-220, კვეტერა-110, იორი-110 და უდაბნო-110) საშუალებით ხორციელდება. აღსანიშნავია რომ ეს ხაზები დაბალი საიმედოობით გამოირჩევა და ამის გამო ხშირია თელავის რაიონის ელექტრომომარაგების შეწყვეტა.
2. საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემისა და სემეკი-ს მონაცემებით დადასტურებულია, რომ კახეთის ელექტრომომარაგების ქსელი აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრის მაღალი დანაკარგებით და დაბალი ენერგოეფექტურობით გამოირჩევა.
3. კახეთის ქსელის ენერგეტიკული მაჩვენებლების და ავარიული გამორთვების ბოლო ხუთი წლის მონაცემების ანალიზის საფუძველზე, დასაბუთებულია, რომ ელექტრომომარაგების საიმედოობის გაზრდისა და ელექტროენერჯის ხარისხის მაჩვენებლების საერთაშორისო ნორმებით გათვალისწინებული პარამეტრებით უზრუნველყოფისათვის, მიზანშეწონილია, თელავის რაიონში არანაკლებ თელავის რაიონის მოთხოვნილი სიმძლავრის დამოუკიდებელი ელექტროენერჯის კომპლექსი აიგოს.
4. კახეთის რეგიონის და უპირატესად თელავის მუნიციპალიტეტის შემოგარენის ენერგეტიკული რესურსების შესწავლის საფუძველზე, დასაბუთებულია, რომ შესაძლებელია ქ. თელავში მდინარე ილტოსა

და ზემო ალაზნის საირიგაციო არხის გამოყენებით აიგოს 15 მგვტ სიმძლავრის ჰიდროელექტროსადგური. ამავდროულად, საპროექტო ჰიდროელექტროსადგურის შემოგარენში 11 მგვტ სიმძლავრის მზის ელექტროსადგურის აგებაც არის გათვალისწინებული. ამ ჰიდრო და მზის ელექტროსადგურების კომპლექსისათვის დამუშავებულია საპროექტო წინადადებები.

5. თელავის მუნიციპალიტეტის ელექტროენერგიით მომარაგების საიმედოობის გაზრდის მიზნით, საპროექტო ჰიდრო და მზის ელექტროსადგურებს იზოლირებულ რეჟიმში მუშაობის ფუნქცია ექნებათ, რაც ელექტროსისტემის ქსელში სისტემური ავარიების დროს, თელავის რაიონს ელექტროენერგიით მომარაგების საშუალებას მისცემს.
6. რადგან, ჰიდრო და მზის ელექტროსადგურები დაახლოებით თანაზომადი სიმძლავრისაა, სისტემიდან იზოლირებულ, პარალელური მუშაობის რეჟიმში, მზის ელექტროსადგურის ინვერტირებული ძაბვის მრუდის არასინუსოიდულობის გავლენის შესამცირებლად ნაშრომში გათვალისწინებულია სტატიკური კონდენსატორების ფილტრაციის ბლოკი, რომელიც, ამავდროულად, თელავის რაიონის ელექტრომომარაგების ქსელის რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსაციას უზრუნველყოფს.
7. სადისერტაციო ნაშრომში შემოთავაზებული გადაწყვეტილების ტექნიკური რეალიზაცია მნიშვნელოვნად აამაღლებს თელავის რაიონის ელექტრომომარაგების საიმედოობას, მის ენერგეტიკულ მაჩვენებლებს, ენერგოეფექტურობას და თუ გავითვალისწინებთ, რომ ელექტროსადგურების სიმძლავრეები დაგეგმილია კახეთის რეგიონის პერსპექტიული განვითარების გათვალისწინებით, ელექტროსადგურების მიერ გამომუშავებული ჭარბი ელექტროენერგია მეზობელ რაიონებს მიეწოდება.

8. ჰიდრო და მზის ელექტროსადგურების 35კვ ძაბვის ქსელთან მიერთების შემდეგ, თელავის რაიონის მაღალი ძაბვის ელექტრომომარაგების ქსელი ენერგოდამოუკიდებელი გახდება და კახეთის რეგიონის მაღალი ძაბვის ქსელის სიმპლავრის დანაკარგები დაახლოებით 4,05 %-მდე შემცირდება.

დისერტაციის თემაზე გამოქვეყნებული ნაშრომები

სადისერტაციო ნაშრომის ძირითადი მასალები სამ
სამეცნიერო ჟურნალში გამოქვეყნდა:

1. მეტრეველი გ. საქართველოში საათობრივი მზის რადიაციის ანგარიში მათემატიკური მოდელის გამოყენებით. „ენერჯია“, 2020, №4(96), გვ.106-110.
2. მეტრეველი გ. მზის ელექტროსადგურის პროექტირება მათემატიკური მოდელის გამოყენებით. „ენერჯია“, 2021, №2(98), გვ. 151-156.
3. Metreveli G. Design of a solar thermal power plan using mathematical model. „Georgian Engineering news“, 2021, №2(93), pp. 32-36.

Abstract

The World has been facing a strong tendency of climate change during the last five decades, which deeply affects renewable energy resources. Since 1986, in Georgia, including the Kakheti region, hydrology observations have not been conducted on most rivers having small and medium hydrology resources. Therefore, nowadays, renovated information on those rivers is not available. Herewith, existing researches on solar energy resources are also outdated, because the Ministry of Energy of Georgia mostly refers to outcomes of a research made in the 1980s. Given changes in climate conditions, these old researches can not reflect the present situation properly, therefore, there is a lack of interest from investors and these renewable energy resources have remained inapplicable. That is why, expedition research has been conducted on rivers having small and medium hydrology resources in Telavi and Akhmeta municipalities, whereby the yearly amount of watercourse of a river Ilto has been determined. Also, in a specific area of Telavi municipality, the yearly amount of solar radiation has been estimated.

After research of hydro energy and solar energy resources in Telavi municipality, the condition of the high voltage electrical supply grid has been inspected, whereupon balance of electricity production-consumption and yearly power transmission losses have been determined – Telavi municipality consumes the highest amount of electricity in Kakheti region. Besides, in Telavi municipality, only two small hydropower plants have been functioning at the moment, which means, that in Telavi municipality the vast majority of electricity is transmitted from the external high voltage electrical grid, which is related to power transmission losses. In Georgia, in 2021, the highest amount of power transmission losses were stated in the Kakheti region (5.4%), wherefrom Telavi had the highest quantitative share of 25% out of all municipalities.

The dependency on external high voltage electrical supply grid raises difficulties of reliability of electricity supply and energy security to Telavi municipality because in the course of bad weather shortcuts and power grid systemic breakdowns, Telavi municipality remains without electricity. Therefore, due to the above-mentioned problems and to lower power transmission losses, solar and hydropower plants have been designed in Telavi municipality. The hydropower plant will be fed by the water flowing in the main channel of the Zemo Alazani irrigation system. At the moment, the hydrology of this system is fully utilized. For that reason, specific infrastructure should be organized near to village Chachkhrialala, for some amount of water from river Ilto to be passed to this irrigation system and flown down to the designed hydropower plant in Telavi. Installed capacity of the hydropower plant will be 15 MW, whereas solar power plant – 11 MW.

35 kV substation has been designed in a powerhouse of the hydropower plant, where produced electricity of these two power plants will be collected. This

substation will be connected to a 35kv substation “Kurdgelaury-35” with a 35 kV underground cable. The existing overhead line between substations “Kurdgelaury-35” and “Telavi-110” should be replaced with a new one having a bigger conductor section, so for the produced electricity of the designed solar and hydropower plants to be transmitted to the high voltage power grid safely.

Produced electricity from the solar and hydropower plants will fully cover the electricity demand of Telavi municipality for six months (April-September), whereas during 24 hours of each day of remained six months, 18 hours will be fully covered (00:00-18:00), but another 6 hours (18:00-00:00) electricity consumption will be higher than production, thus, missing amount of electricity will be substituted by external high voltage power grid. The yearly amount of produced electricity from these two power plants will be 119,301,960 kWh, which will be more than the yearly electricity demand of Telavi municipality by 28,130,076 kWh.

The designed hydropower plant will be equipped with a function of black start to increase the reliability of the high voltage electrical supply grid of Telavi municipality, which allows the power plant of working in an isolation regime, so Telavi municipality will be supplied by electricity in the events of high voltage power grid systemic breakdowns and bad weather shortcuts.

Research showed, that after the grid connection of solar and hydropower plants, Telavi municipality will become energy independent and power transmission losses in the Kakheti region will be reduced to 4.05%.