



მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმში სადენტა განივკვეთის ოპტიმალური ფართობის შერჩევით ღია განშტოებული გამანაწილებელი ელექტრული ქსელის რეჟიმის პარამეტრთა რეგულირება

ლაშა მაჭავარიანი

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი. ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის დეპარტამენტი. სადოქტორო პროგრამის, საინჟინრო ტექნოლოგიები და სისტემები, დოქტორანტი

რეზიუმე. ნაშრომში წარმოდგენილია ქ. ქუთაისის ნკვ ძაბვის ღია განშტოებული გამანაწილებელი ელექტრული ქსელის მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმის გამოკვლევის შედეგები. კერძოდ: განსაზღვრულია ქსელის, როგორც 6 ისე 0,38კვ ძაბვის კვანძებში ძაბვის მუშა მნიშვნელობები. შედეგად გამოთვლილია ქსელის ყველა კვანძში ძაბვის გადახრა და დადგენილია პრობლემური კვანძები. ასევე განსაზღვრულია ქსელის უბანთა რეჟიმის პარამეტრები და მის საფუძველზე მიღებულია ქსელში აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრის ჯამური დანაკარგები. შეფასებულია ქსელის მუშაობის ეფექტურობა მარგი ქმედების კოეფიციენტის საშუალებით. ყოველივე ამის ანალიზის საფუძველზე გაკეთებულია რიგი დასკვნები და დასმულია ამოცანა, რომლის მიზანსაც წარმოადგენს ქსელის იმ კრიტერიუმების შესრულება, რომელსაც ის უნდა აკმაყოფილებდეს ნორმალურ დამყარებულ რეჟიმში. კერძოდ: დატვირთვის კვანძებში მიწოდებული ძაბვის მაღალი ხარისხი და მუშაობა სიმძლავრეთა მცირე დანაკარგებით.

ქსელის თავისებურების საფუძველზე
$$\begin{cases} \Delta U_{მაქს} \leq \Delta U_{დასაშ} \\ F_{გ,გ,ბ} \Rightarrow \min \end{cases}$$
 პირობით გამოთვლილია მაგისტრალურ უბნებზე სადენტა განივკვეთის ოპტიმალური ფართობი და ანგარიშებით დასაბუთებულია ამ ღონისძიების მართებულობა. ნაშრომში წარმოდგენილი ქსელის რეჟიმის პარამეტრების საანგარიშოდ გამოყენებულია საინჟინრო კომპიუტერული პროგრამა "NEPLAN".

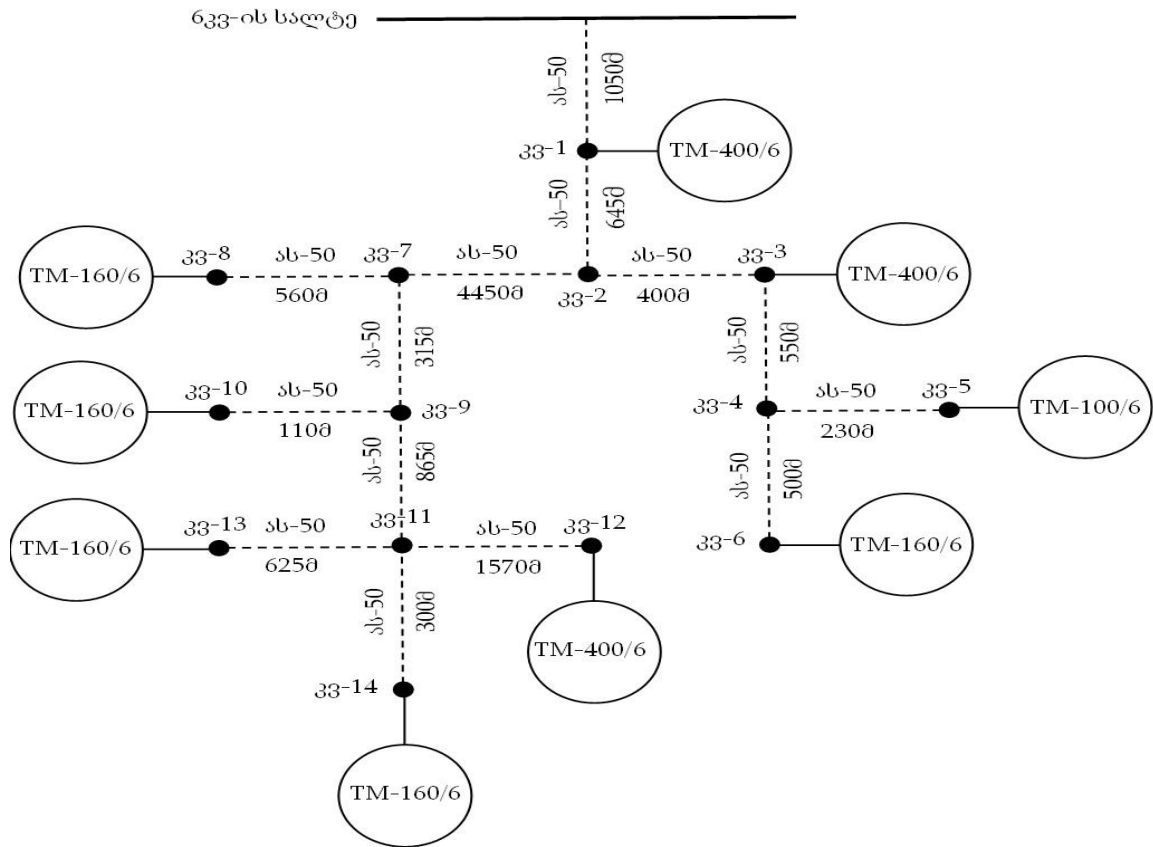
საკვანძო სიტყვები: მუშა ძაბვა, ძაბვის გადახრა, სიმძლავრის დანაკარგი, განივკვეთის ფართობი, ოპტიმალური.

შესავალი. ნებისმიერი ძაბვისა და დანიშნულების ელექტრული ქსელი ნორმალურ დამყარებულ რეჟიმში უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ ტექნიკურ-ეკონომიკური ხასიათის მოთხოვნებს: მომხმარებელთა ელექტრომომარაგება უნდა იყოს საიმედო, ელექტრომიმღებები უნდა იკვებებოდნენ მაღალი ხარისხის ელექტროენერგიით და ქსელი უნდა მუშაობდეს როგორც აქტიურ, ისე რეაქტიულ სიმძლავრეთა მცირე დანაკარგებით, ანუ ეკონომიურად[5]. აქედან გამომდინარე, ელექტრული ქსელების ექსპლუატაციისას საჭიროა ჩატარდეს შესაბამისი ტექნიკურ-ეკონომიკური ხასიათის გაანგარიშებები სიმძლავრისა და ენერჯის დანაკარგების დადგენის მიზნით და ასევე ძაბვის ვარდნისა და დანაკარგების შეფასების თვალსაზრისით, რათა დადგინდეს და შემდგომი ანალიზის საფუძველზე შეფასდეს მისი ელექტრომაგნიტური მდგომარეობა[6]. შედეგად დაისმება იმ დამატებითი ღონისძიების ან ღონისძიებათა ჯგუფის გატარების საკითხი, რომელიც უზრუნველყოფს მისადმი წაყენებული მოთხოვნების შესრულებას. თავის მხრივ ქსელის ელექტრომაგნიტური მდგომარეობა დამოკიდებულია დატვირთვის რეჟიმზე და ქსელის ელექტრულ პარამეტრებზე, ამიტომ ქსელთან დაკავშირებული საკითხების გადაწყვეტისას უდიდესი მნიშვნელობა ენიჭება ქსელის ზღვრული, მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმის გამოკვლევას[7].

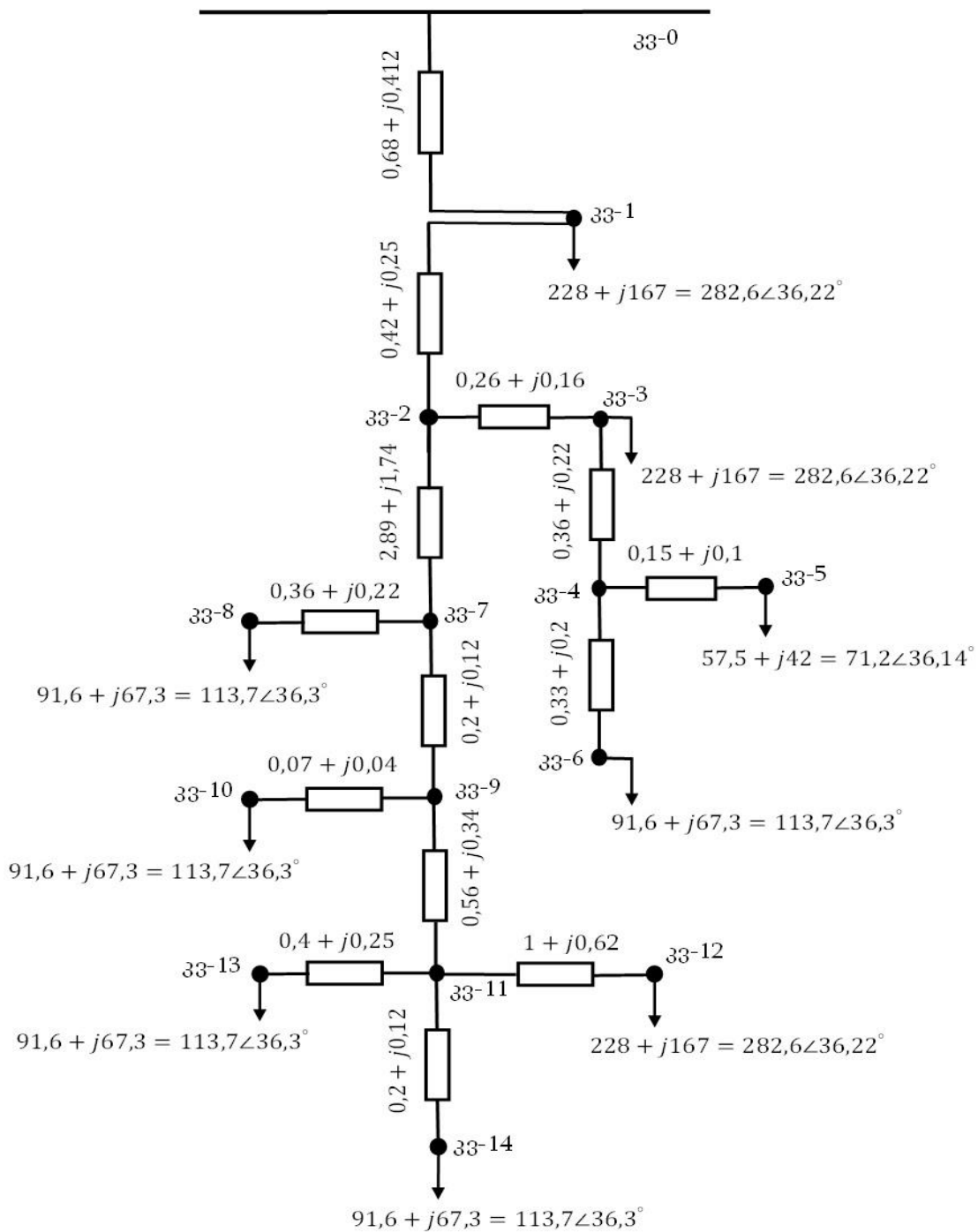
სამუშაოს მიზანი. სამუშაოს მიზანს წარმოადგენს ქ. ქუთაისის გამანაწილებელი ქსელის, 35/6 კვ ძაბვის ქვესადგურის, ღია განშტოებული ელექტრული ქსელის მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმის პარამეტრთა ანგარიში. მათი შემდგომი ანალიზის საფუძველზე მაგისტრალურ უბნებზე სადენთა განიკვეთის ოპტიმალური ფართობის შერჩევა და ქსელის ახალი ელექტრული პარამეტრებით მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმის განმეორებითი ანგარიში.

მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმში 35/6 კვ ძაბვის ქვესადგურის, ღია განშტოებული ელექტრული ქსელის რეჟიმის პარამეტრთა ოპტიმალური რეგულირება

სურ.1-ზე მოცემულია 6 კვ ძაბვის ღია განშტოებული გამანაწილებელი ელექტრული ქსელის ცალხაზოვანი სქემა, ხოლო სურ.2-ზე ქსელის საანგარიშო ჩანაცვლების სქემა მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმში.



სურ.1. 6 კვ ძაბვის ღია განშტოებული გამანაწილებელი ელექტრული ქსელის ცალხაზოვანი სქემა



სურ.2. ქსელის საანგარიშო ჩანაცვლების სქემა
მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმში

სურ.2-ის საფუძველზე ჩატარებულია ქსელის მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმის პარამეტრთა ანგარიში, რომლის შედეგები წარმოდგენილია ცხრილების სახით(ცხრილი1; ცხრილი2; ცხრილი3). უნდა აღინიშნოს, რომ 6/0.38 კვ ძაბვის სატრანსფორმატორო ქვესადგურთა მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმის პარამეტრები გამოთვლილია ქსელის საანგარიშო ჩანაცვლების სქემის საფუძველზე მიღებულ, მათი 6კვ ძაბვის სალტეებზე ძაბვის მუშა მნიშვნელობით.

„ცხრილი 1“

ქსელი ნკვ ძაბვის კვანძებში ძაბვის მუშა მნიშვნელობები მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმში

	$U_{კვ}$	U°	$U\%$
კვ-0	6,54	0,0	109
კვ-1	6,40	0,14	106,74
კვ-2	6,31	0,22	105,10
კვ-3	6,28	0,24	104,73
კვ-4	6,27	0,25	104,52
კვ-5	6,27	0,25	104,52
კვ-6	6,26	0,25	104,41
კვ-7	5,88	0,57	97,96
კვ-8	5,87	0,57	97,82
კვ-9	5,85	0,59	97,53
კვ-10	5,85	0,59	97,53
კვ-11	5,79	0,64	96,57
კვ-12	5,74	0,69	95,59
კვ-13	5,78	0,65	96,41
კვ-14	5,79	0,64	96,49

„ცხრილი 2“

ქსელის უბანთა რეჟიმის პარამეტრები მაქსიმალური დატვირთვისას

ქსელის უბანი	$S_{1კვ}$	$P_{1კვტ}$	$Q_{1კვარ}$	$S_{2კვ}$	$P_{2კვტ}$	$Q_{2კვარ}$	i_{α}	$\Delta P_{კვტ}$	$\Delta Q_{კვარ}$
0 ↔ 1	1623,3	1316,3	949,9	1622,7	1275	925,1	142	41,3	24,9
1 ↔ 2	1292,6	1047	758,1	1272,8	1029,9	747,8	116,5	17,1	10,3
2 ↔ 3	469,7	378,9	277,4	468	377,5	276,6	43	1,44	0,87
3 ↔ 4	185,4	149,5	109,6	185	149,2	109,4	17	0,31	0,19
4 ↔ 5	71,2	57,5	42	71,18	57,48	41,99	6,6	0,02	0,01
4 ↔ 6	113,78	91,7	67,36	113,66	91,6	67,3	10,5	0,1	0,06
2 ↔ 7	803,1	651	470,3	748,5	604,1	442	73,5	46,91	28,29
7 ↔ 8	113,82	91,73	67,38	113,7	91,6	67,3	11,2	0,14	0,1
7 ↔ 9	634,6	512,3	374,6	631,9	509,9	373,2	62,3	2,4	1,4
9 ↔ 10	113,7	91,62	67,32	113,66	91,6	67,3	11,2	0,03	0,02
9 ↔ 11	518,2	418,31	305,9	513,2	414	303,2	51,1	4,40	2,65
11 ↔ 12	285,5	230,48	168,5	282,6	228	167	28,4	2,48	1,49
11 ↔ 13	113,8	91,76	67,39	113,66	91,6	67,3	11,3	0,16	0,1
11 ↔ 14	113,7	91,67	67,34	113,6	91,6	67,3	11,3	0,08	0,05

„ცხრილი 3“

სატრანსფორმატორო ქვესადგურთა რეჟიმის პარამეტრები მაქსიმალური დატვირთვისას

სატრანსფორმატორო ქვესადგური	U_{θ} (კვ)	$U_{\theta}^{პ} / U_{\theta}^{\%}$	ПББ-ს საფეხური	სიმძლავრის დანაკარგი ΔS (კვტ)
TM400/6(კვანძი1)	6,40	0,396/104,47	0	$3,54 + j16,17 = 16,55 \angle 77,65^{\circ}$
TM400/6(კვანძი3)	6,28	0,389/102,35	0	$3,61 + j16,14 = 16,54 \angle 77,39^{\circ}$
TM400/6(კვანძი12)	5,74	0,353/92,79	0	$3,85 + j15,86 = 16,32 \angle 76,36^{\circ}$
TM100/6(კვანძი5)	6,27	0,387/102,06	0	$1,27 + j4,34 = 4,51 \angle 73,65^{\circ}$
TM160/6(კვანძი6)	6,26	0,386/101,69	0	$1,81 + j7,1 = 7,33 \angle 75,70^{\circ}$
TM160/6(კვანძი8)	5,87	0,361/94,84	0	$1,92 + j7,01 = 7,27 \angle 74,60^{\circ}$
TM160/6(კვანძი10)	5,85	0,359/94,5	0	$1,93 + j7,01 = 7,27 \angle 74,60^{\circ}$
TM160/6(კვანძი13)	5,78	0,354/93,3	0	$1,94 + j6,97 = 7,23 \angle 74,45^{\circ}$
TM160/6(კვანძი14)	5,79	0,354/93,3	0	$1,94 + j6,97 = 7,23 \angle 74,45^{\circ}$

ცხრილში 4 წარმოდგენილია ქსელში აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრის ჯამური დანაკარგები. აქ ასევე მოცემულია ქსელის მუშაობის დამახასიათებელი სხვა ენერგეტიკული პარამეტრებიც, რომელთა დახმარებით დადგენილია ქსელის მარგი ქმედების კოეფიციენტი.

„ცხრილი 4“

ქსელის მუშაობის ეფექტურობის მაჩვენებელი ენერგეტიკული პარამეტრები მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმში

$\Delta P_{\Sigma}^{გგბკვტ}$	$\Delta P_{\Sigma}^{ტკვტ}$	$P_{\Sigma}^{დატვირთვ}$	$Q_{\Sigma}^{დატვირთვ}$	$P_{\text{ობკვტ}}$	$Q_{\text{ობკვტ}}$	$\Delta Q_{\Sigma}^{ტკვტ}$	$\Delta Q_{\Sigma}^{გგბკვტ}$	η მ.ქ.კ
116,83	21,8	1176,5	788,3	1316,33	949,96	87,57	70,46	0,89

ცხრილი 3 აჩვენებს, რომ მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმში ქსელის ხუთ კვანძში, კვანძები: 8; 10; 12; 13; 14, მიერთებულ 6/0.38კვ ძაბვის სატრანსფორმატორო ქვესადგურთა დაბალი ძაბვის სალტეზე, ძაბვის გადახრა აღემატება $\pm 5\%$ -ს, რაც მიგვითითებს, რომ მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმში ქსელის უბნებზე, განსაკუთრებით $0 \div 12$ მაგისტრალურ უბნებზე, ძაბვის დანაკარგი დიდია. ამასთან, თითოეულ უბანზე ძაბვის დანაკარგის $2/3$ სადენთა აქტიური წინაღობითაა გამოწვეული. გარდა ამისა, $0 \div 12$ მაგისტრალის ჯამური განფენილობის სიგრძე, მოცემული ძაბვის ქსელისათვის, მნიშვნელოვან სიდიდეს აღწევს(8.9კმ). შესაბამისად, ცხადია, რომ $0 \div 12$ მაგისტრალურ უბნებზე, გამოყენებული სადენთა განივკვეთის ფართობი, მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმში, ვერ უზრუნველყოფს ქსელის რიგ კვანძებში ძაბვის სასურველ სიდიდემდე რეგულირებას და საჭიროებს კორექტირებას. ქსელის მეორე მაგისტრალზე, უბნები:

2↔3;3↔4;4↔6 ძაბვის დანაკარგი მცირეა და 1;3;5;6 კვანძებში დადგმულ 6/0.38კვ ძაბვის სატრანსფორმატორო ქვესადგურთა დაბალი ძაბვის სალტეზე ძაბვის გადახრა არ ცდება ±5%-ს, შესაბამისად ქსელის ამ უბნებზე სადენტა განივკვეთის ფართობის გაზრდის ღონისძიება არ განიხილება.

ამრიგად, გამართლებულია დაისვას ქსელის 0 ÷ 12 მაგისტრალურ უბნებზე სადენტა განივკვეთის ფართობის შერჩევის საკითხი შემდეგი ფორმით: სადენტა განივკვეთის ფართობის შერჩევა ძაბვის დასაშვები დანაკარგისა და გამტარი მასალის მინიმალური ხარჯით, ანუ მიზნის ფუნქცია ჩაიწერება შემდეგი ფორმით[1]:

$$\begin{cases} \Delta U_{მაქს} \leq \Delta U_{დასაშ} \\ F_{გ.ბ} \Rightarrow \min \end{cases}$$

რადგან ქსელის რიგ უბნებზე სადენტა განივკვეთის ფართობი არ შეესაბამება ამ უბანთა მაქსიმალურ დატვირთვას, ბუნებრივია, რომ ქსელი იმუშავებს სიმძლავრეთა დიდი დანაკარგით. შესაბამისად, ადგილი აქვს ქსელის არაეკონომიურ მუშაობას, რაც დაამტკიცა ანგარიშებმა, $\eta = 0.89$. თანაც მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმში, ქსელის ელექტროგადამცემ ხაზებში სრული სიმძლავრის ჯამური დანაკარგის ვექტორი ნამდვილ რიცხვთა ღერძიდან დაძრულია 31° -ით $\underline{\Delta S}_{გ.ბ}^E = 116.83 + j70.46 = 136.43 \angle 31$, რაც კიდევ უფრო ამყარებს დასმული ამოცანის მართებულობას.

ქსელის 0 ÷ 12 მაგისტრალურ უბნებზე სადენტა განივკვეთის ოპტიმალური ფართობის შესარჩევად განვსაზღვროთ ძაბვის დანაკარგი 0 ÷ 12 მაგისტრალური უბნების აქტიურ და რეაქტიულ წინაღობებში:

$$\begin{aligned} \Delta U_R^{0-1} &= 0,137\text{კვ} & \Delta U_X^{0-1} &= 0,062\text{კვ} \\ \Delta U_R^{1-2} &= 0,069\text{კვ} & \Delta U_X^{1-2} &= 0,031\text{კვ} \\ \Delta U_R^{2-7} &= 0,3\text{კვ} & \Delta U_X^{2-7} &= 0,135\text{კვ} \\ \Delta U_R^{7-9} &= 0,017\text{კვ} & \Delta U_X^{7-9} &= 0,009\text{კვ} \\ \Delta U_R^{9-11} &= 0,04\text{კვ} & \Delta U_X^{9-11} &= 0,017\text{კვ} \\ \Delta U_R^{11-12} &= 0,04\text{კვ} & \Delta U_X^{11-12} &= 0,02\text{კვ} \\ \Delta U_R^\Sigma &= 0,603\text{კვ} & \Delta U_X^\Sigma &= 0,274\text{კვ} \end{aligned}$$

მოცემული ქსელისათვის $\Delta U_R^{დასაშ}$ გამოვთვალოთ ΔU_X^Σ – ის საფუძველზე.

$$\Delta U_R^{დასაშ} = \Delta U_{დასაშ} - \Delta U_X^\Sigma = 0,6 - 0,274 = 0,326\text{კვ}$$

მოცემულ შემთხვევაში $\Delta U_{დასაშ} = 0,1U_{ნომ}$, რადგან ΔU_X^Σ გამოთვლილია არა კვანძური ძაბვების ნომინალური, არამედ ფაქტიური მნიშვნელობებით.

სადენტა გამტარი მასალის ხარჯის კოეფიციენტი განვსაზღვროთ ფორმულით[2]:

$$k = \frac{\sum_{ij=1}^n (L_{ij} \sqrt{P_{ij}})}{\gamma \Delta U_R^{დასაშ} U_{ნომ}}$$

გამოსახულებიდან ჩანს, რომ k – ს გამოსათვლელად აუცილებელია დადგინდეს $L_{ij} \sqrt{P_{ij}}$ თითოეული უბნისათვის.

$$L_{0-1} \sqrt{P_{0-1}} = 1,191 \quad L_{1-2} \sqrt{P_{1-2}} = 0,657$$

$$L_{2-7}\sqrt{P_{2-7}} = 3,472 \quad L_{7-9}\sqrt{P_{7-9}} = 0,226$$

$$L_{9-11}\sqrt{P_{9-11}} = 0,559 \quad L_{11-12}\sqrt{P_{11-12}} = 0,752$$

$$\sum_{ij=1}^n (L_{ij}\sqrt{P_{ij}}) = 6,857$$

შედეგად, $k = (6,857/32 \cdot 0,326 \cdot 6) \cdot 10^3 = 110$

ქსელის $0 \div 12$ მაგისტრალურ უბნებზე სადენტო განივკვეთის ოპტიმალური ფართობი განვსაზღვროთ ფორმულით[3]:

$$F_{ij} = k\sqrt{P_{ij}} \text{ მმ}^2$$

მიღებული შედეგები დამრგვალებდა უახლოეს სტანდარტულ განივკვეთამდე. ამრიგად,

$$F_{0-1} = 110 \cdot \sqrt{1,28663} = 124,77 [120 \text{ მმ}^2]$$

$$F_{1-2} = 110 \cdot \sqrt{1,03928} = 112,14 [120 \text{ მმ}^2]$$

$$F_{2-7} = 110 \cdot \sqrt{0,60866} = 85,82 [95 \text{ მმ}^2]$$

$$F_{7-9} = 110 \cdot \sqrt{0,51379} = 78,85 [70 \text{ მმ}^2]$$

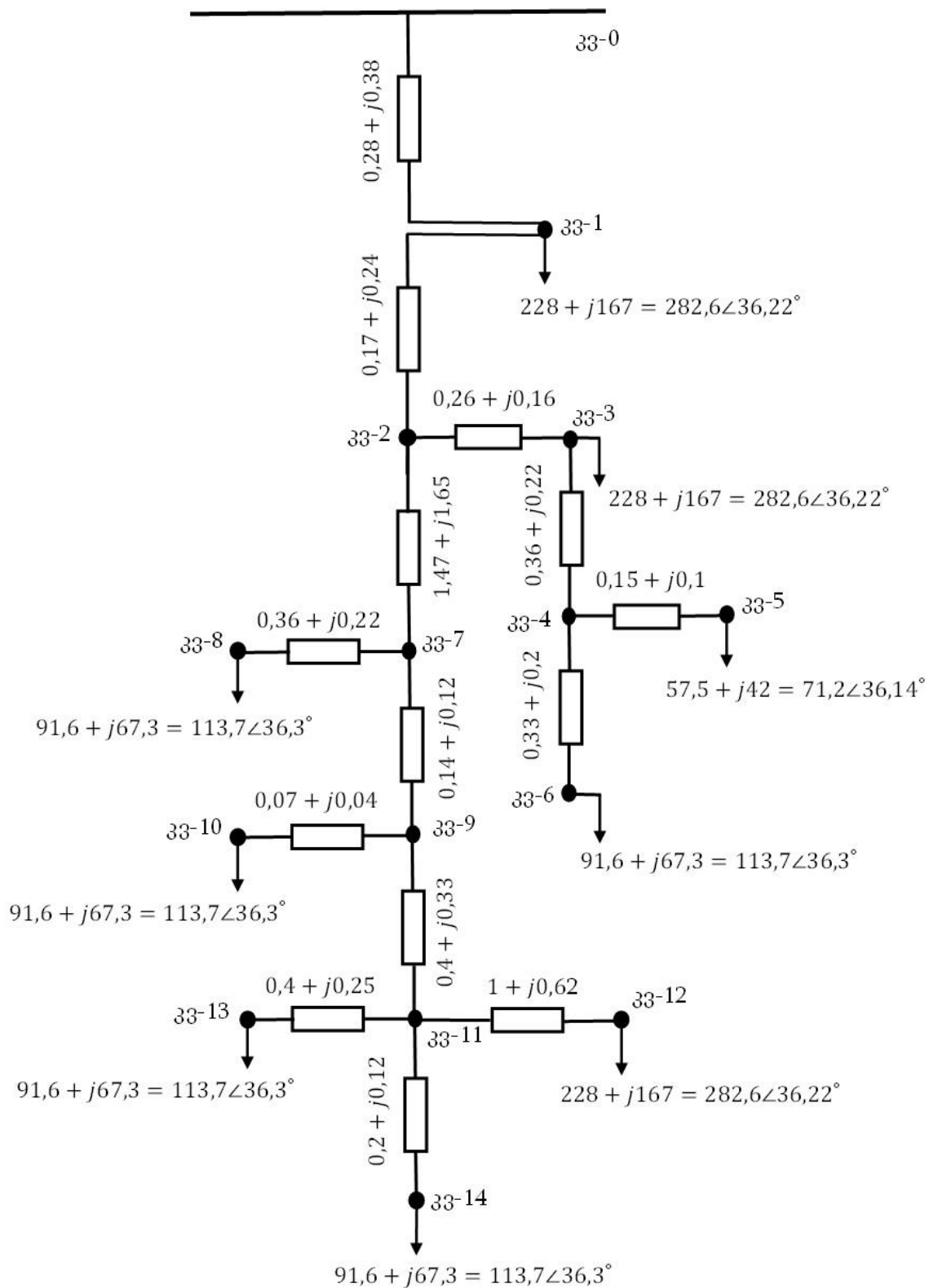
$$F_{9-11} = 110 \cdot \sqrt{0,41692} = 71,03 [70 \text{ მმ}^2]$$

$$F_{11-12} = 110 \cdot \sqrt{0,2296} = 52,71 [50 \text{ მმ}^2]$$

ანგარიშებით შერჩეული სადენტო განივკვეთის ოპტიმალური ფართობები უნდა გადამოწმდეს მაქსიმალურად დასაშვები დენით, რისთვისაც ჩატარდება ქსელის მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმის პარამეტრთა ანგარიში შესაბამის უბნებზე სადენტო განივკვეთის ფართობის გაზრდის პირობებში. აქვე დადგინდება სრულდება თუ არა $\Delta U_{\text{მაქს}} \leq \Delta U_{\text{დასაშ}}$ პირობა და მის საფუძველზე შეფასდება განხორციელებული ღონისძიების მართებულობა[4].

სურ.3-ზე წარმოდგენილია ქსელის განახლებული საანგარიშო სქემა, რომლის რეჟიმის პარამეტრები წინა შემთხვევის მსგავსად ნაპოვნია „NEPLAN“-ის გამოყენებით და მოცემულია ცხრილებში(ცხრილი 5; ცხრილი 6; ცხრილი 7; ცხრილი 8).

ანგარიშებმა აჩვენა, რომ ქსელის $0 \div 12$ მაგისტრალურ უბნებზე სადენტო განივკვეთის ფართობის გაზრდამ მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმში მნიშვნელოვნად აამაღლა ქსელის კვანძებში მიწოდებული ძაბვის ხარისხი, კერძოდ მე-12 კვანძში სატრანსფორმატორო ქვესადგურის 0,38კვ ძაბვის სალტეზე ძაბვის მუშა მნიშვნელობა გაიზარდა 3,54%-ით და გახდა 96,33%-ის ტოლი. მე-13 და მე-14 კვანძებში სატრანსფორმატორო ქვესადგურების 0,38კვ ძაბვის სალტეზე ძაბვის მუშა მნიშვნელობები გაიზარდა 3,5 და 3,6 პროცენტით და მივიღეთ: $U_{13}^{\text{წ}} = 96,79\%$; $U_{14}^{\text{წ}} = 96,88\%$. მე-10 და მე-8 კვანძებში კი სატრანსფორმატორო ქვესადგურების 0,38კვ ძაბვის სალტეზე ძაბვის მუშა მნიშვნელობები გაიზარდა 3,2 და 3,1 პროცენტით, შედეგად მივიღეთ $U_{10}^{\text{წ}} = 97,69\%$; $U_8^{\text{წ}} = 97,91\%$. ამრიგად, მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმში ქსელის 0,38 კვ ძაბვის კვანძებში ძაბვის პრობლემები სრულად აღმოიფხვრა, და დადასტურდა, რომ $\Delta U_{\text{მაქს}} \leq \Delta U_{\text{დასაშ}}$ პირობა სრულდება.



სურ.3. ქსელის მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმის განახლებული სანგარიშო სქემა

„ცხრილი 5“

ქსელის 6კვ ძაბვის კვანძებში ძაბვის მუშა მნიშვნელობები სადენტა განივკვეთის ფართობის გაზრდის პირობებში

	$U_{კვ}$	U°	$U\%$
კვ-0	6.45	0	107.5
კვ-1	6.37	-0.29	106.16
კვ-2	6.31	-0.45	105.23
კვ-3	6.29	-0.43	104.86
კვ-4	6.28	-0.42	104.65
კვ-5	6.277	-0.418	104.62
კვ-6	6.272	-0.414	104.54
კვ-7	6.047	-0.965	100.79
კვ-8	6.039	-0.958	100.65
კვ-9	6.027	-0.976	100.46
კვ-10	6.026	-0.975	100.43
კვ-11	5.983	-1.002	99.72
კვ-12	5.927	-0.954	98.78
კვ-13	5.974	-0.994	99.57
კვ-14	5.979	-0.998	99.65

„ცხრილი 6“

ქსელის უბანთა რეჟიმის პარამეტრები სადენტა განივკვეთის ფართობის გაზრდისას

ქსელის უბანი	$S_{1კვა}$	$P_{1კვტ}$	$Q_{1კვარ}$	$S_{2კვა}$	$P_{2კვტ}$	$Q_{2კვარ}$	$i_{ა}$	$\Delta P_{კვტ}$	$\Delta Q_{კვარ}$
0 ↔ 1	1565.81	1252.11	940.21	1540.12	1236.15	918.64	136.97	15.95	21.57
1 ↔ 2	1257.51	1008.15	751.64	1246.99	1001.61	742.8	111.84	6.53	8.83
2 ↔ 3	469.59	378.9	277.39	467.98	377.52	276.55	42.12	1.38	0.83
3 ↔ 4	185.36	149.52	109.55	185	149.22	109.37	16.68	0.298	0.18
4 ↔ 5	71.22	57.52	42.01	71	57.5	42	6.42	0.0185	0.0112
4 ↔ 6	113.78	91.70	67.36	113.66	91.6	67.3	10.26	0.10262	0.0619
2 ↔ 7	777.42	622.71	465.42	745.87	601.29	441.34	69.72	21.42	24.08
7 ↔ 8	113.8	91.72	67.37	113.66	91.6	67.3	10.64	0.123	0.074
7 ↔ 9	632	509.57	373.96	630	508.05	372.7	59.1	1.52	1.26
9 ↔ 10	113.68	91.62	67.31	113	91.6	67.3	10.66	0.024	0.015
9 ↔ 11	516.4	416.43	305.39	512.77	413.63	303.06	48.42	2.799	2.324
11 ↔ 12	285.2	230.22	168.34	282.6	228	167	26.93	2.22	1.34
11 ↔ 13	113.82	91.74	67.38	113	91.6	67.3	10.75	0.141	0.085
11 ↔ 14	113.7	91.67	67.34	113	91.6	67.3	10.74	0.068	0.041

„ცხრილი 7“

სატრანსფორმატორო ქვესადგურთა მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმის პარამეტრები სადენტა განივკვეთის ფართობის გაზრდის პირობებში

სატრანსფორმატორო ქვესადგური	U_{θ} (კვ)	$U_{\theta}^{კვ} / U_{\theta}^{\%}$	ПББ-ს საფეხური	სიმძლავრის დანაკარგი ΔS (კვტ)
TM400/6(კვანძი1)	6.37	0.395/103.88	0	3.56 + j16.17
TM400/6(კვანძი3)	6.29	0.389/102.52	0	3.6 + j16.14
TM400/6(კვანძი12)	5.927	0.366/96.33	0	3.79 + j16.03
TM100/6(კვანძი5)	6.277	0.388/102.18	0	1.26 + j4.34
TM160/6(კვანძი6)	6.272	0.387/101.9	0	1.8 + j7.1
TM160/6(კვანძი8)	6.039	0.372/97.91	0	1.87 + j7.05
TM160/6(კვანძი10)	6.026	0.371/97.69	0	1.88 + j7.05
TM160/6(კვანძი13)	5.974	0.368/96.79	0	1.89 + j7.04
TM160/6(კვანძი14)	5.979	0.369/96.88	0	1.89 + j7.04

„ცხრილი 8“

მაგისტრალურ უბნებზე სადენტა განივკვეთის ფართობის გაზრდისას, ქსელის მუშაობის ეფექტურობის მაჩვენებელი ენერგეტიკული პარამეტრები

$\Delta P_{გზ.ბკვტ}^{\Sigma}$	$\Delta P_{ტკვტ}^{\Sigma}$	$P_{დატვკვტ}^{\Sigma}$	$Q_{დატვკვარ}^{\Sigma}$	$P_{იბკვტ}$	$Q_{იბკვარ}$	$\Delta Q_{ტკვარ}^{\Sigma}$	$\Delta Q_{გზ.ბკვტ}^{\Sigma}$	η მ.ქ.კ
52.61	21.1	1176.5	788.3	1250.2	937.2	88.2	60.71	0.94

0 ÷ 12 მაგისტრალურ უბნებზე სადენტა განივკვეთის ფართობის გაზრდამდე ქსელში აქტიური სიმძლავრის ჯამური დანაკარგის 84% ელექტროგადამცემ ხაზებზე მოდიოდა, ხოლო 6/0,38 კვ ძაბვის ტრანსფორმატორებზე 16%. სადენტა განივკვეთის ფართობის შეცვლამ გარკვეული ცვლილება შეიტანა ამ თანაფარდობაში, კერძოდ ხაზებში დაიკარგა აქტიური სიმძლავრის ჯამური დანაკარგის 70%, ხოლო 30% ტრანსფორმატორებში. ეს ცვლილება კი გამოიწვია სადენტაში აქტიური სიმძლავრის დანაკარგის 55%-ით შემცირებამ. შედეგად მივიღეთ, რომ ქსელში აქტიური სიმძლავრის ჯამური დანაკარგი სადენტა განივკვეთის ფართობის გაზრდის შემდეგ შემცირდა 47%-ით, რამაც ასევე შეამცირა ქსელში აქტიური სიმძლავრის იმპორტი და გაზარდა ქსელის მარგი ქმედების კოეფიციენტი 94%-მდე, ანუ ამაღლდა 5%-ით.

ასევე შემცირებულია ელექტროგადამცემ ხაზებში რეაქტიული სიმძლავრის დანაკარგი 14%-ით, შედეგად ქსელში რეაქტიული სიმძლავრის ჯამური დანაკარგი შემცირდა 6%-ით. ეს გარემოება განაპირობა მან, რომ ტრანსფორმატორებში რეაქტიული სიმძლავრის

დანაკარგის ზრდის სიდიდე მნიშვნელოვნად ჩამორჩება ხაზებში რეაქტიული სიმძლავრის დანაკარგის შემცირების მასშტაბებს. ისევე როგორც აქტიური სიმძლავრის შემთხვევაში, შემცირებულია ქსელში რეაქტიული სიმძლავრის იმპორტი. აქვე აღვნიშნოთ, რომ შერჩეული თითოეული სადენისთვის სრულდება ზემოთ დასმული პირობა $I_{ij}^{max} \leq I_{ij}^{nom}$. ამრიგად, ყველა პირობა გვაქვს, რომ დავადასტუროთ განხორციელებული ღონისძიების მართებულობა.

დასკვნები.

- როდესაც გამანაწილებელი ქსელის დატვირთვის კვანძებში აქტიური სიმძლავრის კოეფიციენტი $\cos \varphi \geq 0,8$, ანუ $\tan \varphi \leq 0,75$ და სადენთა განივკვეთის ფართობი $F \leq 95\text{მ}^2$, ქსელის რეჟიმის ხასიათი უმეტესად აქტიური წინაღობითაა განპირობებული, ხოლო რეაქტიული წინაღობა რეჟიმის მხოლოდ საბოლოო სიდიდით დამყარებაში იღებს მონაწილეობას. შესაბამისად, ქსელის მუშა რეჟიმის ოპტიმალური მართვის ამოცანის დასა აღნიშნული ფაქტორის გათვალისწინების გარეშე დაუშვებელია.
- ქსელის უზნებზე სადენთა განივკვეთის ფართობის $\begin{cases} \Delta U_{მაქს} \leq \Delta U_{დასაშ} \\ F_{გ.გ.ბ} \Rightarrow \min \end{cases}$ პირობით შერჩევასა და ძაბვის დანაკარგი უმჯობესია გამოვთვალოთ არა ნომინალურ, არამედ კვანძურ ძაბვათა მუშა მნიშვნელობებით. ასევე სასურველია, რომ $\Delta U_{მაქს}$ ელექტრულად უშორეს კვანძამდე გავუტოლოთ 10%-ს, ნაცვლად $6 \div 8\%$, წინააღმდეგ შემთხვევაში შესაძლოა ქსელის სათავე უზნებზე სადენთა განივკვეთის ფართობი აღმოჩნდეს მეტისმეტად გადიდებული და შეუსაბამო გამანაწილებელი ქსელებისათვის.
- როდესაც ქსელის ჯამური განფენილობის სიგრძე ძაბვის შესაბამისი საფეხურისათვის აღწევს ზღვრულ მნიშვნელობას, მეტად გამართლებულია, რომ ΔU_X^{Σ} გამოითვალოს სადენთა რეაქტიული წინაღობის არა საშუალო, არამედ ფაქტიური მნიშვნელობით, რადგან მიუხედავად იმისა, რომ სადენთა რეაქტიული წინაღობა მცირეა და დამოკიდებული მის რადიუსზე, ქსელი დიდი განფენილობის შემთხვევაში მაინც მნიშვნელოვან ცვლილებებს ვიღებთ ანგარიშებში, რაც ბუნებრივია ამცირებს განხორციელებულ სამუშაოთა ხარისხს და სანდოობას.

გამოყენებული ლიტერატურა.

1. Ананичева С. С., Шелюг С.Н. Электроэнергетические системы и сети: учебное пособие — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та 2019. —296 с.
2. Герасименко А. А., Федин В. Т. Передача и распределение электрической энергии: учебное пособие - 4-е изд., стер. – М.: КНОРУС, 2014 – 648 с.
3. Глазунов А. А., Глазунов А. А. Электрические сети и системы, М-Л., ГЭИ, 1960, 368 с.

4. Веников В. А., Глазунов А. А., Жуков Л. С., Солдаткина Л. А. Электрические Системы, т.2. Электрические сети. Под ред. В. А. Веникова. М., Высшая школа, 1971, 440 с.
5. Мельников Н. А., Солдаткина Л. А. Регулирование напряжения в электрических сетях, М., Энергия, 1968. 152 с.
6. William H. Kersting. Distribution System Modeling and Analysis, Third edition. CRC Press, Taylor & Francis Group, New York, 2012.
7. Turan Gonen. Electric Power Distribution Engineering, Third edition. CRC Press, Taylor & Francis Group, New York, 2014.

Adjusting the parameters of the open branched distribution network mode by selecting the optimal area of the wires cross-section in the maximum load mode

Lasha matchavariani

Akaki Tsereteli State University. Department of Energetics and Telecommunications. PhD student of PhD program, Engineering Technologies and Systems.

Summary. The paper presents the results of the research of Maximum load mode of 6 kV open branched distribution network of Kutaisi. For instance, the operating values of the voltage at both 6 and 0.38 kV nodes of the network are defined. As a result, voltage deviations in all nodes of the network are calculated and problem nodes are identified. The mode parameters of the particular sections of the network are also defined and based on it, the total losses of active and reactive power in the network are obtained. The efficiency of network operation is evaluated by means of efficiency. Based on the analysis of all this, a number of conclusions are made and a task is set, the purpose of which is to fulfill the criteria of the network, which it must meet in a normally established mode. In particular: high quality of the voltage supplied to the load nodes and operation with small power losses. Based on the network characteristics and provided condition $\begin{cases} \Delta U_{\text{მაქს}} \leq \Delta U_{\text{დასაშ}} \\ F_{\text{ჯ.ბ.ბ}} \Rightarrow \min \end{cases}$ the optimal area of wires cross sections at the highway is calculated and the validity of this measure is substantiated by the reports. The engineering computer program “NEPLAN” is used to calculate the network mode parameters presented in the paper.

Keywords: *actual voltage, voltage deviation, power losses, area of cross section, optimal.*