

UDC 621.3.026.5

SCOPUS CODE 2101

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-105-112>

სისტემაწარმომქმნელ ქსელში რეაქტიული სიმძლავრის დამატებითი წყაროს შერჩევის კრიტერიუმი და მათემატიკური მოდელი

- გურამ მახარაძე** ელექტროენერგეტიკისა და ელექტრომექანიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75
E-mail: guram.makharadze@gse.com.ge
- დავით ჯაფარიძე** ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის დეპარტამენტი, აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, საქართველო, 4600, ქუთაისი, ახალგაზრდობის 98
E-mail: datojaparidze1995@gmail.com

რეცენზენტები:

მ. რუხვაძე, სტუ-ის ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: misharuch@gmail.com

ფ. ახალაძე, აწსუ-ის საინჟინრო-ტექნიკური ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი

E-mail: pridon.akhaladze@atsu.edu.ge

ანოტაცია. თუ სისტემაწარმომქმნელ ქსელში ($U_{\Sigma} \geq 220$ კვ) ზემოდალი ძაბვის ხაზები დატვირთულია ნატურალურ სიმძლავრეზე ნაკლები სიმძლავრით, გვაქვს ჭარბი რეაქტიული სიმძლავრე. ამ სიმძლავრის უფრო დაბალი დონის ძაბვის ქსელებში ($U_{\Sigma} \leq 110$ კვ) გადადინება, ტექნიკურ-ეკონომიკური თვალსაზრისით, არამიზანშეწონილია და მოითხოვება მისი ადგილზე კომპენსაცია. სტატიაში, ელექტროენერჯიის ხარისხის კრიტერიუმის მიხედვით, სისტემური მიდგომის პრინციპის გათვალისწინებითა და ქსელის კვანძების საკუთარი და ურთიერთრეაქტიული წინაღობების გამოყენებით,

მიღებულია სისტემაწარმომქმნელ ქსელში მაკომპენსირებელი დანადგარის შერჩევის მათემატიკური მოდელი.

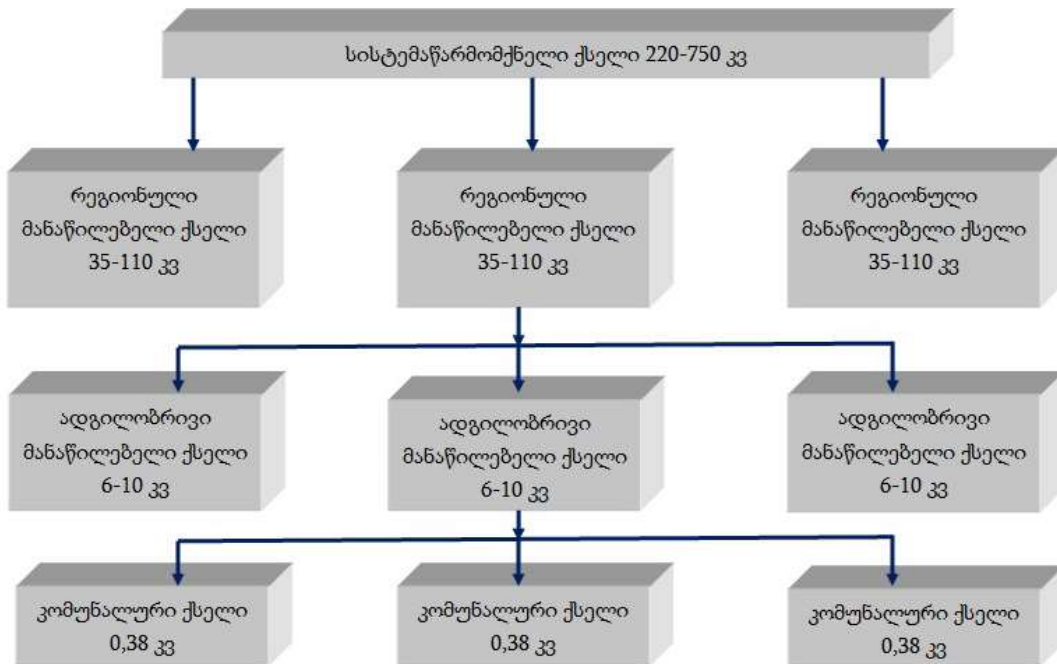
ელექტროენერჯიის ხარისხის კრიტერიუმი გულისხმობს სისტემაწარმომქმნელი ქსელის კვანძებში მუშა ძაბვებისადმი წაყენებული მოთხოვნების უზრუნველყოფას. მიღებული მათემატიკური მოდელის მიხედვით იმ კვანძებში, სადაც მუშა ძაბვები აღემატება დასაშვებ მნიშვნელობას, დაიდგმება ჭარბი რეაქტიული სიმძლავრის მიმღები მაკომპენსირებელი დანადგარი, მაგრამ თუ რომელიმე კვანძი გამოირჩევა დიდი რეაქტიული დატვირთვით და, ამასთან დაკავშირებით, ძაბვა დასაშვებზე

დაბალია, მაშინ მოდელის მიხედვით ამ კვანძში მოითხოვება დამატებითი რეაქტიული სიმძლავრის წყაროს დაყენება. ამასთან, ეკონომიკურობის კრიტერიუმის მიხედვით, მოდელი ითვალისწინებს აღნიშნული რეაქტიული სიმძლავრის წყაროს ოპტიმალურ გადანაწილებას სისტემაწარმომქმნელი ქსელის კვანძთან მიერთებული მანაწილებელი ქსელის კვანძებს შორის.

საკვანძო სიტყვები: მაკომპენსირებელი დანადგარი; მანაწილებელი ქსელი; მუშა ძაბვა; რეაქტიული სიმძლავრის დამატებითი წყარო; საკუთარი და ურთიერთწინააღმდეგობა; სისტემაწარმომქმნელი ქსელი.

შესავალი

თანამედროვე ელექტრული სისტემების ელექტროგადაცემის ქსელის სტრუქტურა ზოგადად მოიცავს სხვადასხვა ნომინალური ძაბვისა და კონფიგურაციის ქსელის ელემენტებს (მაღალი და ზემდადანი ძაბვის, ასევე საშუალო და დაბალი ძაბვის ელექტროგადაცემის ხაზებსა და ტრანსფორმატორებს). აღნიშნულ სტრუქტურაში მათი გამტარუნარიანობისა და დანიშნულების მიხედვით გამოყოფენ: სისტემაწარმომქმნელ, რეგიონულ - მანაწილებელ, ადგილობრივ მანაწილებელ და კომუნალურ ქსელებს (სურ. 1) [1].



სურ. 1. ელექტროსისტემის გადაცემის ქსელის სტრუქტურა

ელექტროგადაცემის ქსელის სტრუქტურული სქემიდან ჩანს, რომ ყოველი დაბალი დონის ქსე-

ლი უფრო მაღალი დონის ქსელთან დაკავშირებულია ერთი კვანძით და ეს კვანძი უფრო დაბალი

დონის ქსელისთვის საბალანსო კვანძი ანუ კვების ცენტრია.

სისტემაწარმომქმნელი ქსელის მაღალი და ზემაღალი ძაბვის ხაზების მიერ გენერირდება დიდი სიდიდის რეაქტიული სიმძლავრე. ამ ხაზების ინდუქციურ წინაღობებში რეაქტიული სიმძლავრის დანაკარგები დიდია სისტემის მუშაობის მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმში, ხოლო შედარებით მცირე მინიმალური დატვირთვის რეჟიმში. ამიტომ, სისტემაწარმომქმნელი ქსელის მინიმალური დატვირთვის რეჟიმი ხასიათდება რეაქტიული სიმძლავრის მნიშვნელოვანი სიჭარბით [2]. ელექტრომომხმარებლები, რომლებიც მიერთებულია მანაწილებელი ქსელების კვანძებში, ქსელიდან აქტიურ სიმძლავრესთან ერთად მოითხოვს შესაბამისი სიდიდის რეაქტიულ სიმძლავრესაც, რომლის ტრანსპორტირება სისტემაწარმომქმნელი ქსელიდან მანაწილებელი ქსელების მომხმარებლებამდე იწვევს როგორც ძაბვის, ისე აქტიური ენერჯიის დანაკარგებს, რაც ტექნიკურ-ეკონომიკური თვალსაზრისით არამიზანშეწონილია.

ძირითადი ნაწილი

გადაცემის ქსელის ნებისმიერ i -ურ კვანძში მუშა ძაბვის გადახრის სიდიდე განისაზღვრება გამოსახულებით [3]:

$$\Delta U_i = \frac{1}{U_b} \cdot \sum_{j=1}^n (P_j R_{ij} + Q_j X_{ij}).$$

შესაბამისად, ძაბვის მუშა მნიშვნელობა i კვანძში:

$$U_i = U_0 + \frac{1}{U_b} \cdot \sum_{j=1}^n (P_j R_{ij} + Q_j X_{ij}), \quad (1)$$

სადაც U_0 მაბალანსებელი კვანძის ძაბვაა (ბაზისური ძაბვა), კვ; P_j , Q_j – კვანძური სიმძლავრე, მგვტ,

მგვარ; R_{ij} , X_{ij} – კვანძების საკუთარი და ურთიერთწინაღობები, ომი.

წარმოდგენილ გამოსახულებაში P_j და Q_j გენერაციის შემთხვევაში აიღება „+“ ნიშანი, ხოლო დატვირთვის შემთხვევაში „-“ ნიშანი.

რადგან სისტემაწარმომქმნელი ქსელის ელემენტებისთვის დამახასიათებელია $X \gg R$ თანაფარდობა, ქსელში ძაბვის გადახრის სიდიდეზე (1) უფრო მეტ გავლენას ახდენს $Q_j X_{ij}$ შემდგენი. ამიტომ, ქსელის კვანძებში მუშა ძაბვის რეგულირებისა და ქსელში დანაკარგების შემცირების მიზნით განიხილება Q_j კვანძური სიმძლავრის კომპენსაციის საკითხი კვანძებში რეაქტიული სიმძლავრის მაკომპენსირებელი დანადგარების შესაბამისი შერჩევის გზით [4].

აქედან გამომდინარე, ელექტრულ ქსელში რეაქტიული სიმძლავრის მაკომპენსირებელი დანადგარების შერჩევის პრინციპი იმაში მდგომარეობს, რომ მაშუნტირებელი რეაქტორები (რეაქტიული სიმძლავრის მიმღები) ყენდება სისტემაწარმომქმნელი ქსელის კვანძებში, მასში არსებული ჭარბი რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსაციის მიზნით, ხოლო რეაქტიული სიმძლავრის დამატებითი წყაროები – სისტემაწარმომქმნელი ქსელის განსახილველ კვანძში მიერთებულ მანაწილებელი ქსელის კვანძებში, რათა ქსელში ელექტროენერჯიის დანაკარგების შემცირების მიზნით მომხმარებელთა მიერ მოთხოვნილი რეაქტიული სიმძლავრის მიწოდება განხორციელდეს შედარებით უფრო ახლო მდებარე კვანძიდან.

რაიმე დამატებითი ღონისძიებების გატარებამდე ქსელის კვანძებში ძაბვები განისაზღვრება (1) გამოსახულებით, კვანძებში ძაბვის საჭირო (მოთ-

ხოვნილი) დონის უზრუნველყოფის მიზნით რეაქტიული სიმძლავრის მაკომპენსირებელი დანადგარების დაყენების შემდეგ:

$$U_0 + \frac{1}{U_{\delta}} \cdot \sum_{j=1}^n (P_j R_{ij} + (Q_j + Q_{\text{კვ}}) X_{ij}) = U_{i, \text{მოთ.}} \quad (2)$$

სადაც $Q_{\text{კვ}}$ ქსელის j კვანძში დადგმული რეაქტიული სიმძლავრის მაკომპენსირებელი დანადგარის სიმძლავრეა, ამგვარ; $U_{i, \text{მოთ.}}$ – სისტემაწარმომქმნელი ქსელის i კვანძში ძაბვის მოთხოვნილი სიდიდე.

მიღებულია, რომ ნორმალურ დამყარებულ რეჟიმებში სისტემაწარმომქმნელი ქსელის ($U_{\delta} \geq 500$ კვ) კვანძებში მუშა ძაბვა ნომინალურიდან არ უნდა გადაიხაროს $\pm(2 \div 3)\%$ -ზე მეტად [1]. ძაბვის მოთხოვნილი სიდიდე კი ძაბვის დასაშვები გადახრის ზღვრული მნიშვნელობებია იმის მიხედვით, თუ რომელი მხრიდან დაირღვა უტოლობა – მარჯვნიდან თუ მარცხნიდან, შესაბამისად

$$(0,97 \div 0,98)U_{\delta} = U_{i, \text{მოთ.}}$$

და

$$(1,02 \div 1,03)U_{\delta} = U_{i, \text{მოთ.}}$$

თუ (2)-ს გამოვაკლებთ (1)-ს, მაშინ

$$\sum_{j=1}^n Q_{\text{კვ}} X_{ij} = U_{\delta} \cdot (U_{i, \text{მოთ.}} - U_i). \quad (3)$$

(3) გამოსახულება სისტემაწარმომქმნელი ქსელის კვანძებში რეაქტიული სიმძლავრის მაკომპენსირებელი დანადგარის სიმძლავრის შერჩევის მათემატიკური მოდელია, რომლის კრიტერიუმია ძაბვის მოთხოვნილი სიდიდე ამ კვანძში.

რადგან ქსელის კვანძების საკუთარი და ურთიერთწინააღმდეგობების დამახასიათებელია $X_{ii} \geq X_{ij}$ თანაფარდობა [3], ამიტომ i -ური კვანძის Q_i რეაქტიული სიმძლავრით გამოწვეული ძაბვის გადახრა j -ურ კვანძში არ აღემატება ძაბვის გადა-

ხრას თვით i -ურ კვანძში. შესაბამისად, ვწერთ:

$$\frac{Q_i X_{ij}}{U_{\delta}} \leq \frac{Q_i X_{ii}}{U_{\delta}}. \quad (4)$$

ქსელის ამა თუ იმ რეჟიმში ყოველთვის არის, ერთი მხრივ, უდიდესი მუშა ძაბვის მქონე i კვანძი და, მეორე მხრივ უმცირესი ძაბვის მქონე j კვანძი. თუ ეს ძაბვები სიდიდით გამოსულია შესაბამის დასაშვებ ზღვრულ მნიშვნელობებს გარეთ:

$$U_{i, \text{უდიდ.}} > U_{i, \text{დას.მაქს.}} \text{ და } U_{j, \text{უმც.}} < U_{j, \text{დას.მინ.}} \quad (5)$$

მაშინ მაშინ დაისმება ქსელში ძაბვის რეგულირების ამოცანა, რაც ხორციელდება შესაბამის კვანძში რეაქტიული სიმძლავრის მაკომპენსირებელი დანადგარის დაყენების გზით, რომელიც ჩაიწერება შემდეგ სახით:

$$Q_{\text{კვ}} X_{ii} + Q_{\text{კვ}} X_{ij} = (U_{\text{დას.მაქს.}} - U_i) \cdot U_{\delta} \quad (6)$$

$$Q_{\text{კვ}} X_{ji} + Q_{\text{კვ}} X_{jj} = (U_{\text{დას.მინ.}} - U_j) \cdot U_{\delta}$$

ამ განტოლებათა სისტემის ამოხსნით i და j კვანძებში დავადგენთ მაკომპენსირებელი დანადგარების $Q_{\text{კვ}}$ და $Q_{\text{კვ}}$ სიმძლავრეს. ამასთან, $Q_{\text{კვ}}$ იქნება უარყოფითი ნიშნით, რაც ნიშნავს, რომ i კვანძში უნდა დავაყენოთ მაშუნტირებელი რეაქტორი (აქ ძაბვა უდიდეს დასაშვებზე მეტია, რაც გამოწვეულია ამ კვანძის ჭარბი გენერაციით), ხოლო $Q_{\text{კვ}}$ იქნება დადებითი ნიშნით, რაც ნიშნავს, რომ j კვანძში უნდა დავაყენოთ რეაქტიული სიმძლავრის დამატებითი წყარო (აქ ძაბვა უმცირეს დასაშვებზე ნაკლებია, რაც გამოწვეულია ამ კვანძის დიდი რეაქტიული დატვირთვით).

ამ ღონისძიების გატარების შემდეგ i და j კვანძებში ძაბვები მკაცრად შესაბამისი დასაშვები ზღვრული მნიშვნელობების ტოლი იქნება. (4) უტოლობის თანახმად, ქსელის სხვა კვანძებში ძაბვები უფრო ნაკლები სიდიდით შეიცვლება და არ არის

გამორიცხული, რომ ამ ღონისძიების გატარების შემდეგ შეიძლება აღმოჩნდეს რომელიმე k და/ან m კვანძი, სადაც ძაბვა დასაშვებ ზღვარს გარეთ იქნება. ამ შემთხვევაში სისტემაწარმომქმნელ ქსელში ძაბვის რეგულირების მათემატიკური მოდელი (3) უნდა ჩავწეროთ ყველა ამ კვანძისთვის (თავდაპირველად შერჩეული i, j კვანძი და შემდგომ გამოვლენილი k და/ან m კვანძი):

$$Q_{ji}X_{ii} + Q_{jj}X_{ij} + Q_{jk}X_{ik} + Q_{jm}X_{im} = (U_{\text{დას.მაქს}} - U_i) \cdot U_{\text{ფ}};$$

$$Q_{ji}X_{ji} + Q_{jj}X_{jj} + Q_{jk}X_{jk} + Q_{jm}X_{jm} = (U_{\text{დას.მინ}} - U_j) \cdot U_{\text{ფ}};$$

$$Q_{ji}X_{ki} + Q_{jj}X_{kj} + Q_{jk}X_{kk} + Q_{jm}X_{km} = (U_{\text{დას.მაქს}} - U_k) \cdot U_{\text{ფ}};$$

$$Q_{ji}X_{mi} + Q_{jj}X_{mj} + Q_{jk}X_{mk} + Q_{jm}X_{mm} = (U_{\text{დას.მინ}} - U_m) \cdot U_{\text{ფ}}.$$

მოსალოდნელია, რომ ამ ეტაპზე მთელ ქსელში ძაბვის რეგულირების თვალსაზრისით დასმული მიზანი მიღწეულია.

ამრიგად, გვაქვს სისტემაწარმომქმნელი ქსელის კვანძებში ძაბვის მართვის მათემატიკური მოდელი, რომლის გამოყენების მეთოდოლოგია შემდეგია:

- ქსელის რეჟიმის გაანგარიშება (ქსელის კვანძებში მუშა ძაბვების გამოთვლა (1) გამოსახულებით) და კვანძების მუშა ძაბვების ანალიზი; იმ კვანძების გამოვლენა, სადაც მუშა ძაბვები სიდიდით გასულია შესაბამის დასაშვებ ზღვრულ მნიშვნელობას გარეთ (ადგილი აქვს (5) უტოლობას);
- ა) თუ აღმოჩნდა, რომ (5) უტოლობა სრულდება მხოლოდ ერთ მხარეს რამდენიმე კვანძისთვის, მაშინ (6) განტოლებას ჩავწერთ იმ

ერთი კვანძისთვის, სადაც მუშა ძაბვა ყველაზე დაბალია/მაღალია. იმ შემთხვევაში, თუ რომელიმე ორ კვანძში ძაბვა ერთნაირი სიდიდით დაბალია/მაღალია, მაშინ (6) განტოლებას ჩავწერთ იმ ერთი კვანძისთვის, რომლის საკუთარი რეაქტიული წინაღობა უფრო დიდია. ამოვხსნით ამ განტოლებას და გადავამოწმებთ მუშა ძაბვებს კვანძებში: თუ ყველა კვანძის ძაბვა ნორმის ფარგლებშია, მაშინ ამოცანის ამოხსნა დამთავრებულია. იმ შემთხვევაში, თუ მივიღეთ რომ ქსელის სხვა რომელიმე კვანძში ძაბვა გასცდა დასაშვებ ზღვარს, მაშინ (6) სახის განტოლებათა სისტემას ჩავწერთ თავიდან მონიშნული და ახლად გამოვლენილი კვანძებისთვის და ამოვხსნით. გადავამოწმებთ მუშა ძაბვებს და, საჭიროების შემთხვევაში, გავაგრძელებთ ამოცანის ამოხსნას მიზნის მიღწევამდე.

- ბ) თუ აღმოჩნდა, რომ (5) სახის უტოლობა სრულდება რამდენიმე კვანძისთვის და, ამასთან, სხვადასხვა მხარეს, მაშინ (6) სახის განტოლებათა სისტემას ჩავწერთ იმ ორი კვანძისთვის, სადაც გადახრები სხვადასხვა მხარესაა უდიდესი. ამასთან, ორი ერთნაირი ერთ მხარეს უდიდესი გადახრის მუშა ძაბვის მქონე კვანძიდან ვირჩევთ იმას, რომლის საკუთარი რეაქტიული წინაღობა უფრო დიდია. ამოხსნის შემდეგ გადავამოწმებთ ძაბვებს კვანძებში და თუ ყველა კვანძის ძაბვა ნორმის ფარგლებშია, მაშინ ამოცანის ამოხსნა დამთავრებულია. იმ შემთხვევაში თუ სხვა რომელიმე კვანძში (ან კვანძებში) ძაბვა მაინც ზღვარს გარეთაა ერთ ან სხვადასხვა მხარეს, მაშინ განტოლებათა სისტემას ჩავწერთ

შესაბამისი სამი ან ოთხი (ორი თავდაპირველად მონიშნული და ერთი/ორი ახლად გამოვლენილი) კვანძისთვის და ამოვხსნით. მუშა ძაბვებს გადავამოწმებთ და, საჭიროების შემთხვევაში, გავაგრძელებთ ამოცანის ამოხსნას მიზნის მიღწევამდე.

როგორც აღვნიშნეთ, j კვანძში, სადაც $U_{j,უმც.} < U_{j,დას.მინ.}$, Q_{kj} დადებითი ნიშნისაა. ამ შემთხვევაში, ქსელში ძაბვის ამალეებასთან ერთად, მივალწევთ ენერჯიის დანაკარგების შემცირებას, თუ Q_{kj} ჯამური სიმძლავრის დამატებით წყაროებს დავაყენებთ მოცემული ქსელის j კვანძში მიერთებულ უფრო დაბალი დონის ქსელის კვანძებში ანუ დაისმება ამოცანა, მოცემული Q_{kj} ჯამური რეაქტიული სიმძლავრის დამატებითი წყაროს დაბალი დონის ქსელის კვანძებს შორის ოპტიმალური გადანაწილების

შესახებ. ამ ამოცანის მიზანია მეურნეობის დაყვანილი ხარჯები ანუ ამ ამოცანის ამოხსნისას გამოყენებული ეკონომიკურობის კრიტერიუმი.

დასკვნა

ელექტროსისტემაში რეაქტიული სიმძლავრის მაკომპენსირებელი დანადგარის სიმძლავრისა და განთავსების ადგილის ოპტიმალური შერჩევის თვალსაზრისით წარმოდგენილ მათემატიკურ მოდელს ((3) სახის განტოლებათა სისტემა) საფუძვლად უდევს სისტემური მიდგომის პრინციპი და ურთიერთშეთანხმებულ კონტექსტში შეუძლია ერთდროულად ამოხსნას ორი ამოცანა სხვადასხვა კრიტერიუმით. კერძოდ, ერთისთვის განიხილება ელექტროენერჯიის ხარისხის კრიტერიუმი, ხოლო მეორესთვის – ეკონომიკურობის კრიტერიუმი.

ლიტერატურა

1. Venikov V.A., Glazunov A.A., Zhukov L.S., Soldatkina L.A. Electrical systems. Vol.2. Electric networks. Edited by V.A. Venikov. 1971. (In Russian).
2. Glazunov A.A. Electric network and systems. M.: "Gosenergoizdat". 1960. (In Russian).
3. Makharadze G. Management and optimization of energy regimes. Publishing house „Technical-University“. Tbilisi. 2005. (In Georgian).
4. Makharadze G. Electroenergetics (electrical) systems. Publishing house „Universal“. Tbilisi. 2015. (In Georgian).

UDC 621.3.026.5

SCOPUS CODE 2101

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-105-112>

Selection criteria and a mathematical model for the additional source of reactive power in a backbone network

Guram Makharadze Department of Electrical Power Engineering and Electromechanics, Georgian Technical University, 75 M. Kostava str., 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: guram.makharadze@gse.com.ge

David Japaridze Department of Energy and Telecommunications, Akaki Tsereteli State University, 98 Youth str., 4600 Kutaisi, Georgia
E-mail: atojaparidze1995@gmail.com

Reviewers:

M. Rukhvadze, Professor, Faculty of Power Engineering and Telecommunication, GTU
E-mail: misharuch@gmail.com

P. Akhaladze, Associate Professor, Faculty of Technical Engineering, ATSU
E-mail: pridon.akhaladze@atsu.edu.ge

Abstract. In a backbone network ($U_n \geq 220 \text{ kv}$), when the high-voltage lines are loaded with power less than natural power, we have excess reactive power. Supplying this power into the lower-voltage networks ($U_n \leq 110 \text{ kv}$) would be technically and economically unfeasible and requires compensation on site. In the article, in accordance with the electricity quality criterion, and taking into account the principle of a systemic approach, and using the self- and mutually reactive impedances of the network junction points, a mathematical model for selecting a compensating device in a backbone network is adopted.

The quality criterion of electricity involves enforcement of requirements for the operating voltages in the junction points of a backbone network. According to the obtained mathematical model, in the junction points nodes where the operating voltages exceed their permitted values, there will be installed the compensating devices for receiving excess reactive power. However if any junction point has a high reactive load and the voltage, in this context, is below its permitted value, then, according to a model, there is a need for installing the source of reactive power in this junction point. Herewith, according to economic criterion, the model envisages the optimal redistribution of mentioned source of reactive power between the junction points of a distribution network connected to backbone network junction point.

Key words: Additional reactive power source; backbone network; compensating device; distribution network; operating voltage; self- and mutually reactive impedances.

UDC 621.3.026.5

SCOPUS CODE 2101

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-105-112>

Критерии выбора дополнительного источника реактивной мощности в системообразующей сети и математическая модель

Гурам Махарадзе департамент электроэнергетики и электромеханики, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 75
E-mail: guram.makharadze@gse.com.ge

Давид Джапаридзе департамент энергетики и телекоммуникации, Государственный университет им. Акакия Церетели, Грузия, 4600, Кутаиси, ул. Молодежи, 98
E-mail: atojaparidze1995@gmail.com

Рецензенты:

М. Рухвадзе, профессор факультета энергетики и телекоммуникации ГТУ
E-mail: misharuch@gmail.com

Ф. Ахаладзе, ассоциированный профессор инженерно-технического факультета ГУАЦ
E-mail: pridon.akhaladze@atsu.edu.ge

Аннотация. В системообразующей сети ($U_n \geq 220$ кв), при загрузке линий сверхвысокого напряжения меньшей натуральной, имеется избыток реактивной мощности. Переток этой мощности в сети низкого напряжения ($U_n \leq 110$ кв), технико-экономически нецелесообразно и требуется ее компенсация. В статье по критерию качества электроэнергии, с учетом принципа системного подхода и с применением собственных и взаимно реактивных сопротивлений узлов, получена математическая модель выбора компенсирующих устройств в системообразующей сети.

Указанный в статье критерий качества электроэнергии подразумевает обеспечению узловых напряжений в пределах допустимого. Согласно полученной математической модели, в узлах системообразующей сети, где рабочие напряжения превышают допустимое значение, будут установлены приемники избыточной реактивной мощности. Однако, в узле, где имеется большая реактивная нагрузка и, в связи с этим, рабочее напряжение ниже допустимого, требуется установка дополнительного источника реактивной мощности (ИРМ). При этом, по критерию экономичности, модель предусматривает оптимальное перераспределение источника реактивной мощности между узлами региональной сети, подключенной к узлу системообразующей сети.

Ключевые слова: дополнительный источник реактивной мощности (ИРМ); компенсирующие устройства; рабочее напряжение; распределительная сеть; системообразующая сеть; собственное и взаимное сопротивление.

განხილვის თარიღი 06.07.2020

შემოსვლის თარიღი 13.07.2020

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 15.12.2020