

UDC 621.31

SCOPUS CODE 2105

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2024-4-146-154>

საქართველოს ელექტროენერგეტიკული სისტემის დინამიკური მდგრადობის ანალიზი
 ბატარეის ელექტროენერგიის დამაგროვებელ სისტემებში ინტეგრირებული ორმხრივი
 ნახევარგამტარული გარდამსახების და ენერგიის მართვის სისტემის გამოყენებით

თენგიზ მუსელიანი ელექტროტექნიკისა და ელექტრონიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75
 E-mail: museliani@yahoo.com

ბორის ჯინჭველეიშვილი ელექტროტექნიკისა და ელექტრონიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75
 E-mail: jinchveleishvili.boris22@gtu.ge

რეცენზენტები:

მ. ცეცხლაძე, სტუ-ის ენერგეტიკის ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი

E-mail: merabi.tsetskhladze@mail.ru

რ. ჩიხლაძე, სტუ-ის ენერგეტიკის ფაკულტეტის პროფესორი, ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი

E-mail: r.chikladze@gtu.ge

ანოტაცია. პრაქტიკაში ძირითადად დანერგულია ბატარეის ელექტროენერგიის მაგროვებელ სისტემებში ინტეგრირებული ცალმხრივი ნახევარგამტარული გარდამსახი – ინვერტორი, რომელიც საჭიროების შემთხვევაში მხოლოდ აწვდის ენერგიას ქსელს სიხშირისა და ძაბვის რეგულირებისათვის და ვერ ღებულობს ქსელიდან ენერგიას.

ელექტროენერგეტიკული სისტემის მდგრადობის საიმედოობის გაზრდა განსაკუთრებით ეფექტური იქნება, როდესაც ბატარეის ელექტროენერგიის მაგროვებელ სისტემებში გამოყენებული იქნება ორ-

მხრივი ნახევარგამტარული გარდამსახი, რაც თავის მხრივ მოიცავს გამმართველს და ინვერტორს, რომელიც ენერგიის მართვის სისტემის საშუალებით მიწვდის ქსელს და ასევე მოიხმარს მისგან ენერგიას საჭიროების შემთხვევაში განახლებული სკადა/ენერგიის მართვის სისტემის საშუალებით.

მონაცემთა შეგროვებისა და კონტროლის სისტემის/ენერგიის მართვის სისტემის მაღალი საფეხურის სტრუქტურა მოიცავს უამრავ შესაძლებლობას და მათ შორის დინამიკური მდგრადობის ანალიზის მოდულს, ასევე „მაღალი რიცხვითი დიაფრაგმის უკიდურესი ულტრაიისფერი ლითოგრაფია –

„მოწინავე ნახევარგამტარული მასალების ლითოგრაფია“ – „High-NA-EUV lithography“ იძლევა ისეთი მიკროსტრუქტურების დამზადების შესაძლებლობებს, რომლის თითოეული ნანოუჯრედი მოიცავს ნანოტრანზისტორს და ნანოკონდენსატორს და მათი ჩიპსეტის ზომა არის 1 ნანომეტრი.

აღნიშნული მეცნიერული განვითარების ტემპი იძლევა შესაძლებლობას შეიქმნას ისეთი ტექნოლოგიები, რომლებიც ფართო შესაძლებლობებს მისცემს თანამედროვე ბატარეის ელექტროენერგიის მაგროვებელ სისტემებს სრულყოფილად უზუსუხო მოთხოვნებს, რომლებიც წარმოიქმნა ქვეყნის ელექტროენერგეტიკული სისტემის უწყვეტი ოპერატიული მართვისას.

საკვანძო სიტყვები: ბატარეის ელექტროენერგიის მაგროვებელი სისტემა; დინამიკური მდგრადობა; ენერგიის მართვის სისტემა; მონაცემთა შეგროვებისა და კონტროლის სისტემა; ორმხრივი ნახევარგამტარული გარდამსახი; „High-NA-EUV lithography“

შესავალი

ელექტროენერგეტიკული სისტემის დისპეტჩერულ-ოპერატიული მართვა უწყვეტ 24-საათიან რეჟიმში მიმდინარეობს, ყოველ საათში ქვეყნის მთლიანი მოხმარება ცვალებადია და აქვს თავისებური რეჟიმული დამახასიათებელი თვისებები, კერძოდ:

1. განსხვავებულია ქვეყნის აქტიური და რეაქტიული მოხმარება ყოველსაათობრივ, აქტიური მოხმარების ზრდასთან ერთად იზრდება რეაქტიული მოხმარება და პირიქით;

2. განსხვავებულია სამუშაო დღეებსა და შაბათ-კვირას ყოველსაათობრივი, მოხმარება;
3. განსხვავებულია დღესასწაულებზე ყოველსაათობრივი მოხმარება;
4. სრულიად განსხვავებული იყო პანდემიის დროს ქვეყნის ყოველსაათობრივი, მოხმარება და ა.შ.

აღსანიშნავია, რომ მოხმარება უწყვეტ რეჟიმში უნდა იყოს გენერაციის ეკვივალენტი, ანუ გენერაცია მისდევს მოხმარებას ყოველ წამს, ამის რეგულირება სხვადასხვა საშუალებით ხდება, ესაა:

1. ქვეყნის ელექტროენერგეტიკული სისტემის იზოლირებულ რეჟიმში მუშაობისას გენერატორებზე შეყვანილი სიხშირის რეგულირება (FCR), რომელიც ქვეყნის სიხშირეს არეგულირებს ნომინალურ მნიშვნელობასთან დასაშვებ ზღვრებში. აღნიშნულს ეწოდება „სიხშირის შენარჩუნების რეზერვი“ და მოიაზრება როგორც პირველადი რეზერვი;
2. ქვეყნის ელექტროენერგეტიკული სისტემის სინქრონულ რეჟიმში მუშაობისას გენერატორების ჯგუფური რეგულირება - ეიჯისი (aFRR), რომელიც გრაფიკის მიხედვით არეგულირებს ექსპორტ-იმპორტს, აღნიშნულს ეწოდება „სიხშირის აღდგენის რეზერვი“ და მოიაზრება როგორც მეორეული რეზერვი;
3. ქვეყნის ელექტროენერგეტიკული სისტემის იზოლირებულ და სინქრონულ რეჟიმებში მუშაობისას დისპეტჩერი სატელეფონო ზარის მეშვეობით თავად არეგულირებს გენერაცია-მოხმარების ბალანსს (mFRR), აღნიშნულს ეწოდება „სიხშირის ხელით მართვით

აღდგენის რეზერვი“ და მოიაზრება როგორც
- მესამეული რეზერვი.

ზემოთ აღნიშნულის საშუალებით რეგულირდება სისტემის მოხმარება-გენერაციის ბალანსი, მაგრამ თანამედროვე ბატარეის ელექტროენერგიის მაგრო-ვებელ სისტემებს აქვს კიდევ მრავალი ფუნქცია, რომლებიც უკვე სრულყოფილად იძლევა ბალანსის საშუალებას ელექტროენერგეტიკულ სისტემაში.

ძირითადი ნაწილი

საქართველოს ელექტროენერგეტიკული სისტემა შედგება გადამცემი და გამანაწილებელი ქსელებისაგან. გადამცემი სისტემა მოიცავს 500კვ, 400კვ, 330კვ და 220კვ ძაბვის ქსელს, გამანაწილებელი სისტემა – 110კვ, 35კვ, 10კვ და 6კვ ძაბვის ქსელს.

გადამცემი და გამანაწილებელი სისტემები უწყვეტ რეჟიმში საჭიროებს ძაბვისა და სიხშირის პარამეტრების დაცვას, კერძოდ:

1. ნორმალურ პირობებში 500-220კვ ძაბვის ქსელში ძაბვის გადახრა ნომინალური სიდიდიდან დასაშვებია $\pm 5\%$, ხოლო 110კვ და ქვემოთ ძაბვის ქსელში ძაბვის გადახრა ნომინალური სიდიდიდან დასაშვებია $\pm 10\%$;
2. ნორმალურ პირობებში ელექტროენერგეტიკული სიხშირე პარალელურ-სინქრონულ რეჟიმში მუშაობისას უნდა იყოს $50 \pm 0,5$ ჰც, ხოლო იზოლირებულ-ავტონომიურ რეჟიმში მუშაობისას – 50 ± 1 ჰც.

სისტემის დინამიკური მდგრადობის დარღვევა შეიძლება მრავალი მიზეზით იყოს გამოწვეული. ხშირად მიზეზი, რომელიც იწვევს ძაბვისა და სიხშირის დასაშვები ზღვრებიდან მნიშვნელოვან

გადახრას არის მძლავრი გენერაციის წყაროს ან მსხვილი მომხმარებლის ავარიული გამორთვა, მაგალითად:

1. პარალელურ-სინქრონულ რეჟიმში მუშაობისას მძლავრი გენერაციის ავარიული გამორთვა იწვევს გრაფიკით მიმდინარე ექსპორტის დროს მყისიერად ექსპორტის შემცირებას, ავარიულად გამორთული გენერაციის სიდიდის შესაბამისად, ხოლო გრაფიკით მიმდინარე იმპორტის დროს – მყისიერად იმპორტის გაზრდას;
2. პარალელურ-სინქრონულ რეჟიმში მუშაობისას მსხვილი მომხმარებლის ავარიული გამორთვა იწვევს გრაფიკით მიმდინარე ექსპორტის დროს მყისიერად ექსპორტის გაზრდას, ავარიულად გამორთული მოხმარების სიდიდის შესაბამისად, ხოლო გრაფიკით მიმდინარე იმპორტის დროს – მყისიერად იმპორტის შემცირებას;
3. იზოლირებულ-ავტონომიურ რეჟიმში მუშაობისას 50 მგვტ-ზე მეტი სიმძლავრის გენერაციის ავარიული გამორთვა იწვევს, გადამცემ სისტემაში ნომინალური სიდიდიდან სიხშირის შემცირებას 1 ჰც-ზე მეტით, ამ შემთხვევაში მოქმედებაში შედის ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატიკა, ხოლო მისი უმოქმედობის შემთხვევაში, შესაძლოა იმუშაოს სიხშირის ავტომატურმა განტვირთვამ და გამორთოს შესაბამისი მომხმარებელი;
4. იზოლირებულ-ავტონომიურ რეჟიმში მუშაობისას 50 მგვტ-ზე მეტი სიმძლავრის მომხმარებლის ავარიული გამორთვა იწვევს, გადამცემ სისტემაში ნომინალური სიდიდიდან

სიხშირის გაზრდას 1 ჰც-ზე მეტით, ამ შემთხვევაში მოქმედებაში გაეშვება ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატიკა, ხოლო მისი უმოქმედობის შემთხვევაში, შესაძლოა იმუშაოს გენერატორებზე ძაბვის გაზრდის დაცვამ და გამორთოს შესაბამისი გენერაცია.

ზემოთ ხსენებული მძლავრი გენერაციისა და მსხვილი მომხმარებლების ავარიული გამორთვების შედეგად მიღებული უარყოფითი რეჟიმული სურათებისა და სხვადასხვა შემფოთების თავიდან აცილების მიზნით მიზანშეწონილია პრაქტიკაში დაინერგოს ბატარეის ელექტროენერგიის მაგროვებული სისტემების და მასში ინტეგრირებული ორმხრივი ნახევარგამტარული გარდამსახების და ენერგიის მართვის სისტემის გამოყენება, რომელიც მცირედ დააკომპენსირებს გენერაციისა და მოხმარების უცარ დაკარგვას.

ენერგიის ორმხრივი მიმოცვლა მაგროვებელსა და ქსელს შორის იქნება ძალზე ეფექტური, რადგან ელექტროენერგეტიკულ სისტემაში მოხმარების მცირე ცვლილებას მრავალი ფაქტორი იწვევს, მაგალითად განსაკუთრებით საყურადღებოა იზოლირებულ-ავტონომიურ რეჟიმში ძაბვის რეჟიმიდან გამომდინარე 500კვ მაშუნტირებელი რეაქტორის ჩართვა, როდესაც გადამცემ სისტემაში ძაბვები მაღალია და პირიქით 500კვ მაშუნტირებელი რეაქტორის გამორთვა, როდესაც გადამცემ სისტემაში ძაბვები დაბალია, აღნიშნული საკომუტაციო მოქმედებები იწვევს მნიშვნელოვან შემფოთებას, კერძოდ:

1. იზოლირებულ რეჟიმში მუშაობისას 500კვ მაშუნტირებელი რეაქტორის ჩართვა ნიშნავს მთლიანი ქვეყნის მოხმარების დაახლოებით 50 მგვტ-ით შემცირებას, რაც მომენტალურად

გადამცემი სისტემის სიხშირის დაახლოებით ერთი ჰერცით გაზრდას იწვევს. ამ შემთხვევაში შესაძლებელია იმუშაოს გენერატორებზე ძაბვის აწევისგან დაცვამ და გამორთოს შესაბამისი გენერაცია, აღნიშნული შემფოთება შეიძლება მცირედ აღმოიფხვრას მაგროვებელ სისტემაში ინტეგრირებული ორმხრივი ნახევარგამტარული გარდამსახის და ენერგიის მართვის სისტემის მიერ, რომელიც რეაქტორის ჩართვისთანავე მცირედ მოიხმარს ქსელიდან საჭირო აქტიურ სიმძლავრეს ისე, რომ ქსელის სიხშირე დარჩეს ნომინალური.

2. იზოლირებულ რეჟიმში 500კვ მაშუნტირებელი რეაქტორის გამორთვა ნიშნავს მთლიანი ქვეყნის მოხმარების დაახლოებით 50 მგვტ-ით გაზრდას, რაც მომენტალურად გადამცემი სისტემის სიხშირის დაახლოებით ერთი ჰც-ით შემცირებას იწვევს, ამ შემთხვევაში შესაძლებელია იმუშაოს სიხშირის ავტომატურმა განტვირთვამ და გამორთოს შესაბამისი მომხმარებელი, აღნიშნული შემფოთება შეიძლება მცირედ აღმოიფხვრას მაგროვებელ სისტემაში ინტეგრირებული ორმხრივი ნახევარგამტარული გარდამსახის და ენერგიის მართვის სისტემის მიერ, რომელიც რეაქტორის გამორთვისთანავე მცირედ მიაწვდის ქსელს საჭირო აქტიურ სიმძლავრეს ისე, რომ ქსელის სიხშირე დარჩეს ნომინალური.

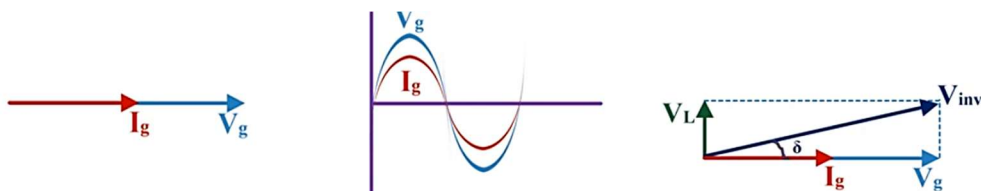
ელექტროენერგეტიკული სისტემის დინამიკური მდგრადობის უწყვეტი შენარჩუნებისთვის მნიშვნელოვანი საფრთხეა ზესტაფონის ფეროშენადნობთა ქარხნის ავარიულად გაჩერება, სადაც ფეროშენადნობები მიიღება ელექტროთერმული, ელექტ-

როლიტური და ბრძმედის ღუმლში გამოდნობის მეთოდებით. ქარხანაში სხვადასხვა სახის ღუმლებია, ესენია: რკალური, წინაღობის, კომბინირებული, ინდუქციური, პლაზმური და ელექტრონულ-სხივური ღუმლები, რომელთა ჯამური მოხმარება თითქმის უწყვეტად დაახლოებით 120 მგვტ-ს შეადგენს. აღსანიშნავია ისიც, რომ ზესტაფონის ფეროშენადნობთა ქარხანა დიდ რეაქტიულ ენერგიას მოიხმარს და მისი ავარიული გამორთვა ქ/ს „ზესტაფონი-500-ის“ კვანძში დაბეგვის მნიშვნელოვან გაზრდასაც იწვევს. ამ შემთხვევაში ბატარეის ელექტროენერგიის მაგროვებელ სისტემაში ინტეგრირებულ ორმხრივ ნახევარგამტარულ გარდამსახს ენერგიის მართვის სისტემის გამოყენებით აქვს შესაძლებლობა მყისიერად მოიხმაროს ქსელიდან როგორც აქტიური, ისე რეაქტიული ენერგია დაბეგვის სტაბილიზაციისთვის, რის გამოც ბატარეის ელექტროენერგიის მაგროვებელმა სისტემამ უნდა მოიხმაროს რეაქტიული ენერგია, ამისთვის ბატარეის ელექტროენერგიის მაგროვებელი სისტემა უნდა იყოს დამონტაჟებული ქ/ს „ზესტაფონი-500-ში“.

დღესდღეობით ზესტაფონის ფეროშენადნობთა ქარხნის სრულად ავარიულად გაჩერებისას მოქმედებას იწყებს ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატიკა, რომელიც გამორთავს შესაბამის გენერაციას, ხოლო დაბეგვები გვრჩება ძალზე მაღალი ზესტაფონის კვანძში.

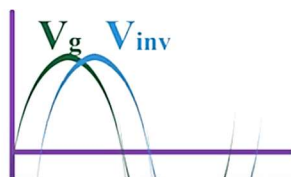
გადამცემი სისტემის 500კვ-ის ქვესადგურებში 500კვ-ის და 220კვ-ის დაბვათა ქსელს შორის კავშირის გაწყვეტა იწვევს 220კვ სალტებზე დაბვის მნიშვნელოვან დაცემას, ამის აღმოსაფხვრელად საჭიროა 500კვ-ის ქვესადგურებში ბატარეის ელექტროენერგიის მაგროვებელი სისტემების დამონტაჟება, რომელიც ქსელს მიაწვდის, როგორც აქტიურ ისე რეაქტიულ ენერგიას, მაგალითად:

ორმხრივი ნახევარგამტარული გარდამსახიდან ქსელში მიწოდებული აქტიური დენი ფაზით ემთხვევა ქსელის დაბვას ისევე, როგორც მათი ვექტორების მიმართულება ემთხვევა ერთმანეთს, ხოლო ქსელის დაბვის ვექტორი სიდიდით უმნიშვნელოდ მცირეა და თითქმის იდენტურია დაბვის ვექტორისა მაგროვებლის ორმხრივ ნახევარგამტარულ გარდამსახზე, რადგან ინდუქციურ ფილტრზე დაბვის ვარდნის და ქსელში დაბვის ვექტორების ვექტორული ჯამი სიდიდით ორმხრივ გარდამსახზე დაბვის ვექტორის ეკვივალენტურია. შესაბამისად ინდუქციურ ფილტრზე დაბვის ვარდნის ვექტორული სიდიდე ძალიან მცირეა, ინდუქციურ ფილტრზე და ქსელში დაბვის ვექტორს შორის კუთხე, ისევე როგორც ინდუქციურ ფილტრზე დაბვის ვარდნისა და აქტიური დენის ვექტორებს შორის კუთხე არის 90 გრადუსი. ამ შემთხვევაში აქტიური დენი ფაზით ჩამორჩება ინდუქციურ ფილტრზე დაბვას 90 გრადუსით.



სურ. 1

ქსელისთვის აქტიური დენის მიწოდებისას ორ-
მხრივი გარდამსახის ძაბვა მცირედით წანაცვლე-
ბულია და უსწრებს ქსელის ძაბვას. იმისათვის, რომ
ქსელს მივაწოდოთ აქტიური დენი, ორმხრივმა
ნახევარგამტარულმა გარდამსახმა უნდა შექმნას
ძაბვა, რომელიც უნდა უსწრებდეს ქსელის ძაბვას
გარკვეული კუთხით, აღნიშნული კუთხის რეგუ-
ლირებით შევძლებთ გავზარდოთ და შევამციროთ
ქსელში მიწოდებული დენი.

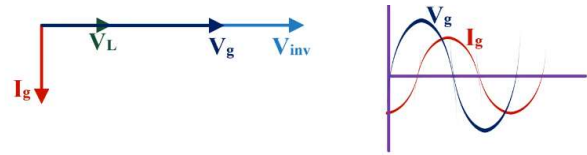


სურ. 2.

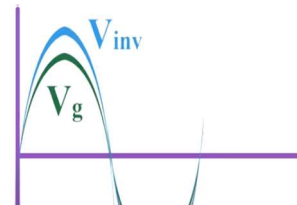
$$P = \frac{U_{\text{ორმხრივი გარდამსახი}} U_{\text{ქსელი}}}{\omega L} \sin \delta \quad (1)$$

ბატარეის ელექტროენერგიის მაგროვებელ სის-
ტემას უნდა ჰქონდეს შესაძლებლობა დააკომპენსი-
როს ქსელში არსებული ჭარბი რეაქტიული ენერგია.
ამისათვის ორმხრივი გარდამსახიდან ქსელისთვის
მიწოდებული დენი ფაზით ჩამორჩება ქსელის ძა-
ბვას, ორმხრივი გარდამსახის ძაბვას და ინდუქტიურ
ფილტრზე ძაბვას 90 გრადუსით, ხოლო ორმხრივი
გარდამსახის ძაბვის, ქსელის ძაბვისა და ინდუქ-
ტიურ ფილტრზე ძაბვის ვარდნის ვექტორებს აქვთ
ერთი და იგივე მიმართულება.

ქსელში ჭარბი რეაქტიული ენერგიის კომპენსა-
ციისათვის აუცილებელია ინვერტორმა შექმნას
ძაბვა, რომელიც ფაზით ემთხვევა ქსელის ძაბვას და
სიდიდით მაღალი იქნება ქსელის ძაბვაზე.



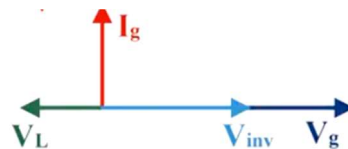
სურ. 3.



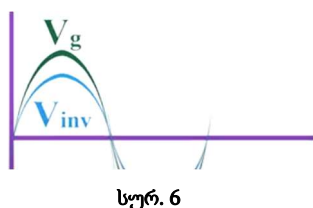
სურ. 4.

ბატარეის ელექტროენერგიის მაგროვებელ სის-
ტემას ასევე უნდა ჰქონდეს შესაძლებლობა ქსელს
მიაწოდოს რეაქტიული ენერგია. ამ შემთხვევაში
ქსელისთვის მიწოდებული დენი ფაზით უსწრებს
ქსელის ძაბვას და ინვერტორის ძაბვას 90 გრადუ-
სით, ხოლო ინვერტორის ძაბვის და ქსელის ძაბვის
ვექტორებს აქვთ ერთი და იგივე მიმართულება.

ქსელისთვის რეაქტიული ენერგიის მისაწოდებ-
ლად ინვერტორმა უნდა შექმნას ძაბვა, რომელიც
ფაზით ემთხვევა ქსელის ძაბვას და სიდიდით ნაკ-
ლები იქნება ქსელის ძაბვაზე, რადგან ქსელისთვის
რეაქტიული ენერგიის მიწოდებისას დენის ვექტო-
რი ჩამორჩება ინდუქციურ ფილტრზე ძაბვის ვარდ-
ნის ვექტორს 90 გრადუსით, ხოლო ინდუქციურ
ფილტრზე ძაბვის ვარდნის ვექტორს აქვს ქსელის
ძაბვის და ინვერტორზე ძაბვის ვექტორების
საპირისპრო მიმართულება და უსწრებს მათ 180
გრადუსით.



სურ. 5



სურ. 6

$$Q = \frac{(U_{\text{ორმხრივი გარდამსახი}} - U_{\text{ქსელი}}) U_{\text{ქსელი}}}{\omega L} \quad (2)$$

დასკვნა

1. საჭიროა გადამცემი სისტემის ყველა 500კვ-ის ქვესადგურის მიმდებარედ დამონტაჟდეს ბატარეის ელექტროენერგიის მაგროვებელი სისტემები, ქსელისთვის აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრეების რეგულირებისათვის;

2. ბატარეის ელექტროენერგიის მაგროვებელ სისტემაში უნდა იყოს ინტეგრირებული ორმხრივი ნახევარგამტარული გარდამსახი, რომელიც აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრეების მიმოცვლას ორივე მიმართულებით უზრუნველყოფს;

3. ბატარეის ელექტროენერგიის მაგროვებელ სისტემას უნდა ჰქონდეს შესაძლებლობა მყის მოახდინოს რეაგირება გადამცემ ქსელში ნებისმიერ შემფოთებაზე;

4. თითოეული 500კვ-ის ქვესადგურში პიკზე 500კვ-ის ავტოტრანსფორმატორზე დატვირთვის შესაბამისი სიმძლავრის ბატარეის ელექტროენერგიის მაგროვებელი სისტემა უნდა დამონტაჟდეს.

ლიტერატურა

1. Jintchveleishvili, B., (2022), In order to increase the stability of the electric power system, installation of energy storage near 500 kv substations and justification of its need. Scientific-technical refereed journal Energy. №3-4(103-104)/2022. 90–95. <https://energyonline.ge/issue16/13-Jintchveli.pdf>
https://dSPACE.nplg.gov.ge/bitstream/1234/417046/1/Energia_2022_N3-4.pdf
2. Jintchveleishvili, B., (2023). Large capacity energy storage systems for ensuring continuous maintenance of the mode stability of the electric power system and for the development of the competitive markets in Georgia. Scientific-technical refereed journal Energy. №1(105)/2023.13-21.
https://dSPACE.nplg.gov.ge/bitstream/1234/444438/1/Energia_2023_N1.pdf
3. Museliani, T. & Jintchveleishvili, B., (2023). Evaluation of the economic utility of energy storage systems in the electric power system under conditions of competitive markets. Scientific-technical refereed journal Energy. №1(105)/2023. 22-27. https://dSPACE.nplg.gov.ge/bitstream/1234/444438/1/Energia_2023_N1.pdf
4. Museliani, T. & Jintchveleishvili, B. (2023). A battery energy storage system that aims to make the energy sector more affordable, more climate and environmentally competitive, safer and more sustainable. Scientific-technical refereed journal Energy. №2(106)/2023. 24 – 36.
5. Museliani, T. & Jintchveleishvili, B. (2023). Economic efficiency of the use of energy storage systems in the power system. Energy series – International scientific and technological conference – November 20÷22,

- 2023 „Modern problems of power engineering and ways of sloving them“. 3(107)/2023. 42-45.
https://dspace.nplg.gov.ge/bitstream/1234/475462/1/Energia_2023_N3_Naw_I.pdf
6. Museliani, T. & Jintchveleishvili, B. (2023). In order to increase the stability of the electric power system, installation of battery energy storage system near 500 kv substations and justification of its need. International organization of scientific research – IOSR-JEEE. E-ISSN:2278-1676, p-ISSN:2320-3331, Volume 18, Issue 4 Ser. I (July.-August. 2023). 12 – 15. <https://www.iosrjournals.org/iosr-jeee/Papers/Vol18-Issue4/Ser-1/C1804011215.pdf>
7. Museliani, T. & Jintchveleishvili, B. (2024). Discussion of possible options for improving the dynamic stability of the electric power system by introducing battery energy storage systems and photovoltaic systems in Georgia. Scientific-technical refereed journal Energy. №1(109)/2024. 20 – 27.
8. https://dspace.nplg.gov.ge/bitstream/1234/497100/1/Energia_2024_N1.pdf
9. Jintchveleishvili, B. (2024). Study of the dynamic stability of the electric power system in the vicinity of the 500kv substation „Ksani-500“ using a 200MW battery energy storage system. Scientific-technical refereed journal Energy. №1(109)/2024. 36 – 39.
https://dspace.nplg.gov.ge/bitstream/1234/497100/1/Energia_2024_N1.pdf
10. Museliani, T. & Jintchveleishvili, B. (2024). Maintaining the dynamic stability of the electric power system during any momentary disturbance by using battery energy storage systems. Scientific-technical refereed journal Energy. №1(109)/2024. 40 – 48.
https://dspace.nplg.gov.ge/bitstream/1234/497100/1/Energia_2024_N1.pdf
11. Lolashvili, M. (2023). English For Power Engineers. Journal - Georgian State Electrosystem. №1/2023. 4 – 115.

UDC 621.31

SCOPUS CODE 2105

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2024-4-146-154>

Analysis of the dynamic state of the georgian power system bidirectional magnetic flux converters integrated into a battery electric energy storage and using energy management systems

Tengiz Museliani Department of Electrical Engineering and Electronics, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 77, M. Kostava str.

E-mail: museliani@yahoo.com

Boris Chinchvelashvili Department of Electrical Engineering and Electronics, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 77, M. Kostava str.

E-mail: jinchveishvili.boris22@gtu.ge

Reviewers:

M. Tsetskladze, Associate Professor, Faculty of Energy, GTU

E-mail: merabi.tsetskhladze@mail.ru

R. Chixladze, Professor, Faculty of Energy, GTU

E-mail: r.chixladze@gtu.ge

Abstract. In practice, a directional converter integrated into the battery energy storage systems - an inverter, which only supplies energy to the network for frequency and voltage regulation when necessary, and cannot receive energy from the network.

Increasing the reliability of the stability of the electric power system will be especially effective when in the battery energy storage systems will be used a Bi-directional AC/DC Converter, which in turn includes a rectifier and an inverter, which will supply the grid through the energy management system and also consume energy from it if necessary through the upgraded SCADA/EMS.

The high-level architecture of the Supervisory Control and Data Acquisition systems/Energy Management System includes a number of capabilities, including a dynamic stability analysis module, also "High numerical aperture extreme ultraviolet lithography - lithography of advanced semiconductor materials" - "High-NA-EUV lithography" provides opportunities for manufacturing such microcircuits, each nanocell includes a nanotransistor and a nanocapacitor, and their chipset size is 1 nanometer.

The mentioned rate of scientific development provides an opportunity to create such technologies that will give wide opportunities to modern the battery energy storage systems to fully respond to the requirements that arise during the continuous operational management of the country's electric power system

Keywords: Battery power storage system; Dynamic stability; Bidirectional semiconductor interface; "High-NA-EUV lithography".

განხილვის თარიღი 30.09.2024

შემოსვლის თარიღი 03.10.2024

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 25.12.2024