

საქართველოში მცირე სიმძლავრის მომხმარებლების ელექტრიფიკაცია მზის სინათლის ენერგიის გამოყენებით

შ.ნემსაძე, ნ.ჯაში

მსოფლიოს თითქმის ყველა ქვეყანაში მნიშვნელოვანი შედეგებია მიღწეული ელექტროენერგიის განახლებადი წყარო – მზის სინათლის ენერგიის ელექტროენერგიაში. მსოფლიოს წამყვანი ფირმების Splar Liting International, Sharp, Conchiglia-ს მიერ წარმოებული კრისტალური სტრუქტურის მქონე სილიციუმისაგან დამზადებული მზის მოდულები 10-12% მქ კოეფიციენტით ხასიათდება. მზის პანელები გამოიყენება, როგორც ენერგიის წყარო ფოტოელექტრულ ელექტროსისტემებში. გავრცელებულია ორი ტიპის ფოტოელექტრული სისტემა: ავტონომიური და სამრეწველო ქსელთან მიერთებული.

შერჩეულია საშუალო ღონის მომხმარებელი, რომელიც დღეში მოიხმარს 8350 ვტ.სთ ენერგიას და გაეანგარიშება, თუ რა ფართობზე უნდა იყოს განთავსებული სისტემა, რომელიც უზრუნველყოფს ამ ღონის მომხმარებელს ელექტროენერგიით.

საკვანძო სიტყვები: მზის ენერგია, ენერგიის გარდამქმნელი, აკუმულატორი, მზის პანელი, რადიაცია.

როგორც ცნობილია, საქართველო მთიანი ქვეყანაა, სადაც მრავლად არის დასახლებული ბუნებრივი მცირერიცხოვანი მოსახლეობით, საზაფხულო და საზამთრო სადოვრები, სასოფლო-სამეურნეო ფერმები, ნაკრძალები, ტურისტული ინფრასტრუქტურა, სატრანსპორტო და საკომუნიკაციო სისტემები, განლაგებული საკმაოდ დაშორებით ელექტროენერგიის სადისტრიბუციო ქსელიდან. მათი ქსელიდან ელექტროენერგიით საიმედო მომარაგება დაკავშირებულია დიდ ხარჯებთან და ტექნიკურ სირთულეებთან. განსაკუთრებით გაძნელებულია ელექტროენერგიის მიწოდების საიმედოობის უზრუნველყოფა მთიან რეგიონებში ბუნებრივად რთული მეტეოროლოგიური პირობების გამო. იგივე შეიძლება ითქვას მთიან რეგიონებში არსებული ძაღოვანი სტრუქტურების, გარემოს დაცვის და სხვა ობიექტების ელექტროენერგიით უზრუნველყოფის შესახებ.

ამავე დროს, მსოფლიოს თითქმის ყველა ქვეყანაში მნიშვნელოვანი შედეგებია მიღწეული ელექტროენერგიის განახლებადი წყაროების – მზის სინათლის ენერგიის უშუალოდ ელექტროენერგიად გარდამქმნელების დამუშავებაში. აშშ-ში, იაპონიაში, ჩინეთში და სხვა ქვეყნებში შექმნილია მაღალეფექტური ნახევარგამტარული ფოტოვოლტური გარდამქმნელები, აკუმულატორები, მართვისა და კონტროლის სისტემები, რომლებიც საშუალებას იძლევა შეიქმნას მაღალი საიმედოობის მქონე ავტონომიური მცირე სიმძლავრის ენერგოსისტემები. მზის ბატარეების გამოყენებით მზის ენერგია უშუალოდ გარდაიქმნება ელექტროენერგიად. მზის ბატარეა არის ეკოლოგიურად სუფთა და საიმედო ენერგიის წყარო და შეიძლება იმუშაოს 25 და მეტი წელი ყოველგვარი საექსპლუატაციო ხარჯების გარეშე.

პრობლემა განსაკუთრებით აქტუალურია დღევანდელ მსოფლიოში გლობალური დათბობის პირობებში, როდესაც ელექტროენერგიის წარმოებისას თბურ და დიზელ ელექტროსადგურებით, შიგაწვის ძრავებით მომუშავე გენერატორებით ხდება გარემოს დაბინძურება საწვავის წვის პროდუქტებით. ამავ დროს, მოწინავე ინდუსტრიული ქვეყნების კიოტოს შეთანხმების თანახმად, მოხდება იმ კომპანიების სტიმულირება, რომლებიც ელექტროენერგიის წარმოებისას აღკვეთავენ ატმოსფეროში CO₂-ის გამოტყორცნას იმის გათვალისწინებით, რომ 0.39kgCO₂ შეესაბამება 1kWh. ამ თვალსაზრისით მზის სინათლის ენერგიის ფოტოვოლტური გარდამქმნელი წარმოადგენს ეკოლოგიურად სრულიად სუფთა

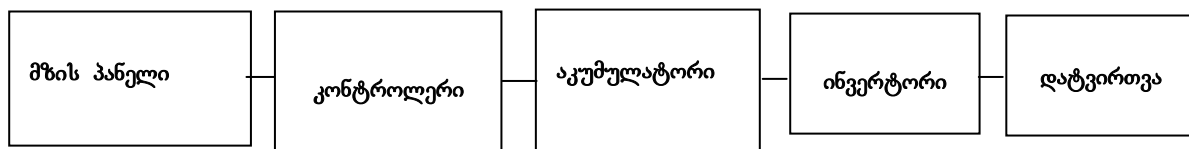
ენერგიის წყაროს და მისი გავრცელება დიდ მასშტაბებში ხელს შეუწყობს აღნიშნული გლობალური პრობლემის დადებით გადაწყვეტას.

ძირითადი ნაწილი

მზის სინათლის ენერგიის ფოტოვოლტური გარდაქმნელი ელექტროენერგიის მომხმარებლებთან ერთად, წარმოადგენს მიკროენერგეტიკულ სისტემას, რომელსაც გააჩნია ენერგოსისტემისათვის დამახასიათებელი ყველა ფუნქცია: ელექტროენერგიის გენერაცია, ენერგიის გადაცემა და განაწილება მომხმარებლებს შორის. ფოტოვოლტურ გარდაქმნელს, ანუ მზის ბატარეას აქვს ელექტროენერგიის გენერატორის ყველა მახასიათებელი: ენერგიის გარდაქმნის კოეფიციენტი (მქკ), დადგმული ან პიკური სიმძლავრე, სიმძლავრის საშუალო მნიშვნელობა დღისით, ელექტროენერგიის სადღეღამისო, სეზონური და წლიური გამოშვება, ნომინალური ძაბვა და დენი, შიგა წინაღობა, მასა-გაბარიტული მონაცემები, გამოშვებული ენერგიის თვითღირებულება, საიმედოობა, ვარგისიანობის ვადა და სხვ. ამ მახასიათებლების განსაზღვრის მეთოდებისა და საშუალებების დამუშავება წარმოადგენს აქტუალურ სამეცნიერო-ტექნიკურ ამოცანას, რომლის წარმატებით გადაწყვეტა მნიშვნელოვნად განაპირობებს ელექტროენერგიის ამ პროგრესული ტექნოლოგიის წარმატებით გავრცელებასა და დანერგვას.

მსოფლიოს წამყვანი ფირმების (Solar Liting International, Sharp, Conchiglia და სხვ.) მიერ წარმოებული კრისტალური სტრუქტურის მქონე სილიციუმისაგან დამზადებული მზის მოდულები ხასიათდება მქ კოეფიციენტით ფარგლებში 10–12% [1]. უფრო დაბალი ეფექტურობა აქვთ მოდულებს, დამზადებულს ამორფული სტრუქტურის სილიციუმისაგან. შექმნილია მოდულები პლასტიკური მასალების გამოყენებით, სადაც მქ კოეფიციენტი გაუმჯობესებულია არსებულთან შედარებით 7%--თ და პერსპექტივაში ეს ციფრი შეიძლება გაიზარდოს 45%-მდე [2]. აშშ-ის აიდახოს შტატის ეროვნულ ლაბორატორიაში მიმდინარეობს სამუშაოები, რის შედეგადაც მქ კოეფიციენტი შეიძლება 80%-მდე გაიზარდოს [3].

მზის პანელები გამოიყენება, როგორც ენერგიის წყარო ფოტოელექტრულ ელექტროსისტემებში. გავრცელებულია ორი ტიპის ფოტოელექტრული სისტემა: ავტონომიური და არაავტონომიური.



ნახ. 1.

ნახ. 1-ზე ნაჩვენებია ავტონომიური მიკროენერგეტიკული სისტემა, რომელიც შედგება შემდეგი ელემენტებისაგან: მზის ელემენტი, კონტროლერი, აკუმულატორი, ინვერტორი და მომხმარებელი.

ავტონომიური სისტემები გამოიყენება მობილური ან ძირითადი ელექტროგადამცემი ხაზებიდან მოშორებით არსებული ობიექტების ელექტრომომარაგებისათვის.



ნახ. 2.

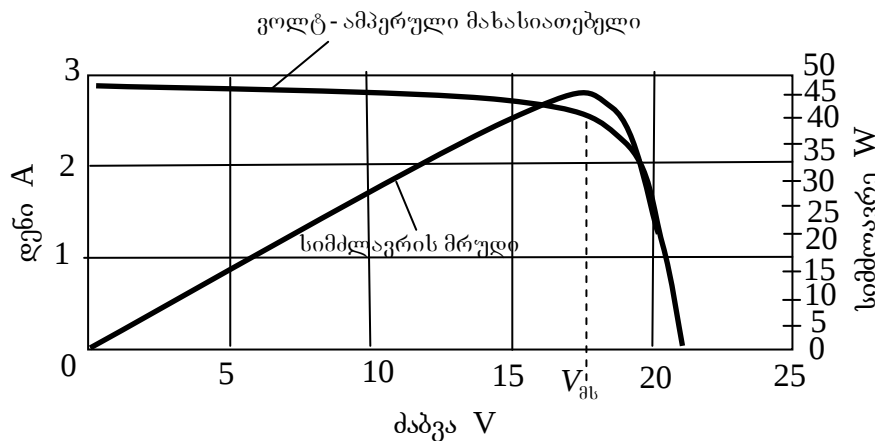
ნახ. 2-ზე ნაჩვენებია მეორე ტიპის სისტემის ბლოკ - სქემა, რომელიც გამოიყენება ელექტროენერგიის გადასცემს ელექტროქსელში.

განვიხილოთ ავტონომიური სისტემის ცალკეული კომპონენტები.

მზის პანელი მიიღება ცალკეული ფოტოელემენტების მიმდევრობით და პარალელური შეერთებით.

განსაკუთრებით დიდი გამოყენება ჰპოვეს მონოკრისტალური და პოლიკრისტალური სილიციუმის ფოტოელემენტებმა. მონოკრისტალური სილიციუმის ელემენტები გამოირჩევიან უფრო მაღალი მქ კოეფიციენტით (15-20%). მზის მოდულის ელექტროპარამეტრები განისაზღვრება მისი ვოლტ-ამპერული მახასიათებლით, რომელიც აღებულია სტანდარტული პირობებისათვის- STC (Standard Test Condition). STC გულისხმობს: მზის გამოსხივების სიმძლავრეს – 1000 ვტ/მ^2 , მზის ელემენტების ტემპერატურა – 25°C , მზის სპექტრი – 450 განელზე.

ვოლტამპერულ მახასიათებელს აქვს შემდეგი სახე:



ნახ. 3.

ვოლტ-ამპერული მახასიათებლის მრუდის გადაკვეთის წერტილი ძაბვების ღერძთან წარმოადგენს უქმი სვლის ძაბვას - V_{oc} , ხოლო დენის ღერძის გადაკვეთის წერტილი – მოკლე შერთვის დენს - I_{sc} . ამავე სქემაზე მოცემულია სიმძლავრეების მრუდი. ძაბვის მნიშვნელობას, რომელიც შეესაბამება მოდულის მაქსიმალურ სიმძლავრეს, ეწოდება მაქსიმალური სიმძლავრის ძაბვა (მუშა ძაბვა), ხოლო შესაბამის დენს – მაქსიმალური სიმძლავრის დენი (მუშა დენი). მზის ელემენტის მქ კოეფიციენტი განისაზღვრება დამოკიდებულებით მოდულის მაქსიმალურ სიმძლავრესა და დასხივების სიმძლავრეს შორის.

საჭირო სიმძლავრის და საჭირო ძაბვის მისაღებად მოდულებს აერთებენ მიმდევრობით ან პარალელურად. ამ სახით ღებულობენ ფოტოელექტრულ (პანელს) გენერატორს. გენერატორის სიმძლავრე ყოველთვის ნაკლებია, ვიდრე თითოეული მოდულების სიმძლავრეთა ჯამი, რაც გამოწვეულია დანაკარგებით.

ცხრ. 1-ში მოცემულია ზოგიერთი ტიპის მზის მოდულების ძირითადი პარამეტრები.

ცხრილი 1

ტიპი	მასა, კგ	ზომა (სიგრძე, სიგანე და სიმაღლე), მმ	სიმძლავრე W	უქმი სვლის ძაბვა B	მოკლე შერთვის დენი A
PVM-10	1,8	510 234 30	8,5...11	21,6	0,6...0,65
PVM-15	3,5	508 410 30	14...18	21,6	0,9...1,05
PVM-20	4,0	527 450 30	17...22	21,6	1,2...1,3
PVM-30	6,0	975 410 30	28...36	21,6	1,9...2,1
PVM-40	6,5	970 450 30	34...45	21,6	2,4...2,6
PVM-50	7,7	970 595 30	42...55	21,6	2,8...3,2

მზის დასხივების სიმძლავრის (რადიაციის) ცვლილებასთან შესაბამისად შეიცვლება ვოლტ – ამპერული მანძილთა რაოდენობრივი პარამეტრები, კერძოდ დასხივების სიმძლავრის შემცირება იწვევს მუშა დენისა და მოკლე შერთვის დენის მნიშვნელობების შემცირებას, ხოლო მუშა ძაბვა და უქმი სვლის ძაბვა შეიცვლება უმნიშვნელოდ იმ შემთხვევაში, თუ უზრუნველყოფილია სისტემის გამართული მუშაობა.



ნახ. 4.

სისტემის გამართულ მუშაობას რადიაციის ცვლილების დროს უზრუნველყოფს კონტროლერი (ნახ. 4). იგი ზომავს მოდულის გამოსავალ ძაბვას და დენს და არეგულირებს დატვირთვას, რათა მან იმუშაოს მაქსიმალური სიმძლავრით.

როგორც ავტონომიურ, ისე ქსელთან მიერთებულ სისტემებში, გამოყენებული არის მაქსიმალური სიმძლავრის კონტროლერი – Solarix MPPT 2010. კონტროლერის ალგორითმი საშუალებას გვაძლევს მუდმივად უზრუნველყოთ ენერგიის მაქსიმალური მოწოდება მზის პანელიდან. კონტროლერი უზრუნველყოფს სისტემის მაქსიმალურ შესაძლო მწარმოებლობას ნებისმიერ ბუნებრივ პირობებში.

გარდა ამისა, ის უზრუნველყოფს აკუმულატორის მდგომარეობის კონტროლს.

მოწყობილობის თავისებურებანი:

- ძაბვის დონის რეგულირება;
- ძაბვის დონის ავტომატური განსაზღვრა;
- აკუმულატორის მრავალჯერადი დამუხტვის ტექნოლოგია;
- დატვირთვის ამორთვა მაქსიმალური სიმძლავრის წერტილის შესანარჩუნებლად;
- დატვირთვის ავტომატური ხელახალი ჩართვა.

დაცვის ფუნქციები:

- აკუმულატორის გადამუხტვისაგან დაცვა;
- აკუმულატორის დაცვა ღრმა განმუხტვისაგან;
- დაცვა პოლუსების შენაცვლებისაგან დატვირთვის, ფოტოელექტრული მოდულის ან აკუმულატორის ჩართვისას.
- დაცვა მოკლე შერთვისაგან მზის ელემენტზე და დატვირთვაზე;
- დაცვა წრედის გათიშვისაგან აკუმულატორის არარსებობისას;
- დაცვა გადახურებისაგან და გადატვირთვისაგან.

ინდიკაცია:

- მრავალფუნქციური შუქდიოდებიანი ინდიკაცია;
- მრავალფეროვანი შუქდიოდებიანი ინდიკატორები;
- ინდიკატორები ასახავენ შემდეგ რეჟიმებს: ექსპლუატაციის რეჟიმს, დამუხტვის სტადიას, შეცდომას.

აკუმულატორი წარმოადგენს ალტერნატიული ენერგიის ქიმიურ წყაროს და ყველაზე სუსტი რგოლია სისტემაში. აკუმულატორის ბატარეის მწარმოებელი ფირმები მუშაობენ მათი მუშაობის გაუმჯობესების საკითხებზე, რათა უფრო გაუხანგრძლივონ მომსახურების ვადა.

მიკროენერგეტიკული სისტემის აწყობის მნიშვნელოვანი ეტაპი არის აკუმულატორის ტევადობის შერჩევა. ტევადობა გამოითვლება მოხმარებული ენერგიის შეფარდებით აკუმულატორის ძაბვასთან. მაგალითად: თუ ჯამური ენერგიაა 1000 ვტ, სთ დღელამეში ხოლო 12 ვ - იანი აკუმულატორის განმუხტვის დასაშვები სიღრმე – 50%, მაშინ აკუმულატორის ტევადობა იქნება $1000/(12 \cdot 0,5) = 167$ ა.სთ.

ენერგია, რომელსაც გამოიმუშავენ P_w სიმძლავრის მზის მოდული,

$$W = k P_w E / 1000,$$

სადაც k კოეფიციენტია, რომელიც ზაფხულში 0,5-ის ტოლია, ხოლო ზამთარში – 0,7-ის. ეს ელემენტი არეგულირებს სიმძლავრის დანაკარგებს პანელის მზეზე გახურებისას; E – მზის რადიაციის მნიშვნელობა, რომელსაც ვიღებთ წარმოდგენილი ცხრილიდან. თუ მას გავყვობთ 1000-ზე, მივიღებთ იმ დროს, რომლის განმავლობაშიც მზე ანათებს 1000 ვტ/მ²-თან ინტენსივობით; P_w – მოდულის პიკური სიმძლავრე.

ცხრ. 2-ში ანათვლები მოცემულია კვტ.სთ/მ²-ებში. საქართველოს პირობებში ივლისში მზის რადიაციაა 206,8 კვტ.სთ/მ². ეს ნიშნავს, რომ ივლისში მზე ანათებს $206,8:31=6,6$ დაახლოებით 7 სთ დღის განმავლობაში 1000 ვტ/ მ²-ზე ინტენსივობით.

ცხრილი 2

თვე: საქართველო განელი 43 ⁰	იანვ.	თებერ.	მარტ.	აპრილი	მაისი	ივნისი	ივლის.	აგვის	სექტ.	ოქტომ	ნოემბ.	დეკემ.	წელი- წადი
პორიზონტალური პანელი, კვტ. სთ	37.0	55.2	84.0	116.6	167.1	199.0	206.8	185.0	130.1	95.4	54.2	34.7	1365.1

$$W = k P_w E / 1000 = 0,5 \cdot 120 \cdot 6,6 = 396 \text{ ვტ/სთ},$$

ე.ი. 1 მ² ფართის მოდულიდან საშუალოდ ვღებულობთ 396 ვტ.სთ ენერგიას.

მოდულის შესარჩევად პირველ რიგში უნდა განისაზღვროს მომხმარებლების ჯამური სიმძლავრე. ყოველი მომხმარებლის სიმძლავრე იზომება ვატებში და მოცემულია მათ საპასპორტო მონაცემებში.

მაგალითისათვის ავიღოთ საშუალო მომხმარებელი (ცხრ. 3).

ცხრილი 3

მომხმარებელი	სიმძლავრე, ვტ	მუშაობის ხანგრძლივობა, სთ	მომხმარებული ენერგია, ვტ.სთ
ტელევიზორი	70	10	700
მაცივარი	480	10	4800
ნათურები	20X5	6	600
სარეცხი მანქანა	500	0,5	250
უთო	1000	0,5	500
კომპიუტერი	150	10	1500

სულ გვაქვს $700+4800+600+250+500+1500=8350$ ვტ.სთ ენერგია. როგორც უკვე გავეანგარიშეთ, 1 მ²-ზე პანელი გვაძლევს 396 ვტ.სთ ენერგიას. ამიტომ 8350 ვტ.სთ-ს მოგვცემს პანელები, განლაგებული 21 მ²-ზე.

იანვრის თვეში, როდესაც მზის რადიაციაა 37 კვტ.სთ/მ², მზე ანათებს $37:31=1,2$ დაახლოებით 1.2 სთ დღის განმავლობაში 1000 ვტ/მ²-ზე ინტენსივობით.

$$W = k P_w E / 1000 = 0,5 \cdot 120 \cdot 1,2 = 72 \text{ ვტ.სთ,}$$

ე.ი. 1 მ² ფართის მოდულიდან საშუალოდ ვღებულობთ 72 ვტ.სთ ენერგიას.

ზემოთ განხილული მომხმარებლისათვის, რომელიც საჭიროებს 8350 ვტ.სთ ენერგიას, საჭირო იქნება პანელები $8350 : 72 = 116$ მ² ფართობზე განლაგებული.

ლიტერატურა

1. Vervaart M. R. and Nieuwenhout F. D. Курс лекций по проектированию солнечных систем электроснабжения. Washington, D.C. 20433, USA .All rights reserved. First printing January 2001.
2. Фаренбрух А., Бьюб Р. Солнечные элементы. М.: Энергоатомиздат. 1987.
3. Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки. М.: Энергоатомиздат. 1991.
4. Глиberman А.Я. и Зайцев А.К. Кремниевые солнечные батареи. М.: Госэнергоиздат. 1961.
5. www.solarhome.ru
6. www.alter-power.ru

ტექნ.მეცნ. დოქტორი, პროფესორი შოთა ნემსაძე
sh_nemsadze@gtu.ge; n_jashi@gtu.ge