

UDC 621.3.026.5

SCOPUS CODE 2101

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2024-4-133-145>

ელექტროსისტემის გადაცემის ქსელში უეცრად წარმოქმნილი რეაქტიული სიმძლავრის უბალანსობა

დავით ჯაფარიძე ელექტრული რეჟიმებისა და ანალიტიკის დეპარტამენტი, საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემა, საქართველო, თბილისი 0105, ბარათაშვილის ქ. №2
E-mail: datojaparidze1995@gmail.com

რეცენზენტები:

თ. ჯიქია, სტუ-ის ენერგეტიკის ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი

E-mail: tamar.jikia@gse.com.ge

ი. გორდიაშვილი, სტუ-ის ენერგეტიკის ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი

E-mail: gordiashviliirakli02@gtu.ge

ანოტაცია. ნაშრომში განხილულია ელექტროსისტემაში რეაქტიული სიმძლავრის უეცარი უბალანსობის წარმოქმნის საკითხი. სტატიაში მიღებულია მათემატიკური გამოსახულება, რომლის საფუძველზეც შესაძლებელია შეფასდეს ქსელის კვანძებში ძაბვის ცვლილება რეაქტიული სიმძლავრის უეცარი უბალანსობისას. აღნიშნული თემა განხილულია საქართველოს ელექტროსისტემის გადაცემის ქსელის მაგალითზე, სადაც რეაქტიული სიმძლავრის უეცარი უბალანსობის წყაროა მაშუნტებელი რეაქტორის ავარიული გამორთვა. სტატიაში გამოთვლილია საქართველოს ელექტროსისტემის გადაცემის ქსელის კვანძთა საკუთარი და ურთიერთ-წინაღობები და შეფასებულია კვანძურ ძაბვათა

ცვლილება რეაქტიული სიმძლავრის უეცარი უბალანსობისას.

საკვანძო სიტყვები: გადაცემის ქსელი; მაშუნტებელი რეაქტორი; რეაქტიული სიმძლავრე; სიმძლავრის ბალანსი; ძაბვა.

შესავალი

ელექტროსისტემაში რეაქტიული სიმძლავრის ბალანსი ჩაიწერება შემდეგი განტოლებით [1]:

$$Q_g = \sum Q_{\varphi} + \sum Q_{k,\theta} + \sum \Delta Q_{\text{დან}} \pm \sum Q_{\theta,\text{დ}} \pm \sum Q_{\text{გად}} - \sum Q_c,$$

სადაც Q_g არის ელექტროსადგურთა რეაქტიული სიმძლავრის ჯამური გენერაცია, მგვარ; Q_{φ} – მომხ-

მარბელთა ჯამური რეაქტიული დატვირთვა, მგვარ; $Q_{\text{სტ}}$ – ელექტროსადგურთა, ქვესადგურთა საკუთარი მოხმარების ჯამური რეაქტიული დატვირთვა, მგვარ; $\Delta Q_{\text{დაზ}}$ – ელექტრულ ქსელში რეაქტიული სიმძლავრის ჯამური დანაკარგები, მგვარ; $\sum Q_{\text{დაზ}}$ – რეაქტიული სიმძლავრის მაკომპენსირებელი დანადგარების მუშა სიმძლავრეთა ალგებრული ჯამი, მგვარ; $\sum Q_{\text{გად}}$ – ელექტროსისტემის სისტემათშორის ხაზებზე რეაქტიული სიმძლავრის გადადინებათა ალგებრული ჯამი, მგვარ; $\sum Q_c$ – ელექტრულ ქსელში ელექტროგადაცემის ხაზების მიერ გენერირებული ჯამური რეაქტიული სიმძლავრე, მგვარ.

ელექტროსისტემაში რეაქტიული სიმძლავრის აუცილებელი (საჭირო) მნიშვნელობა განისაზღვრება რეაქტიული სიმძლავრის მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმში, რომელიც შესაძლოა არ დაემთხვეს აქტიური სიმძლავრის მაქსიმალური დატვირთვის პერიოდს. ზოგიერთ ელექტროსისტემაში რეაქტიული სიმძლავრის მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმი არის დილის, ხოლო აქტიური სიმძლავრის – საღამოს პიკურ საათებში [1].

ელექტროსისტემაში რეაქტიული სიმძლავრის ბალანსი მკაცრად განსაზღვრავს ძაბვის რეჟიმს კვანძებში, მისი უბალანსობა კი იწვევს კვანძურ ძაბვათა გადახრას დასაშვები მნიშვნელობიდან. ელექტროსისტემაში წარმოქმნილი რეაქტიული სიმძლავრის უბალანსობისას, დატვირთვითა სტატიკური მახასიათებლის გამო, სისტემაში ბალანსი აღდგება შეცვლილი ძაბვის პირობებში. რეაქტიული სიმძლავრის ღრმა უბალანსობისას (დეფიციტი, სიჭარბე) ბა-

ლანსი შესაძლოა შედგეს (ან საერთოდ ვერ შედგეს – ძაბვის ზვავი) კვანძურ ძაბვათა ისეთი მნიშვნელობებით, რომლის პირობებშიც სისტემის გამართული მუშაობა და ფუნქციონირება შეუძლებელია.

ელექტროსისტემის გადაცემის ქსელში ძაბვის რეგულირებას შემდეგი ძირითადი მიზნები აქვს [2]:

- ❖ უზრუნველყოს ქსელის კვანძებში ძაბვის დასაშვები მნიშვნელობა;
- ❖ აქტიური სიმძლავრის დანაკარგების მინიმიზაცია;
- ❖ გაზარდოს ელექტროსისტემის ძაბვის მდგრადობის ზღვარი.

იმისათვის, რომ მივაღწიოთ აღნიშნულ მიზნებს, გადაცემის ქსელში უნდა გაგვაჩნდეს [2]:

- ✓ რეაქტიული სიმძლავრის ადეკვატური მართვადი რეზერვები;
- ✓ ძაბვის კონტროლის (რეგულირების) სისტემების ავტომატური და ეფექტური ფართო არეალი

ძირითადი ნაწილი

ზემაღალი ძაბვის რთული შეკრული ქსელის კვანძში ძაბვის მნიშვნელობა დამოკიდებულია რამდენიმე ფაქტორზე:

- ❖ მახალანსებელი, ბაზისური კვანძის ძაბვის სიდიდეზე – U_0 ;
- ❖ ელექტრული ქსელის ტოპოლოგიაზე, შეერთების სქემასა და ელემენტთა ელექტრულ პარამეტრებზე – R, X, G, B ;
- ❖ ქსელის კვანძების კვანძურ სიმძლავრეებზე – P, Q ;

ზემაღალი ძაბვის ($U_{\delta} > 220$ კვ) რთული შეკრუ-
ლი ქსელის i კვანძში ძაბვის მუშა მნიშვნელობა ტო-
ლია [3, 4, 5]:

$$U_i = U_0 + \Delta U_i,$$

სადაც ΔU_i არის ძაბვის გადახრა გადაცემის ქსელის
 i კვანძში, კვ.

ქსელის i კვანძში ძაბვის კვანძური გადახრა ტო-
ლია [3, 4, 5, 6]:

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

სადაც U_{δ} არის ქსელის ნომინალური ძაბვა, კვ;
 P_j, Q_j – ქსელის j კვანძის კვანძური სიმძლავრე,
მგვტ/მგვარ; R_{ij}, X_{ij} – ქსელის კვანძების საკუთარ
და ურთიერთაქტიური და რეაქტიული წინაღობა,
ომი; n – ქსელის კვანძების რაოდენობა.

(1)-ის Q_j წევრში შესაძლებელია გათვალისწი-
ნებული იყოს:

- j კვანძის რეაქტიული დატვირთვა, მგვარ;
- j კვანძთან მიერთებული ელექტროსადგუ-
რის გენერაცია, მგვარ;
- j კვანძთან ელექტრულ კავშირში მყოფ ეგხ-
თა მიერ რეაქტიული სიმძლავრის გენერა-
ცია, მგვარ;
- j კვანძთან მიერთებული რეაქტიული სიმძ-
ლავრის მაკომპენსირებელი დანადგარის
(FACTS და ა.შ) სიმძლავრე, მგვარ;

წინამდებარე ნაშრომში, ზემაღალი ძაბვის ($U_{\delta} > 220$ კვ) ქსელში წარმოქმნილი რეაქტიული სიმძ-
ლავრის მყისიერი უბალანსობისას $Q_{\text{უბ}} \neq 0$, ხოლო
 $P_{\text{უბ}} = 0$.

ელექტროსისტემაში აღნიშნული ტიპის უბალან-
სობა შესაძლოა წარმოიქმნას შემდეგი მიზეზით:

- ქსელის i კვანძში მიერთებული რეაქტიული
სიმძლავრის მაკომპენსირებელი დანადგარის
(მაშუნტებელი რეაქტორი, კონდესატორთა
ბატარეა, SVC, STATCOM და ა.შ) ავარიული
გამორთვა;
- უქმი სვლის ან მცირე აქტიური სიმძლავრით
($P_{\text{ბაზ}} \leq 10\% \cdot P_{\text{ნატ}}$) დატვირთვის რეჟიმში
მყოფი ზემაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემის
ხაზის ავარიული გამორთვა;
- ქსელის i კვანძში მიერთებული ელექტროსად-
გურის, სინქრონული კომპენსატორის რეჟიმ-
ში მყოფი (გენერაცია ან მოხმარება), სინქრო-
ნული გენერატორის ავარიული გამორთვა.

მეორე მხრივ, უნდა აღინიშნოს, რომ ელექტრო-
სისტემაში რეაქტიული სიმძლავრის უბალანსობას
ყოველთვის თან სდევს აქტიური სიმძლავრის უბა-
ლანსობა, თუმცა აქ აღნიშნულ საკითხს არ ვით-
ვალისწინებთ.

ამა თუ იმ მიზეზით, ელექტროსისტემის გადა-
ცემის ქსელის რომელიმე i კვანძში მნიშვნელოვანი
ელემენტის (გენერატორი, კომპენსატორი, რეაქტო-
რი) დაკარგვის შემდეგ ძაბვის მნიშვნელობები კვან-
ძებში იქნება:

$$U_j = U_0 + \frac{1}{U_{\delta}} \cdot \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^n (P_k R_{kj} + Q_k X_{kj}) +$$

$$\frac{1}{U_{\delta}} \cdot (P_i R_{ij} + (Q_i + Q_{\text{უბ},i}) \cdot X_{ij}) \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

სადაც $Q_{\text{უბ},i}$ არის ქსელის i კვანძში წარმოქმნილი რე-
აქტიული სიმძლავრის უბალანსობის მნიშვნელობა,
მგვარ.

(2)-ში $Q_{\text{უბ},i}$ აიღება „+“ ნიშნით ინდუქციური,
ხოლო „-“ ნიშნით ტევადური ელემენტისათვის.

ელექტრულ ქსელში უეცრად წარმოქმნილი რეაქტიული სიმძლავრის უბალანსობის შედეგად, (1) და (2) გამოსახულებათა გათვალისწინებით, კვანძებში ძაბვის მნიშვნელობები შეიცვლება სიდიდით:

$$\delta U_j = \frac{Q_{\text{უბ},i} \cdot X_{ij}}{U_{\text{ფ}}} \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

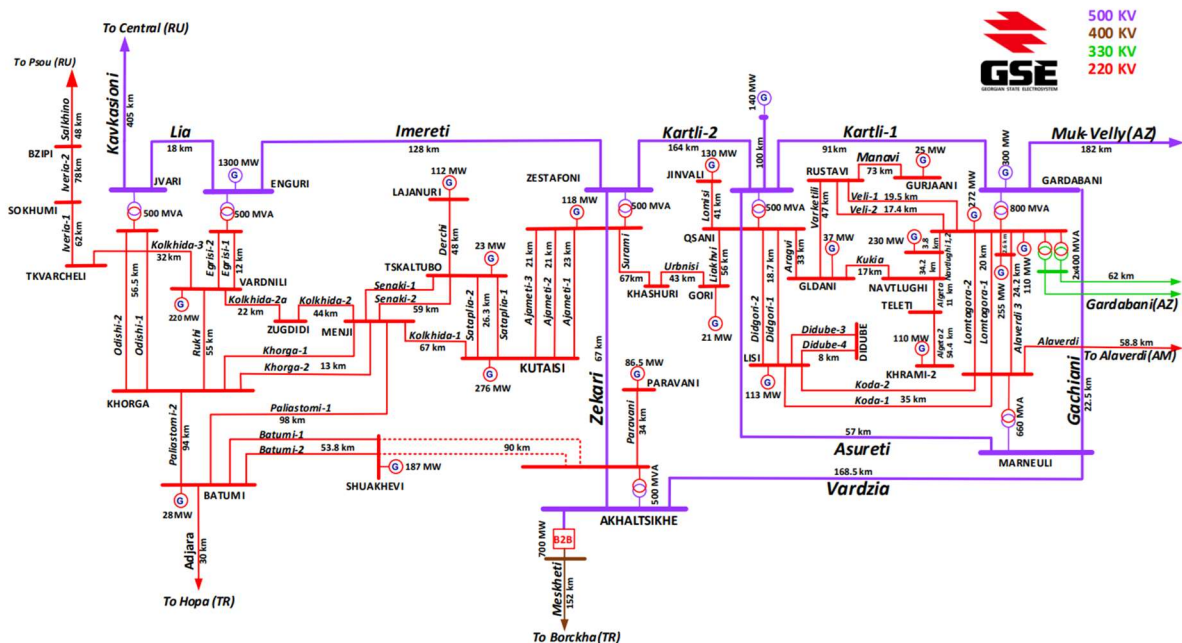
(3) გამოსახულების მიხედვით შესაძლებელია გაკეთდეს რამდენიმე მნიშვნელოვანი დასკვნა:

- ❖ რაც უფრო დიდია რეაქტიული სიმძლავრის წარმოქმნილი $Q_{\text{უბ},i}$ უბალანსობა, მით უფრო მეტად იცვლება ძაბვის სიდიდეები კვანძებში;
- ❖ რაც უფრო დიდია ქსელის i და j კვანძების ურთიერთრეაქტიული X_{ij} წინაღობა, მით უფრო მეტად გადაიხრება ძაბვა j კვანძში;

❖ როცა რეაქტიული სიმძლავრის უბალანსობის ეპიცენტრია i კვანძი, მაშინ რაც უფრო ელექტრულად ახლოსაა j კვანძი მასთან, მით მეტად საგრძნობია ძაბვის ცვლილება j კვანძში და პირიქით.

აღნიშნული საკითხი განვიხილოთ საქართველოს ელექტროსისტემის გადაცემის ქსელის (500, 220 კვ) მაგალითით. აქ რეაქტიული სიმძლავრის უეცარი უბალანსობის წყაროა მაშუქტებელი რეაქტორის ავარიული გამორთვა.

საქართველოს ელექტროსისტემის გადაცემის ქსელის პრინციპული სქემა ნაჩვენებია პირველ სურ-ზე [7].



სურ. 1. საქართველოს ელექტროსისტემის გადაცემის ქსელი

სურათზე საკონტროლო კვანძები დაინოძრა შემდეგნაირად:

0 - ენგურჰესი (მაბალანსებელი კვანძი);

1 - ჯვარი 500;	14 - ხორგა 220;	27 - ქსანი 220;
2 - ზესტაფონი 500;	15 - ზუგდიდი 220;	28 - ჟინვალჰესი 220;
3 - ახალციხე 500;	16 - მენჯი 220;	29 - გლდანო 220;
4 - ქსანი 500;	17 - ბათუმი 220;	30 - რუსთავი 220;
5 - გარდაბანი 500;	18 - შუახევეჰესი 220;	31 - გურჯაანი 220;
6 - მარნეული 500;	19 - წყალტუბო 220;	32 - ნავთლული 220;
7 - სამუხი (აზერბაიჯანი);	20 - ქუთაისი 220;	33 - გარდაბანი 220;
8 - ცენტრალნაია (რუსეთი);	21 - ლაჯანურჰესი 220;	34 - ხრამი 2;
9 - აღსტაფა (აზერბაიჯანი);	22 - ახალციხე 220;	35 - მარნეული 220;
10 - ჯვარი 220;	23 - ფარავანჰესი 220;	36 - ლისი 220;
11 - ენგურჰესი 220;	24 - ზესტაფონი 220;	37 - დიდუბე 220
12 - ვარდნილჰესი 220;	25 - ხაშური 220;	
13 - ტყვარჩელი 220;	26 - გორი 220;	

საქართველოს ელექტროსისტემის 500 კვ ძაბვის ქსელში დადგმული მაშუნტებელი რეაქტორების მონაცემები და პარამეტრები მოცემულია პირველ ცხრილში [7].

ცხრილი 1

მაშუნტებელ რეაქტორთა პარამეტრები

კვანძის დასახელება	ნომინალური სიმძლავრე, მგვარ	ნომინალური ძაბვა, კვ	მუშა სიმძლავრე 500 კვ ძაბვისას, მგვარ
ენგური	3x60=180	$525/\sqrt{3}$	163,26
ჯვარი	3x60=180	$525/\sqrt{3}$	163,26
ზესტაფონი	3x83,33=250	$525/\sqrt{3}$	226,75
ქსანი	3x60=180	$525/\sqrt{3}$	163,26
გარდაბანი	3x60=180	$525/\sqrt{3}$	163,26
მარნეული	3x60=180	$525/\sqrt{3}$	163,26

* მაშუნტებელი რეაქტორის მუშა სიმძლავრე U_i ძაბვისას, $Q_i = Q_{\phi} \cdot \left(\frac{U_i}{U_{\phi}}\right)^2$

პირველი სურათის მიხედვით, MATLAB (Math Laboratory) პროგრამის გამოყენებით, გაანგარიშებული იქნა საქართველოს ელექტროსისტემის გადამცემის ქსელის (500, 220 კვ) კვანძების საკუთარ და

ურთიერთაქტიური/რეაქტიული წინაღობები, იხ.ცხრ.2 და ცხრ.3.

შევნიშნოთ, რომ ცხრ.2-სა და ცხრ.3-ში ნაჩვენებია საკუთარი და ურთიერთ წინაღობები დაყვანილია 500 კვ ძაბვაზე.

0.5298	0.0576	0.0579	0.0585	0.0584	0.0585	0.0586	0.5298	0.0585	0.4876	0.0248	0.0715	0.0715	0.3696	0.1653	0.3529	0.3614	0.3614	0.1868
0.0577	2.7644	2.7638	2.7572	2.7560	2.7587	2.7631	0.0577	3.5405	0.1588	0.8324	0.0034	0.0034	0.4410	0.2323	0.5101	0.4749	0.4749	1.7888
0.0579	2.7626	3.3868	3.3961	3.5381	3.5677	3.5789	0.0579	5.0769	0.0586	0.8325	0.0937	0.0937	0.4428	0.2332	0.5121	0.4759	0.4759	1.7881
0.0586	2.7575	3.3868	3.4760	3.5789	5.0031	5.0769	0.0586	5.0769	0.1513	0.8329	0.0948	0.0948	0.4479	0.2359	0.5181	0.4824	0.4824	1.8088
0.0585	2.7579	3.5317	5.0720	5.8238	5.4736	5.7628	0.0585	5.7628	0.1611	0.8329	0.0947	0.0947	0.4475	0.2357	0.5176	0.4819	0.4819	1.8071
0.0585	2.7581	3.5673	5.0013	5.4724	5.6001	5.4724	0.0585	5.4937	0.1611	0.8328	0.0947	0.0947	0.4474	0.2356	0.5174	0.4817	0.4817	1.8064
0.0585	2.7579	3.5317	5.0720	5.8238	5.4736	5.7628	0.0585	5.7628	0.1611	0.8329	0.0947	0.0947	0.4475	0.2357	0.5175	0.4819	0.4819	1.8071
0.0598	0.0576	0.0579	0.0585	0.0584	0.0585	0.0586	13.8988	0.0586	0.4876	0.0248	0.0715	0.0715	0.3696	0.1653	0.3529	0.3614	0.3614	0.1868
0.0585	2.7579	3.5342	5.0653	5.7497	5.4846	5.7497	0.0585	5.7497	0.1612	0.8329	0.0948	0.0948	0.4476	0.2357	0.5177	0.4820	0.4820	1.8073
0.0476	0.1586	0.1552	0.1651	0.1609	0.4876	0.1613	0.0476	0.1613	0.13421	0.0683	0.1969	0.1969	-0.0173	0.4551	0.0714	0.0948	0.0948	0.5141
0.0548	0.0323	0.0325	0.0328	0.0328	0.0328	0.0329	0.0328	0.0329	0.0683	0.0376	0.8372	0.8372	0.1897	0.0169	0.0376	0.1938	0.1938	0.1048
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932	0.0936	0.0947	0.0946	0.0946	0.0948	0.0715	0.0948	0.1959	0.8172	2.3561	2.3561	0.5469	1.7611	0.5711	0.5588	0.5588	0.3022
0.0715	0.0932																	

20-37 လဒ်

[illegible]

საქართველოს ელექტროსისტემის გადამცემის ქსელის კვანძების საკუთარი და ურთიერთრეაქტიული X_{ij} წინაღობები

ცხრილი 3

1-19 სვეტი

4.8510	0.5979	0.6387	0.6948	0.7048	0.6994	0.7169	5.3931	0.7237	2.6713	0.9027	1.1223	1.1223	2.3014	1.4966	2.2439	2.2733	2.2733	1.7253
0.5950	36.3441	37.1526	38.1847	38.5060	38.3758	39.2109	0.6615	38.6278	9.8891	4.2611	5.2977	5.2977	10.5305	7.1941	10.9796	10.7499	10.7499	19.0596
0.6274	37.1494	55.5724	46.9434	48.6565	48.8456	49.5472	0.6975	48.6460	9.5842	4.4932	5.5863	5.5863	11.1042	7.5860	11.5778	11.3355	11.3355	20.0979
0.6905	38.1636	46.9229	71.7209	68.9421	67.9132	70.2042	0.7076	68.9361	10.5471	4.9446	6.1475	6.1475	12.2198	8.3482	12.7409	12.4744	12.4744	22.1171
0.6998	38.4949	48.6485	68.9610	77.7227	73.1053	79.1456	0.7780	74.7512	10.6893	5.0113	6.2304	6.2304	12.3845	8.4607	12.9127	12.6426	12.6426	22.4153
0.6952	38.3648	48.8377	67.9318	73.1053	74.0928	74.4436	0.7729	72.7624	10.6199	4.9788	6.1900	6.1900	12.3041	8.4058	12.8289	12.5605	12.5605	22.2698
0.7126	39.1996	49.5391	70.2235	79.1456	74.4436	137.8027	0.7922	76.1196	10.8850	5.1030	6.3445	6.3445	12.6112	8.6156	13.1491	12.8740	12.8740	22.8256
5.3931	0.6648	0.7012	0.7724	0.7826	0.7775	0.7970	145.6084	0.8046	2.9698	1.0035	1.2477	1.2477	2.5586	1.6638	2.4946	2.5273	2.5273	1.9180
0.7196	38.6303	48.6555	68.9838	74.7786	72.7894	76.1475	0.8000	115.9484	10.9912	5.1528	6.4064	6.4064	12.7343	8.6997	13.2774	12.9997	12.9997	23.0484
2.6713	9.1336	9.6344	10.6129	10.7533	10.6832	10.9501	2.9698	11.0546	40.8046	13.7883	17.1427	17.1427	35.1545	22.8669	34.2754	34.7250	34.7250	26.3533
0.9148	4.1379	4.5758	5.0405	5.1072	5.0739	5.2006	1.0171	5.2503	13.9741	37.9104	34.3291	34.3291	16.1903	28.3047	16.2788	16.2335	16.2335	12.5163
1.1374	5.3932	5.6889	6.2668	6.3406	6.3082	6.4658	1.2645	6.5275	17.3737	34.3291	42.6886	42.6886	20.1290	35.1906	20.2390	20.1828	20.1828	15.5612
1.1374	5.3932	5.6889	6.2668	6.3406	6.3082	6.4658	1.2645	6.5275	17.3737	34.3291	42.6886	42.6886	20.1290	35.1906	20.2390	20.1828	20.1828	15.5612
2.3014	10.5821	11.1623	12.2506	12.4586	12.3774	12.6867	2.5586	12.8077	35.1545	15.9749	19.8613	19.8613	40.7295	26.4863	39.7111	40.2319	40.2319	30.5327
1.5068	7.2762	7.6751	8.4546	8.5664	8.5106	8.7232	1.6751	8.8065	23.0162	28.2352	35.1043	35.1043	26.6663	64.3788	27.3050	26.9784	26.9784	20.9940
2.2442	11.0348	11.6398	12.8221	12.9916	12.9069	13.2294	2.4949	13.3556	34.2797	16.0708	19.9805	19.9805	39.7161	27.1327	41.4100	40.5436	40.5436	31.8389
2.2735	10.8033	11.3956	12.5530	12.7190	12.6361	12.9518	2.5275	13.0754	34.7271	16.0218	19.9195	19.9195	40.2344	26.8021	40.5411	144.3343	144.3343	31.1708
2.2735	10.8033	11.3956	12.5530	12.7190	12.6361	12.9518	2.5275	13.0754	34.7271	16.0218	19.9195	19.9195	40.2344	26.8021	40.5411	144.3343	144.3343	31.1708
1.7255	19.1554	20.2057	22.2579	22.5522	22.4052	22.9650	1.9183	23.1841	26.3567	12.3564	15.3624	15.3624	30.5365	20.8616	31.8389	31.1728	31.1728	62.9604
1.4987	22.7052	23.9502	26.3827	26.7315	26.5573	27.2209	1.6662	27.4885	22.8932	10.7326	13.3436	13.3436	26.5237	18.1202	27.6550	27.0764	27.0764	48.0064
1.7255	19.1554	20.2057	22.2579	22.5522	22.4052	22.9650	1.9183	23.1841	26.3567	12.3564	15.3624	15.3624	30.5365	20.8616	31.8389	31.1728	31.1728	62.9604
0.6274	37.1494	55.5724	46.9434	48.6565	48.8456	49.5472	0.6975	48.6460	9.5842	4.4932	5.5863	5.5863	11.1042	7.5860	11.5778	11.3355	11.3355	20.0979
0.6274	37.1494	55.5724	46.9434	48.6565	48.8456	49.5472	0.6975	48.6460	9.5842	4.4932	5.5863	5.5863	11.1042	7.5860	11.5778	11.3355	11.3355	20.0979
1.2928	25.9297	27.3514	30.1294	30.5278	30.3289	31.0866	1.4372	31.3831	19.7471	9.2577	11.5099	11.5099	22.8788	15.6300	23.8546	23.3555	23.3555	41.4093
1.0693	30.6401	35.1361	45.2232	46.2577	45.6095	47.1046	1.1887	49.8298	16.3330	7.6571	9.5200	9.5200	18.9233	12.9278	19.7304	19.3176	19.3176	34.2500
0.9275	33.6281	40.0741	54.7977	56.2357	55.4006	57.2652	1.0311	61.5311	14.1674	6.6419	8.2577	8.2577	16.4142	11.2136	17.1143	16.7562	16.7562	29.7087
0.7428	37.5201	46.5061	67.2689	69.2326	68.0757	70.5000	0.8258	76.7725	11.3465	5.3104	6.6135	6.6135	13.1460	8.9809	13.7066	13.4199	13.4199	23.7934
0.7428	37.5201	46.5061	67.2689	69.2326	68.0757	70.5000	0.8258	76.7725	11.3465	5.3104	6.6135	6.6135	13.1460	8.9809	13.7066	13.4199	13.4199	23.7934
0.7298	38.1233	47.6888	68.1982	72.2769	70.6607	73.6000	0.8113	85.4228	11.1474	5.2260	6.4974	6.4974	12.9152	8.8232	13.4660	13.1843	13.1843	23.3758
0.7184	38.3966	48.3064	68.5859	74.0785	72.1579	75.4346	0.7987	90.9636	10.9737	5.1446	6.3962	6.3962	12.7140	8.6858	13.2562	12.9789	12.9789	23.8116
0.7184	38.3966	48.3064	68.5859	74.0785	72.1579	75.4346	0.7987	90.9636	10.9737	5.1446	6.3962	6.3962	12.7140	8.6858	13.2562	12.9789	12.9789	23.8116
0.7256	38.2492	47.9504	68.3834	73.0228	71.2856	74.3596	0.8067	87.6528	11.0839	5.1963	6.4604	6.4604	12.8417	8.7731	13.3894	13.1093	13.1093	23.2428
0.7162	38.4498	48.4281	68.6614	74.4292	72.4493	75.7917	0.7962	92.0421	10.9399	5.1203	6.3765	6.3765	12.6748	8.6590	13.2154	12.9389	12.9389	22.9407
0.7256	38.2492	47.9504	68.3834	73.0228	71.2856	74.3596	0.8067	87.6528	11.0839	5.1963	6.4604	6.4604	12.8417	8.7731	13.3894	13.1093	13.1093	23.2428
0.7146	38.2492	47.9504	68.3834	73.0228	71.2856	74.3596	0.8067	87.6528	11.0839	5.1963	6.4604	6.4604	12.8417	8.7731	13.3894	13.1093	13.1093	23.2428
0.7328	37.7909	47.1215	67.6174	70.6656	69.5435	71.9592	0.8147	79.5231	11.1942	5.2480	6.5247	6.5247	12.9695	8.8603	13.5226	13.2397	13.2397	23.4740
0.7328	37.7909	47.1215	67.6174	70.6656	69.5435	71.9592	0.8147	79.5231	11.1942	5.2480	6.5247	6.5247	12.9695	8.8603	13.5226	13.2397	13.2397	23.4740

20 37 სვეტი

1 4985	1.7253	0.6384	0.6384	1.2926	1.0798	0.9351	0.7467	0.7338	0.7225	0.7215	0.7197	0.7203	0.7297	0.7187	0.7368	0.7368
22 5917	19.0596	37.1383	37.1383	25.8900	30.7290	33.6530	37.4847	38.1061	38.3917	38.3917	38.2369	38.4473	38.2369	38.2834	37.7667	37.7667
23 8224	20.0979	55.5391	55.5391	27.2956	35.2185	40.0583	46.4546	47.6525	48.2938	48.2938	47.9383	48.4187	47.9283	48.2382	47.0842	47.0842
26 2358	22.1171	46.3943	46.8948	29.9388	45.2722	54.7752	67.1533	68.1201	68.5335	68.5335	63.3155	68.5149	68.3155	68.2861	67.5249	67.5249
26 5902	22.4151	48.6104	48.6104	30.7424	46.3710	56.3717	69.1906	71.3702	74.0464	74.0464	73.0759	74.4019	73.0759	73.7675	70.5900	70.5900
26 3968	22.2698	48.3085	48.8085	30.1455	45.7341	55.3574	67.5844	76.0850	72.1263	72.1263	71.2394	72.4224	71.2394	72.2044	69.4740	69.4740
27 0556	22.8256	49.3094	49.3094	30.8479	47.1699	57.4211	70.4055	73.5423	75.4019	75.4019	74.3118	75.7639	74.3118	74.6857	71.8844	71.8844
1 6660	1.9180	0.7088	0.7088	1.4370	1.2004	1.0396	0.8302	0.8158	0.8032	0.8032	0.8112	0.8008	0.8112	0.7990	0.8192	0.8192
27 3197	23.0484	48.6264	48.6264	31.1395	49.9118	61.5488	76.7065	85.3932	90.9587	90.9587	87.6330	92.3421	87.6330	84.5621	79.4794	79.4794
22 8903	26.3533	9.6285	9.6286	19.7446	16.4938	14.2844	11.4065	11.2092	11.0365	11.0365	11.1462	11.3029	11.1462	10.9776	11.2551	11.2551
10 8715	12.5163	4.5733	4.5733	9.3775	7.8136	6.7842	5.4174	5.3237	5.2417	5.2417	5.2338	5.2257	5.2338	5.2137	5.3455	5.3455
13 5163	15.5612	5.6855	5.6855	11.6589	9.7393	8.4347	6.7353	6.6188	6.5169	6.5169	6.5316	6.4978	6.5316	6.4821	6.6459	6.6459
13 5163	16.5613	5.6855	5.6855	11.6589	9.7393	8.4347	6.7353	6.6188	6.5169	6.5169	6.5316	6.4978	6.5316	6.4821	6.6459	6.6459
26 5204	30.5327	11.1553	11.1556	22.8759	19.1095	16.5497	13.2154	11.9808	12.7868	12.7868	11.9438	12.7478	12.9438	12.7485	13.0400	13.0400
18 2352	20.9940	7.0705	7.0705	15.7293	13.1396	11.3795	9.0868	8.9296	8.7921	8.7921	8.8794	8.7653	8.8794	8.7452	8.9062	8.9062
27 6550	31.8389	11.6329	11.6329	23.8546	19.9271	17.2577	13.7808	11.5424	13.3338	13.3338	11.4363	13.2932	13.4683	13.2627	13.5979	13.5979
27 0747	31.1708	11.3888	11.3888	23.3540	19.5090	16.8556	13.4916	11.2582	13.0540	13.0540	11.1337	13.3143	13.1837	12.9844	13.3126	13.3126
27 0747	31.1708	11.3888	11.3888	23.3540	19.5090	16.8556	13.4916	11.2582	13.0540	13.0540	11.1337	13.3143	13.1837	12.9844	13.3126	13.3126
48 0864	62.9694	20.1935	20.1936	41.4993	34.5915	29.9578	23.5221	21.5083	23.1462	23.1462	21.3762	23.3757	23.3762	23.0827	23.6047	23.6047
56 9029	48.0064	23.9353	23.9358	40.0932	41.0020	35.5096	28.3554	27.8648	27.4357	27.4357	27.7983	27.5521	27.7983	27.2893	27.9791	27.9791
48 0064	167.1361	20.1935	20.1936	41.4993	34.5915	29.9578	23.5221	21.5083	23.1462	23.1462	21.3762	23.3757	23.3762	23.0827	23.6047	23.6047
23 8324	20.0970	130.3445	130.3446	27.2956	35.2185	40.0583	46.4546	47.6525	48.2938	48.2938	47.9383	48.4187	47.9283	48.2382	47.0842	47.0842
23 8324	20.0979	130.3443	205.7020	27.2956	35.2185	40.0583	46.4546	47.6525	48.2938	48.2938	47.9383	48.4187	47.9283	48.2382	47.0842	47.0842
49 0832	41.4093	27.3353	27.3350	56.0537	46.8248	40.5524	32.3823	31.8220	11.3319	11.3319	31.6433	31.2365	31.6433	31.1647	31.9525	31.9525
40 5972	34.2500	35.1153	35.1150	46.3626	138.3263	103.0316	57.0586	51.0519	50.1599	50.1599	51.9138	49.5978	51.9138	49.6627	54.4480	54.4480
35 2143	29.7087	40.0501	40.0531	40.2153	103.0843	142.6638	72.7115	66.5186	62.1038	62.1038	64.8346	61.2435	64.8046	61.3965	68.7175	68.7175
28 2028	23.7934	46.4783	46.4783	32.2380	57.1801	72.7803	93.1001	84.0597	77.6596	77.6596	81.5595	76.4138	81.5695	76.6804	87.3042	87.3042
28 2028	23.7934	46.4783	46.4783	32.2380	57.1801	72.7803	93.1001	84.0597	77.6596	77.6596	81.5595	76.4138	81.5695	76.6804	87.3042	87.3042
27 7077	21.3758	47.6523	47.6523	31.6026	53.1515	66.5501	84.0711	116.8007	90.3077	90.3077	106.1184	85.4736	106.1184	81.0075	87.0004	87.0004
27 2760	23.0116	48.1775	48.2775	31.1496	50.2445	62.1244	77.5086	96.1781	106.8223	106.8223	90.3106	90.5385	106.8223	83.6230	70.7357	70.7357
27 2760	23.0116	48.1775	48.2775	31.1496	50.2445	62.1244	77.5086	96.1781	106.8223	106.8223	90.3106	90.5385	106.8223	83.6230	70.7357	70.7357
27 5501	23.2428	47.9217	47.9217	31.4526	52.0275	64.8376	81.5234	106.3387	90.3545	90.3545	124.7324	37.2432	124.7324	82.0941	81.7248	81.7248
27 1020	23.9407	48.3992	48.3992	31.0537	49.6706	61.2612	76.3480	84.9942	90.5337	90.5337	87.2135	91.5120	87.2235	84.1669	79.1080	79.1080
27 5501	23.2428	47.9217	47.9217	31.4526	52.0275	64.8376	81.5234	106.3387	90.3545	90.3545	124.7324	37.2432	124.7324	82.0941	81.7248	81.7248
27 1302	23.8885	48.1205	48.2205	30.9930	49.7457	61.4162	76.6177	80.9859	83.6508	83.6508	82.0772	84.1696	82.0772	80.6451	80.8032	80.8032
27 8242	23.4740	47.0933	47.0933	31.7756	54.5559	68.7689	87.2821	84.9747	79.7744	79.7744	81.7487	79.1515	81.7487	80.9038	98.4319	98.4319
27 8242	23.4740	47.0933	47.0933	31.7756	54.5559	68.7689	87.2821	84.9747	79.7744	79.7744	81.7487	79.1515	81.7487	80.9038	98.4319	98.4319

(3) ფორმულის, მე-2 და მე-3 ცხრილების სა- რი უზალანსობისას (მამუენტებელ რეაქტორთა ავა- ფუძველზე გაანგარიშებულ იქნა საქართველოს რიული გამორთვა). ჩატარებული ანგარიშის შე- ელექტროსისტემის გადაცემის ქსელის კვანძებში დეგები მოცემულია მე-4 ცხრილში ძაბვის ცვლილება რეაქტიული სიმძლავრის უეცა-

ცხრილი 4

ქსელის კვანძებში ძაბვის δU_i ცვლილება რეაქტიული
სიმძლავრის უეცარი უზალანსობისას, კვ

კვანძის დასახელება	შეშფოთება				
	ჯვარი $Q_{\text{უბ}} =$ 163,26 მგვარ	ზესტაფონი $Q_{\text{უბ}} = 226,75$ მგვარ	ქსანი $Q_{\text{უბ}} =$ 163,26 მგვარ	გარდაბანი $Q_{\text{უბ}} = 163,26$ მგვარ	მარნეული $Q_{\text{უბ}} = 163,26$ მგვარ
ჯვარი 500	+ 1,584	+ 0,271	+ 0,227	+ 0,229	+ 0,228
ზესტაფონი 500	+ 0,194	+ 16,482	+ 12,468	+ 12,573	+ 12,531
ახალციხე 500	+ 0,205	+ 16,847	+ 15,328	+ 15,887	+ 15,949
ქსანი 500	+ 0,225	+ 17,307	+ 23,418	+ 22,511	+ 22,175
გარდაბანი 500	+ 0,228	+ 17,457	+ 22,517	+ 25,378	+ 23,87
მარნეული 500	+ 0,227	+ 17,398	+ 22,181	+ 23,87	+ 24,193
სამუხი (AZE)	+ 0,232	+ 17,777	+ 22,929	+ 25,843	+ 24,307
ცენტრალნაია (RUS)	+ 1,76	+ 0,301	+ 0,252	+ 0,256	+ 0,254
ალსტაფა (AZE)	+ 0,155	+ 11,561	+ 14,866	+ 16,115	+ 15,686
ჯვარი 220	+ 0,383	+ 1,822	+ 1,525	+ 1,545	+ 1,535
ენგური 220	+ 0,131	+ 0,865	+ 0,724	+ 0,734	+ 0,729
ვარდნილი 220	+ 0,163	+ 1,076	+ 0,9	+ 0,912	+ 0,904
ტყვარჩელი 220	+ 0,163	+ 1,076	+ 0,9	+ 0,912	+ 0,904
ხორგა 220	+ 0,33	+ 2,112	+ 1,767	+ 1,789	+ 1,778
ზუგდიდი 220	+ 0,216	+ 1,452	+ 1,218	+ 1,23	+ 1,223
მენჯი 220	+ 0,323	+ 2,202	+ 1,842	+ 1,866	+ 1,854
ბათუმი 220	+ 0,326	+ 2,156	+ 1,804	+ 1,827	+ 1,815
შუახევი 220	+ 0,326	+ 2,156	+ 1,804	+ 1,827	+ 1,815
წყალტუბო 220	+ 0,248	+ 3,822	+ 3,198	+ 3,24	+ 3,219
ქუთაისი 220	+ 0,215	+ 4,53	+ 3,79	+ 3,84	+ 3,815
ლაჯანური 220	+ 0,248	+ 3,822	+ 3,198	+ 3,24	+ 3,219
ახალციხე 220	+ 0,09	+ 7,413	+ 6,744	+ 6,99	+ 7,018

ფარავანი 220	+ 0,09	+ 7,413	+ 6,744	+ 6,99	+ 7,017
ზესტაფონი 220	+ 0,186	+5,174	+ 4,328	+ 4,386	+ 4,357
ხაშური 220	+ 0,154	+ 6,114	+ 6,497	+ 6,645	+ 6,561
გორი 220	+ 0,133	+ 6,71	+ 7,873	+ 8,079	+ 7,959
ქსანი 220	+ 0,107	+ 7,487	+ 9,664	+ 9,946	+ 9,78
ჟინვალის 220	+ 0,107	+ 7,487	+ 9,664	+ 9,946	+ 9,78
გლდანის 220	+ 0,105	+ 7,608	+ 9,798	+ 10,384	+ 10,152
რუსთავის 220	+ 0,103	+ 7,662	+ 9,853	+ 10,642	+ 10,369
გურჯაანის 220	+ 0,103	+ 7,662	+ 9,853	+ 10,642	+ 10,369
ნავთლუდის 220	+ 0,104	+ 7,632	+ 9,825	+ 10,491	+ 10,241
გარდაბანის 220	+ 0,103	+ 7,672	+ 9,86	+ 10,693	+ 10,409
ხრამი 2 (220)	+ 0,104	+ 7,632	+ 9,824	+ 10,491	+ 10,241
მარნეულის 220	+ 0,103	+ 7,639	+ 9,8	+ 10,529	+ 10,378
ლისის 220	+ 0,105	+ 7,54	+ 9,714	+ 10,153	+ 9,991
დიდუბის 220	+ 0,105	+ 7,54	+ 9,714	+ 10,153	+ 9,991

დასკვნა

1. ელექტროსისტემაში რეაქტიული სიმძლავრის უეცარი უბალანსობისას მიღებული (3) გამოსახულების საშუალებით შესაძლებელია, დასაშვები ცდომილების ფარგლებში, შეფასდეს ქსელის კვანძებში ძაბვის მნიშვნელობათა ცვლილება;
2. შეიძლება ითქვას, რომ მიღებული (3) გამოსახულება რეჟიმული თვალსაზრისით უნივერსალურია, ის დამოკიდებულია მხოლოდ ქსელის ელექტრულ პარამეტრებსა (ტოპოლოგია) და შემფოთებაზე. კვანძებში ძაბვის ანალიზისათვის არ არის საჭირო კონკრეტული დატვირთვის რეჟიმის განხილვა;
3. სტატიაში გაანგარიშებულია საქართველოს ელექტროსისტემის გადაცემის ქსელის (500,

220 კვ) კვანძების საკუთარი და ურთიერთ-აქტიური / რეაქტიული წინაღობები;

4. როდესაც ენგურის ელექტროსადგური სრულყოფილად ასრულებს მაბალანსებელი კვანძის ფუნქციას, მაშინ ელექტროსისტემაში რეაქტიული სიმძლავრის უეცარი უბალანსობისას მასთან ელექტრულად ახლო კავშირში მყოფ (დასავლეთ საქართველოს რეგიონი) კვანძებში ძაბვის ცვლილება შედარებით მცირეა;
5. როდესაც ენგურის ელექტროსადგური არის მაბალანსებელი კვანძი, მაშინ საქართველოს ელექტროსისტემაში მაშუნტებელ რეაქტორთა უეცარი გამორთვის შედეგად წარმოქმნილი რეაქტიული სიმძლავრის სიჭარბე მეტად საგრძნობია ენგურიდან ელექტრულად

- შორს მყოფი კვანძებისათვის (აღმოსავლეთ საქართველოს რეგიონი);
6. ყველაზე პრობლემურია, როდესაც რეაქტიული სიმძლავრის უზალანსობის (რეაქტორის გამორთვა) ეპიცენტრია აღმოსავლეთ საქართველოს კვანძები (ქსანი, გარდაბანი, მარნეული). ამ დროს აღმოსავლეთ საქართველოს კვანძებში ძაბვითა ცვლილება საგანგაშოა, ამიტომ აუცილებელია ქსელის ამ რეგიონის საკონტროლო კვანძებში ძაბვის რეგულირების სისტემები იყოს გამართული და საიმედო,

ლიტერატურა

1. Glazunov, A. A., (1960), Electric network and systems, Gosenergoizdat, (In Russian).
2. Eremia, M., Shahidehpour, M., (2013), Handbook of electrical power system dynamics. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
3. Venikov, V.A., Glazunov, A.A., Zhukov, L.S., & Soldatkina L.A. (1971), Electrical systems. Vol.2. Electric networks. Edited by V.A. Venikov. (In Russian).
4. Makharadze, G. (2015), Electroenergetics (electrical) systems. Publishing house, Universal, Tbilisi. (In Georgian).
5. Eremia M., (2005), Electric power systems, electric networks. Romanian academy publishing house, Bucharest.
6. Makharadze, G., & Japaridze, D., (2020), Selection criteria and a mathematical model for the additional source of reactive power in a backbone network. Georgia, Tbilisi, Collection of academic works of Georgian Technical University, 4(518), p. 105-112. (In Georgian).
7. Ten-year network development plan of Georgian transmission network 2023-2033. Transmission system operator “Georgian State Electrosystem”, Tbilisi, 2023. (In Georgian).

UDC 621.3.026.5

SCOPUS CODE 2101

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2024-4-133-145>

A sudden occurrence of reactive power imbalance in transmission network of power system

David Japaridze

Department of electrical regimes and analytics, Georgian State Electrosystem, 0105 Tbilisi, Georgia, 2 Baratashvili str.

E-mail: datojaparidze1995@gmail.com

Reviewers:

T. Jikia, Associate Professor, Faculty of Power Engineering, GTU

E-mail: tamar.jikia@gse.com.ge

I. Gordiashvili, Associate Professor, Faculty of Power Engineering, GTU

E-mail: gordiashviliirakli02@gtu.ge

Abstract. The paper discusses the issue of sudden imbalance of reactive power in transmission network. The article provides a formula based on which it is possible to estimate change of nodal voltages in transmission network during a sudden imbalance of reactive power. The mentioned problem is discussed on the example of transmission network of Georgian power system, where source of sudden imbalance of reactive power is emergency shutdown of shunt reactors. In the article there is calculated own and mutual impedances of nodes of Georgian transmission network and is evaluated change of nodal voltages during the sudden imbalance of reactive power.

Keywords: Balance of power; Reactive power; Shunt reactor; Transmission network; Voltage.

განხილვის თარიღი 21.06.2024

შემოსვლის თარიღი 25.06.2024

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 25.12.2024