

An abstract geometric pattern on a dark brown background. It features a grid of thin yellow lines. Various squares are filled with different colors and patterns: solid grey, solid red, diagonal stripes (black and white), and diagonal stripes (grey and black). Some squares are outlined in a thicker yellow border. Small grey 'X' marks are placed at the intersections of the grid lines. Vertical yellow lines extend from the top and bottom of the grid, ending in small yellow squares.

მზის სინთეზები

მზის სისტემები

სახელმძღვანელო შედგენილია და გამოცემულია ა(ა)იპ „ინფრასტრუქტურის მშენებელთა ასოციაციის“ და გერმანიის საერთაშორისო თანამშრომლობის საზოგადოების (GIZ) საგრანტო ხელშეკრულების შესაბამისად, მიმდინარე პროექტის, „კერძო სექტორის განვითარება და პროფესიული განათლება სამხრეთ კავკასიაში“ ფარგლებში.

წინამდებარე გამოცემაში გამოთქმული მოსაზრებები ავტორებისეულია და შეიძლება არ ასახავდეს ა(ა)იპ „ინფრასტრუქტურის მშენებელთა ასოციაციის“ და გერმანიის საერთაშორისო თანამშრომლობის საზოგადოების თვალსაზრისს.

ყველა უფლება დაცულია. სახელმძღვანელოს არცერთი ნაწილი (ტექსტი, ილუსტრაცია თუ სხვ.) არანაირი ფორმით და საშუალებით (ელექტრონული თუ მექანიკური) არ შეიძლება გამოყენებულ იქნას გამომცემლის და შემდგენელის ნებართვის გარეშე.

სახელმძღვანელოს შედგენაში მონაწილეობდნენ:

ავტორი: ლევან ბოსტიაშვილი

რედაქტორ-რეცენზენტი: ვახტანგ ბალაყაძე

საგანმანათლებლო რესურსი გასაგებად და სრულყოფილად, ლაკონურად არის ჩამოყალიბებული. წარმოდგენილ ნაშრომში მოცემული რჩევები ადვილად გასაგებია და გამოადგებათ როგორც პროფესიულ სტუდენტებს/მსმენელებს, ასევე, პროფესიული განათლების მასწავლებლებს, მოკლევადიანი პროგრამების მსმენელებს და პრაქტიკოს სპეციალისტებს.

მომზადებული სახელმძღვანელო დიდ დახმარებას გაუწევს ენერგოექსპერტების დარგში დასაქმებულ ყველა: ტექნიკოსს, სამუშაოთა მწარმოებელს და სხვა კვალიფიცირებულ მუშას.

დიზაინერი: ვერა პაპასკირი

GIZ Georgia 2023. საავტორო უფლებები დაცულია. გამოცემულია საქართველოში Copyright

GIZ Georgia 2023. All rights reserved. Manufactured in Georgia



სარჩევი

თავი 1. გარემოს, ჯანმრთელობისა და უსაფრთხოების დაცვის წესები (EHS)	5
1.1. გარემოს, ჯანმრთელობისა და უსაფრთხოების დაცვის წესების მართვა საინჟინრო მომსახურების დროს	5
1.2. პირველადი დახმარება	6
1.3. პირადი დაცვის საშუალებები	7
1.4. პირადი უსაფრთხოება	9
1.5. ადგილის უსაფრთხოება	10
1.6. სიმაღლეზე მუშაობა	11
1.7. ელექტროუსაფრთხოება	12
1.8. სახანძრო უსაფრთხოება	13
1.9. მოწყობილობების შენახვა და ტრანსპორტირება	15
1.10. გარემოს დაცვა	16
თავი 2. შუა, ენერჯის წყარო	17
2.1. შუის გამოსხივება	18
2.2. ფოტოელექტრული გარდაქმნის პრინციპი	20
თავი 3. შუის ფოტოელექტრული სისტემის კომპონენტები	21
3.1. ფოტოვოლტური სისტემის კონსტრუქციები	21
3.1.1. ბრტყელ სახურავის კონსტრუქცია.....	22
3.1.2. დახრილი სახურავის კონსტრუქცია.....	22
3.1.3. მიწაზე დასამონტაჟებელი კონსტრუქცია.....	23
3.2. ინვერტერები	25
3.2.1. სტრინგის ინვერტერი.....	25
3.2.2. მიკრო ინვერტერი.....	26
3.3. ოპტიმიზატორი	26
3.4. შუის მოდულები	28
3.4.1. მწარმოებელი, გარანტია და სერტიფიკატები.....	29
3.4.2. მონოკრისტალური და პოლიკრისტალური შუის მოდული.....	30
3.4.3. შუის მოდულის ზომა.....	31
3.4.4. შუის მოდულის ფერი.....	32
3.4.5. ფოტოვოლტური უჯრედის სქემა.....	33
3.4.6. ფოტოვოლტური უჯრედის მრუდების მახასიათებლები.....	34
3.5. დამუხტვის კონტროლერი	35
3.6. აკუმულატორები	36
3.6.1. აკუმულატორის მოცულობა.....	36
3.6.2. ციკლის რაოდენობა და განმუხტვის დონე.....	38

3.7. დამცავი მოწყობილობები.....	38
3.8. სწრაფი გამორთვის დაცვა (Rapid Shutdown).....	41
3.9. მესამრიდი და დამიწება.....	41
თავი 4. ფოტოელექტრონული სისტემების საფუძვლები.....	44
4.1. მიმდევრობითი და პარალელური შეერთება	44
4.2. I-V მრუდი.....	46
4.3. მუდმივი დენის (DC) ელექტრული წრედის წესები.....	47
თავი 5. მზის ელექტროსადგურის შეერთების ტიპები.....	48
5.1. ქსელთან მიერთებული მზის ელექტრო სადგური.....	48
5.2. ქსელის გარეშე მომუშავე მზის ელექტროსადგური (ავტონომიური მზის ელექტროსადგური).....	49
5.3. ჰიბრიდული მზის ელექტროსადგურები.....	52
თავი 6. მზის ფოტოელექტრონული სისტემის პროექტირება.....	53
6.1. პროექტირების ძირითადი წესები.....	53
6.2. ფოტოვოლტური სისტემის პროექტირების ეტაპები.....	54
6.3. ელექტრული ანგარიშები.....	54
6.3.1. DC/AC კოეფიციენტის განსაზღვრა	54
6.3.2. მიმდევრობით შეერთებული ფოტოვოლტური მოდულების მაქსიმალური რაოდენობის განსაზღვრა მწკრივში.....	55
6.3.3. მუშა და მოკლე შერთვის დენის განხილვა (Imp, Isc).....	56

1. გარემოს, ჯანმრთელობისა და უსაფრთხოების დაცვის წესები (EHS)

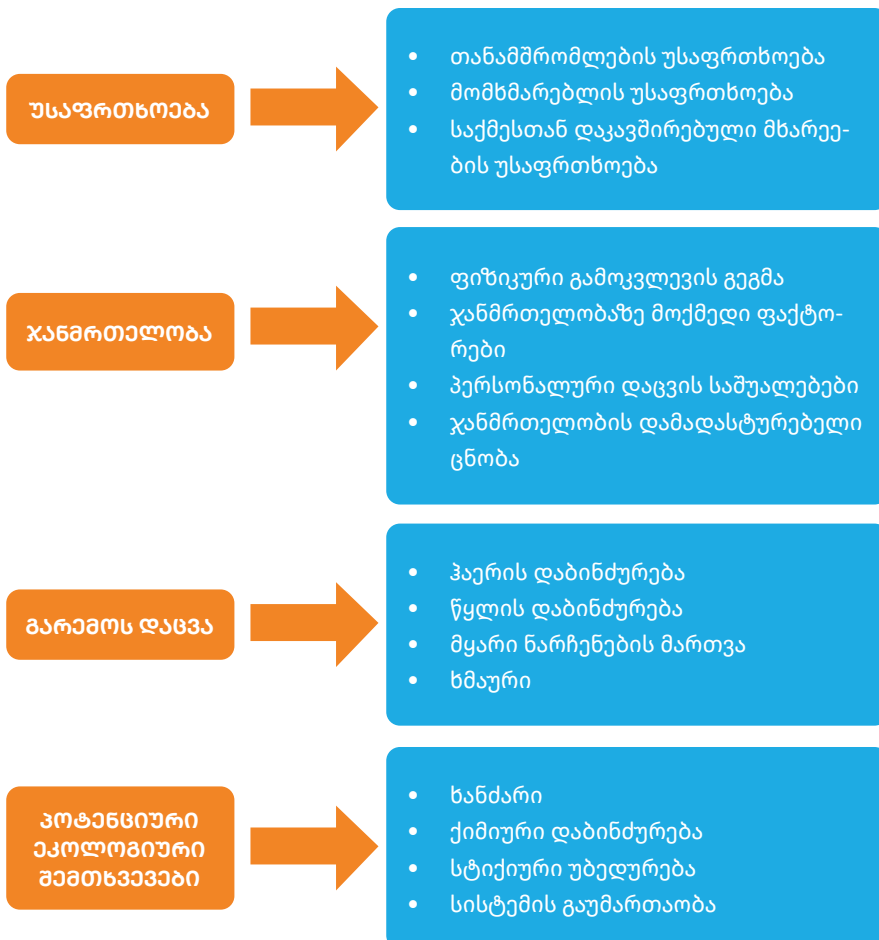
- EHS: Environment, Occupational Health and Safety
- გარემო (Environment) ISO14001

საგნების გარეგანი ზემოქმედება ორგანიზაციული ოპერაციების და საქმიანობის დროს, მათ შორის ჰაერი, წყალი, მიწა, ბუნებრივი რესურსები, მცენარეები, ცხოველები და ადამიანები, აგრეთვე მათ შორის ურთიერთზემოქმედება.

- შრომითი ჯანმრთელობა და უსაფრთხოება (Occupational health and safety) OHSAS18001

პირობები და გარემო ფაქტორები, რომლებიც გავლენას ახდენენ, ან შეიძლება გავლენა მოახდინონ თანამშრომლების, დროებითი მუშაკების, კონტრაქტორების, ვიზიტორების და სხვა პერსონალის ჯანმრთელობასა და უსაფრთხოებაზე სამუშაო ადგილზე.

1.1. გარემოს, ჯანმრთელობისა და უსაფრთხოების დაცვის წესების მართვა საინჟინრო მომსახურების დროს.



⇒ ნებისმიერი სამუშაოების დაწყებამდე, აუცილებელია, განვლილი გვექონდეს ზემოთ აღნიშნული ყველა საკითხი, რათა თავიდან იქნეს აცილებული უბედური შემთხვევები და მომზადებული ვიყოთ ნებისმიერი შემთხვევისათვის.

1.2. პირველადი დახმარება

იმ შემთხვევაში, თუ მომუშავე პერსონალი ადგილზე დაშავდება, აუცილებელია სწრაფი რეაგირება. ამ დროს, უნდა:

- აცნობოთ შემთხვევის შესახებ უშუალოდ ობიექტის ხელმძღვანელს;
- აუცილებლობის შემთხვევაში, დარეკოთ სასწრაფოში;
- გაუწიოთ პირველადი დახმარება დაზარალებულს, შეძლებისდაგვარად, შემდგომი დაზიანებების თავიდან ასაცილებლად;
- არ გადაადგილოთ დაშავებული, თუ გარემო პირობები არ მოითხოვს ამას.



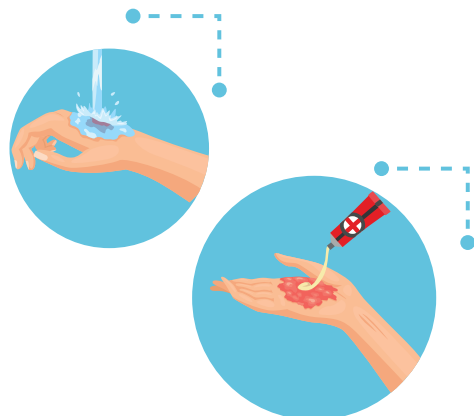
ჭრილობის შემთხვევაში, აუცილებლად უნდა შეაჩეროთ სისხლდენა:




1. დაზარალებულს ჭრილობა გადაუხვიეთ მჭიდროდ;
2. ასწიეთ დაზიანებული ნაწილი გულის დონის ზემოთ;
3. დაურეკეთ სასწრაფო სამედიცინო დახმარებას.

დამწვრობის შემთხვევაში, პირველ რიგში, დაშავებული უნდა მოარიდოთ დამწვრობის გამომწვევ კერას. შემდეგ:

1. შეუშვიროთ ცივი წყლის ქავლს ან დაადოთ ცივი საგანი;
2. თუ დარღვეულია დამწვრობის ბუშტუკებისა და კანის მთლიანობა, დაფაროთ დამწვარი ადგილი სუფთა ქსოვილით და მშრალ ქსოვილზე დაადოთ ცივი საგანი;
3. დაურეკეთ სასწრაფო სამედიცინო დახმარებას.



<p>ელექტროდენის დარტყმის შემთხვევაში, აუცილებელია:</p>	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. გათიშეთ ელექტროენერჯის კვების წყარო! 2. არ შეეხეთ დაშავებულს ელექტროენერჯის გამორთვამდე! 3. არ გადაადგილოთ დაშავებული, თუ უშუალოდ გარემო პირობები არ მოითხოვს ამას! 4. საჭიროების შემთხვევაში, ჩაატაროთ გულის მასაჟი. 5. დაურეკოთ სასწრაფო სამედიცინო დახმარებას!

1.3. პირადი დაცვის საშუალებები

<p>პირადი დამცავი საშუალებები ეწოდება ხელსაწყოებს, რომლებიც ემსახურებიან პერსონალის სხვადასხვა დაზიანებისგან დაცვას.</p>	
<p>სამუშაოს დაწყებამდე, აუცილებელია პირადი დამცავი საშუალებების შემოწმება (PPE). ესენია:</p>	
<ul style="list-style-type: none"> • უსაფრთხოების ჩაფხუტი; • სპეცტანსაცმელი; • უსაფრთხო ფეხსაცმელი. 	

აუცილებელია შემდეგი საშუალებების გამოყენება:



- სრული დამცავი საშუალებები შედუღების და გახეხვის დროს;
- ყურის დამცავი საშუალება;
- თვალების დამცავი საშუალება;
- ხელთათმანები.



დაზიანებული პირადი დაცვის საშუალებები ვერ უზრუნველყოფს ეფექტურ დაცვას. დროულად შეცვალეთ ისინი!



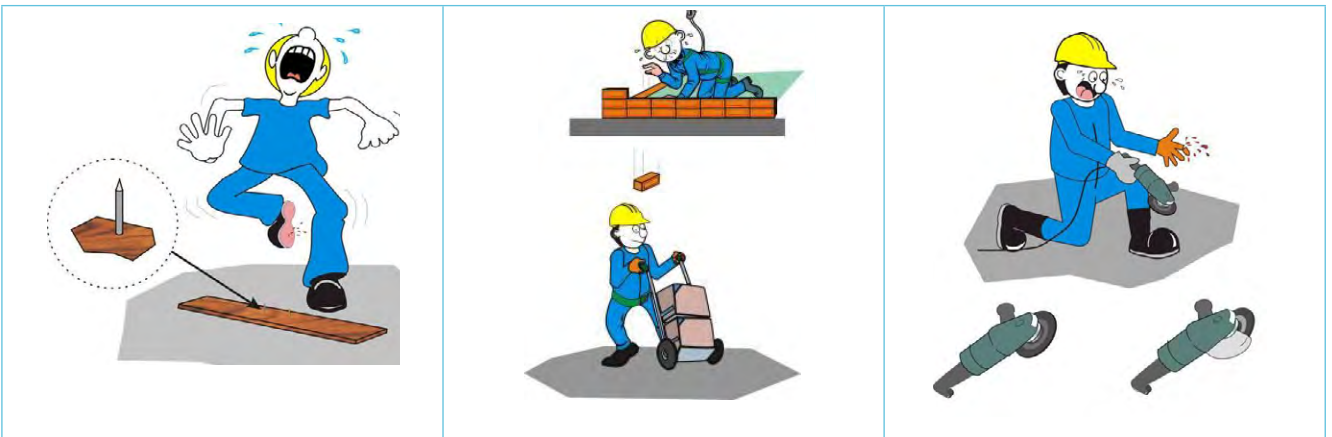
- ატარეთ სათანადო ფეხსაცმელი, რათა თავიდან აიცილოთ დაზიანებები;
- სამუშაოების დაწყებამდე, შეაფასეთ რისკები, რათა დადგინდეს სათანადო დამცავი ზომები;
- სამუშაო ადგილზე ჩუსტების და სანდლების გამოყენება აკრძალულია.

- სიმძლევებზე მუშაობისას, ატარეთ სპეციალური ტანსაცმელი და უსაფრთხოების ქამარი.
- სამაშველო ტროსებთან ერთად, აუცილებელია, გამოყენებულ იქნეს სპეციალური ტანსაცმელი.
- კარგად მიამაგრეთ ღვედის ორივე ბოლო სპეციალურ ტანსაცმელს.

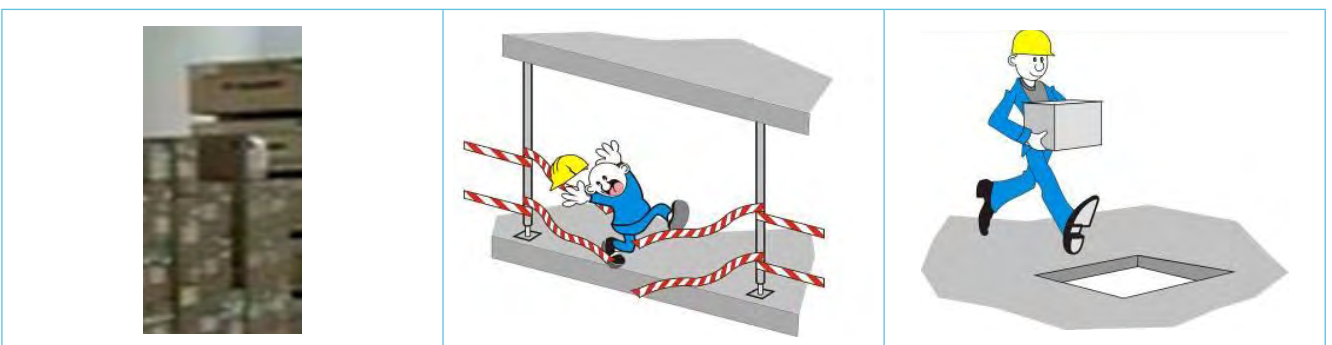


1.4. პირადი უსაფრთხოება

- პროექტის დაწყებამდე, მომუშავე პერსონალი უნდა გაეცნოს ობიექტის გარემო პირობებს, რათა თავიდან იქნას აცილებული უბედური შემთხვევები სხვა კომპანიების პერსონალთან მუშაობისას.
- პერსონალი უნდა დარწმუნდეს, რომ გადასაზიდი მოწყობილობებისთვის საკმარისია ცოცხალი ძალა და საიმედოა გადამზიდი ხელსაწყოები, საიმედოდ მიამაგრონ თოკები, რათა თავიდან აიცილონ მათი ჩამოვარდნა და ადამიანების დაზიანება.
- ატარონ პირადი დამცავი საშუალებები ობიექტზე მუშაობისას, მთავარი საშუალო მოედანს ისეთი საგნები, რომლის მკვეთრმა წვეროებმა, შესაძლოა, ადვილად გამოიწვიოს დაზიანებები.
- თუ ობიექტზე მუშაობისას, საჭიროა ბასრპირიანი ხელსაწყოების გამოყენება, როგორცაცაა ელექტრობურდი, ელექტროხერხი და დანები, პერსონალი მკაცრად უნდა მიჰყვეს ხელსაწყო ინსტრუქციას მომხმარებლის სახელმძღვანელოდან, რათა აცილებულ იქნას დაზიანებები.



- ტვირთი უნდა დალაგდეს მყარად და მოწესრიგებულად, იმისათვის, რომ ტვირთი არ გადმოვარდეს და არ დააზიანოს ადამიანი. ტვირთების გარშემო უნდა დარჩეს საკმარისი გასასვლელი.
- იატაკის ხვრელები კაბელებისთვის საშიში ადგილებია და მოითხოვს დამცავ ზომებს (შემოდობას). სამუშაოების დასრულების შემდეგ აუცილებელია ადგეს იატაკის ერთიანობა ისე, რომ ხალხი არ ჩავარდეს შიგნით.
- როდესაც პერსონალი იყენებს კიბეს ან სხვა ტვირთამწე მოწყობილობას სიმაღლეზე სამუშაოდ შენობაში, აუცილებელია დარწმუნება იმაში, რომ იგი მდგრადია. სიმაღლეზე მუშაობის დროს, სამუშაო ადგილის ქვემოთ მყოფი ყველა ადამიანი ევაკუირებული უნდა იყოს უსაფრთხო ადგილზე, რათა თავიდან იქნეს აცილებული, სიმაღლიდან ნივთის ჩამოვარდნის შემთხვევაში, მათი დაზიანება.



■ **გარემოს, ჯანმრთელობისა და უსაფრთხოების დაცვის წესები (EHS)**

- მოწყობილობა შეიძლება დამონტაჟდეს მხოლოდ დენის წყაროდან გათიშვის შემდეგ. თუ აუცილებლობას წარმოადგენს მოწყობილობის მონტაჟი დენის წყაროდან გათიშვის გარეშე, აუცილებელია, მომუშავე პერსონალს ეცვას დიელექტრიკული ხელთათმანები და გამოიყენოს იზოლირებული ხელსაწყოები.
- კიბეზე ასვლისას, ხვრელების გასაბურღად და ინვერტერის სიმაღლეზე დამონტაჟებისას, პერსონალი უნდა დარწმუნდეს კიბის სიმყარეში, 2 მეტრზე მაღლა მუშაობის დროს, გამოიყენოს უსაფრთხოების ქამარი, რათა თავიდან აიცილოს კიბიდან ჩამოვარდნა.
- საკაბელო კონექტორის დასაყენებლად, კაბელის გაჭრისას, პერსონალმა აუცილებლად უნდა გამოიყენოს თვალის დამცავი საშუალებები, რათა თავიდან აიცილოს თვალის დაზიანება სპილენძის ან ალუმინის ნაპერწკლით.
- ქიმიური საშუალებების გამოყენებისას, პერსონალმა უნდა გამოიყენოს პირადი დამცავი საშუალებები, რათა თავიდან აიცილოს დაზიანებები.



1.5. ადგილის უსაფრთხოება

ადგილის უსაფრთხოება ძალიან მნიშვნელოვანია! აუცილებელია, პერიმეტრის უსაფრთხოებისათვის, გამოყენებულ იქნას სპეციალური ნიშნები. ყველა ნიშანს ფერის მიხედვით სხვადასხვა დანიშნულება აქვს.

მაგალითად,

თითოეული ნიშანი, რომელიც შედგება სიმბოლოსგან, უსაფრთხოების ფერისგან, ფორმებისგან ან/და ტექსტისგან, გადმოსცემს უსაფრთხოების სპეციალურ ინფორმაციას.

	<p>წითელი – აკრძალვის ნიშანი.</p> <p>ქვემოთ მოცემული ნიშანი გაუწყებთ, რომ მოწვევა აკრძალულია.</p>
	<p>ყვითელი – გამაფრთხილებელი ნიშანი.</p> <p>ქვემოთ მოცემული ნიშანი გაუწყებთ, რომ აღნიშნულ ტერიტორიაზე ელექტრული კავშირია.</p>

	<p>ლურჯი – ინსტრუქციის ან სავალდებულო წესის მანიშნებელი.</p> <p>ქვემოთ მოცემული ნიშანი გაუწყებთ, რომ სავალდებულოა, გამოიყენოთ აირჩინალი.</p>
	<p>მწვანე – უსაფრთხოების და ინფორმაციის მანიშნებელი ნიშანი.</p> <p>ქვემოთ მოცემული ნიშანი გაუწყებთ, რომ ამ ადგილზე ხელმისაწვდომია პირველადი დახმარების ყუთი.</p>

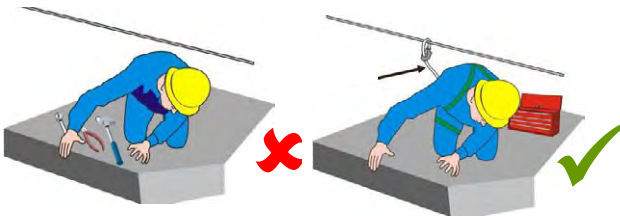
1.6. სიმაღლეზე მუშაობა

2 მეტრზე მაღლა მიმდინარე სამუშაოებს ჰქვია სიმაღლეზე სამუშაოები.

სიმაღლეზე სამუშაოები იყოფა 4 კლასად:

- მიწიდან 2-5 მეტრ სიმაღლეზე;
- მიწიდან 5-15 მეტრ სიმაღლეზე;
- მიწიდან 15-30 მეტრ სიმაღლეზე;
- მიწიდან 30 მეტრზე მეტ სიმაღლეზე.

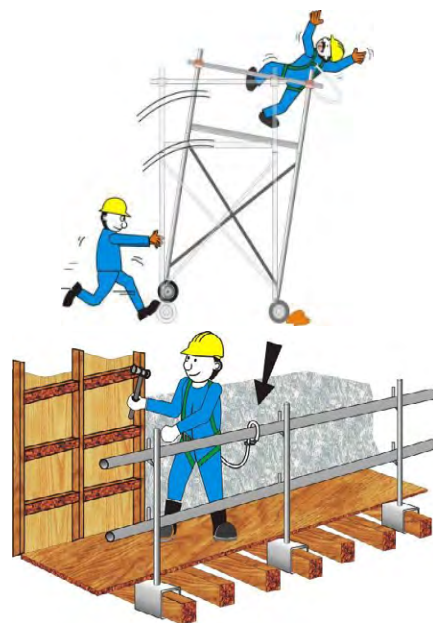
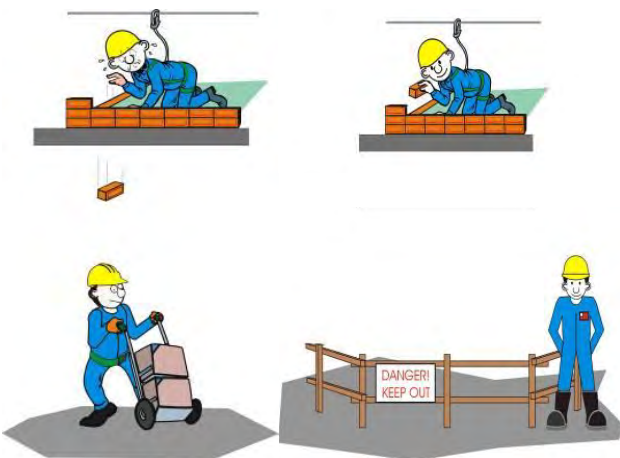
სიმაღლეზე კიდესთან ახლოს მუშაობისას, აუცილებლად გამოიყენეთ დამცავი ქამარი და ასევე მოათავსეთ ხელსაწყოები კიდიდან მოშორებით;



სიმაღლეზე მუშაობისას, შემოდგომით სამუშაო ადგილი, დადგით გამაფრთხილებელი ნიშანი და დააყენეთ ზედამხედველი, რათა არ შემოვიდეს გარეშე პირი შემოდგობილ ტერიტორიაზე;

გამოიყენეთ კიბე და აუცილებლად მიმართეთ დამხმარე პერსონალს, რომელიც მყარად დაიჭერს კიბეს.

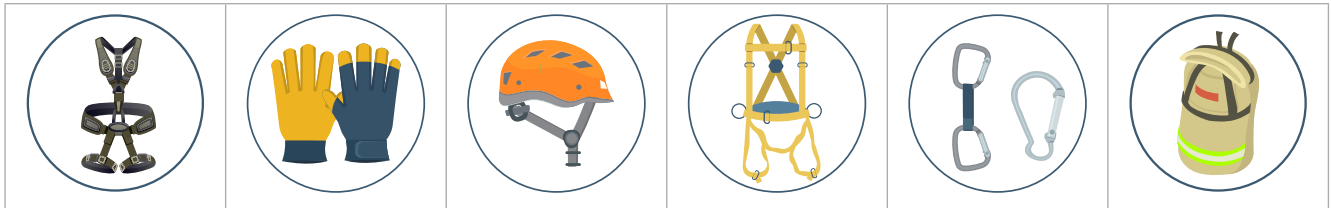
ხარაჩოზე მუშაობისას, როდესაც ხარაჩოზე იმყოფება ადამიანი, ნუ გამოძრავებთ, აუცილებლად ჩაკეტეთ ბორბლები და მიემაგრეთ მყარ წერტილზე, რომ არ ჩამოვარდეთ.



ფოლადის ანძაზე მუშაობისას, უნდა დაიცვათ შემდეგი პირობები:

- ზედამხედველის გარეშე ანძაზე ასვლა აკრძალულია!
- აუცილებლად შეამოწმეთ და გამოიყენეთ უსაფრთხოების ტანსაცმელი ანძაზე ასვლამდე!

- დარწმუნდით, რომ ტროსი მიბმულია ორ სხვადასხვა წერტილზე;
- ხელსაწყოები აიტანეთ ჩანთით, რომ აირიდოთ ზემოდან მათი ჩამოცვენა.
- არ ახვიდეთ ანძაზე წვიმის ან ქარის დროს.



1.7. ელექტროუსაფრთხოება

ელექტროდენის მოქმედება ადამიანის ორგანიზმზე იწვევს ელექტრულ ტრავმებს და დარტყმებს, რამაც, შესაძლებელია, მიგვიყვანოს ფატალურ შედეგებამდე.

ადამიანის ორგანიზმში დენის მოქმედების საშიშროება დამოკიდებულია ისეთ ფაქტორებზე, როგორებიცაა: დენის ძალა; დენის მოქმედების ხანგრძლივობა; ორგანიზმში დენის გავლის გზა, დენის სახე და სიხშირე; ადამიანის ელექტრული წინააღმდეგობა და ქსელის დაბვა. ეს ბოლო ორი ფაქტორი თვითონ განაპირობებს ადამიანის სხეულში გავლილი დენის ძალის სიდიდეს.

ფატალური შედეგების თავიდან ასაცილებლად, აუცილებელია, დავიცვათ უსაფრთხოების წესები:

- მუშაობის დაწყებამდე დარწმუნდით, რომ ყველა ჩამრთველი გამორთული და ბლოკირებულია. მოათავსეთ ჩამრთველზე გამაფრთხილებელი ნიშანი „არ ჩართოთ ხალხი მუშაობს“.
- უზრუნველყავით ელექტრომონტაჟის დამიწება.
- მუშაობის დაწყებამდე, დარწმუნდით, კიდევ ერთხელ, რომ დაბვა გათიშულია და შეამოწმეთ იგი დაბვის მაჩვენებლით.
- გამოიყენეთ დამცავი საშუალებები, როგორებიცაა დიელექტრიკული ხელთათმანები და ფეხსაცმელი.

- არ გამოიყენოთ ლითონის კიბეები ელექტროსადგურებში!
- მხოლოდ კვალიფიციურ და სერტიფიცირებულ მომსახურე პერსონალს შეუძლია აწარმოოს ელექტროსამუშაოები.

თუ იმ ტერიტორიაზე სადაც სამუშაოები მიმდინარეობს, არის მაღალი-დაბვის ხაზები

- დაიცავით უსაფრთხო მანძილი ხაზებიდან შემდეგი პრინციპით:

ცხრილი 1.

1 კილოვოლტამდე	1 მეტრამდე
33 კილოვოლტამდე	3 მეტრამდე
33 კილოვოლტის ზემოთ	6 მეტრამდე

- თუ მაღალი დაბვის ხაზი სამუშაო ზონასთან ახლოსაა, იმუშავეთ მხოლოდ დღის პერიოდში.
- მუშაობის დაწყებამდე, დარწმუნდით, რომ მაღალი დაბვის ხაზის სიმაღლე აკმაყოფილებს მოთხოვნებს.
- დააყენეთ სათანადო გამაფრთხილებელი და ამკრძალავი ნიშნები.



როდესაც ადამიანი არის ელექტრომურ მდგომარეობაში:

- სასწრაფოდ გათიშეთ ელექტრო მოწყობილობა!
- ძაბვის გათიშვამდე არ ეცადოთ მის გადარჩენას და პირველად დახმარებას!
- სასწრაფოდ დარეკეთ სასწრაფო დახმარების ნომერზე დახმარებისათვის!

- სხვა სამიშროებების შემთხვევაში, საფრთხის ქვეშ მყოფი ადამიანი უნდა გადაადგილდეს ცალ ფეხზე შეხტომებით, ან ორი შეტყუებული ფეხით, სულ მცირე, ცხრა მეტრის დაშორებით, მოწყობილობის შეხების ადგილიდან, რადგან თავიდან იყოს აცილებული ბიჯური ძაბვის მიერ ადამიანის დაზიანება.

1.8. სახანძრო უსაფრთხოება

ხანძრის შემთხვევაში, დაუყოვნებლივ უნდა შესრულდეს 5 ძირითადი წესი:

- ჩართეთ სახანძრო სიგნალიზაცია;
- აცნობეთ ირგვლივ მყოფებს ხანძრის შესახებ;
- დაიწყეთ ევაკუაცია უსაფრთხო ადგილისკენ;
- დახმარების მოსვლამდე, მაქსიმალურად უნდა ეცადოთ ცეცხლის ჩაქრობას, უსაფრთხოების ფარგლებში.
- სახანძრო განგაშის სიგნალის გაგებისას, სასწრაფოდ დაიწყეთ ევაკუაცია უსაფრთხო ადგილისკენ.

დაუშვებელია ხანძრის ქრობა, როდესაც:

- არ არის ცხადი, რა იწვის;
- ცეცხლი ვრცელდება სწრაფად;







- ძლიერი დაკვამლიანებაა;
- არ არსებობს საკმარისი ან სათანადო მოწყობილობები.



ცეცხლმაქრის გამოყენებისას, საჭიროა ოთხი ძირითადი წესის დამახსოვრება:

PASS: Pull – Aim – Squeeze – Sweep

- Pull – გამოქაჩე დამცავი რგოლი!
- Aim – დაუმიზნე საქმენი ცეცხლის ძირს!
- Squeeze – დააჭირეთ სახელურს, რომ შეასხუროთ ცეცხლმაქრი ცეცხლს!
- Sweep – ზიგზაგისებურად მიასხურეთ ცეცხლის ძირს სანამ ბოლომდე არ ჩაქრება. თუ ცეცხლი კვლავ აინთება, ისევ ჩააქრეთ.

არსებობს ექვსი ტიპის ხანძარი:

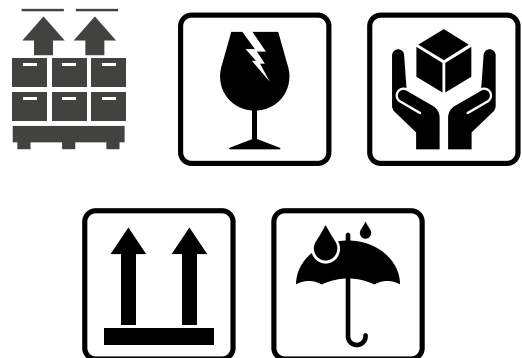
	<p>A – როდესაც ხანძარი გაჩნდა ისეთი შემადგენლობის საგნებს შორის, როგორებიცაა: ხე, ნაჭერი, ქაღალდი, პლასტმასი. ამ დროს, ცეცხლის ჩასაქრობად გამოიყენება წყლის და ქაფის ტიპის ცეცხლმაქრი.</p>
	<p>B – როდესაც ხანძარი ჩნდება აალებად სითხეებში, ამ დროს ცეცხლის ჩასაქრობად გამოიყენება ნახშირორჟანგოვანი და მშრალქიმიკატებიანი ცეცხლმაქრი.</p>
	<p>C – როდესაც ხანძარი ჩნდება აალებადი აირისგან, ამ დროს, ცეცხლის ჩასაქრობად გამოიყენება ნახშირორჟანგოვანი და მშრალქიმიკატებიანი ცეცხლმაქრი.</p>
	<p>D – როდესაც ხანძარი ჩნდება აალებად ლითონებში, ამ დროს ცეცხლის ჩასაქრობად გამოიყენება მშრალი ფხვნილოვანი ცეცხლმაქრი.</p>
	<p>E – როდესაც ხანძარი ჩნდება ელექტრულ მოწყობილობებში, ამ დროს ცეცხლის ჩასაქრობად გამოიყენება ნახშირორჟანგოვანი და მშრალქიმიკატებიანი ცეცხლმაქრი.</p>
	<p>F – როდესაც ხანძარი ჩნდება საკვებ ზეთებსა და ცხიმებში, ამ დროს ცეცხლის ჩასაქრობად გამოიყენება სველქიმიკატებიანი ცეცხლმაქრი.</p>

წყალი	ქაფი	ნახშიროქაფი
		
		
მშრალი ფხვნილი	დიონიზირებული წყალი	სველი ქიმიკატი
		
		

1.9. მოწყობილობების შენახვა და ტრანსპორტირება

მოწყობილობების ტრანსპორტირების ან/და შენახვისას, აუცილებელია გავითვალისწინოთ ტვირთისთვის საჭირო მოთხოვნები, რათა თავიდან ავიცილოთ ტვირთის და მომსახურე პერსონალის დაზიანება.

- მოწყობილობების შენახვისას და ტრანსპორტირებისას, მიიღეთ დამცავი ზომები, გარე შეფუთვაზე მითითებული შესაბამისი ნიშნების მიხედვით.
- მოწესრიგებულად დააწყვეთ ტვირთი და დარწმუნდით რომ მათი ადვილად ჩამოგდება შეუძლებელია. ტვირთის გადასადგილებლად გამოიყენეთ ჰიდრავლიკური ურიკები.



- ტრანსპორტირების დასრულების შემდგომ და ტვირთის ჩამოტვირთვისას, შეამოწმეთ ისინი და დარწმუნდით, რომ მათი გარე შეფუთვა არ არის დაზიანებული ან დეფორმირებული.

■ გარემოს, ჯანმრთელობისა და უსაფრთხოების დაცვის წესები (EHS)

- სასაწყობო ოთახში აღჭურვილობის მონტაჟი, კაბელების მონტაჟი და ტვირთის განთავსება უნდა შეესაბამებოდეს ხანძარსაწინააღმდეგო წესებს.
- არ დაახშოთ სახანძრო გასასვლელები და სავენტილაციო მილები.
- სამუშაოების შესრულებამდე, რომლის დროსაც წარმოიქმნება მაღალი ტემპერატურა, როგორებიცაა ელექტროშედულება, თუნუქის შედუღება ან მასალის გათბობა. გაიტანეთ ყველა აალებადი მასალა სამუშაო ადგილიდან. განახორციელეთ იზოლაცია და მიიღეთ ხანძარსაწინააღმდეგო ზომები.



- თუ ტვირთის გადაადგილება ხორციელდება ხელით, აუცილებლად ატარეთ დამცავი ხელთათმანები, რათა თავიდან აიცილოთ ტვირთის ბასრი კიდებისგან დაზიანებები.
- შეფუთვის განსნის დროს, ყურადღება მიაქციეთ ყუთში არსებულ მოწყობილობას, რათა თავიდან აიცილოთ მისი დამსხვრევა ან დაზიანება.
- ინვერტერის მიწაზე დადების დროს, მის ქვეშ აუცილებლად დადეთ ზღვის ქაფი ან მუყაოს ქაღალდი, რათა არ დაზიანდეს ინვერტერი.
- მზის ფოტოელექტრული მოდულის ქვეშ მოათავსეთ ზღვის ქაფი ან მუყაოს ქაღალდი და დადეთ ჩარჩოთი, უჯრედების მხარე ზემოთ.
- პალეტის დაშლის შემთხვევაში, დაალაგეთ ისინი ვერტიკალურად.
- როდესაც ამწე აწევს მძიმე ტვირთს, შემოდგომაზე სამუშაო ტერიტორია და არ შეხვიდეთ ამწეს ან ტვირთის ქვეშ.

1.10. გარემოს დაცვა

სამუშაოების ჩატარების დროს, აუცილებელია დავიცვათ შემდეგი პირობები:

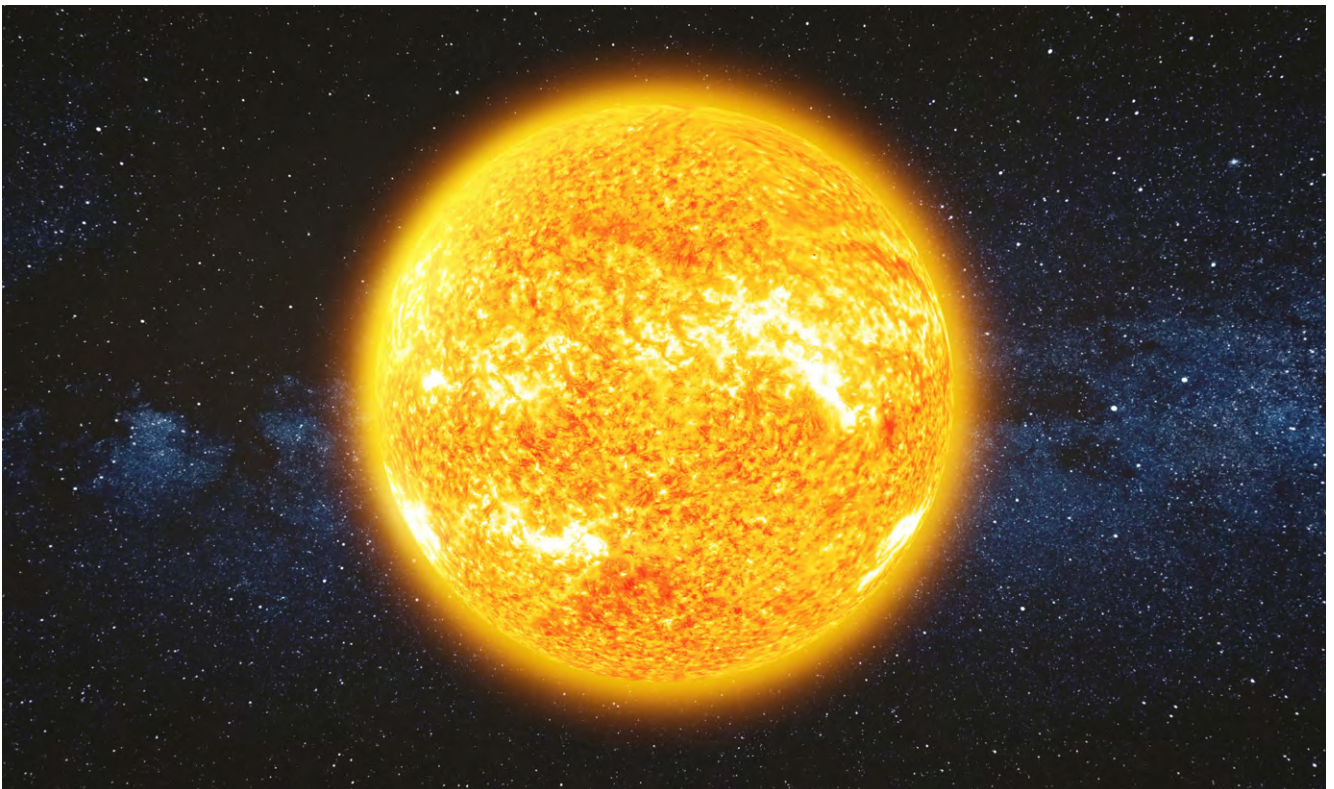
- არ დავაზიანოთ მცენარეები, კულტური ძეგლები და წყლის რესურსები!
- საცხოვრებელ რაიონებში მუშაობის დროს, მკაცრად დაიცავით ხმაურის კონტროლის რეგულაციები და სამუშაო საათების რეგულაციები.
- სამუშაოების დასრულების შემდეგ, დაუბრუნეთ პირველადი სახე ტერიტორიას და უზრუნველყავით ნარჩენების მართვა, კანონის შესაბამისად.
- აუცილებელია, სამუშაოების დასრულების შემდგომ, ტერიტორიის დასუფთავება!
- მოახდინეთ ნარჩენების მართვა ადგილობრივი რეგულაციებიდან გამომდინარე, რადგან მაქსიმალურად იყოს აცილებული მტვრის გამრავლება.

2. მზე, ენერჯის წყარო

დედამიწიდან ოთხმოცდასამი მილიონი მილის დაშორებით, მზე 333 000-ჯერ აღემატება ჩვენს პლანეტას. მისი დიამეტრია 865 000 მილი, ზედაპირის ტემპერატურა 5600°C, ხოლო ბირთვის ტემპერატურა კი 15000000°C. პირდაპირ თუ ირიბად, მზე გვაწვდის იმ ენერჯიას, რომელიც აუცილებელია ჩვენი არსებობისათვის.

მზის ენერჯიას ვუწოდებთ „განახლებად“ ენერჯიას, რადგან მისი მარაგი თითქმის ამოუწურავია.

მზის ენერჯია შეიძლება გამოვიყენოთ, როგორც სითბოდ, ასევე ელექტროენერჯიად, სხვადასხვა ტექნოლოგიების დახმარებით. მისი გამოყენება არ აზიანებს გარემოს და არ წარმოქმნის ნახშირორჟანგს და სხვა დამაბინძურებელ აირებს.



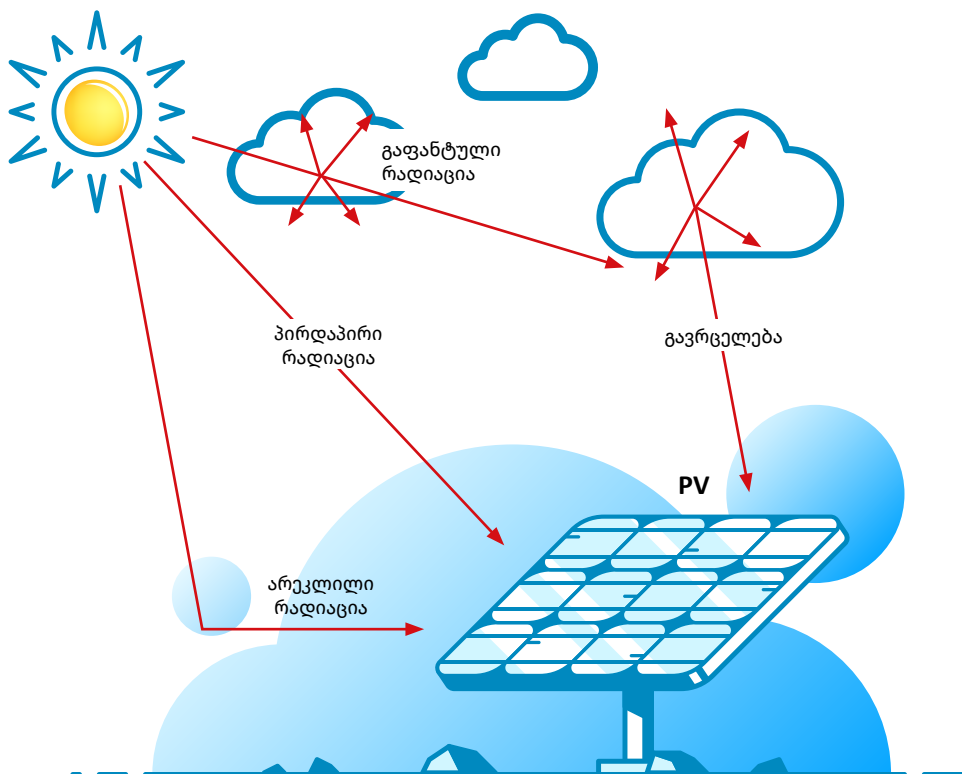
მზის ცენტრში ინტენსიური აქტივობა წარმოქმნის უზარმაზარ რადიაციას. თავის მხრივ, ეს გამოსხივება წარმოქმნის სინათლის ენერჯიას, რომელსაც ფოტონები ეწოდება. დროთა განმავლობაში, ეს ფოტონები მზის ცენტრიდან გამოდიან. როგორც კი მზის ზედაპირს მიაღწევენ, ისინი კოსმოსში 670 მილიონი მილი საათში სიჩქარით მოძრაობენ. მათ

დედამიწამდე მოსაღწევად, დაახლოებით, 8 წუთი სჭირდებათ. ფოტონები ნადგურდებიან იმ ყველაფერთან შეხებისას, რომელთაც შეუძლია რადიაციის შთანთქმა და სითბოს წარმოქმნა. სწორედ ამიტომ არის, რომ მზიან დღეს ვგრძნობთ სითბოს – ჩვენი სხეული შთანთქავს მზის ფოტონებს.

2.1. მზის გამოსხივება

მზის გამოსხივებას, რომელიც აღწევს დედამიწის ზედაპირამდე, ეწოდება რადიაცია. ეს არის ენერგია, რომელიც გროვდება გარკვეული პერიოდის განმავლობაში. მზის გამოსხივება მოიცავს პირდაპირ, გაფანტულ და არეკლილ რადიაციას.

- **პირდაპირი რადიაცია G_b** , არის გამოსხივება, რომელიც აღწევს დედამიწის ზედაპირზე და არ არის დაბლოკილი ღრუბლების მიერ.
- **გაფანტული რადიაცია G_d** , არის გამოსხივება, რომელიც აღწევს დედამიწის ზედაპირზე და



პირველად იფანტება ატმოსფეროში, ბუნებრივად არსებული გაზებით, ღრუბლებით, მტვერით, კვამლით და ა.შ. ამ ტიპის გამოსხივების მიზეზია ცის სილურჯე და თეთრი ღრუბლები

- **არეკლილი რადიაცია G_r** , არის გამოსხივება, რომელიც აღწევს დედამიწის ზედაპირზე, ირეკლება მიწაზე ან თოვლზე და არ გადაიქცევა სითბოდ.
- **მთლიანი გამოსხივება** არის ზემოთ მოყვანილი სამი გამოსხივების ჯამი $G = G_b + G_d + G_r$

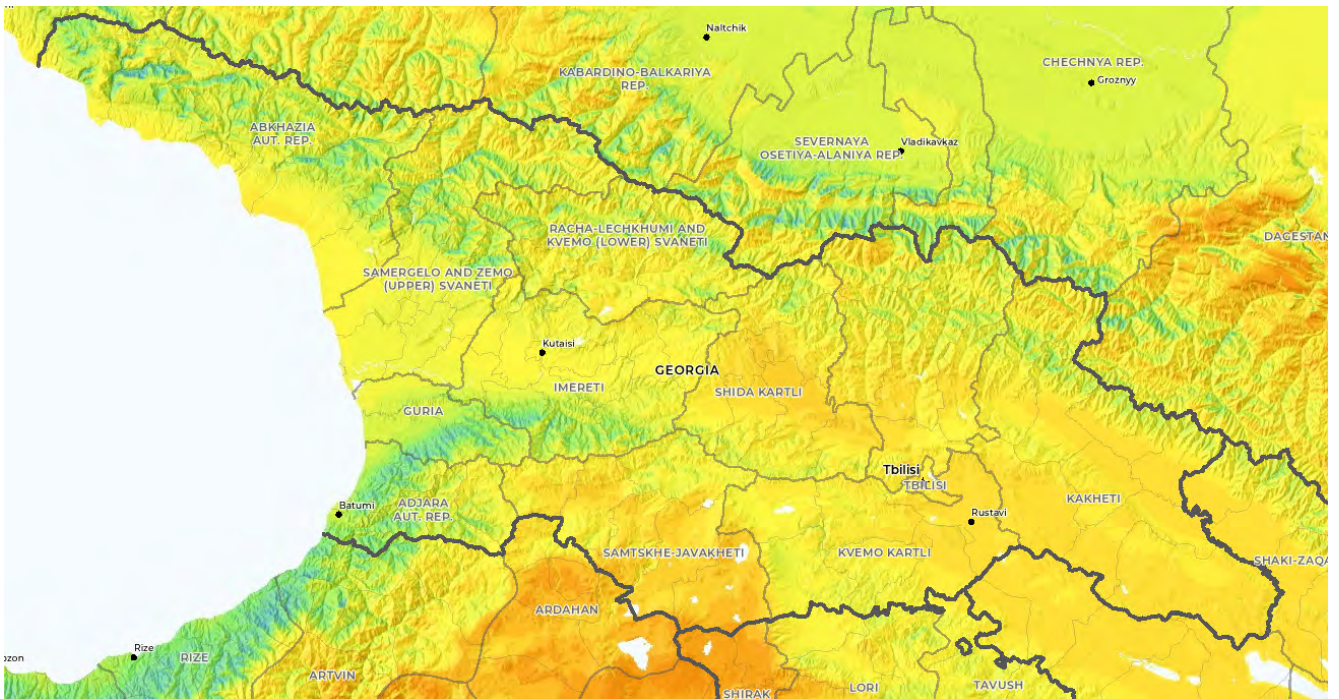
რამდენჯერაც მეტია ერთი ზედაპირი მეორეზე,

იმდენჯერ მეტი მზის ენერჯის (W) მიღება შეუძლია მას.

დასხივება ეწოდება კუმულაციურ მზის ენერჯიას, რომელიც ასხივებს კონკრეტულ ზედაპირს, კონკრეტული პერიოდის განმავლობაში. იგი გამოისახება სიმბოლოთი "H" და იზომება ვატ/საათებში, კვადრატულ მეტრზე Wh/m². მზის სისტემის დიზაინის შექმნისას, მნიშვნელოვანია ვიცოდეთ, რამდენი ენერჯიის დაგროვება შეიძლება დღეში, თვეში ან წელიწადში. ამრიგად, მზის ენერგია იზომება კილოვატ/საათში კვადრატულ მეტრზე დღეში, თვეში ან წელიწადში. (კვტ.სთ/მ² დღეში, თვეში ან წელიწადში).

დღესდღეობით, საქართველოში მზის ენერგეტიკის სრულფასოვანი კვლევა არ არსებობს. შესაბამისად, მზის სადგურის დიზაინის შექმნის დროს, რაიმე ტიპის კვლევის საფუძვლად გამოყენება არ შეგვიძლია. ინტერნეტსივრცეში არსებობს სხვადასხვა ვებგვერდი, სადაც შეგვიძლია შევამოწმოთ კონკრეტული კოორდინატებით მზის ენერჯის პოტენციალი და

მზის რესურსების გლობალური შეჯამება. საქართველოში მზის ეფექტური და ხანგრძლივი გამოსხივება საკმაოდ კარგია, რეგიონების მიხედვით წლის ჯამური გამოსხივება, მერყეობს 1250-1600 კვტ.სთ/მ², ხოლო მზის საშუალო რადიაცია უტოლდება 4,0 კვტ.სთ/მ² დღეში.



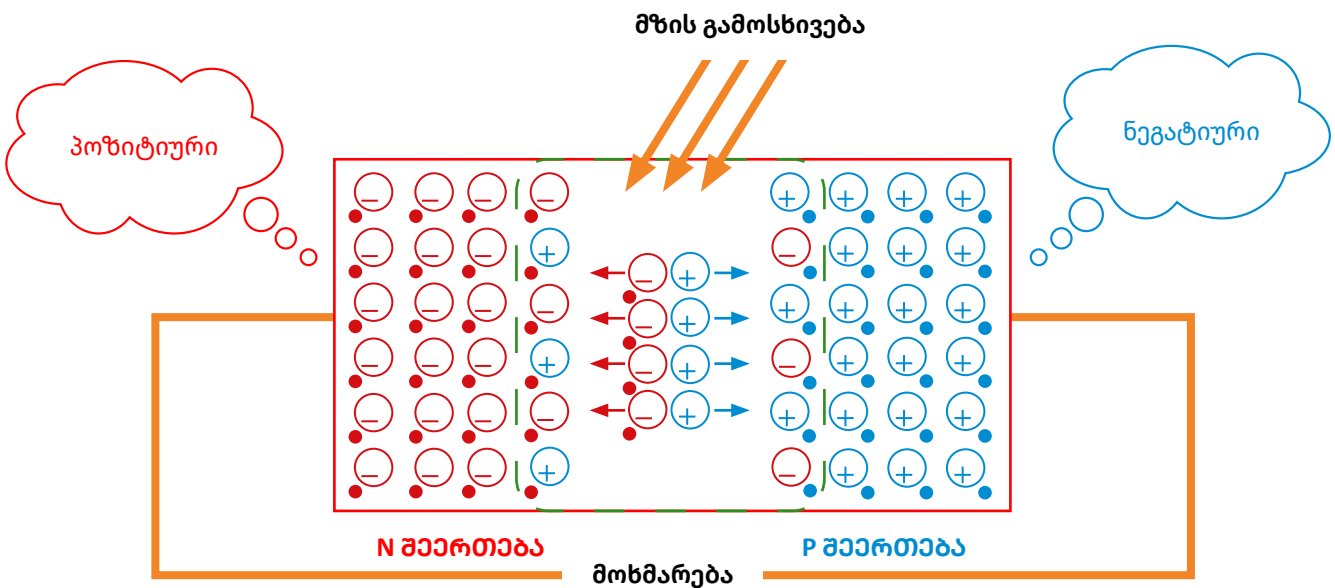
● re.jrc.ec.europa.eu

● globalsolaratlas.info

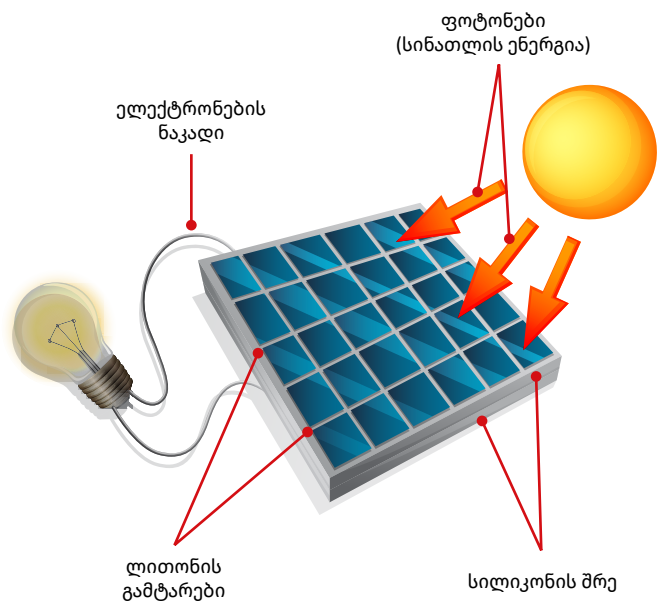
2.2. ფოტოელექტრული გარდაქმნის პრინციპი

ფოტოელექტრული(PV) ეფექტი არის მზის ენერჯის ელექტროენერჯიად გადაქცევა. ფოტოელექტრულ სისტემაში მზის უჯრედები, ეგრეთ წოდებული

მზის სელები ახორციელებენ ამ ეფექტს. მზის უჯრედის ძირითადი ნაწილი არის ნახევარგამტარი, იმისათვის, რომ შეიქმნას P-N სტრუქტურა, როგორც შიდა ელექტრული ველი..



როდესაც მზის უჯრედს მზის შუქი ეცემა, სინათლის ფოტონები ადაგზნებს ზოგიერთ ელექტრონს ნახევარგამტარებში, რათა გახდეს ელექტრონული ხვრელის (უარყოფითი-დადებითი) წყვილი. ვინაიდან არსებობს ელექტრული ველი, ეს წყვილები განცალკევებულია, ამის შედეგად, ელექტრონები გადადიან დადებით ელექტროდებზე. გამტარი მავთული აკავშირებს უარყოფითი ელექტროდის დატვირთვის და დადებით ელექტროდს – სქემის შესაქმნელად. ამის შედეგად, წარმოიქმნება მუდმივი დენი(DC) და შესაძლებელია ამის გამოყენება მოწყობილობების ასამუშავებლად.



3. მზის ფოტოელექტრული სისტემის კომპონენტები

მზის ფოტოელექტრული სისტემა შედგება სხვადასხვა კომპონენტებისაგან. თითოეული მათგანი მნიშვნელოვანია მისი ფუნქციონერებისათვის.

აუცილებელია ვიცოდეთ თითოეული კომპონენტის მნიშვნელობა და მათი მუშაობის პრინციპი. ქვემოთ თავებში აღწერილია თითოეული მათგანის მოვალეობა მზის ფოტოელექტრულ სისტემაში.

3.1. ფოტოვოლტური სისტემის კონსტრუქციები

ფოტოვოლტური სისტემის კონსტრუქციები არის ლითონის, რომლებზეც მოდულები, როგორც წესი, ბრტყელ სიბრტყეზე თავსდება და მას ამაგრებენ სახურავზე ან მიწაზე. კონსტრუქციის ტიპი დამოკიდებულია იმაზე, თუ როგორ სახურავზე თავსდება მზის ფოტოელექტრული სადგური ან/და მიწაზე დამაგრების დიზაინზე. ბრტყელ სახურავზე დამაგრებისას, როგორც წესი, იყენებენ კონსტრუქციას, რომლებიც მაგრდება წონებით (ე.წ. ბალასტით) და არა ხრახნებით, ან სხვა სამაგრი საშუალებებით.

როდესაც კონსტრუქციას ვირჩევთ, აუცილებელია ვიცოდეთ, რომ ეს კონსტრუქცია გამოსადეგია ჩვენი გარემო პირობებისათვის – თოვლის დატვირთვები, ქარი და მიწის სიმყარე – მიწაზე დამონტაჟებული

სადგურისთვის. კონსტრუქციის გამოცდილ მწარმოებლებს შეუძლიათ თვითონ გაგიჩიონ რეკომენდაცია კონსტრუქციის შერჩევისას, თუ მათ მიაწოდებთ ზემოთ ჩამოთვლილი დატვირთვების შესახებ ინფორმაციას. ან შესაძლებელია, მივმართოთ ადგილობრივ კონსტრუქტორთა ბიუროს, ვინც დაგეხმარებათ კონსტრუქციის პროექტის შედგენაში. ასევე, როდესაც მზის ფოტოელექტრული სადგური მონტაჟდება სახურავზე, საჭიროა დარწმუნებულები ვიყოთ, რომ სახურავი გაუძლებს მის წონას, რომელიც კვადრატულზე დაახლოებით 15-20 კგ-მდეა. თუ თქვენ დარწმუნებული არ ხართ ამაში, აუცილებელია მოიწვიოთ ექსპერტი და მისი დასკვნის შემდგომ განახორციელოთ მზის სადგურის მშენებლობა.



სურათი 1. ფოტოვოლტური მოდულის დამაბოლოებელი დამჭერი

როდესაც ორი ფოტოვოლტური მოდული ერთმანეთის მიმდევრობით მონტაჟდება, არ არის აუცილებელი გამოყენებულ იქნეს ორი დამბოლოვებელი



სურათი 2. ფოტოვოლტური მოდულის შუალედური დამჭერი

დამჭერი თითოეულისათვის. ასეთ შემთხვევაში, მონტაჟდება შუალედური დამჭერი, რომელიც ორივე მოდულის იჭერს.

3.1.1. ბრტყელ სახურავის კონსტრუქცია

სიმძიმით (ე.წ. ბალასტი) დამაგრებული კონსტრუქცია არის სტანდარტული სისტემა, რომელიც გამოიყენება ბრტყელსახურავიანი შენობებისათვის. არსებობს ბევრი სხვადასხვა ტიპის კონსტრუქცია. ზოგ შემთხვევაში, გვაქვს მხოლოდ ე.წ. ფეხები, რომლებიც ერთმანეთთან დაკავშირებულია ფოტოვოლტური მოდულებით. ზოგი ჰორიზონტალური ტიპისაა, რომლის ყველა რიგი ერთმანეთთან არის გადაბმული და აქვს დახრილი ფეხები, რომელზეც ხდება მოდულის მონტაჟი. ასეთი ტიპის კონსტრუქციები იწყობა ადგილზე, მათი მონტაჟი მარტივია, რადგან არ გიწევთ დამატებით სახურავის დახვრეტა და, ამასთან, ამ ტიპის კონსტრუქციის მონტაჟის დროს, დაზღვეული ხართ სახურავიდან წყლის გაჟონვისაგან. კონსტრუქციის დამაგრება სახურავზე ხდება ბლოკებით, რომელიც, აუცილებლად უნდა იყოს ბეტონის.

ასევე, ამ ტიპის კონსტრუქციისას, შეზღუდულია დახრის კუთხე, რომელიც შესაძლებელია იყოს 10-20 გრადუსამდე. თუ ტერიტორია, სადაც სისტემის მონტაჟი ხდება, ქარიანია, აუცილებელია, განთავსდეს დამატებითი ბლოკები, ან ეგრეთ წოდებული მოდულის უკანა ნაწილი ჩაიკეტოს თუნუქით, იმისათვის, რომ მოდული დაცული იყოს ქარის შეღწევისგან. ასევე, ამ ტიპის ტერიტორიებისთვის რეკომენდებულია მაქსიმუმ 15 გრადუსიანი კონსტრუქციის გამოყენება.

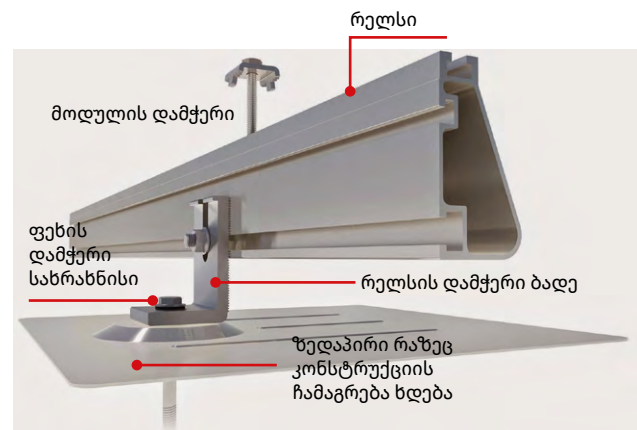


უმეტესობა სიმძიმით სამაგრი კონსტრუქციებისა, შესაძლებელია გამოყენებული იქნას ყველა ტიპის ფოტოვოლტური მოდულისთვის, მაგრამ როდესაც

ხდება ისეთი კონსტრუქციის მონტაჟი, როდესაც ფეხების ერთმანეთთან დაკავშირება ხდება მხოლოდ ფოტოვოლტური მოდულის საშუალებით, რეკომენდებულია გამოყენებული იქნეს 2 მეტრზე ნაკლები სიგრძის მოდული. ასეთი ტიპის კონსტრუქციებზე ძირითადად პანელები მონტაჟდება ჰორიზონტალურად, დაბალი სიმაღლის გამო.

3.1.2. დახრილი სახურავის კონსტრუქცია

დახრილი სახურავის კონსტრუქცია სტანდარტულად მონტაჟდება ჰორიზონტალური რელსებით, რომელიც ჩამაგრებულია მძიმე დატვირთვის სამაგრებით, რომელსაც ფეხებსაც უწოდებენ. ფეხები ჩამაგრებულია სახრახნისით, სახურავის ფერმაში. შესაძლოა, სახრახნისს არ მოყვებოდეს სპეციალური რეზინი, თუმცა უნდა გავითვალისწინოთ, რომ აუცილებელია მისი ჩამაგრება ფეხს და სახურავს შორის, იმისათვის, რომ თავიდან ავიცილოთ წყლის ჩაჟონვა სახურავიდან.



როგორც იცით, ფოტოვოლტურ მოდულებს, მაღალი ტემპერატურის დროს, აქვთ ეფექტურობის დანაკარგები. ამიტომ, აუცილებელია გავითვალისწინოთ, რომ მოდულს და სახურავს შორის აუცილებელია იყოს მანძილი, რათა ჰაერმა იმოძრაოს და განიავდეს.

რელსები განსხვავდება ზომით და სიმტკიცით, იმისათვის, რომ მოერგოს სხვადასხვა კლიმატურ პირობებს - თოვლსა და ქარს. საშუალო რელსი შესაფერისია ყველა კლიმატისთვის, მაგრამ აუცილებელია გადამოწმებული იყოს მწარმოებელთან. არასასურველია გამოიყენოთ უფრო მძიმე რელსი,

ვიდრე საჭიროა თქვენი ტერიტორიისათვის, რადგან ეს ზრდის როგორც კონსტრუქციის ღირებულებას, ასევე, უფრო მეტად ამძიმებს სახურავს. რელსები სხვადასხვა ზომის არსებობს. მათი გადაბმა შესაძლებელია სპეციალური გადასაბმელებით, რითაც შესაძლებელია გვექონდეს გრძელი უწყვეტი რიგი.

დახრილი სახურავის გარდა რელსებისა, არსებობს კიდევ კონსტრუქცია, რომელიც მოიცავს მხოლოდ ფეხებს, რელსების გარეშე. ზოგიერთ სისტემებში ასეთი კონსტრუქციები გამოიყენება. ასევე, სისტემის მონტაჟისას, აუცილებელია სპეციალური

სამაგრებით მოხდეს მოდულების შეერთება ერთმანეთთან, რათა შეიქმნას ერთიანი მყარი სისტემა. თავის მხრივ, ასეთი ტიპის კონსტრუქციას სჭირდება ნაკლები მასალა, რაც ამცირებს ტრანსპორტირების ხარჯებს, მაგრამ აქვს თავისი უარყოფითი მხარეები, რელსებიანი სისტემის მონტაჟი უფრო მალე ხდება, ამასთან, მხოლოდ ფეხების გამოყენების დროს, მანძილი სახურავსა და მოდულს შორის უფრო ნაკლებია, რაც, შესაბამისად, ამცირებს ჰაერის შეღწევადობას მოდულის ქვეშ, აღარ ხდება მისი განიავება და დანაკარგები იზრდება.



3.1.3. მიწაზე დასამონტაჟებელი კონსტრუქცია

მიწაზე დამონტაჟებული სისტემა, ძირითადად, შედგება კოროზიისადმი მდგრადი ლითონისაგან, რომელიც მიწაში ჩამაგრებულია ბეტონით ან უბრალოდ ჩარჭობილია. ეს ყველაფერი დამოკიდებულია მიწის მდგრადობაზე. როგორც სახურავზე დამონტაჟებული სისტემებისათვის, ისე, განსაკუთრებით, მიწაზე დამონტაჟებული კონსტრუქციისათვის, აუცილებელია ვიცოდეთ ადგილობრივი

კლიმატური პირობები, თოვლის და ქარის დატვირთვები და, ასევე, აუცილებელია ჩატარდეს გეოლოგიური კვლევები, რადგან ზუსტად მოხდეს კონსტრუქციის ანგარიშების ჩატარება. მიწაში ჩამონტაჟებული ძირითადი სტრუქტურა, სადგამები, გამოიყენება საყრდენად, რომელზეც შემდგომ ხდება სპეციალური რელსების დამონტაჟება, რაზეც მაგრდება მზის ფოტოელექტრული მოდული. აქედან გამომდინარე, მოდულის მონტაჟი არ განსხვავდება სახურავის კონსტრუქციაზე მონტაჟისგან.

■ მზის ფოტოელექტრონული სისტემის კომპონენტები

მიწაზე დამონტაჟებული კონსტრუქციაც განსხვავდება ერთმანეთისაგან. არსებობს სტანდარტული კონსტრუქცია, რომელსაც აქვს ფიქსირებული დახრის კუთხე. ძირითადად, ასეთი ტიპის კონსტრუქციაზე მონტაჟდება ორი რიგი ფოტოვოლტური

მოდულები ვერტიკალურად, ან ოთხი რიგი - ჰორიზონტალურად. ასევე, გამოიყენება ისეთი კონსტრუქციები, რომელზეც მხოლოდ ერთი რიგი ფოტოვოლტური მოდულები მონტაჟდება..



მეორე ტიპი არის ბოძების კონსტრუქცია, რომელიც ასევე იყოფა ორ ნაწილად, პირველი, რომელიც შედგება ერთი ბოძისაგან, ხოლო მეორე, რომელიც შედგება მრავალი ბოძისაგან. პირველი ტიპის კონსტრუქცია შედგება ერთი ვერტიკალური ბოძისაგან, ხოლო მის ბოლოში დამონტაჟებულია ეგრეთ წოდებული მაგიდა, რომელზეც ხდება

ფოტოვოლტური მოდულების დამაგრება. ესეთი ტიპის კონსტრუქცია ძირითადად გამოიყენება პატარა სადგურებისათვის, 10-12 მოდულისათვის. ასეთი ტიპის კონსტრუქციებს ძირითადად გააჩნიათ დახრის კუთხის რეგულირება, ეგრეთ წოდებული "Tracking" სისტემა.



სურათი 3. ერთ ბოძიანი სისტემა

3.2. ინვერტერები

ინვერტერი არის მოწყობილობა, რომელიც გარდაქმნის მუდმივ დენს (DC) ცვლად დენად (AC). მას ვიყენებთ სახლში და ყველა სხვა სახის დაწესებულებაში, საყოფაცხოვრებო ტექნიკისთვის. ყველა მზის ელექტროსადგური მოიცავს ერთ ან მეტ მზის ინვერტერს. არსებობს ორი სახის ინვერტერი, რომელიც განხილული იქნება ქვედა თავებში.

ინვერტერის ტიპები იყოფა 3 სხვადასხვა ჯგუფად.

მიკროსქემის მიხედვით:

- სიმებიანი ინვერტერი (String Inverter)
- ცენტრალური ინვერტერი (Central Inverter)
- მიკრო ინვერტერი (Micro Inverter)

ქსელთან კავშირის რეჟიმის მიხედვით:

- ქსელური ინვერტერი (Grid-tied inverter)
- ჰიბრიდული ინვერტერი (hybrid inverter)
- ქსელის გარეშე მომუშავე ინვერტერი (off-grid inverter)

პროექტის მიხედვით

- საყოფაცხოვრებო ინვერტერი (Residential inverter)
- კომერციული ინვერტერი (commercial inverter)
- დიდი სიმძლავრის ინვერტერი (utility-scale inverter)

მეორე ტიპის კონსტრუქციაც ასევე შედგება ბოძებისაგან, თუმცა ამ შემთხვევაში გვაქვს მრავალი ბოძი. ასეთი ტიპის კონსტრუქციები, ძირითადად, გამოიყენება დიდი ზომის სადგურებისათვის. მათ აქვთ საყრდენი ბოძები და ზემოთ ჰორიზონტალურად ერთი ბოძი, რომელზეც განთავსებულია ეგრეთ წოდებული მზის ფოტოელექტრული მოდულის მაგიდები, რომელსაც ასევე გააჩნია დახრის კუთხის რეგულირების შესაძლებლობა. ძირითადად, ასეთი ტიპის კონსტრუქციას მოძრაობის საშუალება აქვს აღმოსავლეთიდან დასავლეთის მიმართულებით, რაც მზის ელექტროსადგურს ეხმარება დღის განმავლობაში გამოიმუშაოს უფრო მეტი ელექტროენერჯია, განსხვავებით, დაფიქსირებული კონსტრუქციის მონტაჟისგან.

3.2.1. სტრინგის ინვერტერი

სტრინგის ინვერტერები შედარებით დიდი დანადგარებია, რომლებიც მონტაჟდება კედელზე ან რკინის კონსტრუქციაზე, კავშირის კომპონენტებთან ახლოს, რათა მაქსიმალურად იყოს შემცირებული ქსელთან და მოდულებთან კავშირისთვის საჭირო კაბელების რაოდენობა. ისინი იღებენ მუდმივ (DC) ენერჯიას, მოდულების სიმებიდან და აწვდიან ცვლად ენერჯიას (AC) სახლის ელექტრულ დატვირთვას ან ქსელს. სიმებიანი ინვერტერი შესაძლებელია გამოყენებული იყოს როგორც ერთი, ისე რამდენიმე. ეს დამოკიდებულია მოდულების სიმძლავრესა და სტრინგების რაოდენობაზე. სტრინგის ინვერტერი არსებობს, როგორც **ქსელური**, ასევე **ჰიბრიდული** და **ქსელის გარეშე მომუშავე**.



3.2.2. მიკრო ინვერტერი

მიკროინვერტერი არის პატარა მოდული, რომელიც დამონტაჟებულია თითოეული მზის მოდულის უკანა მხარეს. როგორც წესი, თითოეულ მზის მოდულს აქვს თავისი მიკროინვერტერი, თუმცა,

ზოგიერთი ინვერტერი შეიძლება იკვებებოდეს ორი მზის მოდულისგან. მიკროინვერტერი მუდმივ დენს (DC) გარდაქმნის ცვლად დენად (AC). ყველა გაყვანილობა, რომელიც მიკროინვერტერებიდან ერთდება გამანაწილებელ კარადაში, ატარებს ცვლად დენს (AC).



3.3. ოპტიმიზატორი

ინვერტერები უფრო მეტს აკეთებენ ვიდრე ეს შეიძლება იყოს დენის კონვერტაცია მუდმივი DC დენიდან ცვლად AC-ზე. კერძოდ, ისინი ასევე აკონტროლებენ მწკრივების მუშაობას, ავტომატურად ახორციელებენ კორექტირებას ენერჯის გამომუშავების ოპტიმიზაციისთვის. მზის ელექტროენერჯის წარმოება მუდმივად იცვლება მთელი დღის განმავლობაში, მზის გამოსხივების ცვლილების გამო. ინვერტერები აკონტროლებენ ამ ცვლილების ეფექტს და პასუხობენ ძაბვისა და დენის ბალანსის შეცვლით, რათა მიიღონ მაქსიმალური გამომავალი სიმძლავრე. ეს ცნობილია, როგორც მაქსიმალური სიმძლავრის წერილის თრეკინგი (MPPT) და ყველა

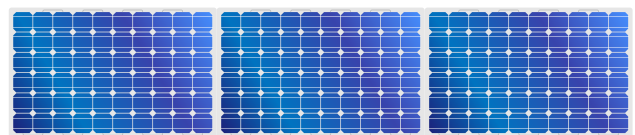
თანამედროვე სიმებიან ინვერტერს აქვს ეს შესაძლებლობა. ინვერტერი ასევე არის მოწყობილობა, რომლის საშუალებითაც, ფოტოვოლტური სისტემის მფლობელებს და ტექნიკოსებს ეძლევათ შესაძლებლობა, აკონტროლონ მოდულების მწკრივების გამომავალი პარამეტრები. ეს, თავის მხრივ, ამარტივებს მომსახურებას. როგორც ვიცით, სიმებიან ინვერტერზე ერთდება არა თითო მოდული, არამედ მოდულების მწკრივი, შესაბამისად ინვერტერი აკონტროლებს და უზრუნველყოფს მთელი მწკრივის გამომუშავების ოპტიმიზაციას, რადგან მას არ შეუძლია განასხვავოს ერთი მოდული სხვებისგან.



DC ოპტიმიზატორის საშუალებით, სიმებიანი ინვერტერი განასხვავებს თითოეულ მოდულს და აკვირდება თითოეულის გამომუშავებას, მის პარამეტრებს. როგორც მიკროინვერტერი, ისე DC ოპტიმიზატორი დამონტაჟებულია თითოეულ მოდულზე და ახორციელებს კორექტირებას ინდივიდუალურად. მთავარი განსხვავება მიკროინვერტერებს და DC ოპტიმიზატორს შორის არის ის, რომ ოპტიმიზატორი არ გარდაქმნის მუდმივ დენს ცვლად დენად. ამავე დროს, მისი საშუალებით, თქვენ შეგიძლიათ შეამოწმოთ მოდულების მუშაობა, მონაცემთა მონიტორინგის სისტემის დახმარებით, რომელზე წვდომა შესაძლებელია თქვენი კომპიუტერის ან სმარტფონის მეშვეობით (ინვერტერის მწარმოებლის ონლაინ მონიტორინგის სისტემა). ასევე, ოპტიმიზატორი ეხმარება მწკრივებს, შეინარჩუნონ სტაბილური მუშაობის რეჟიმი, განსაკუთრებით მაშინ, როდესაც მწკრივის ნაწილობრივ დაჩრდილვა ხდება. როდესაც გვაქვს მწკრივი (სტრინგი) მთლიანად ოპტიმიზირებული, ამ დროს

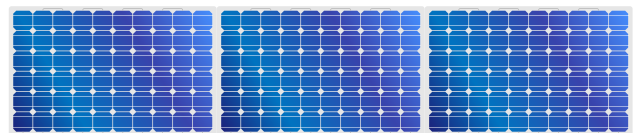
ერთ მოდულზე დაჩრდილვა არ ახდენს გავლენას მთლიან მწკრივზე, ხოლო როდესაც მწკრივი არ გვაქვს ოპტიმიზირებული, იგივე სცენარის დროს, მთლიანი მწკრივის მუშაობაზე გავლენას ახდენს დაჩრდილვა

ოპტიმიზატორის გარეშე



85% 90% 90% 90% 90% 90%

ოპტიმიზატორით

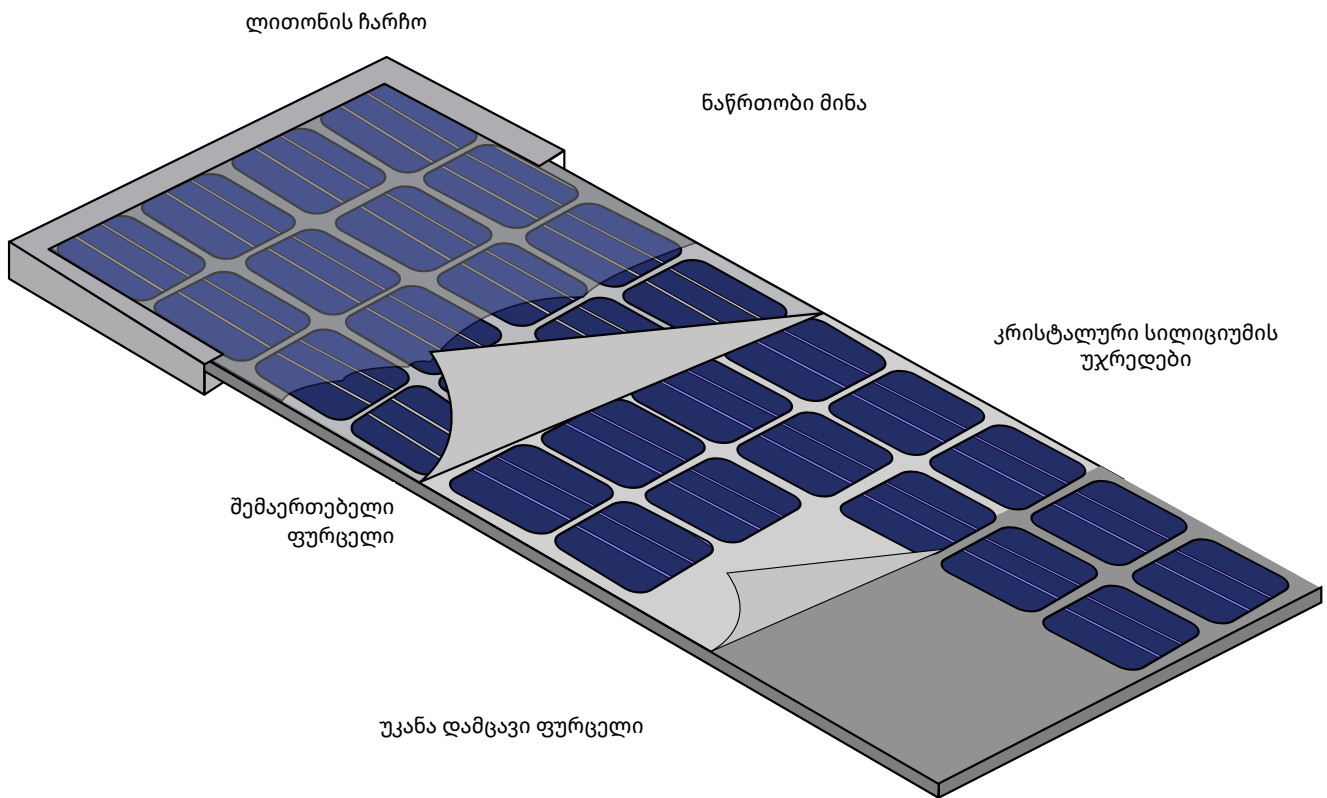


85% 100% 100% 100% 100% 100%

3.4. მზის მოდული

მზის მოდულს შეიძლება ვუწოდოთ სისტემის გული. მზის სისტემის მთლიანი ღირებულების თითქმის 60%-ს წარმოადგენს მოდულები ქსელთან დაკავშირებული სისტემებისთვის, ხოლო ჰიბრიდული და ქსელისგან დამოუკიდებლად მომუშავე სისტემებისთვის, აკუმულატორების ღირებულება

უფრო ძვირია. დღეს, ბაზარზე მზის მოდულების ბევრი ვარიანტია ასარჩევად, რაც საშუალებას გაძლევთ აარჩიოთ თითოეული პროექტისთვის რენტაბელური მოდული. ქვემოთ მოცემულია ძირითადი ფაქტორები, რომლებიც უნდა გაითვალისწინოთ მოდულების არჩევის დროს.



მზის მოდულის მუშაობის ქვედა ხაზი არის გამომავალი სიმძლავრე. გამომავალი სიმძლავრე იზომება ვატებში. გარკვეული დროის განმავლობაში წარმოებული ელექტროენერგია კი - ვატსაათებში. 350 ვტ სიმძლავრის მოდულს შეუძლია 350 ვტ.პიკი, მუდმივი დენის, (DC) სიმძლავრის გამომუშავება, სტანდარტული ტესტირების პირობებში (STC). არსებობს კიდევ რამდენიმე დამატებითი პარამეტრი, რომელიც უფრო მეტად დაგვანახებს საპასპორტო მონაცემებს:

დასაშვები სიმძლავრე (Power Tolerance) არის პარამეტრი, რომელიც იძლევა დიაპაზონს იმის შესახებ, თუ რამდენად ახლოს იქნება მზის მოდულის

გამომუშავება STC მნიშვნელობასთან. დასაშვები სიმძლავრე +/- 5% ნიშნავს, რომ მოდულს შეუძლია შეასრულოს 5%-ით მეტი ან ნაკლები ენერჯის გამომუშავება STC პარამეტრთან შედარებით. მაგალითად, როდესაც გვაქვს 400 ვტ სიმძლავრის მოდული, მას შეუძლია გამოიმუშაოს მინიმალური სიმძლავრე 380 ვტ, STC პარამეტრების დროს.

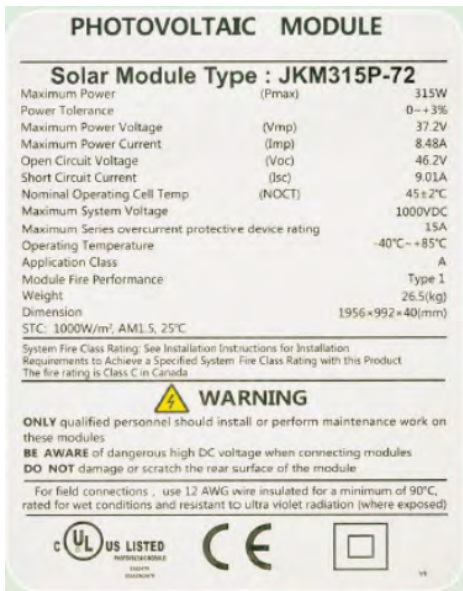
მზის მოდულების პარამეტრები მზის სისტემის დაპროექტებისთვის გამოიყენება, მაგრამ ფაქტობრივი ყოველდღიური, ყოველთვიური და ყოველწლიური გამომუშავება დამოკიდებულია ამინდის პირობებზე. მოდულის პარამეტრები, რომელიც მიღებულია იდეალურ პირობებში ფოტოვოლტური

მოდულისთვის ლაბორატორიაში, STC პარამეტრები, მნიშვნელოვანია გამოყენებული იქნეს სისტემის დაპროექტების დროს და პროგნოზისთვის.

STC — standard test conditions — სტანდარტული ტესტირების პირობებში მიღებული პარამეტრები არის STC პარამეტრები, მზის მოდულებს აქვთ პარამეტრები, რომელიც ჩამოთვლილია ტექნიკურ ცხრილებში. მზის სისტემის პროექტირების დროს, აუცილებელია გათვალისწინებული იყოს STC პარამეტრები, როგორებიცაა: ძაბვა, დენი და სიმძლავრე.

მზის მოდულის უკანა მხარეს ეტიკეტზე აღნიშნულია:

- მაქსიმალური პიკური სიმძლავრე $P_{max} = 315W$
- ძაბვა მაქსიმალური სიმძლავრის დროს $V_{mp} = 37.2V$
- დენი მაქსიმალური სიმძლავრის დროს $I_{mp} = 8.48A$
- ღია წრედის ძაბვა $V_{oc} = 46.2V$
- მოკლედ შერთვის დენი $I_{sc} = 9.01A$



STC პარამეტრს მზის მოდულს შეუძლია მიაღწიოს მხოლოდ მაშინ როდესაც:

- მზის გამოსხივება არის 1000 ვატი მზის ენერჯია 1 კვადრატულ მეტრზე 1000w/m²
- მზის მოდულის ტემპერატურა არის 25 C⁰

3.4.1. მწარმოებელი, გარანტია და სერტიფიკატები

მზის მოდულების შერჩევას, აუცილებელია, დააკვირდეთ მწარმოებელს, მწარმოებლის მიერ შემოთავაზებულ გარანტიას და სერტიფიკატებს.

მწარმოებელი, როგორც წესი, გარანტიას იძლევა ცალკე მასალებზე და ცალკე სიმძლავრის გამოსავალზე. სტანდარტულად, გარანტია ვრცელდება მასალებზე 10 წელი, ხოლო გამომავალ სიმძლავრეზე — 25 წელი. თუ მწარმოებელი გთავაზობთ ზემოაღნიშნულზე ნაკლებ გარანტიას, აუცილებლად მოძებნეთ სხვა ალტერნატიული შეთავაზება. გამომავალი სიმძლავრის საგარანტიო პირობებში, ძირითადად, მითითებულია, რომ მოდული 25 წლის განმავლობაში დაკარგავს 15-20%-მდე ნომინალურ სიმძლავრეს. მაგალითად, თუ მოდულის STC გამომავალი რეიტინგი არის 500 ვტ, მას შეეძლება მინიმუმ 400 ვტ-ის გამომუშავება, 25 წლის შემდეგ. მაგრამ კრისტალური სილიციუმის მოდულები, როგორც წესი, უჯრედის ეფექტურობის მხოლოდ 0,1%-ს კარგავენ წელიწადში, ანუ სულ 2,5%-ს — 25 წლის განმავლობაში.

გარანტიასთან ერთად, მნიშვნელოვანია დააკვირდეთ კომპანიის სტაბილურობას. თუ კომპანია გაკოტრდება ან დაიხურება, ეს იმას ნიშნავს რომ თქვენი გარანტიაც შეჩერდება და ვერავინ შეძლებს მის ჩანაცვლებას, საგარანტიო პერიოდის დროს. ერთი მხრივ, კარგად წარმოებული მზის მოდულები სანდოა და, უმეტეს შემთხვევაში, ისინი 25 წელიწადზე მეტს მუშაობენ.


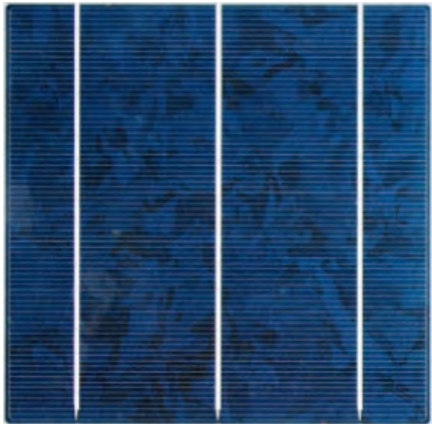
სანდო მწარმოებლები აკონტროლებენ საკუთარი პროდუქციის წარმოებას, თავიდან ბოლომდე, ხარისხის სტანდარტების უზრუნველსაყოფად. ასევე, ისინი აკეთებენ ინვესტიციებს კვლევისა და განვითარებაში. მეორე მხარეს არიან კომპანიები რომლებიც უფრო მოდულების ამწყობი კომპანიები არიან, ვიდრე მწარმოებლები. ისინი იყენებენ სხვადასხვა მომწოდებლების ნაწილებს და მათ შეუძლიათ მხოლოდ აწყობის ხარისხის კონტროლი.

ყველა მოდულს რომლის გამოყენებასაც აპირებთ, აუცილებელია, ჰქონდეს TUV და IEC სერტიფიკატი. სერტიფიკატები, როგორც წესი მონიშნულია მოდულის სპეციფიკაციის დოკუმენტში, ასევე, მათი მოძიება შესაძლებელია საიტზე.

3.4.2. მონოკრისტალური და პოლიკრისტალური მზის მოდული

ჩვეულებრივი კრისტალურ-სილიციუმის (c-Si; ზოგჯერ ასევე ეძახიან x-Si) მოდულები მზადდება ორი ტიპის სილიკონისგან: მონოკრისტალური ან პოლიკრისტალური. დღესდღეობით, ძირითადად,

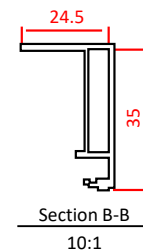
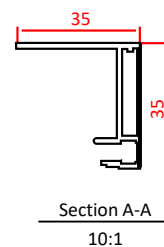
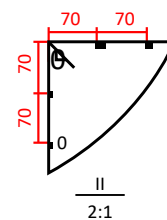
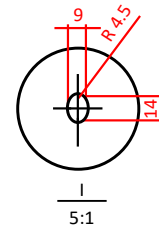
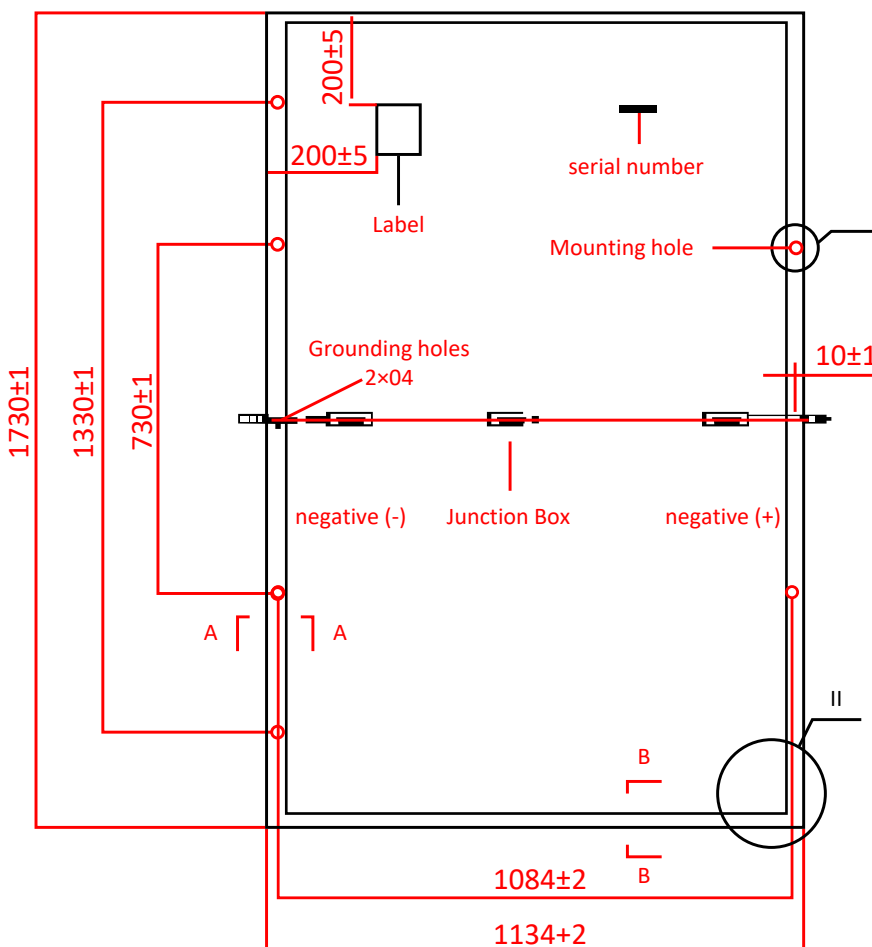
მომხმარებლები გამოიყენებენ მონოკრისტალურ მოდულს. ქვემოთ მოცემულია მაჩვენებლები, რის მიხედვითაც, თქვენ შეგიძლიათ აარჩიოთ თქვენთვის სასურველი მოდული:

<p>მონოკრისტალური უჯრედი</p>	
<ul style="list-style-type: none"> • აქვს უფრო მაღალი ეფექტურობა, ვიდრე პოლიკრისტალური მოდულის შემთხვევაში — უმეტეს შემთხვევაში, უფრო პატარა ფართობზე შესაძლებელია მეტი ენერჯიის მიღება. • აქვს დახრილი კუთხეები წარმოების პროცესების გამო. • აქვს თანმიმდევრული მუქი ფერები. • მისი ფასი უფრო მაღალია. • ეფექტურობა 15-25%. 	
<p>პოლიკრისტალური უჯრედი</p>	
<ul style="list-style-type: none"> • აქვს კვადრატული კუთხეები, აქედან გამომდინარე მოდულის მეტი ნაწილი დაფარულია უჯრედის მასალით, რაც ხელს უწყობს დაბალ ეფექტურობას. • ხშირად, აქვს ლურჯი ფერი და ჭრელი გარეგნობა. • ჩვეულებრივ, მოდულის ნომერში მითითებულია "P", რომელიც მიუთითებს პოლიკრისტალურ მოდულს. • ეფექტურობა — 13-16% • ფასი უფრო დაბალია. 	

3.4.3. მზის მოდულის ზომა

უფრო დიდი ზომის მზის მოდულს შეიძლება ჰქონდეს უფრო მაღალი გამომავალი სიმძლავრე, მაგრამ ის ასევე უფრო მძიმეა, ამასთან, უფრო მეტ ადგილს იკავებს, ვიდრე პატარა მოდული. მეორე მხრივ, უფრო მაღალი სიმძლავრე გვაძლევს საშუალებას, რომ გამოვიყენოთ ნაკლები მოდული. მაგალითად, 3 კვტ.პიკი სადგურის შემთხვევაში, 500

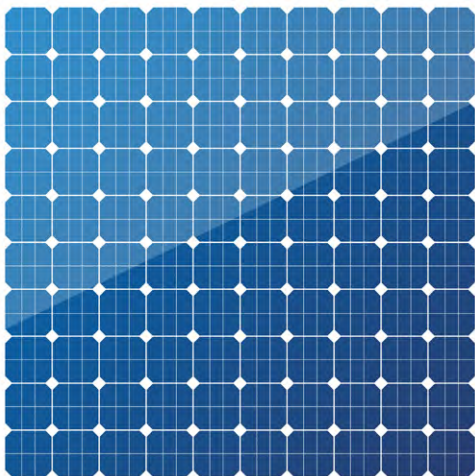
ვატიანი მოდული გვჭირდება 6 ცალი, ხოლო 250 ვატიანი მოდული გვჭირდება 12 ცალი. შესაბამისად, ვზოგავთ ადგილს და კონსტრუქციისთვის საჭირო მასალას. მწარმოებლების სპეციფიკაციების ფურცლებში შეგვიძლია ვნახოთ მოდულების ზუსტი ზომები, სტანდარტულად, 60 უჯრედიანი მოდულის სიგრძე დაახლოებით 170 სანტიმეტრია, ხოლო 72 უჯრედიანი მოდულის სიგრძე 200 სანტიმეტრია.



3.4.4. მზის მოდულის ფერი

სტანდარტულად, მზის მოდულებს აქვთ ვერცხლის-ფერი ალუმინის ჩარჩოები და თეთრი საყრდენი მასალა, ან თეთრი უკანა ფირფიტა. ასევე, ბაზარზე ხელმისაწვდომია შავი ჩარჩოთი და შავი უკანა ფირფიტით მოდულები, რომელიც, ჩვეულებრივ მოდულთან შედარებით, უფრო ძვირი ღირს. არსებობს ასევე ორმხრივი მოდულები, რომელთაც უკანა მხარეს ფირფიტა არ აქვს და ორივე მხრიდან

შესაძლებელია ენერჯის გენერაცია. ამ ტიპის მოდულები ძირითადად გამოიყენება დიდი სიმძლავრის მიწაზე დადგმული სადგურებისთვის. მოდულის ფერი, პირველ რიგში, ესთეტიკური საკითხია. ასევე, იგი მცირე გავლენას ახდენს მოდულის ეფექტურობაზე, შავი მოდულის შემთხვევაში, მოდულის ტემპერატურა უფრო მაღალია და, შესაბამისად, მოდულიც უფრო მეტად განიცდის დეგრადაციას, ვიდრე ჩვეულებრივი მოდული.

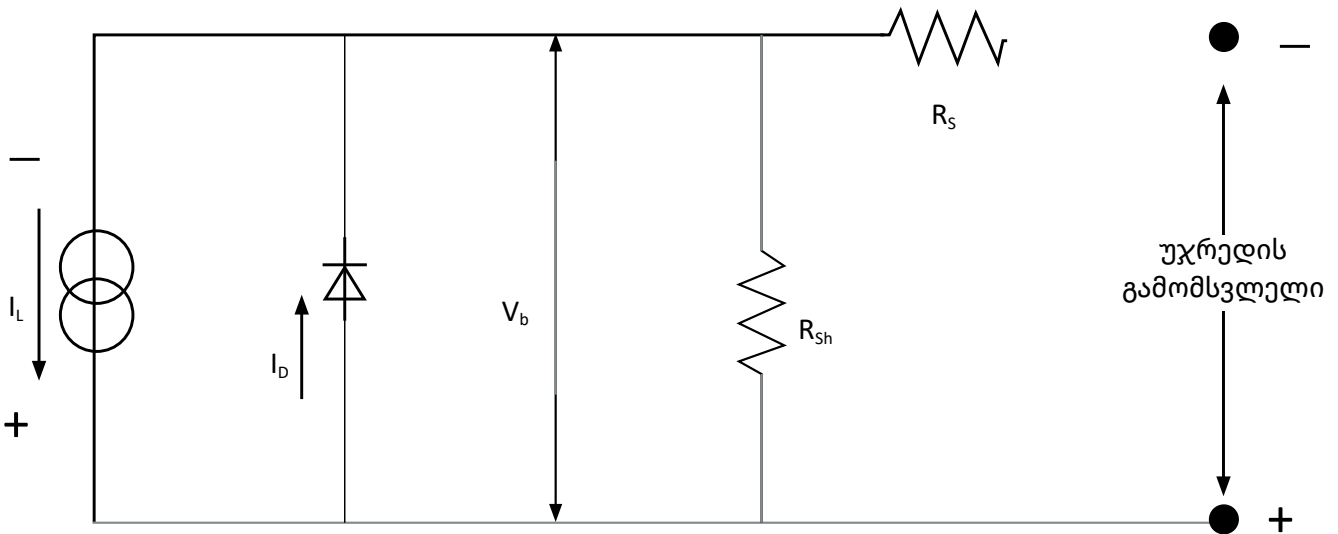


სურათი 4. მთლიანად შავი მზის მოდული

სურათი 5. სტანდარტული მზის მოდული ალუმინის ჩარჩოთი და თეთრი ფირფიტით.

3.4.5. ფოტოვოლტური უჯრედის სქემა

ფოტოვოლტური უჯრედის რთული აგებულება შესაძლებელია წარმოდგენილი იყოს ელექტრული წრედით, რომელიც ნაჩვენებია სურათზე..



სურათი 6. მზის ფოტოელექტრული უჯრედის ელექტრული წრედი

მიკროსქემის პარამეტრებია: I_L დენი გამომავალ ტერმინალზე უდრის სინათლის წარმოქმნილ დენს I_L -ს გამოკლებული I_d დიოდის და I_{sh} შუნტის გაჟონვის დენი. მიმდევრობითი წინააღმდეგობა R_s წარმოადგენს შიდა წინააღმდეგობას მიმდინარე ნაკადის მიმართ. შუნტის წინააღმდეგობა R_{sh} საპირისპიროდ არის დაკავშირებული მიწასთან გაჟონვის დენთან. იდეალურ ფოტოვოლტურ უჯრედებში $R_s = 0$ (მიმდევრობითი დანაკარგის გარეშე), $R_{sh} = \infty$ (მიწაზე გაჟონვის გარეშე). ჩვეულებრივ სილიკონის უჯრედებში R_s მერყეობს 0.05-დან 0.10Ω-მდე, ხოლო R_{sh}

200-დან 300Ω-მდე. R_s მცირე ზრდამ, შესაძლებელია მნიშვნელოვნად შეამციროს ფოტოვოლტური უჯრედის გამომავალი სიმძლავრე.

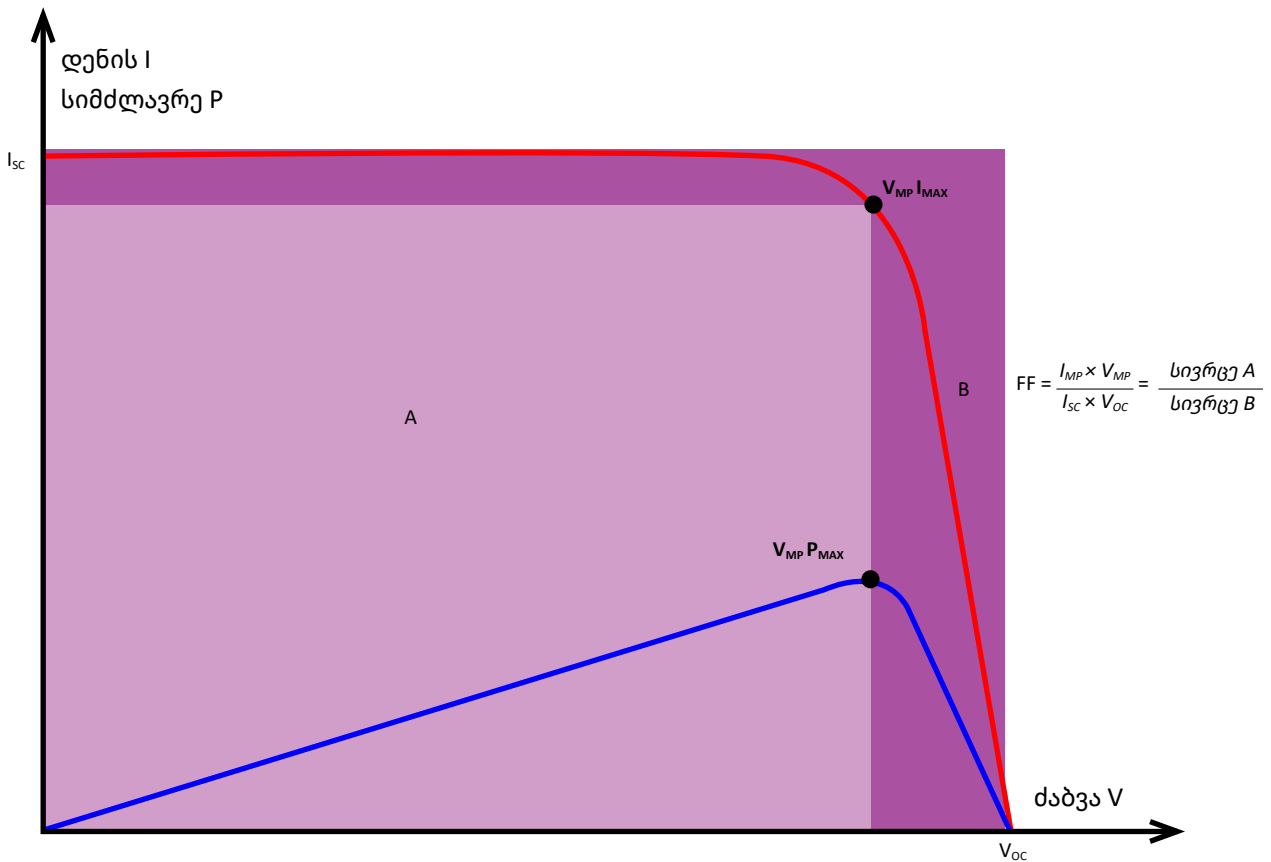
უჯრედის ღია წრედის ძაბვა V_{oc} მიიღება, როდესაც დატვირთვის უჯრედს არ აქვს დატვირთვა, ანუ უჯრედის დადებით და უარყოფით ტერმინალებს შორის წინააღმდეგობა უსასრულოა და დენი $I=0$.

მოკლე შერთვის დენი I_{sc} მიიღება, როდესაც უჯრედი არ არის დაკავშირებული რაიმე დატვირთვისათან ძაბვა $V=0$.

3.4.6. ფოტოვოლტური უჯრედის მრუდების მახასიათებლები

მზის მოდულები ხასიათდება ორი ძირითადი პარამეტრით: მოკლე ჩართვის დენი I_{SC} და ღია წრედის დაბვა V_{OC} . ამ ორი პარამეტრის ურთიერთკავშირი გამოიყენება მზის მოდულის მუშაობის გასაანალიზებლად და ადვილად არის წარმოდგენილი ორი მრუდის სახით:

- I-V მრუდი, გვიჩვენებს მოდულში გამავალი დენის კავშირს, მასზე არსებულ დაბვასთან. [\(I-V მრუდი\)](#)
- P-V მრუდი, გვიჩვენებს გამომუშავებულ სიმძლავრესა და დაბვას შორის კავშირს მოდულში.



სურათი 17. წითელი I-V მრუდი, ლურჯი P-V მრუდი

- დატვირთვის კოეფიციენტი (FF-Fill Factor) არის ფოტოელექტრული მოდულის თეორიული მაქსიმალური დენი და დაბვა არის I_{sc} და V_{oc} , თუმცა ამ წერტილებში ფოტოელექტრული მოდული არ გამოიმუშავებს ენერგიას. დატვირთვის კოეფიციენტი ფოტოელექტრული მოდულის „კვადრატის“ საზომია. იგი განისაზღვრება, როგორც მზის ელემენტის მაქსიმალური სიმძლავრის თანაფარდობა, მოკლე შერთვის დენისა და ღია წრედის დაბვის ნამრავლთან.
- მაქსიმალური სიმძლავრის წერტილი (MPP ან P_{max}) არის წერტილი სადაც დენი (I_{mp}) და დაბვა (V_{mp}) ყველაზე დიდია. ის შეესაბამება დატვირთვის კოეფიციენტს (FF).
- ეფექტურობა არის, ფოტოელექტრული უჯრედის გამომავალი ელექტროენერგიის თანაფარდობა მიღებულ მზის ენერგიაზე.

$$FF = \frac{I_{MP} \times V_{MP}}{I_{sc} \times V_{oc}} = \frac{\text{სივრცე A}}{\text{სივრცე B}}$$

3.5. დამუხტვის კონტროლერი

დამუხტვის კონტროლერი გამოიყენება ქსელიდან დამოუკიდებლად მომუშავე სისტემებისათვის.

არსებობს ორი ტიპის დამუხტვის კონტროლერი:	
<p>1. განივ იმპულსური მოდულაცია</p>	
<p>2. მაქსიმალური სიმძლავრის წერტილის თრეკინგი (MPPT ან MPP)</p>	

სახლის სისტემებისთვის, რომელიც მუშაობს ქსელიდან დამოუკიდებლად, რეკომენდირებულია გამოყენებული იქნეს **MPPT ტიპის დამუხტვის კონტროლერი**, რადგან მას შეუძლია მიიღოს უფრო მეტი სიდიდის ძაბვა მწკრივიდან, რომელიც აღემატება მის გამომავალ ძაბვას.

განივი იმპულსური დამუხტვის კონტროლერი კი არის ფიქსირებული ძაბვის დამუხტვის კონტროლერი, რომელიც მოითხოვს, რომ მისი მწკრივის ძაბვა იყოს იგივე, რაც არის ბატარეის ძაბვა. ესეთი ტიპის კონტროლერები გამოიყენება მხოლოდ ძალიან მცირე ფოტოვოლტური სისტემებისათვის და არ არის შესაფერისი სახლის ენერგოსისტემებისათვის.

დამუხტვის კონტროლერებს გააჩნია ოთხი ძირითადი ფუნქცია:

- დაიცვას აკუმულატორი ზედმეტი დამუხტვისგან;
- დამუხტოს აკუმულატორები უსაფრთხოდ სწრაფად და სრულიად;
- თავიდან აირიდოს დენის მიწოდება აკუმულატორიდან მზის მოდულებისკენ;
- დაიცვას აკუმულატორები ღრმა განმუხტვისგან.

MPPT დამუხტვის კონტროლერები უფრო ძვირია და გამოიყენება, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, დიდი ზომის მზის მოდულების მწკრივებში. ასევე, მას შეუძლია, მუდმივად აკონტროლოს მოდულების ძაბვა და დენი და, საჭიროებისამებრ, არეგულირებს დონეებს, მაქსიმალური სიმძლავრის წერტილის შესანარჩუნებლად.

3.6. აკუმულატორები

მზის ელექტროსადგურს ელექტროენერჯის გამომუშავება შეუძლია მხოლოდ დღის განმავლობაში, როდესაც მზე ანათებს. მათ არ შეუძლიათ ელექტროენერჯის შენახვა. ელექტროენერჯის შესანახად, აუცილებელია, გამოყენებულ იქნეს აკუმულატორები.

არსებობს აკუმულატორების მრავალი ტიპი, რომელიც განსხვავდება ზომით, ფასით და მანძიანობებით. ერთი და იგივე ტიპის აკუმულატორები, ხშირად, განსხვავებულად მუშაობენ, სხვადასხვა ფოტოვოლტური სისტემებისათვის, ტემპერატურისა და ელექტრული დატვირთვის სხვადასხვა პირობებში. აკუმულატორების სიცოცხლის ხანგრძლივობა დაახლოებით 5-დან 8 წლამდეა, მაგრამ ზოგიერთი ახალი ტიპის აკუმულატორისთვის 15 წლამდეც კი არის გახანგრძლივებული.

მზის სისტემის აკუმულატორებისთვის არსებობს ერთი უნივერსალური წესი: აუცილებელია, გამოყენებული იყოს ღრმა ციკლის აკუმულატორები, რომლებიც განკუთვნილი იქნება რეგულარული ღრმა განმუხტვისთვის. სტარტერი აკუმულატორები, რომელიც გამოიყენება მანქანისათვის, მისი ძრავის ჩასართავად, არ გამოდგება ფოტოვოლტური სისტემებისათვის, რადგან ხანგრძლივი განმუხტვა გამოიწვევს მის სწრაფ დაზიანებას.

არსებობს სხვადასხვა ტიპის აკუმულატორები, რომლებიც ქვემოთ მოცემულია ცხრილში. ყველაზე ხშირად გამოყენებული აკუმულატორებია ტყვია-მჟავის აკუმულატორი (FLA), რომელიც ფასით და მუშაობის ხანგრძლივობით ყველაზე ხელსაყრელია, მაგრამ ისინი საჭიროებენ რეგულარულ მოვლას, ხანგრძლივი სიცოცხლის უზრუნველსაყოფად.

ტყვია-მჟავის აკუმულატორიც არსებობს ორი ტიპის: 1. სტარტერი; 2. ღრმა განმუხტვისათვის. პირველი ტიპის აკუმულატორებს, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ვერ გამოიყენებთ მზის ელექტროსადგურებისთვის, რადგან მათი სიცოცხლის ხანგრძლივობა

ძალიან მცირე იქნება და მალე დაზიანდება, ხოლო მეორე ტიპის აკუმულატორები განკუთვნილია მზის სისტემისათვის და მისი სიცოცხლის ხანგრძლივობა დაახლოებით 2-დან 10 წლამდეა. არსებობს ტყვია-მჟავის აკუმულატორი სხვადასხვა გამომავალი ძაბვით, მაგალითად: 2ვ, 6ვ და 12ვ.

ლითიუმ-რკინის ფოსფატის (LiFeP) აკუმულატორები გთავაზობენ უფო მეტ სიცოცხლის ხანგრძლივობას, მაგრამ მათი ფასი მნიშვნელოვნად მაღალია ვიდრე სხვა ტიპის აკუმულატორებისა. მათი სიცოცხლის ხანგრძლივობა დაახლოებით 10-დან 15 წლამდეა. ისინი ხშირად გამოიყენებიან უახლეს ტექნოლოგიებში, როგორცაა: მობილური ტელეფონები და ლეპტოპები.

3.6.1. აკუმულატორის მოცულობა

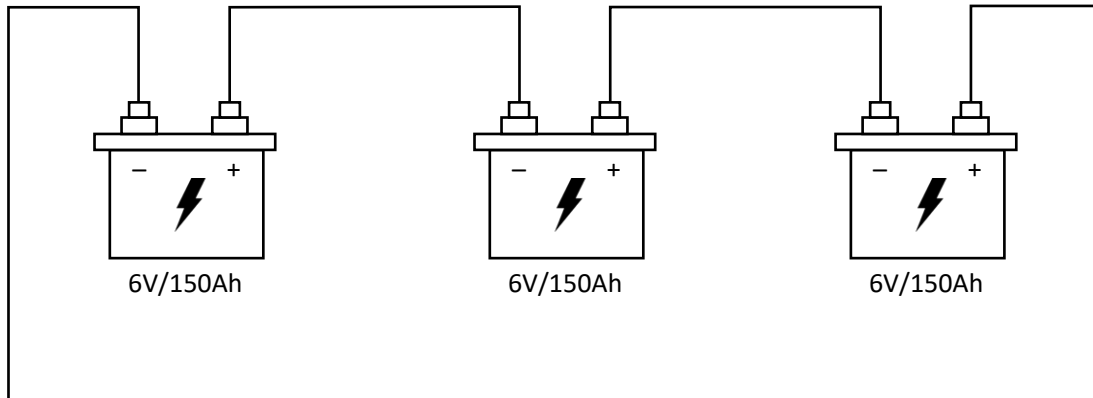
ბატარეის მოცულობა იზომება ამპერ-საათებში. ფოტოვოლტური სისტემისთვის სტანდარტულ ღრმა ციკლის აკუმულატორს შეიძლება ჰქონდეს 100-დან 500 ამპერ-საათამდე სიმძლავრე. იმის სანახავად რომ გაიგოთ რა სიმძლავრის ენერჯიას ინახავს თქვენი აკუმულატორი, ამისათვის საჭიროა გაამრავლოთ ამპერ-საათის მაჩვენებელი თქვენი აკუმულატორის ძაბვაზე. მაგალითად თუ თქვენს აკუმულატორს გამომავალი ძაბვა აქვს 12 ვოლტი და მისი მოცულობა არის 250 ამპერსაათი, შესაბამისად აკუმულატორს შეუძლია შეინახოს 2400ვტ/სთ, ანუ 2,4კვტ/სთ ენერჯია, ამ სიმძლავრეს გამოაკლდება ეფექტურობის დანაკარგები, DC სიმძლავრის ცვლად AC სიმძლავრეზე გადაქცევის დროს, აგრეთვე მავთულის დანაკარგები და ბატარეის განმუხტვის დანაკარგები.

აკუმულატორის დამუხტულობა იზომება %-ში, სრულად დამუხტული აკუმულატორი აღინიშნება როგორც **100% SoC**, ნახევრად დამუხტული აკუმულატორი – **50% SoC**, ხოლო ცარიელი აკუმულატორი – **0% SoC**.

მიმდევრობით შეერთებული აკუმულატორები

აკუმულატორების მიმდევრობით შეერთებისათვის საჭიროა, აკუმულატორის უარყოფითი ტერმინალი შეუერთდეს მომდევნო აკუმულატორის დადებით ტერმინალს.

როდესაც გვაქვს სამი აკუმულატორი მიმდევრობით შეერთებული და მათი ტევადობა არის 150Ah და თითოეულის გამომავალი ძაბვა არის 6 ვოლტი, მათი ჯამური მოცულობა იქნება 18 V, 150Ah, შესაბამისად, მას შეეძლება შეინახოს 2700 ვტ/სთ (2,7 კვტ/სთ) ენერჯია.

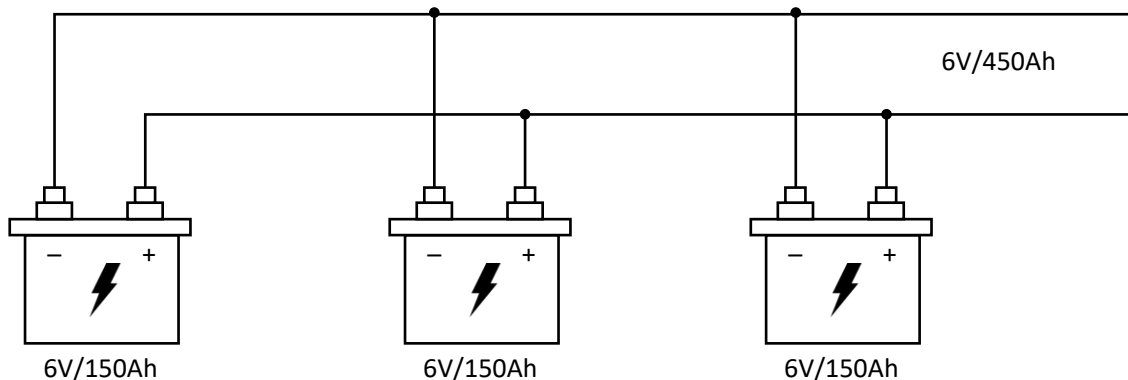


სურათი 18. მიმდევრობით შეერთებული აკუმულატორები

პარალელურად შეერთებული აკუმულატორები

აკუმულატორების პარალელურად შეერთებისათვის, საჭიროა, აკუმულატორის უარყოფითი ტერმინალი შეუერთდეს მომდევნო აკუმულატორის უარყოფით ტერმინალს, ხოლო დადებითი ტერმინალი შეუერთდეს მომდევნო აკუმულატორის დადებით ტერმინალს.

როდესაც გვაქვს სამი პარალელურად შეერთებული აკუმულატორი და მათი ტევადობა არის 150Ah და თითოეულის გამომავალი ძაბვა არის 6 ვოლტი, მათი ჯამური მოცულობა იქნება 6 V, 450Ah. შესაბამისად, მას შეეძლება შეინახოს 2700 ვტ/სთ (2,7 კვტ/სთ) ენერჯია.



სურათი 7. პარალელურად შეერთებული აკუმულატორი

3.6.2. ციკლის რაოდენობა და განმუხტვის დონე

ციკლის რაოდენობა არის იმის შეფასება, თუ რამდენჯერ შეუძლია ბატარეას დაასრულოს განმუხტვის და დამუხტვის ერთი ციკლი. ნორმალურ პირობებში, აკუმულატორები ასრულებენ ერთ ციკლს. ღრმა ციკლის აკუმულატორების ციკლის რაოდენობა შეიძლება იყოს დაახლოებით 500-დან 3000 ციკლამდე. ისინი უფრო მეტ ხანს ძლებენ, თუ მათი

განმუხტვა არ ხდება არაუმეტეს 50%-დან 80%-მდე, ყოველ ციკლში, ბატარეის ტიპის მიხედვით. ტყვია-მჭავის ბატარეები უნდა იყოს განმუხტული 50%-მდე, ლითიუმ-რკინის ფოსფატის ბატარეები შესაძლებელია განმუხტული იყოს 100%-ითაც, მაგრამ ეს მნიშვნელოვნად ამცირებს მათი სიცოცხლის ხანგრძლივობას. ასევე, აუცილებელია, გაითვალისწინოთ მწარმოებლის მიერ რეკომენდირებულ განმუხტვის სიღრმე (DOD), ციკლის ხანგრძლივობასა და ბატარეის სიმძლავრის შედარებისას.

ცხრილი 2.

ბატარეის ტიპი	ძაბვა (V)	ტევადობა	ციკლის რაოდენობა (DOD 50%)	რეგულარული მოვლა	ფასი
FLA	2V;6V;12V	370	1650	კი	\$350-\$400
LiFeP	6V;12V	210	1000	არა	\$340-\$380
GEL-CELL	12V;24V;48V	300	3000	არა	\$2000-\$2500

3.7. დამცავი მოწყობილობები

მნიშვნელოვანია აირჩიოთ და დაამონტაჟოთ ჭარბი დენის დამცავი მოწყობილობის შესაბამისი ტიპი. ამის უგულებელყოფამ შეიძლება გამოიწვიოს თქვენს სისტემის დაზიანება, სისტემის გაუმართაობა და სხეულის დაზიანებაც კი. ჭარბი დენის დამცავი მოწყობილობა (OCPD – overcurrent protective device) ფოტოვოლტურ სისტემებში OCPD ფუნქციონირებს განსხვავებულად, ჩვეულებრივი ელექტორენერჯის გამომუშავების სისტემებისგან: იმის გამო, რომ მაქსიმალურად დაიცვან მოწყობილობები დაზიანებისგან ისინი რეაგირებენ ძალიან დაბალ მოკლე შერთვის დენზე.

როგორც წესი, ფოტოელექტრონული სისტემებში, მოკლე შერთვის დენები შეიძლება წარმოიშვას შემდეგი მიზეზების გამო:

- ფოტოელექტრონული მოდულები ან მოდულების სტრინგები, რომლებიც დაკავშირებულია გაუმართავი სტრინგის პარალელურად;
- აკუმულატორის შემნახველ სისტემებში;
- ქსელური ინვერტერების მეშვეობით.

ჭარბი დენისგან დაცვის მოწყობილობები (OCPD)

არსებობს სხვადასხვა სახის OCPD, რომლებიც გამოიყენება ფოტოელექტრონულ სისტემებში.

ცვლადი დენის (AC) გამთიშველი

ცვლადი დენის გამთიშველი უნდა იყოს ერთ-ფაზა სისტემისთვის ორ-პოლუსიანი, ხოლო სამ-ფაზა სისტემისთვის – სამ-პოლუსიანი. ის მონტაჟდება ინვერტერის გამომავალზე.



ამომრთველები (MCB)

ამომრთველი არის მოწყობილობა, რომელიც მოქმედებს მცველის პრინციპით, ჭარბი დენის დროს, მაგრამ დნობადი მცველისგან განსხვავებით, არის მისი ხელახლა ჩართვის შესაძლებლობა. ცვლადი (AC) დენი და მუდმივი (DC) დენის ამომრთველები განსხვავდება ერთმანეთისგან. მუდმივი DC დატვირთვის გათიშვა იწვევს უფრო ხანგრძლივ რკალს, რაც უფრო მეტად აზიანებს ამომრთველს, ამიტომ ცვლადი (AC) დენის ამომრთველის გამოყენება არ შეიძლება მუდმივი (DC) დენის მხარეს.



სურათი 8. ორ-პოლუსა ამომრთველი

დნობადი მცველები

დნობადი მცველები OCPD ყველა გავრცელებული ფორმა ფოტოვოლტურ სისტემებში, ისინი ასევე გამოიყენება აკუმულატორთან შეერთების დროს, გამოიყენება მოდულების და კაბელების დასაცავად ჭარბი დენისგან, რომელიც შეიძლება წარმოიქმნას სხვადასხვა პირობების გამო. დნობადი მცველის ნომინალური დენი აუცილებელია შეირჩეს სტრინგის მაქსიმალური დენის მიხედვით.

აკუმულატორის ორი პოლუსის მოკლე ჩართვა გამოყოფს ძალიან მაღალ დენს, რაც უფრო დიდია სიმძლავრე, მით უფრო მაღალია დენი. აკუმულატორის მოკლე ჩართვას ადვილად შეუძლია დაადნოს კაბელები და გამოიწვიოს ხანძარი, ამიტომ აუცილებელია აკუმულატორის ქსელი დაცული იყოს, შესაბამისი დნობადი მცველებით. დნობადი მცველი შერჩეული უნდა იქნეს მაქსიმალური დენის

მიხედვით. მცირე ზომის აკუმულატორებისთვის შესაძლებელია გამოყენებული იქნეს მანქანის დნობადი მცველები.



სურათი 9. დნობადი მცველი



სურათი 10. აკუმულატორის 100A დნობადი მცველი

დიფერენციალური ამომრთველი (RCD-Residual Current Device)

დიფერენციალური ამომრთველი (RCD) არის მოწყობილობა, რომელიც აკონტროლებს დენის განსხვავებას, ფაზის გამტარს და ნეიტრალურ დაბრუნების გამტარს შორის. თუ არსებობს დისბალანსი, რომელიც აღემატება გარკვეულ მნიშვნელობას, ძირითად შემთხვევებში, 30mA, RCD წყვეტს წრედს. ასეთი დისბალანსი შეიძლება მოხდეს მაშინ, როდესაც ადამიანი განიცდის ელექტროშოკის ზემოქმედებას, გაუმართავი აღჭურვილობის გამო, სადაც დენი მიედინება სხეულში და არა უკან, ნეიტრალურ გამტარში.



სურათი 11. დიფერენციალური ამომრთველი (RCD)

გარდამავალი დაბვის დამცავი მოწყობილობა (SPD – Surge protection devices)

SPD არის მოწყობილობა, რომელიც ნორმალურ პირობებში აიზოლირებს ორ დაკავშირებულ პოტენციალს ერთმანეთისგან (მაგ. PV+ და PV-). ჭარბი დაბვის შემთხვევაში SPD ამოქმედდება და იქმნება მოკლე ჩართვა, რაც პოტენციალს ნულამდე დაიყვანს. ეს მოკლე ჩართვა რჩება მანამ, სანამ ტალღა გრძელდება. (მაგ. რამდენიმე მიკროწამი, ელვის დაცემის დროს)

დამუხტვის კონტროლური ან ინვერტერი მუდმივი (DC) შემსვლელი ძალიან მგრძობიარეა გადამეტებული დაბვის მიმართ. ელვის შედეგად გამოწვეულმა ტალღებმა შეიძლება დააზიანოს თქვენი მოწყობილობა, თუმცა რამდენიმე მიკრო წამის მოკლე ჩართვა არ არის საშიში დამუხტვის კონტროლერის ან ინვერტერის მუდმივი (DC) შემსვლელისთვის და ასევე გამოყოფს მინიმალურ ენერგიას აკუმულატორისგან. აუცილებელია DC SPD შერჩევასას, გაითვალისწინოთ სტრინგის დაბვა..

ინვერტერის ცვლადი AC გამომავალი ასევე მგრძობიარეა დაბვის ტალღების მიმართ, რომლებიც შეიძლება გამოწვეული იქნეს, ინდუქციური დატვირთვის ან ელვისებური ტალღების გამო. ბევრ სტრინგის ინვერტერს ჩაშენებული აქვს SPD-ები, როგორც DC, ასევე AC მხარეს. აუცილებელია შემოწმოთ ინვერტერის ტექნიკური მახასიათებლები. ძირითადად ინვერტერებს აქვთ II კლასის SPD.

- I კლასი SPD იცავს დანადგარებს პირდაპირ ელვისებური დარტყმისგან.

10/350µs ის ხასიათდება მიკროწამის დენის ტალღით.

- II კლასი SPD არის ძირითადი დაცვის სისტემა ყველა დაბალი დაბვის ელექტრო დანადგარებისთვის, ის ხელს უშლის დაბვის გავრცელებას ელექტრო დანადგარებში და იცავს ტვირთს.

ის ხასიათდება 8/20µs მიკროწამის დენის ტალღით.

- III კლასი SPD აქვს განმუხტვის დაბალი სიმძლავრე, ისინი სავალდებულოა დამონტაჟდეს, როგორც II კლასის SPD-ის დანამატი და მგრძობიარე ტვირთების სიახლოვეს.

ის ხასიათდება დაბვის ტალღით 1.2/50µs მიკრო წამის და დენის ტალღის 8/20µs მიკროწამის კომბინაციით.



სურათი 12. SPD

3.8. სწრაფი გამორთვის დაცვა (RAPID SHUTDOWN)

ელექტროენერგია მზის მასივსა და სტრინგის ინვერტერს შორის შესაძლებელია გამოირთოს, როგორც ხელით, ასევე – ავტომატურად.

როდესაც ქსელი გათიშულია, ინვერტერები ავტომატურად წყვეტენ ელექტროენერგიის გამომუშავებას. ეს „ანტი-კუნძულოვანი“ დაცვის ფუნქცია ხელს უშლის ფოტოელექტრულ სისტემას, რომ ქსელში არ გაუშვას ელექტროენერგია, როდესაც ქსელი ავარიულად არის გამორთული, ან გეგმიური სამუშაოების გამო, ამ ფუნქციის საშუალებით ხდება ქსელში მომუშავე პერსონალის დაცვა. როდესაც ქსელი არ არის გათიშული, DC გამთიშველი, რომელიც დამონტაჟებულია ინვერტერზე, უზრუნველყოფს მექანიკურ საშუალებას, რათა გათიშოს მზის მოდულების გენერაცია, ინვერტერსა და მოდულს შორის.

თუმცა ფოტოვოლტური მოდულები დღის საათებში ყოველთვის გამოიმუშავებენ ელექტროენერგიას. ეს ნიშნავს, რომ ისინი კვებავენ კაბელს, მასივსა და ინვერტერს შორის მაშინაც კი, როდესაც დენი გამორთულია DC გამთიშველით. სწრაფი გათიშვა წყვეტს ელექტროენერგიას ისე, რომ როგორც კომუნალური მომსახურების მუშაკები, ასევე მეხანძრეები და სხვა ოპერატიული სამსახურის თანამშრომლები არ ექვემდებარებიან ელექტრული შოკის რისკს, თუ ისინი მუშაობენ გაყვანილობის ან სხვა

კომპონენტების გარშემო, სისტემის DC მხარეს.

მიკროინვერტერებს გააჩნიათ ავტომატური გამორთვის შესაძლებლობა. სტრინგის ინვერტერებს კი ესაჭიროება დამატებითი სწრაფი გამორთვის საკონტროლო დილაკის ან გადამრთველის დამონტაჟება.

სწრაფი გამორთვის საკონტროლო დილაკი ან გადამრთველი არის სწრაფი გამორთვის სისტემის კვანძი, რომელიც ინვერტერთან დაკავშირებულია საკომუნიკაციო კაბელით. დილაკის ან გადამრთველის საშუალებით გადაუდებელი დახმარების ოპერატორს საშუალება აქვს გათიშოს მთლიანი სისტემა, ფორსმაჟორული სიტუაციის დროს.



სურათი 13. სწრაფი გამორთვის დილაკი

3.9. მეხამრიდი და დამიწება

მზის ფოტოელექტრული სისტემის მეხამრიდის აუცილებლობა დამოკიდებულია მეხის დარტყმის რისკზე და რეგიონზე, თუ რამდენად ხშირია მეხის ჩამოვარდა. მეხამრიდის მოწყობა დიდ ხარჯებთანაა დაკავშირებული, ამიტომ ისეთ რაიონებში, სადაც მეხის ჩამოვარდნა იშვიათია, აუცილებლობას არ წარმოადგენს მათი მონტაჟი. გარკვეულ შემთხვევებში, კონკრეტული ტიპის შენობებს სჭირდებათ მეხამრიდი სისტემა, მათი ფუნქციის და სამართლებრივი რეგულაციების გამო. თუ შენობისთვის აუცილებელია მეხამრიდის მოწყობა, მზის ფოტოელექტრული სისტემაც უნდა იყოს ინტეგრირებული.

თუმცა, მზის ფოტოელექტრული სისტემა არ ზრდის შენობაზე მეხის დაცემის რისკს, თუ მისი მონტაჟი მნიშვნელოვნად არ ცვლის შენობის ფორმას.

გარე მეხამრიდი სისტემა (External LPS – lightning protection system)

პირდაპირი მეხის დაცემის დროს, გარე მეხამრიდის სისტემის ფუნქციაა, რომ თავიდან აიცილოს სიცოცხლის დაზიანება, ასევე სტრუქტურის ფიზიკური დაზიანება მეხის დენისგან და ნაპერწკლისგან.

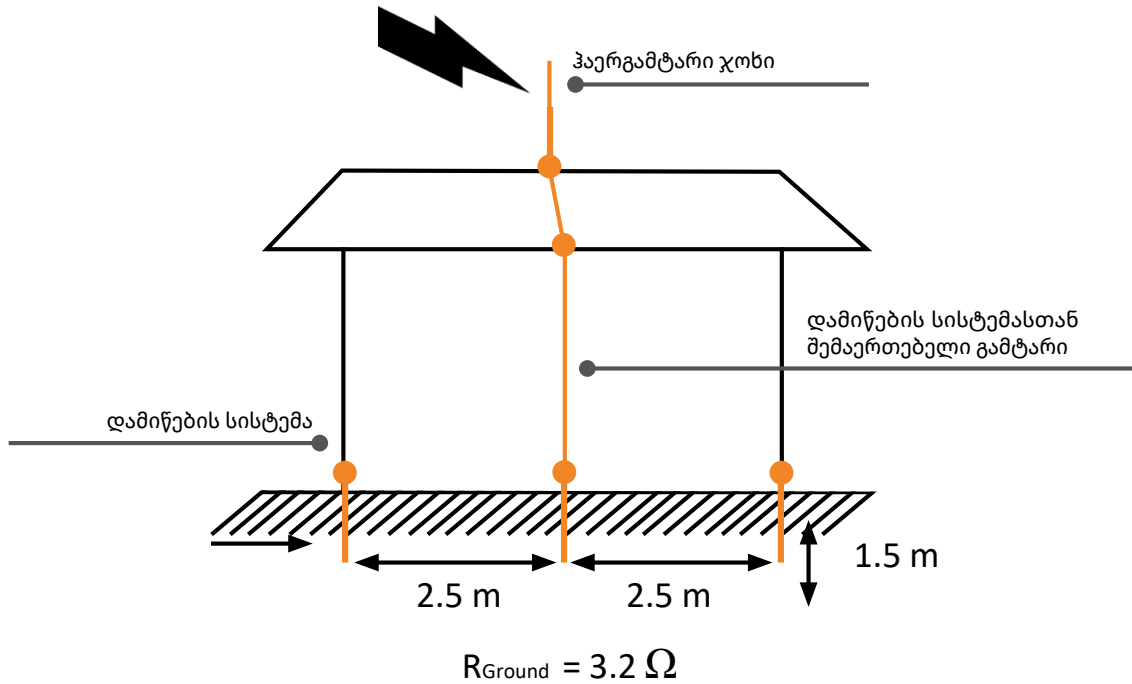
მზის ფოტოელექტრული სისტემის კომპონენტები

გარე მეხამრიდი სისტემა შედგება:

- ჰაერგამტარი ჯოხი (მეხის დამჭერი);
- ქვემოთ ჩამომსვლელი კონდუქტორი (შინი სპილენძის);
- დამიწების სისტემა.

- დამიწების სისტემა

გარე მეხამრიდის სისტემამ მეხის დაცემა უსაფრთხოდ უნდა გაატაროს მიწისკენ, ზედმეტი სითბოს ან ნაპერწკლების გარეშე, რათა თავიდან იქნეს აცილებული დაზიანებები.



შიდა მეხამრიდი სისტემა (Internal LPS – lightning protection system)

შიდა მეხამრიდი სისტემის ფუნქციაა, თავიდან აიცილოს სიცოცხლესთან დაკავშირებული რისკი და ელექტრული და ელექტრონული სისტემების დაზიანება, რომელიც გამოწვეულია ახლომდებარე მეხის დარტყმით გამოწვეული მაღალი ძაბვით.

შიდა მეხამრიდი სისტემა შედგება:

- ყველა ლითონის კორპუსის და კონსტრუქციის დამიწება;
- გამტარების თანაბარი პოტენციალის შეერთება SPD-სთან;
- ადჟურვილობის და გამტარების დაცვა ელექტრომაგნიტური ინდუქციისგან.

მეხის მიერ გამოწვეული მაღალი ძაბვისგან პირველადი დამცავი ზომებია: დამიწება, თანაბარი პოტენციალის შეერთება, გამტარების რაც შეიძლება მოკლე განლაგება.

დამიწება

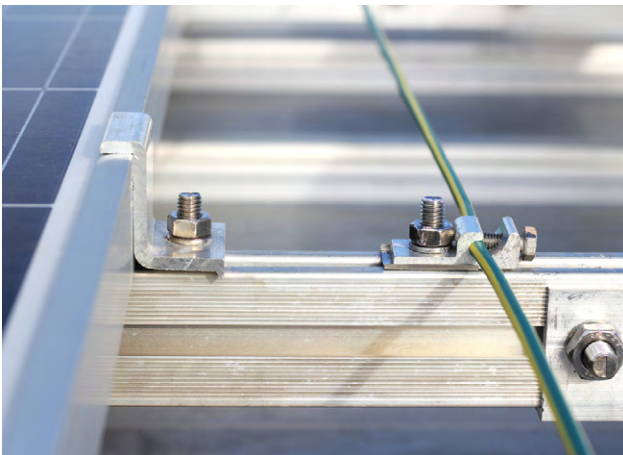
მზის ფოტოელექტრული სისტემებისთვის არსებობს ორი ტიპის დამიწება:

- მოწყობილობების დამიწება,
- სისტემის დამიწება.

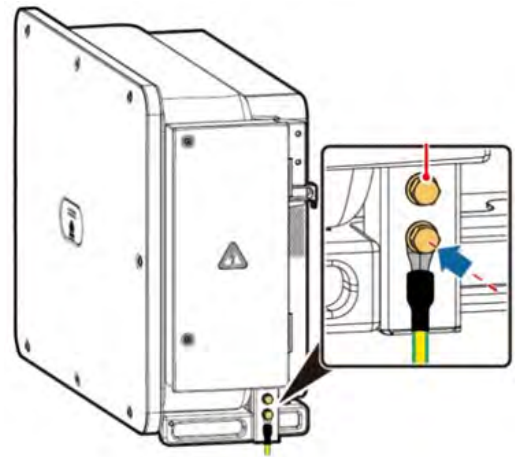


მოწყობილობების დამიწება

მოწყობილობის დამიწება ნიშნავს, სადგურზე არსებული ყველა ლითონის სხეულის დაკავშირებას, დამიწების კონტურთან. მათ შორისაა: მზის პანელის ჩარჩოები, ინვერტერების და დამტენის კონტროლერის კორპუსები, ლითონის გამანაწილებელი ყუთები. კარგი დამიწების შემთხვევაში, მეხის დარტყმის დროს წარმოქმნილი მაღალი ძაბვისგან დაცული იქნება მოწყობილობები და გადარჩება დაზიანებისგან. თუ დამიწება(PE) არ იქნება კარგად შესრულებული, ამან, შესაძლოა, გამოიწვიოს ადამიანების და მოწყობილობების დაზიანება.




სურათი 14. მზის ფოტოელექტრული მოდულის დამიწება



სურათი 15. ინვერტერზე დამიწების კაბელის მონტაჟი

მზის სისტემის დამიწება

მზის სისტემის დამიწება ნიშნავს აკუმულატორის დადებითი ან უარყოფითი ტერმინალის მიწასთან დაკავშირებას. სისტემის დამიწება აუცილებელია მხოლოდ მაშინ, როდესაც მწარმოებელი კომპანია ითხოვს ამას, მათი აღჭურვილობის სათანადო ფუნქციონირებისათვის. ასევე, ზოგიერთი დამცავი მოწყობილობა, როგორცაა DC  **RCD**, არ იმუშავებს სისტემის დამიწების გარეშე.

4. ფოტოელექტრონული სისტემების საფუძვლები

სანამ დაიწყებთ სადგურის პროექტირებას, აუცილებელია, იცოდეთ ფოტოელექტრონული სისტემის ფუნდამენტები, მიმდევრობითი და პარალელური

შეერთება, ელექტრული წრედების მინიმალური წესები, I-V მრუდები. ქვემოთ თავებში განხილული იქნება თითოეული მათგანი.

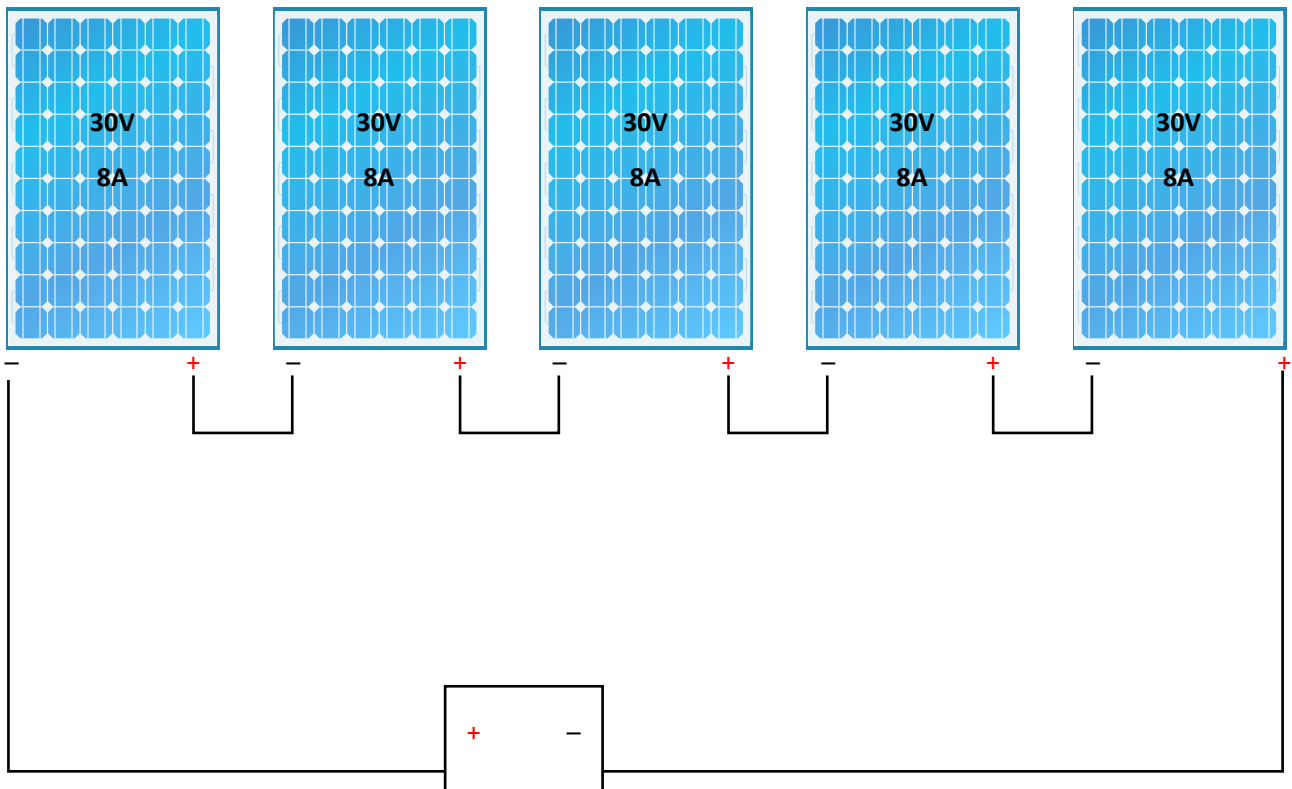
4.1. მიმდევრობითი და პარალელური შეერთება

მიმდევრობითი და პარალელური შეერთება არის ორი კონფიგურაცია, რომელიც გამოიყენება ფოტოვოლტური სისტემის სხვადასხვა ნაწილებისთვის. თითოეული მოდული ერთმანეთთან არის დაკავშირებული მიმდევრობით, რომლებიც ერთობლივად ქმნიან მწკრივს (სტრინგს). შემდგომ უკვე ეს მწკრივები პარალელურად არის დაკავშირებული სისტემის დანარჩენ ნაწილზე, კვებამდე. ქსელის გარეშე სისტემებში ასევე გამოიყენებენ პარალელურ და

მიმდევრობით შეერთებას აკუმულატორებისთვის.

მიმდევრობითი შეერთების დროს თქვენ აერთებთ ერთი მოდულის პოზიტიურ (+) კაბელს მეორე მოდულის უარყოფით (-) კაბელს.

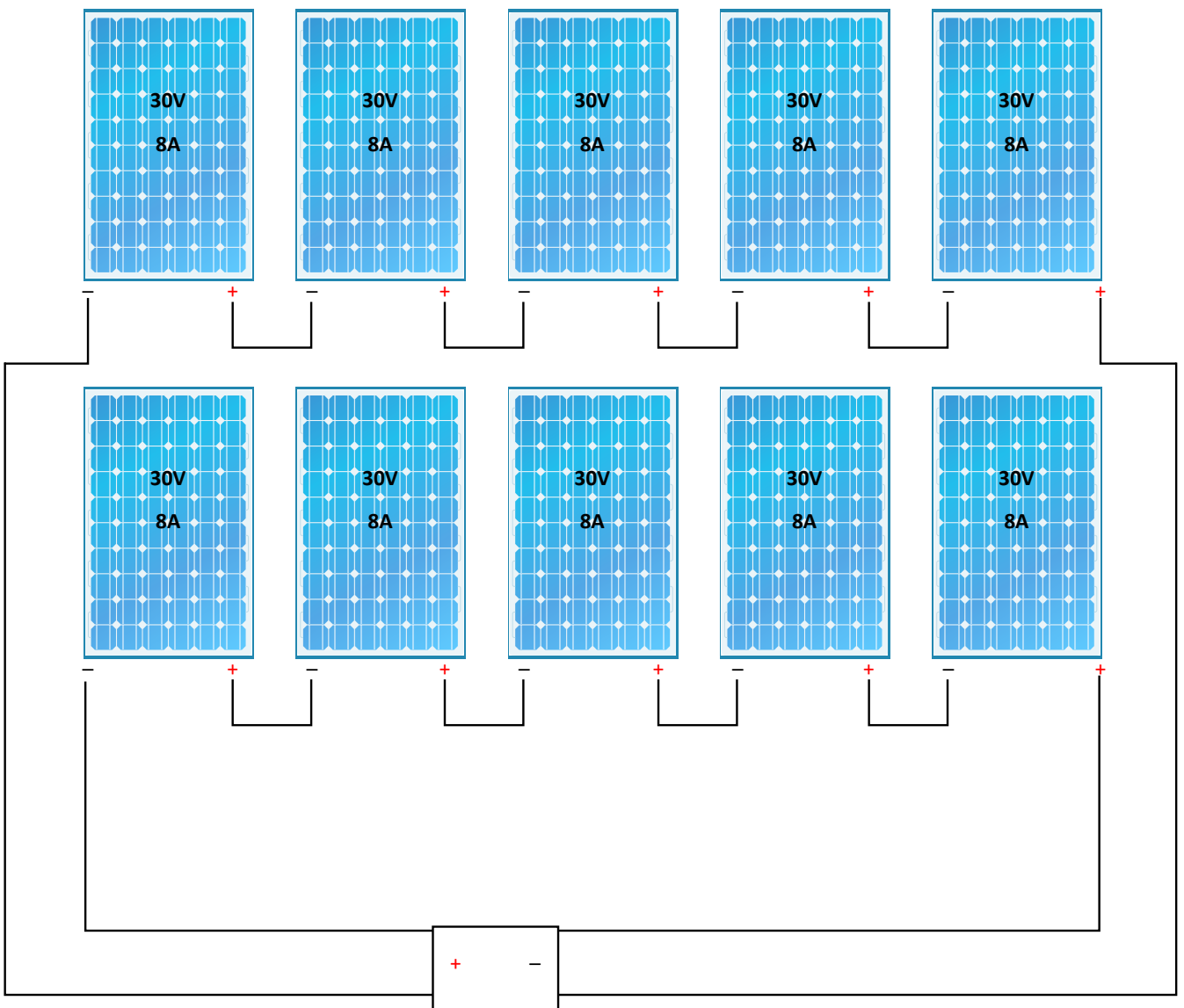
მიმდევრობითი შეერთების დროს, დაბეჭდები იკრიბება, ხოლო დენი რჩება უცვლელი. მაგალითად, თუ თქვენ გაქვთ 5 მოდული მიმდევრობითი შეერთების მწკრივში და თითოეულს აქვს გამომავალი დაბეჭა 30 V და დენი 8 A, ამ მწკრივის დაბეჭის მაჩვენებელი.



პარალელური შეერთების დროს, თქვენ აერთებთ ერთი მოდულის პოზიტიურ (+) კაბელს მეორე მოდულის პოზიტიურ (+) კაბელთან, ასევე ერთი მოდულის ნეგატიურ (-) კაბელს – მეორე მოდულის ნეგატიურ (-) კაბელთან.

პარალელური შეერთების დროს, დენები იკრიბება, ხოლო დაბრუნება კი რჩება უცვლელი. მაგალითად, თუ

გვაქვს ორი მწკრივი, რომელთა დაბრუნება არის 150V, ხოლო დენი 8A და ისინი შეერთეთ პარალელურად, მათი გამომავალი დაბრუნება იქნება 150V ხოლო დენი 16A. ($V \times A = P$, გახსოვდეთ, რომ ვოლტი \times დაბრუნება = ვატი, ამიტომ ამ მასივს აქვს ნომინალური სიმძლავრე $150 \times 16 = 2400$ ვატი = 2,4კვტ)



მიზეზი იმისა, რომ მოდულებს მიმდევრობით ვაერთებთ და მწკრივებს(სტრინგებს) პარალელურად, და არა პირიქით, დამოკიდებულია ატმოსფერული პირობების, ამ შემთხვევაში ინვერტერის შესაძლებლობებზე და თავსებადობაზე. ფოტოვოლტური მოდულების გამომავალი დაბრუნება შედარებით დაბალია და არის

30-49 V დიაპაზონში, ხოლო მათი დენი 8-14,5 A დიაპაზონში. ყველა ინვერტერს გააჩნია MPPT შემავალი დაბრუნების დიაპაზონი და ასევე შემავალი დენის პარამეტრი. აქედან გამომდინარე, აუცილებელია, მოხდეს მწკრივის დაპროექტება ისე, რომ თავსებადი იყოს ინვერტერის პარამეტრებთან.

4.2. I-V მრუდი

I-V მრუდი დაგენმარებათ გაიგოთ ფოტოვოლტური მოდულის სპეციფიკაციები, რომლებსაც გამოიყენებთ თქვენი სისტემის დაპროექტების დროს.

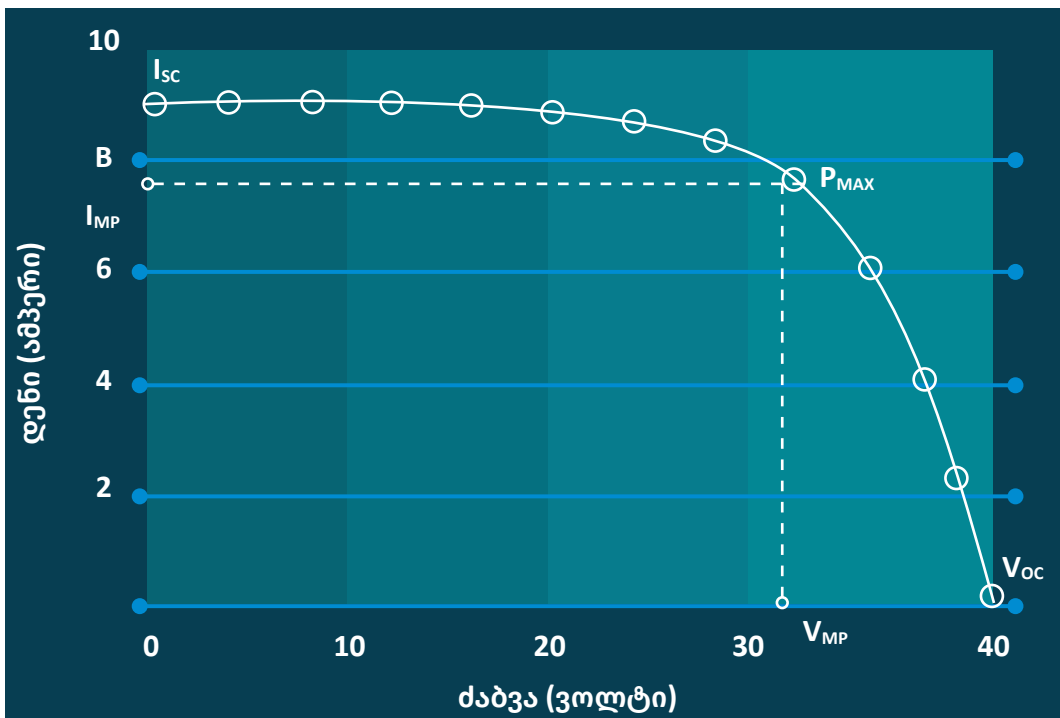
I-V მრუდი არის გრაფიკული წარმოდგენა დენსა (I) და ძაბვას შორის ელექტრულ მოწყობილობებში, როგორცაა ფოტოვოლტური მოდული. ვინაიდან ელექტრული სიმძლავრე (P) იზომება ვატებში და არის დენის და ძაბვის ნამრავლი, I-V მრუდი გვიჩვენებს, თუ როგორ მოქმედებს დენის ან ძაბვის ცვლილებები ელექტრო გამომავალზე:

$$P(\text{სიმ ძლავრე}) = I(\text{დენი}) \times V(\text{ძაბვა})$$

და

$$1 \text{ ვტ} = 1 \text{ ა} \times 1 \text{ ვ}$$

როგორც ხედავთ, ერთი ფოტოვოლტური მოდულის I-V მრუდში, რომელიც ქვემოთ არის მოცემული, როდესაც ძაბვა უმაღლეს წერტილშია (ამ მაგალითისთვის 40 ვ) დენი არის 0 ტოლი. ეს ნიშნავს იმას, რომ გამომავალი სიმძლავრე არის 0-ის ტოლი ($40 \times 0 = 0 \text{ ვტ}$), პირიქით როდესაც დენი უმაღლეს წერტილშია (ამ მაგალითისთვის 9 ა), მაგრამ ძაბვა არის 0-ის ტოლი, ისევე სიმძლავრე არის 0-ის ტოლი ($9 \times 0 = 0 \text{ ვტ}$). აქედან გამომდინარე, თქვენ უნდა დაამყაროთ ბალანსი დენსა და ძაბვას შორის, რათა მიიღოთ მაქსიმალური გამომავალი სიმძლავრე.



სურათი 16. ერთი მოდულის I-V მრუდი

ამ მრუდში, თითოეულ წერტილში არის სიმძლავრის მნიშვნელობა ვატებში, რომელიც დაკავშირებულია ამ წერტილის დენტან (ამპერი) და ძაბვასთან (ვოლტი). მოდულის გამომსვლელზე თქვენ მიიღებთ ყველაზე მეტ ელექტროენერგიას მაშინ, როდესაც თქვენ გაქვთ როგორც დენის, ასევე ძაბვის უმაღლესი კომბინირებული მნიშვნელობები I-V

მრუდის გასწვრივ, ანუ როდესაც დენისა და ძაბვის ნამრავლი არის უდიდესი. ამ წერტილს ეწოდება მაქსიმალური სიმძლავრის წერტილი (MPP). ეს ყოველთვის ახლოსაა I-V მრუდის „მუხლთან“. ამ მაგალითში, „MPP“ არის დაახლოებით 33 ვოლტზე და 7.6 ამპერზე. ეს არის ადგილი, სადაც ჩვენ გვინდა, რომ მოდულმა იმუშაოს, რაც ნომინალური

გამომავალი სიმძლავრის ტოლია – $33 \times 7,6 = 250,8$ ვტ. DC-AC ინვერტერი, როგორც სიმებიანი ინვერტერი, ასევე მიკროინვერტერი, ამოიცნობენ დენსა და დაბვას მოდულის ან მწკრივის წრედში და შემდეგ ცვლიან წინააღმდეგობის დონეს წრედში, დაბვისა და დენის დასარეგულირებლად, რათა ყოველთვის მოხვდეს მაქსიმალურ სიმძლავრის წერტილზე (MPP). თუ დენი ეცემა (მაგ. მზეს ღრუბელი მოეფარა), ინვერტერი არეგულირებს წინააღმდეგობას, რათა შეცვალოს დაბვა და შეინარჩუნოს მაქსიმალური

სიმძლავრის წერტილი (MPP) დაბალი დენის მნიშვნელობაზე. როდესაც მზე გამოდის და დენი იმატებს, ინვერტერი კვლავ არეგულირებს წინააღმდეგობას, ცვლის დაბვას და ისევ ინარჩუნებს მაქსიმალური სიმძლავრის წერტილს (MPP). მაქსიმალური სიმძლავრის წერტილის თრეკინგი (MPPT) ფოტოვოლტური სისტემის მფლობელს უზრუნველყოფს, გამოიმუშაოს მაქსიმალური სიმძლავრე ამინდის სხვადასხვა პირობებში.

4.3. მუდმივი დენის (DC) ელექტრული წრედის წესები

ელექტრული წრედის სამი ძირითადი წესი, რომელიც არეგულირებს ძირითადი DC ელექტრული სქემების ქცევას მიმდევრობით და პარალელურად შეერთების დროს. ეს ეფუძნება მეცნიერულ პრინციპებს, რომელიც ცნობილია როგორც კირხჰოფის კანონები:

- როდესაც მოდულები მიმდევრობით არის შეერთებული, დაბვები იკრიბება, ხოლო დენები იგივე რჩება.
- როდესაც მოდულები პარალელურად არის შეერთებული, თითოეული მწკრივის დაბვა იგივე რჩება.
- როდესაც მოდულები პარალელურად არის შეერთებული, მწკრივების ჯამური დენები იკრიბება, ხოლო თითოეული მწკრივის დაბვა უცვლელი რჩება.

მოდულებისა და მწკრივების გამომავალი მნიშვნელობების გაანგარიშების დროს, აუცილებელია,

გაითვალისწინოთ ეს სამი წესი. ასევე, აუცილებელია, დარწმუნდეთ, რომ მიღებული მნიშვნელობები თავსებადია თქვენი ინვერტერის სპეციფიკაციებთან.

სიმებიანი ინვერტერის გამოყენების დროს, აუცილებელია, ერთ მასივში გამოყენებულ მწკრივებს (სტრინგებს) ჰქონდეს ერთი და იმავე მოდულების რაოდენობა. მაგალითად, თუ თქვენს მასივს ექნება სულ 22 მოდული, აუცილებელია, ეს მოდულები მწკრივებში გადანაწილდეს თანაბრად. სხვადასხვა ზომის მწკრივების შეერთების დროს, მეორე კანონის თანახმად, პარალელური შეერთებული მიკროსქემის მწკრივებს უნდა ჰქონდეთ ერთი და იგივე დაბვა. არათანაბარი მწკრივების შემთხვევაში, ერთი იმუშავებს ოპტიმალურ მნიშვნელობაზე მაღლა, ხოლო მეორე იმუშავებს ოპტიმალურ მნიშვნელობაზე ქვემოთ, რაც გამოიწვევს გენერაციის კარგვას, რადგან არცერთი მწკრივი არ იმუშავებს თავისი მაქსიმალური სიმძლავრის წერტილში

5. მზის ელექტროსადგურის შეერთების ტიპები

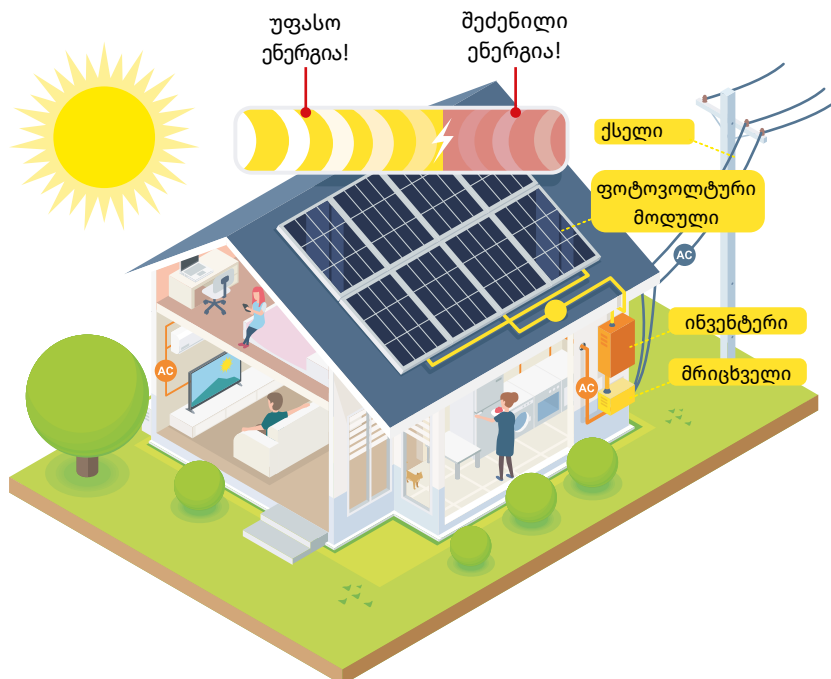
მზის ელექტროსადგური შესაძლებელია დამონტაჟდეს სხვადასხვა კონფიგურაციით. ამ თავებში გავცნობით სამი ტიპის მზის ელექტროსადგურს, ქსელთან მიერთებულ, ქსელის გარეშე

მომუშავე(ავტონომიური) და ჰიბრიდული მზის ელექტროსადგურების ტიპებს, და მათი ფუნქციონირებისთვის საჭირო კომპონენტებს.

5.1. ქსელთან მიერთებული მზის ელექტრო სადგური

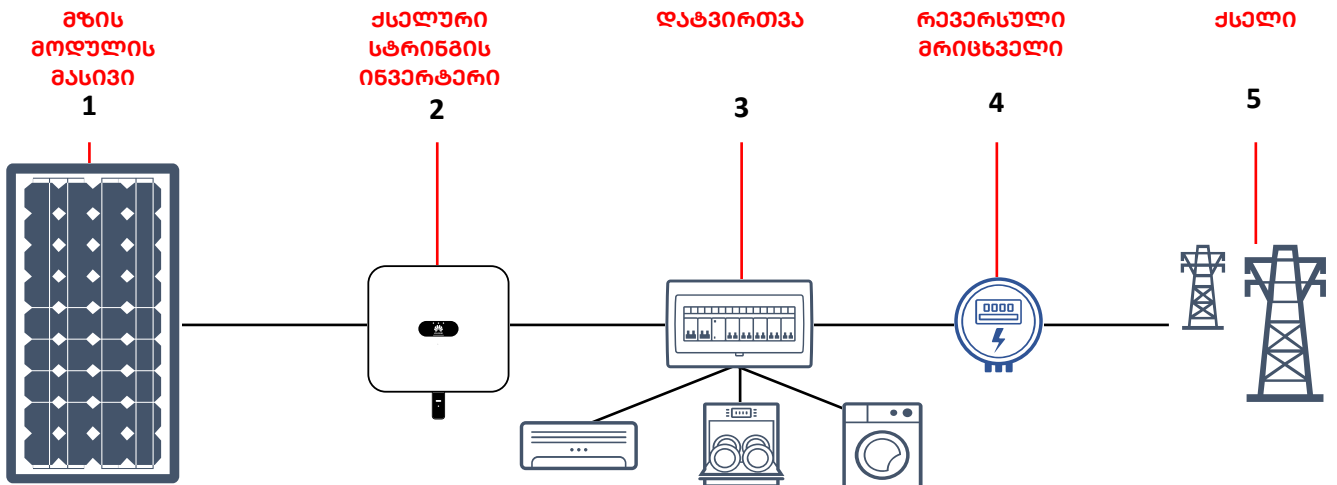
ქსელთან მიერთებული მზის ელექტროსადგურები ყველაზე გავრცელებული ტიპის მზის სადგურებია, ის ასევე ყველაზე მარტივად შესასრულებელი და იაფია. ქსელთან მიერთებული მზის ელექტროსადგური, როდესაც ნეტო სისტემაშია ჩართული, უერთდება ქსელს და იყენებს ენერჯის „შესანახად“. როდესაც მზის ელექტროსადგური გამოიმუშავებს იმაზე მეტ ენერჯიას, ვიდრე სახლის მოხმარებაა, ჭარბი სიმძლავრე გადაედინება ქსელში და ინახება დადებით ბალანსში, შემდგომ პერიოდში გამოსაყენებლად, ხოლო როდესაც თქვენს სახლს სჭირდება იმაზე მეტი ელექტროენერჯია, ვიდრე

გამოიმუშავებს მზის ელექტროსადგური, დეფიციტის შევსება ხდება ქსელიდან. ასევე, ესეთი ტიპის მზის ელექტროსადგურები არის იაფი და მარტივად მოსავლელი, მაგრამ მათ გააჩნიათ თავისი მინუსები. კერძოდ, როდესაც შეწყდება ქსელიდან ძაბვა, ინვერტერი ითიშება და გადადის ავარიულ რეჟიმში, ეს არის ავტომატური გამორთვის ფუნქცია, რომელსაც ეწოდება ანტი-კუნძულოვანი დაცვა (Anti-islanding Protection). ეს დაცვა საჭიროა ქსელის ოპერატორის პერსონალის უსაფრთხოებისთვის, რადგან დაიცვას ქსელში მომუშავე პერსონალი ელექტროშოკისგან.



ქსელთან დაკავშირებულ მზის ელექტროსადგურებს შეუძლიათ გამოიყენონ ერთი ან რამდენიმე ინვერტერი, რომელიც გარდაქმნის მუდმივ ენერჯიას DC, ცვლად ენერჯიად AC. ასევე, ქსელში ჩართულ სადგურებში შესაძლებელია გამოყენებული იქნეს [მიკრო ინვერტერები](#).

ქსელში ჩართულ მზის ელექტროსადგურებში, მოდულებისთვის შესაძლებელია გამოყენებული იქნეს DC ოპტიმაიზერები, რომელთა ფუნქცია განხილული [3.2 თავში](#).



5.2. ქსელის გარეშე მომუშავე მზის ელექტროსადგური (ავტონომიური მზის ელექტროსადგური)

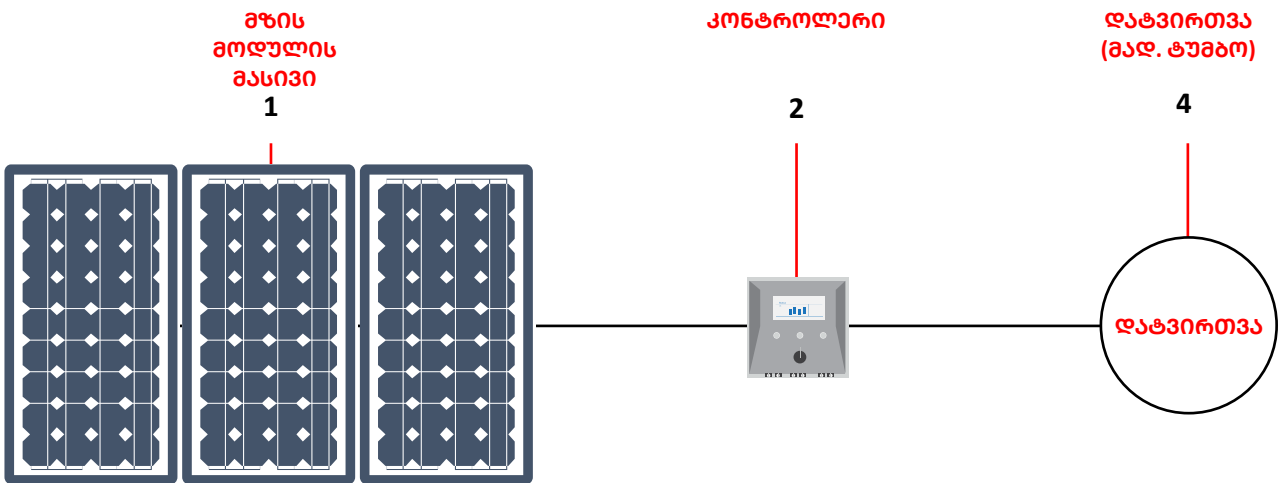
ქსელის გარეშე მომუშავე სისტემებს არ აქვთ კომუნალური კავშირი ქსელთან. შესაბამისად, ასეთი ტიპის მზის სადგურები გამოიყენება ისეთ ადგილებში, სადაც ქსელი არ არსებობს და ვერ ხდება მისი მიყვანა.

არსებობს სამი ტიპის ავტონომიური მზის ელექტროსადგური:

1. ავტონომიური მზის ელექტროსადგური აკუმულატორების გარეშე. მხოლოდ მუდმივ (DC) დენზე მომუშავე;

2. ავტონომიური მზის ელექტროსადგური აკუმულატორებით, მხოლოდ მუდმივ (DC) დენზე მომუშავე;
3. ავტონომიური მზის ელექტროსადგური აკუმულატორებით, ცვლად (AC) დენზე მომუშავე.
4. ავტონომიური მზის ელექტროსადგური, რომელიც მუშაობს აკუმულატორების გარეშე, ძირითადად, გამოიყენება ისეთი სისტემებისთვის, რომლებსაც ელექტორენერჯია სჭირდება მხოლოდ დღის განმავლობაში და არ სჭირდება ღამით. ასეთ სისტემებში გამოიყენება მხოლოდ კონტროლერი და მზის მოდულები.

■ მზის ელექტროსადგურის შეერთების ტიპები



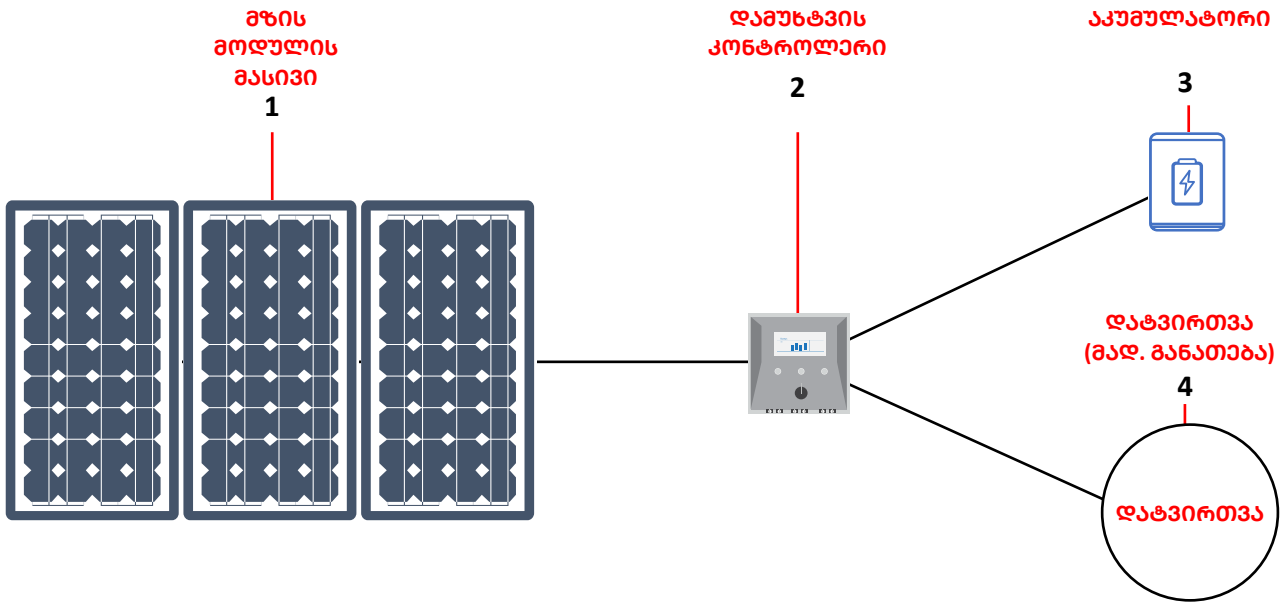
ერთ-ერთი მაგალითი, რისთვისაც შეიძლება გამოყენებული იქნეს მსგავსი ტიპის სადგური არის წყლის ამოტუმბვა. ამ შემთხვევაში, აუცილებელია, ტუმბო მუშაობდეს მუდმივ (DC) დენზე. ასეთ სადგურებში გამოიყენება კონტროლერები, რომელთა

ძირითადი ფუნქციაა, სისტემის კონტროლი და სისტემაში ჩართული კომპონენტების დაცვა. მაგალითად, როდესაც დაბალი ძაბვაა (არასაკმარისი მზეა) კონტროლერმა უნდა უზრუნველყოს დატვირთვის გათიშვა.



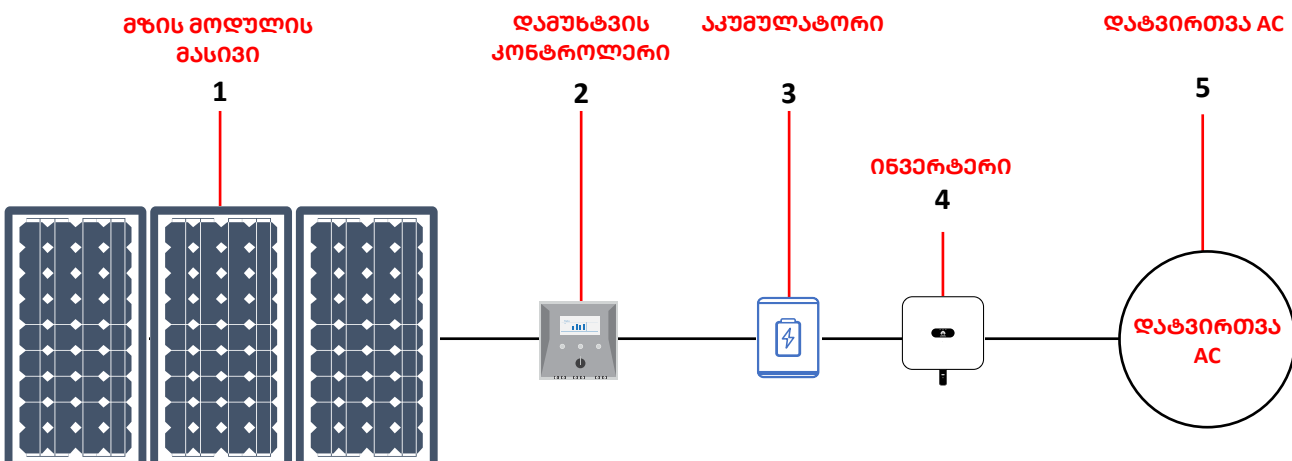
5. ავტონომიური მზის ელექტროსადგური, რომელიც მუშაობს აკუმულატორებთან ერთად და მოიხმარება მხოლოდ მუდმივი (DC) დენის დატვირთვისთვის, ძირითადად, გამოიყენება ისეთი სისტემებისთვის, სადაც

ელექტორენერგია სჭირდებათ ღამის განმავლობაშიც. ესეთი სისტემები, ძირითადად, გამოიყენება არაკრიტიკული სისტემებისთვის, რომელთაც დიდი დატვირთვა არ აქვთ. მაგალითად, მუდმივი დენის ნათურებისთვის, მობილურის დამტენებისათვის და სხვა.



6. ავტონომიური მზის ელექტროსადგური, რომელიც მუშაობს აკუმულატორებთან ერთად და მოიხმარება ცვლადი (AC) დენის დატვირთვისთვის, ძირითადად გამოიყენება იმ სიტუაციებში, სადაც ქსელთან კავშირი არ არსებობს და აუცილებელია დანადგარისათვის, ან, თუნდაც, სახლის კვებისათვის ცვლადი (AC) დენი. ესეთი ტიპის სადგურებში დატენვის

კონტროლერთან ერთად აუცილებელია, გამოყენებული იქნეს ინვერტერი, რათა მოხდეს მუდმივი(DC) დენის ცვლად (AC) დენად გარდაქმნა. ასევე, ასეთი სისტემის გამოყენება შესაძლებელია მუდმივი (DC) დენის დატვირთვისათვისაც. მისი მიერთება შესაძლებელია მოხდეს, როგორც პირდაპირ აკუმულატორზე, ასევე კონტროლერზე.



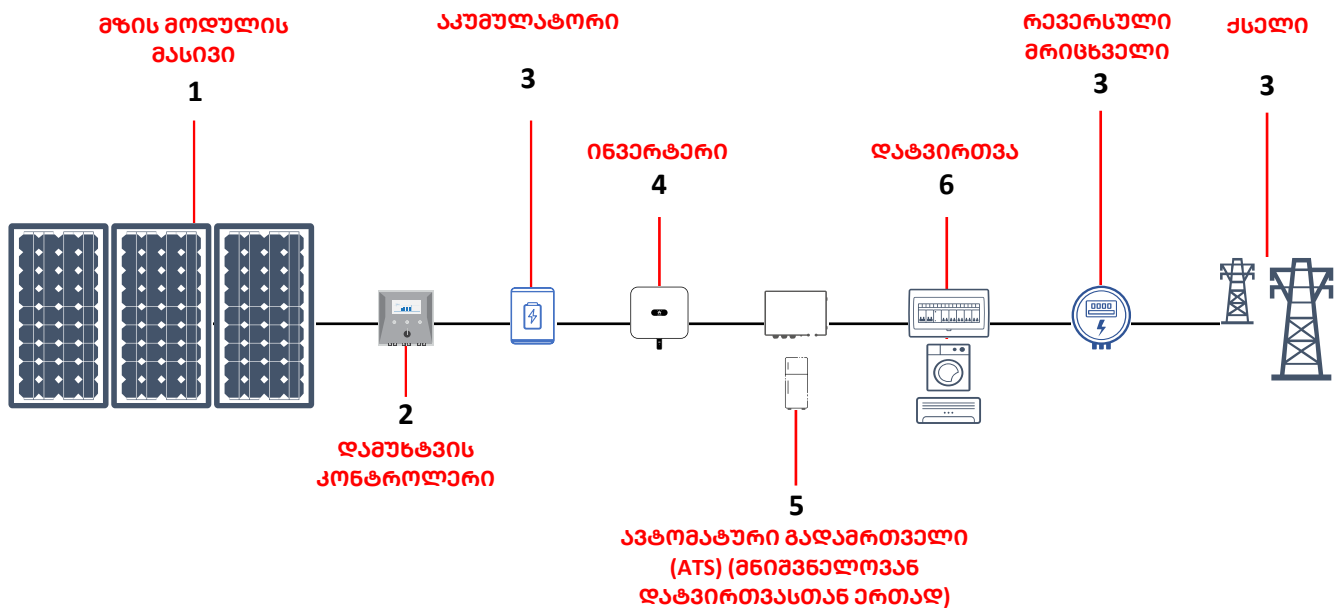
5.3. ჰიბრიდული მზის ელექტროსადგურები

ჰიბრიდული სისტემა ეწოდება ისეთ სისტემას, რომელსაც გააჩნია ერთზე მეტი დენის გენერატორი. მაგალითად, ქარის ტურბინა, მზის მოდულები, დიზელ-გენერატორი და სხვა. ასევე, ჰიბრიდული მზის ელექტროსადგურები ეწოდება ისეთ მზის ელექტროსადგურებს, რომლებიც ქსელში არიან ჩართულნი და, ასევე, მათ გააჩნიათ აკუმულატორები.

მზის ქსელში ჩართული ჰიბრიდული ელექტროსადგურები ჩვეულებრივ ქსელში ჩართულ ელექტროსადგურებთან შედარებით ძვირია. სადგურის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერგია, დღის განმავლობაში, ჭარბი ენერგიის შემთხვევაში, დამუხტავს აკუმულატორებს და ამ ენერგიის გამოყენება შესაძლებელია, როგორც ღამით, ასევე – სარეზერვო

კვებად. როდესაც ქსელი გაითიშება, აკუმულატორები ენერგიას აწვდის მნიშვნელოვან დატვირთვებს, მაგალითად როგორცაა მაცივარი, განათება, კომპიუტერები და სხვა. როგორც წესი, მათი გამოყენება ხდება მხოლოდ მნიშვნელოვანი დატვირთვისთვის და არა სრული სახლისთვის, რადგან ამ უკანასკნელისათვის დაგჭირდებათ უფრო დიდი აკუმულატორების სისტემა, რაც უფრო მეტად გააძვირებს მას.

ამასთან ერთად, აუცილებელია, ასეთ სისტემებში გამოყენებულ იქნეს ავტომატური გადამრთველი (ATS – automatic transfer switch), რათა თქვენ მიერ გამომუშავებული ელექტროენერგია არ გადავიდეს ქსელში და დაცული იყოს ქსელში მომუშავე პერსონალი ელექტროშოკისგან.



6. მზის ფოტოელექტრული სისტემის პროექტირება

ახლა, უკვე, როდესაც განვიხილეთ ფოტოვოლტური სისტემის წესები, დროა, დავიწყოთ პროექტირების პროცესი. ფოტოვოლტური სისტემის დიზაინი, ძირითადად, შედგება სამი მთავარი კომპონენტისგან, რომელიც განხილული იყო მე-3 თავში: ფოტოვოლტური მოდულები, მოდულის დამხმარე კონსტრუქციები და DC-AC ინვერტერი. პროექტირება სრულდება თანმიმდევრობით. პირველ რიგში, აუცილებელია ვიცოდეთ, თუ რა ენერჯიას

მოიხმარს მომხმარებელი წლის განმავლობაში და, ამის შემდგომ, განვსაზღვროთ, ფოტოვოლტური მოდულების რაოდენობა და სიმძლავრე, ანუ DC სიმძლავრე. ამისათვის, აუცილებელია, ავირჩიოთ ფოტოვოლტური მოდული, რომელიც გამოსადეგია თქვენი სისტემისათვის. გარდა ელექტრული პარამეტრებისა, აუცილებელია, გათვალისწინებულ იქნეს მექანიკური პარამეტრები, იმისთვის რომ შეიქმნას მასივის დიზაინი, განსაზღვროთ, თუ როგორ დამონტაჟდება იგი, სახურავზე თუ – მიწაზე.

6.1. პროექტირების ძირითადი წესები

აუცილებელია, რომ მუშაობისას, გახსოვდეთ ორი ძირითადი წესი:

1. იყავით მოქნილი, იმის გამო, რომ სისტემის ყველა კომპონენტი თავსებადი უნდა იყოს ერთმანეთთან და მათი ერთობლიობა უნდა აკმაყოფილებდეს თქვენს ენერგეტიკულ მიზანს და ასევე ბიუჯეტს, შესაძლებელია მოგიწიოთ პროდუქტების შეცვლა, თქვენი პროექტირების დასრულებამდე. არ შეიქმნება ერთ მოდულზე და არ აიძულოთ თქვენი დანარჩენი სისტემის პარამეტრები რომ მას მოერგოს. ერთი და იმავე მიზნის მისაღწევად მრავალი გზა არსებობს და ფოტოვოლტური სისტემის დიზაინის შეცვლა ნორმალური მოვლენაა. ყოველთვის ეცადეთ, შეარჩიოთ სისტემის ისეთი კომპონენტები, რომელიც დააკმაყოფილებს თქვენს ენერგეტიკულ და ფინანსურ მიზანს.

თქვენი საბოლოო ფოტოვოლტური სისტემის დიზაინმა უნდა იმუშაოს, როგორც ელექტრულად ასევე ფიზიკურად, რაც იმას გულისხმობს, რომ ისინი სწორად უნდა იყოს დამონტაჟებული სახურავზე, ან მიწაზე და იყოს მდგრადი, რომელიც გაუძლებს სხვადასხვა ბუნებრივ დატვირთვებს. ფოტოვოლტური მოდულები, რომლებიც აკმაყოფილებენ თქვენს ელექტრულ მიზნებს და ასევე ისინი კარგად მუშაობენ და თავსებადია ინვერტერთან, ერთ-ერთი ელექტრული მოთხოვნაა. ასევე, აუცილებელია, გვახსოვდეს და დავრწმუნდეთ, რომ თქვენი სერიული ან და პარალელური ფოტოვოლტური მოდულის მწკრივები არ არღვევენ DC ელექტრული წრედის პირველ და მესამე წესს. [☞ \(თავი 4.3\)](#)

6.2. ფოტოვოლტური სისტემის პროექტირების ეტაპები

ფოტოვოლტური სისტემის პროექტირებისათვის აუცილებელი ეტაპებია:

- DC სისტემის სიმძლავრე KWp (კვტპიკი), რომელიც AC წლიური ენერჯის საფუძველზე გამოითვლება (კვტსტ/წელიწადში);
- ფოტოვოლტური მოდულების შერჩევა.
 - გამომავალი ელექტრული პარამეტრები (სიმძლავრე(ვტ), ძაბვა (ვ), დენი (ა));
 - მექანიკური ზომები;
 - რამდენად თავსებადია კონსტრუქციასთან;
- მასივის განლაგება;
 - განსაზღვრეთ მოდულების საერთო რაოდენობა და დაგეგმეთ მასივის ფიზიკური განლაგება სახურავზე ან მიწაზე.
- ელექტრული ანგარიშები;
 - გამოიყენეთ ფოტოვოლტური მოდულის სპეციფიკაციები, მწკრივში მიმდევრობით ან პარალელურად ჩართული მოდულების რაოდენობის, სისტემის ძაბვის, დენისა და სიმძლავრის გამოსათვლელად.

- დაადასტურეთ მასივის განლაგება და მწკრივების კონფიგურაცია.
- ინვერტერის შერჩევა;
 - გამოიყენეთ ინვერტერის სპეციფიკაციები ელექტრული გამოთვლების დროს. დარწმუნდით, რომ ინვერტერი თავსებადია ფოტოვოლტური მოდულის მწკრივებთან. (რომელიც შეერთებულია მიმდევრობით ან პარალელურად)
- მექანიკური ანგარიშები;
 - განსაზღვრეთ საკიდების/მიწაზე დასამაგრებელი ელემენტების რაოდენობა (რელსები, ბოძები, დამჭერები და ა.შ.)
- ამომრთველები, მრიცხველები და ა.შ.;
 - გაითვალისწინეთ კომპონენტები, მონტაჟის ადგილის მიხედვით (აუცილებელია შერჩეული იქნეს კვალიფიციური ელექტრო მემონტაჟის მიერ).







6.3. ელექტრული ანგარიშები

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, სისტემის დიზაინის დროს, აუცილებელია, ჩატარდეს ელექტრული ანგარიშები. ფოტოვოლტური სისტემებისათვის არსებობს ძირითადი ორი ანგარიში, 1. DC/AC კოეფიციენტის განსაზღვრა. 2. მწკრივში მიმდევრობით შეერთებული ფოტოვოლტური მოდულების რაოდენობის განსაზღვრა.

6.3.1. DC/AC კოეფიციენტის განსაზღვრა

როდესაც შევარჩევთ ჩვენი სისტემისთვის DC სიმძლავრეს, ამის შემდგომ უნდა შევარჩიოთ ინვერტერი, რომლის გამომავალი არის AC სიმძლავრე.

DC/AC კოეფიციენტი არის, ფოტოვოლტური მოდულის პიკური სიმძლავრის შეფარდება ინვერტერის ნომინალურ სიმძლავრესთან. როგორც მოგეხსენებათ, ფოტოვოლტურ მოდულს აქვს ორი პარამეტრი: STC და NOCT.

*STC:	 გამოსხივება 1000 ვტ/მ ²	 უჯრედის ტემპერატურა 25°C	 AM = 1.5
NOST	 გამოსხივება 800 ვტ/მ ²	 გარემოს ტემპერატურა 20°C	AM = 1.5  ქარის სიჩქარე 1 მ/წმ

DC/AC კოეფიციენტის ანგარიშის დროს, აუცილებელია, გამოყენებული იყოს ფოტოვოლტური მოდულის STC პარამეტრი.

ასევე, ინვერტერს გააჩნია ორი სიმძლავრის პარამეტრი:

მეტრი: 1. ნომინალური სიმძლავრე. 2. მაქსიმალური სიმძლავრე, ხოლო DC/AC კოეფიციენტის ანგარიშის დროს, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, გამოყენებული უნდა იყოს ნომინალური სიმძლავრის პარამეტრი.

		
ფოტოვოლტური 500Wp*20**12	ინვერტერი 100 000 W	ტრანსფორმატორი

DC/AC კოეფიციენტი = (500*20*12)/100000=1.2

ამ შემთხვევაში, 500ვტ პიკი არის ფოტოვოლტური მოდულის მაქსიმალური სიმძლავრე STC პარამეტრის დროს, 20 არის მიმდევრობით შეერთებული მოდულების რაოდენობა, ხოლო 12 – მწკრივების

რაოდენობა. 100 000 ვატი კი არის ინვერტერის ნომინალური სიმძლავრე.

DC/AC კოეფიციენტი ყველა რეგიონისთვის სხვადასხვაა, რომელიც შეგიძლიათ იხილოთ ქვემოთ ცხრილში.

ცხრილი 3.

რეგიონი	ქვეყანა	DC/AC კოეფიციენტი
ევროპა	გერმანია	1.1-1.3
	საფრანგეთი	1.1-1.3
	პოლონეთი	1.2-1.4
	უკრაინა	1.2-1.4
	ესპანეთი	1.1-.1.3
	საქართველო	1.1-1.3

6.3.2. მიმდევრობით შეერთებული ფოტოვოლტური მოდულების მაქსიმალური რაოდენობის განსაზღვრა მწკრივში

აუცილებელია განვსაზღვროთ მიმდევრობით შეერთებული ფოტოვოლტური მოდულის რაოდენობა მწკრივში, რათა თავიდან ავიცილოთ ინვერტერის დაზიანება და სისტემამ იმუშაოს გამართულად. მიმდევრობით ჩართული ფოტოვოლტური მოდულების რაოდენობა მწკრივში, სტანდარტი

IEC-62548- ის მიხედვით, ითვლება ქვემოთ მოცემული ფორმულით:

$$N \leq \frac{V_{dc \max}}{(V_{oc} \times [1 + (t - 25) \times K_v])}$$

სადაც:

V_{dcmax} – მაქსიმალური DC შემსვლელი ძაბვა (V) ნებადართულია ინვერტერის ან მოდულების მიერ;

V_{oc} – ფოტოვოლტური მოდულის ღია წრედის ძაბვა STC პარამეტრის დროს (V);

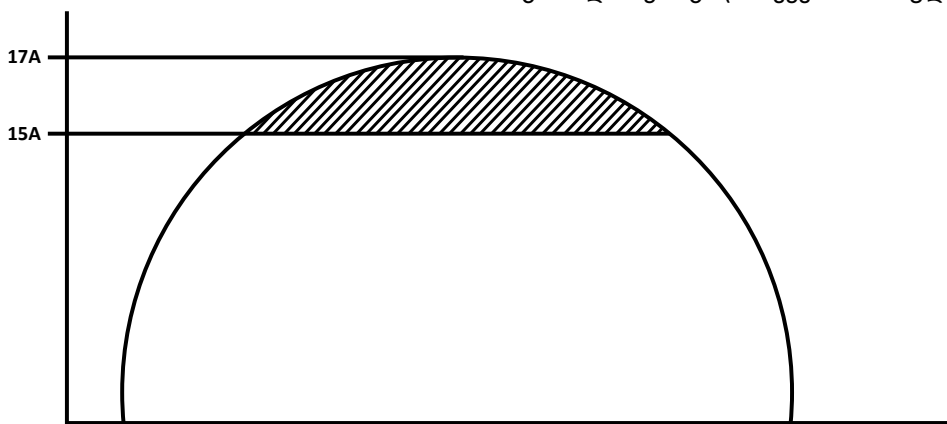
T – მინიმალური ტემპერატურა, რომელიც დაფიქსირებულია ამ რეგიონში ისტორიის განმავლობაში. (°C)

Kv – ღია წრედის დაბვის ტემპერატურის კოეფიციენტი ფოტოვოლტური მოდულისთვის.

N – ფოტოვოლტური მოდულების რაოდენობა მწკრივში.

აუცილებლად უნდა გვახსოვდეს, რომ ინვერტერს გააჩნია შემსვლელი დაბვის სამი პარამეტრი: 1. მაქსიმალური შემსვლელი დაბვა. 2. მინიმალური შემსვლელი დაბვა 3. MPPT მუშაობის დაბვის დიაპაზონი.

მიმდევრობით ჩართული ფოტოვოლტური მოდულების ღია წრედის მაქსიმალური დაბვა ყოველთვის უნდა ხვდებოდეს ინვერტერის MPPT დაბვის დიაპაზონში.



მაგალითად, ინვერტერს აქვს ერთი შემავალი ერთ MPPT-ზე და მისი მაქსიმალური შემავალი დენი არის 15 ამპერის ტოლი, ხოლო ჩვენი მწკრივის მაქსიმალური მუშა დენი არის 17 ამპერის ტოლი. ამ შემთხვევაში, ასეთი შეერთება არ გამოიწვევს ინვერტერის დაზიანებას, მაგრამ, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, მოხდება ენერჯის დანაკარგი, რომელიც ნათლად ჩანს მრუდზე: გაფერადებული ნაწილი არის ენერჯის დანაკარგი.

რაც შეეხება მოკლე შერთვის დენს, ეს არის ის პარამეტრი, რომლის უგულვებლყოფა არ შეიძლება და აუცილებლად უნდა გავითვალისწინოთ

6.3.3. მუშა და მოკლე შერთვის დენის განხილვა (Imp, Isc)

ფოტოვოლტურ მოდულებს გააჩნია დენის ორი პარამეტრი: 1. Imp – მაქსიმალური მუშა დენი, 2. Isc მოკლე შერთვის დენი.

როდესაც ინვერტერს ვირჩევთ, აუცილებლად უნდა გავითვალისწინოთ ინვერტერის შემავალი დენის პარამეტრებიც. არსებობს ინვერტერები, რომლებსაც ერთ MPPT-ზე ერთი შემავალი აქვს, ასევე არსებობს ინვერტერები, რომლებსაც ერთ MPPT-ზე ერთზე მეტი შემავალი აქვს. როდესაც ვაკეთებთ მწკრივის დიზაინს და ვარჩევთ მწკრივების რაოდენობას ინვერტერისთვის, აუცილებლად უნდა გავითვალისწინოთ ინვერტერის მაქსიმალური შემავალი დენი და მაქსიმალური მოკლე შერთვის დენი ერთი MPPT-ისთვის.

როდესაც მწკრივის მაქსიმალური მუშა დენი მეტია ინვერტერის მაქსიმალურ შემსვლელ დენზე, ეს არ გამოიწვევს მის დაზიანებას მაგრამ მოხდება ენერჯის დანაკარგი (იხ. ქვემოთ მრუდი).

ანგარიშების დროს.

სტანდარტი IEC 62109-1 ითვალისწინებს, რომ აუცილებლად ინვერტერის მოკლე შერთვის დენსა და მწკრივის მოკლე შერთვის დენს შორის, გათვალისწინებული უნდა იყოს 25% რეზერვი, STC პარამეტრისათვის, გარდა იმ შემთხვევებისა, როდესაც ასევე ინვერტერისათვის ჭარბი დენისაგან დამცავი დამატებითი დამცავი მოწყობილობებია დამონტაჟებული.

შესაბამისად, ფოტოვოლტური მოდულის $Isc * 1.25 < Isc$ ინვერტერი.



ICCA

ინფრასტრუქტურის
მშენებელთა
ასოციაცია



გერმანიის
თანამშრომლობა
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Implemented by

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

დაბეჭდილია გერმანიის საერთაშორისო
თანამშრომლობის საზოგადოების (GIZ) მიერ, გერმანიის
ეკონომიკური თანამშრომლობისა და განვითარების
ფედერალური სამინისტროს (BMZ) სახელით.

რეგისტრირებული ოფისები: ბონი და ეშბორნი, გერმანია
T +49 61 96 79-0
F +49 61 96 79-11 15
E info@giz.de
I www.giz.de

კერძო სექტორის განვითარება და პროფესიული
განათლება სამხრეთ კავკასიაში
რუსთაველის გამზირი N42/გრიბოედოვის ქუჩა N31ა,
0108 თბილისი, საქართველო
ტელეფონი: + 995 32 220 1833
ელ.ფოსტა: giz-georgia@giz.de
ვებგვერდი: www.giz.de

Published by the Deutsche Gesellschaft für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH on behalf of the German
Federal Ministry for Economic Cooperation and
Development (BMZ).

Registered offices Bonn and Eschborn, Germany
T +49 61 96 79-0
F +49 61 96 79-11 15
E info@giz.de
I www.giz.de

Private Sector Development and Technical Vocational
Education and Training South Caucasus.
42, Rustaveli Ave/31a, Griboedov Street, 0108 Tbilisi,
Georgia
T + 995 32 220 1833
E giz-georgia@giz.de
I www.giz.de