

ოთხფაზა ელექტროგადამცემის სადენთა ინდუქციურობა და ტევადობა

არკადი რიკრიკაძე, სტუ-ს დოქტორანტი

რეზიუმე

ჩატარებულია 4 — ფაზა ელექტროგადამცემის სადენთა ინდუქციურობისა და ტევადობის გაანგარიშება. მიღებულია ამ პარამეტრთა საანგარიშო გამოსახულებები. ჩატარებულია მიღებული პარამეტრების შედარებითი ანალიზი 3-ფაზა ელექტროგადამცემის სადენთა ანალოგიურ პარამეტრებთან მიმართებაში.

საკვანძო სიტყვები: ოთხფაზა, ელექტროგადამცემა, სადენი, ინდუქციურობა, ტევადობა.

Индуктивность и емкость четырехфазной линий электропередачи

Аркадий Рикрикадзе

Резюме

В статье проведены расчеты индуктивностей и емкостей проводов электропередачи 4-х фазного тока. Проведен сравнительный анализ полученных параметров с аналогичными параметрами электропередачи 3-х фазного тока.

Ключевые слова : двухфазный , четырехфазный, электропередача, провод, индуктивность, емкость.

The inductance and capacitance of a four-phase power lines

Arkadi Rikrikadze

Summary

The article presents calculations of inductances and capacitances of wires of electric 4-phase AC. A comparative analysis of the parameters with similar parameters power 3-phase current.

Keywords: two-phase, three-phase, power, wire inductance, capacitance.

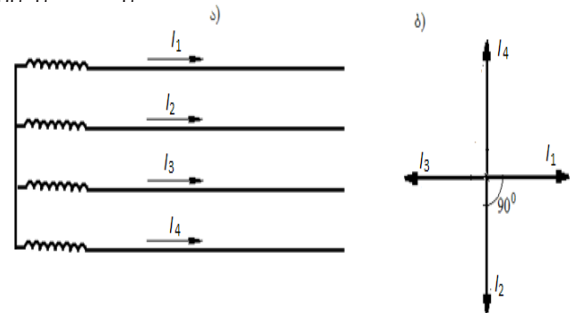
შესავალი

ძირითადი ნაწილი

მრავალფაზა ელექტროგადამცემის თითოეულ სადენში ინდუქცირდება ამავე სადენში გამავალი დენით განპირობებული თვითინდუქციის ე.მ.დ. და დანარჩენ სადენში გამავალი დენებით განპირობებული ურთიერთინდუქციის ე.მ.დ. [1].

განვიხილოთ 4-ფაზა 4-სადენიანი ელექტროგადამცემის ხაზი (ნახ.1,ა), რომლის სადენებში გამავალი დენების ვექტორულ დიაგრამას აქვს ნახ.1,ბ-ზე ნაჩვენები სახე.

ნახ.1. ა) — ელექტროგადამცემის ხაზის სურათი, სადა I_1, I_2, I_3, I_4 — დენების ვექტორები. ბ) — დენების ვექტორული დიაგრამა, სადა I_1, I_2, I_3, I_4 — დენების ვექტორები, რომლებიც განლაგებულია 90° კუთხეებში.



ნახ.1.

თითოეულ სადენში ძაბვის ვარდნის საანგარიშო გამოსახულება ჩვენერთ სიმბოლური მეთოდის გამოყენებით და გვაქვს:

$$\begin{aligned} U_1 &= (r + j\omega L)I_1 + j\omega M_{1,2}I_2 + j\omega M_{1,3}I_3 + j\omega M_{1,4}I_4 \\ U_2 &= (r + j\omega L)I_2 + j\omega M_{2,3}I_3 + j\omega M_{2,4}I_4 + j\omega M_{2,1}I_1 \\ U_3 &= (r + j\omega L)I_3 + j\omega M_{3,4}I_4 + j\omega M_{3,1}I_1 + j\omega M_{3,2}I_2 \\ U_4 &= (r + j\omega L)I_4 + j\omega M_{4,1}I_1 + j\omega M_{4,2}I_2 + j\omega M_{4,3}I_3 \end{aligned}$$

ნახ.1,ბ ვექტორული დიაგრამის თანახმად, ვწერთ:

$$\begin{aligned} U_1 &= [r + j\omega(L - M_{1,2} - M_{1,3} + M_{1,4})] I_1 \\ U_2 &= [r + j\omega(L - M_{2,3} - M_{2,4} + M_{2,1})] I_2 \\ U_3 &= [r + j\omega(L - M_{3,4} - M_{3,1} + M_{3,2})] I_3 \\ U_4 &= [r + j\omega(L - M_{4,1} - M_{4,2} + M_{4,3})] I_4 \end{aligned}$$

მრგვალ ფორმულებში მდგომი გამოსახულებები შეიძლება განვიხილოთ როგორც თითოეული სადენის ეკვივალენტური ინდუქციურობა, შესაბამისად:

$$\begin{aligned} L'_1 &= (L - M_{1,2} - M_{1,3} + M_{1,4}) \\ L'_2 &= (L - M_{2,3} - M_{2,4} + M_{2,1}) \\ L'_3 &= (L - M_{3,4} - M_{3,1} + M_{3,2}) \\ L'_4 &= (L - M_{4,1} - M_{4,2} + M_{4,3}) \end{aligned}$$

სივრცისა და R რადიუსის სადენის L თვითინდუქციურობა გამოითვლება გამოსახულებით [1]

$$L = L_{\text{gare}} + L_{\text{Siga}} = \frac{\mu_0 \ell}{2\pi} \left(\ell n \frac{2\ell}{R} - 1 \right) + \frac{\mu \ell}{8\pi}$$

სადაც : μ_0 — მაგნიტური ველის მუდმივა

$$\mu_0 = 1,256 \cdot 10^{-6} \text{ hn/m}$$

μ - სადენის მასალის აბსოლუტური მაგნიტური შეღწევადობა (ფერადი ლითონებისათვის).

$$\mu = \mu_0$$

შესაბამისად, 1 კმ სიგრძის ამ სადენის შიგა ინდუქციურობა

$$L_{0,\text{Siga}} = \frac{1,256 \cdot 10^{-6}}{8,314} = 0,05 \cdot 10^{-3} \text{ hn/km}$$

ანუ სადენის შიგა რეაქტიული წინაღობა

$$X_{0,\text{Siga}} = \omega L_{0,\text{Siga}} = 0,0157 \text{ omi/km.}$$

D მანძილზე დამორებული სიგრძის ($D \ll \ell$) პარალელური სადენების ურთი-ერთინდუქციურობა

$$M = \frac{\mu_0 \ell}{2\pi} \left(\ln \frac{2\ell}{D} - 1 \right).$$

ბოლო ორი გამოსახულების გათვალისწინებით სადენთა ეკვივალენტური ინდუქციურობის საანგარიშო გამოსახულებები ჩაინერება შემდეგ სახეში

$$L'_1 = \frac{\mu_0 \ell}{2\pi} \left(\ln \frac{2\ell}{R} - 1 \right) + \frac{\mu \ell}{8\pi} - j \frac{\mu_0 \ell}{2\pi} \left(\ln \frac{2\ell}{D_{1,2}} - 1 \right) - \frac{\mu_0 \ell}{2\pi} \left(\ln \frac{2\ell}{D_{1,3}} - 1 \right) + j \frac{\mu_0 \ell}{2\pi} \left(\ln \frac{2\ell}{D_{1,4}} - 1 \right)$$

$$L'_2 = \frac{\mu_0 \ell}{2\pi} \left(\ln \frac{2\ell}{R} - 1 \right) + \frac{\mu \ell}{8\pi} - j \frac{\mu_0 \ell}{2\pi} \left(\ln \frac{2\ell}{D_{2,3}} - 1 \right) - \frac{\mu_0 \ell}{2\pi} \left(\ln \frac{2\ell}{D_{2,4}} - 1 \right) + j \frac{\mu_0 \ell}{2\pi} \left(\ln \frac{2\ell}{D_{2,1}} - 1 \right)$$

$$L'_3 = \frac{\mu_0 \ell}{2\pi} \left(\ln \frac{2\ell}{R} - 1 \right) + \frac{\mu \ell}{8\pi} - j \frac{\mu_0 \ell}{4\pi} \left(\ln \frac{2\ell}{D_{3,4}} - 1 \right) - \frac{\mu_0 \ell}{4\pi} \left(\ln \frac{2\ell}{D_{3,1}} - 1 \right) + j \frac{\mu_0 \ell}{4\pi} \left(\ln \frac{2\ell}{D_{3,2}} - 1 \right)$$

$$L'_4 = \frac{\mu_0 \ell}{2\pi} \left(\ln \frac{2\ell}{R} - 1 \right) + \frac{\mu \ell}{8\pi} - j \frac{\mu_0 \ell}{4\pi} \left(\ln \frac{2\ell}{D_{4,1}} - 1 \right) - \frac{\mu_0 \ell}{4\pi} \left(\ln \frac{2\ell}{D_{4,2}} - 1 \right) + j \frac{\mu_0 \ell}{4\pi} \left(\ln \frac{2\ell}{D_{4,3}} - 1 \right)$$

ანუ 1 კმ სიგრძის სადენის ეკვივალენტური ინდუქციურობა

$$L'_1 = \frac{\mu_0}{2\pi} \ln \frac{D_{1,3}}{R} + \frac{\mu}{8\pi} + j \frac{\mu_0}{2\pi} \ln \frac{D_{1,2}}{D_{1,4}}$$

$$L'_2 = \frac{\mu_0}{2\pi} \ln \frac{D_{2,4}}{R} + \frac{\mu}{8\pi} + j \frac{\mu_0}{2\pi} \ln \frac{D_{2,3}}{D_{2,1}}$$

$$L'_3 = \frac{\mu_0}{2\pi} \ln \frac{D_{3,1}}{R} + \frac{\mu}{8\pi} + j \frac{\mu_0}{2\pi} \ln \frac{D_{3,4}}{D_{3,2}}$$

$$L'_4 = \frac{\mu_0}{2\pi} \ln \frac{D_{4,2}}{R} + \frac{\mu}{8\pi} + j \frac{\mu_0}{2\pi} \ln \frac{D_{4,1}}{D_{4,3}}$$

მივიღეთ, რომ სადენის ეკვივალენტური ინდუქციურობა, ზოგადად, კომპლექსური სიდიდეა. მისი ნამდვილი ნაწილი, გამრავლებული $j\omega$ -ზე, გვაძლევს 1 კმ სიგრძის ამ სადენის რეაქტიულ

წინააღობას, ხოლო წარმოსახვითი ნაწილი, გამრავლებული $j\omega$ -ზე, გვაძლევს 1 კმ სიგრძის ამავსადენის აქტიურ დამატებით (ომური წინააღობის ზევით) წინააღობას. 50 ჰერცი ცვლადი დენის საშაერო ხაზების ალუმინის სადენებისათვის გვაქვს:

$$X_{0,1} = 0,0628 \cdot \ln \frac{D_{1,3}}{R} + 0,0157 \text{ omi/km, } r_{0,1,\text{დამატ.}} = 0,0628 \cdot \ln \frac{D_{1,2}}{D_{1,4}} \text{ omi/km;}$$

$$X_{0,2} = 0,0628 \cdot \ln \frac{D_{2,4}}{R} + 0,0157 \text{ omi/km, } r_{0,2,\text{დამატ.}} = 0,0628 \cdot \ln \frac{D_{2,3}}{D_{2,1}} \text{ omi/km;}$$

$$X_{0,3} = 0,0628 \cdot \ln \frac{D_{3,1}}{R} + 0,0157 \text{ omi/km, } r_{0,3,\text{დამატ.}} = 0,0628 \cdot \ln \frac{D_{3,4}}{D_{3,2}} \text{ omi/km;}$$

$$X_{0,4} = 0,0628 \cdot \ln \frac{D_{4,2}}{R} + 0,0157 \text{ omi/km, } r_{0,4,\text{დამატ.}} = 0,0628 \cdot \ln \frac{D_{4,1}}{D_{4,3}} \text{ omi/km;}$$

თუ ნატურალური ლოგარითმიდან გადავალთ ათობით ლოგსრიტმზე, მივიღებთ

$$X_{0,1} = 0,145 \cdot \lg \frac{D_{1,3}}{R} + 0,0157 \text{ omi/km, } r_{0,1,\text{damat.}} = 0,145 \cdot \lg \frac{D_{1,2}}{D_{1,4}} \text{ omi/km; } (5)$$

$$X_{0,2} = 0,145 \cdot \lg \frac{D_{2,4}}{R} + 0,0157 \text{ omi/km, } r_{0,2,\text{დამატ.}} = 0,145 \cdot \lg \frac{D_{2,3}}{D_{2,1}} \text{ omi/km; } (6)$$

$$X_{0,3} = 0,145 \cdot \lg \frac{D_{3,1}}{R} + 0,0157 \text{ omi/km, } r_{0,3,\text{დამატ.}} = 0,145 \cdot \lg \frac{D_{3,4}}{D_{3,2}} \text{ omi/km; } (7)$$

$$X_{0,4} = 0,145 \cdot \lg \frac{D_{4,2}}{R} + 0,0157 \text{ omi/km, } r_{0,4,\text{დამატ.}} = 0,145 \cdot \lg \frac{D_{4,1}}{D_{4,3}} \text{ omi/km; } (8)$$

როგორც ამ გამოსახულებებიდან ჩანს 1 და 3 ფაზების სადენთა რეაქტიულ წინააღობებზე 2 და 4 ფაზები გავლენას ვერ ახდენს. ანალოგიურად, 2 და 4 ფაზების სადენთა რეაქტიულ წინააღობებზე 1 და 3 ფაზები ვერ ახდენს გავლენას. ეს განპირობებულია იმით, რომ 1 და 3 ფაზური სადენებისათვის 2 და 4 ფაზები ურთიერთსაწინააღმდეგო ფაზებია და პირიქით. შედეგად მოცემულ ფაზაზე ურთიერთსაწინააღმდეგო ფაზების მაგნიტური ქმედება გაკომპენსირებულია.

1,2 ნახაზის თანახმად

$$U_{1,2} = U_{2,3} = U_{3,4} = U_{4,1} = \sqrt{2} U_{\text{ფაზ.}}$$

$$\text{ხოლო } U_{1,3} = U_{2,4} = 2 U_{\text{ფაზ.}}$$

აქედან გამომდინარე, მიზანშეწონილია სადენები საყრდენებზე განთავსდეს

ნახ.2,ა ან ნახ.2,ბ-ის მიხედვით. მაშინ ფაზურ სადენებს შორის მანძილები : 2,ა ნახაზის თანახმად

$$D_{1,2}=D_{3,4}=D, \quad D_{1,4}=D_{2,3}=2D, \quad D_{1,3} = D_{2,4} = \sqrt{5}D;$$

2,ბ ნახაზის თანახმად

$$D_{1,2}=D_{3,4}=D, \quad D_{1,3}=D_{2,4}=2D, \quad D_{1,4} = D_{2,3} = \sqrt{5}D;$$

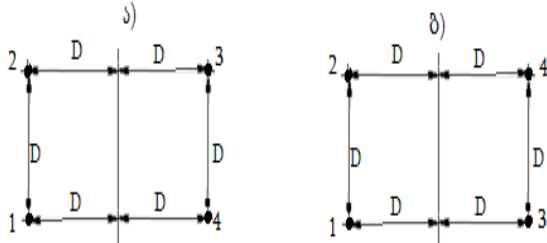
რადგანაც

$$U_{1,2} = U_{3,4} = \sqrt{2}U_{ფ},$$

ფაზურ სადენებს შორის მანძილი სამფაზა ელექტროგადაცემის სისტემასთან შედარებით შეგვიძლია

$$\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} D = 0,8 D$$

შევამკვიროთ სიდიდეები -



ნახ. 2

როცა ფაზაში გვაქვს რამდენიმე სადენი (გახლეჩილი ფაზა), მაშინ (5-8) გამო-სახულებებში უნდა ჩავსვათ ფაზის ეკვივალენტური რადიუსი

$$R_{კვ.} = \sqrt{R \cdot a_{საშ.}^2},$$

სადაც $a_{საშ.}$ - ფაზაში სადენებს შორის საშუალო გეომეტრიული მანძილი ;

R- გახლეჩილი ფაზის სადენის რადიუსი.

გამოთვლებმა აჩვენა, რომ სადენების აქტიური დამატებითი ჯამური წინა-ღობა ნულის ტოლია, რაც ნიშნავს მას, რომ ელექტრომაგნიტური ველის საშუალებით სადენებს შორის ადგილი აქვს აქტიური სიმძლავრის მიმოცვლას.

ქვემოთ ცხრილში მოცემულია სვადასხა ნომინალური ძაბვის ოთხფაზა ელექტროგადაცემის ხაზის სადენების რეაქტიული წინაღობები საყრდენებზე სადენ-თა ნახ.2,ა და ნახ.2,ბ-ის მიხედვით განთავსებისას. ამ ცხრილში ა 330 და 500 კვ ძაბვის ხაზებისათვის ნაჩვენებია გახლეჩილი ფაზის ეკვივალენტური რადიუსი.

როგორც ამ ცხრილიდან ჩანს, ოთხფაზა საჰაერო ელექტროგადაცემის ხა-ზის ფაზური სადენების რეაქტიული წინაღობები სამფაზა ელექტროგადაცემის ხაზის ფაზური სადენების რეაქტიულ წინაღობებთან [3] შედარებით, თითქმის 13-16%-ით ან

(28-30%-ით) მცირეა, შესაბამისად, საყრდენებზე სადენთა ნახ.2,ა—ს ან ნახ.2,ბ-ის მიხედვით განთავსებისას. აქედან გამომდინარე, ხაზის რეჟიმის პარამეტრების მიახლოებითი გაანგარიშებისას 1 კმ სიგრძის აქტიურ წინალო-ბად მივიღოთ : 220 კვ-მდე ძაბვის ხაზებისათვის $\approx 0,29-0,32$ ომი/კმ ; 330-500 კვ ძაბვის ხაზებისათვის $\approx 0,21-0,23$ ომი/კმ. ე.ი. 500 კვ ძაბვის 4-ფაზა ელექტრო-გადაცემის ხაზის ფაზური წინალო-ბა 3-ფაზა ელექტროგადაცემის ხაზის ფაზური წინალო-ბასთან შედარებით თითქმის 1,5-ჯერ შემცირდა.

4-ფაზა ელექტროგადაცემის ხაზის ფაზური წინალო-ბა, ომი/კმ

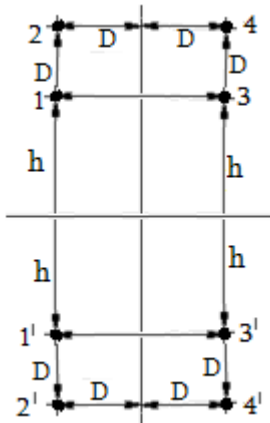
ნომინალური ხაზური ძაბვა, კვ	სადენის მარკა	სადენის გარე დიამეტრი, მმ	ფაზურ სადენებს შორის მანძილი, მ		1 კმ სიგრძის ხაზის ფაზური რეაქტიული წინალო-ბა, ომი/კმ, სადენთა განლაგება	
			3-ფაზა სისტემა	4-ფაზა სისტემა	მართკუთხედი (ნახ.2,ა)	მართკუთხედი (ნახ.2,ბ)
35	წ-50	9,6	3	2,46	0,352	0,294
	წ-70	11,4	3	2,46	0,342	0,284
	წ-95	13,5	3	2,46	0,331	0,273
110	წ-70	11,4	5	4,1	0,374	0,316
	წ-95	13,5	5	4,1	0,363	0,305
	წ-120	15,6	5	4,1	0,353	0,295
	წ-150	16,8	5	4,1	0,347	0,289
	წ-185	18,9	5	4,1	0,342	0,284
220	წ-240	21,6	8	6,56	0,363	0,305
	წ-300	24,5	8	6,56	0,355	0,297
	წ-400	27,5	8	6,56	0,348	0,290
	წ-500	30,6	8	6,56	0,341	0,283
330	2ხ წ-240	80,5	11	9,02	0,292	0,234
	2ხ წ-300	85,73	11	9,02	0,288	0,230
	2ხ წ-400	90,83	11	9,02	0,284	0,226
500	3ხ წ-300	130,16	14	11,48	0,274	0,216
	3ხ წ-400	135,27	14	11,48	0,272	0,214

გრძელი პარალელური სადენებიანი სისტემის ერთი ფაზური სადენის გასა-შუალოებული ტევადო-ბა გამოითვლება ამ სადენებისა და მათი სარკული ანა-რეკლების ურთიერთ განლაგების მიხედვით. [1, 2].

ოთხფაზა ელექტროგადაცემის სადენებისა და მათი სარკული ანარეკლების ურთიერთგანლაგება ნაჩვენებია მე-3 ნახაზზე.

პარალელურ სადენებიანი ერთი სადენის გასაშუალოებული ტევადობა [1]

$$C = \frac{1}{a_0 - a_m},$$



ნახ.3.

სადაც : a_0 და a_m , ზოგადად, წარმოადგენს მრავალსადენიანი სისტემის სადენ-თა საშუალო პოტენციურ კოეფიციენტებს, რომლებიც გამოითვლება K, P, სადენების საკუთარი და ურთიერთ პოტენციური კოეფიციენტების საშუალებით

$$a_p = \frac{1}{2\pi \ell} \ln \frac{r_{p'k}}{r_p}$$

კერძოდ, როცა $K=P$ მაშინ $a_p = a_0$ წარმოადგენს საკუთარი პოტენციური კოეფიციენტების საშუალო არითმეტიკულს და როცა მაშინ $k \neq p$, მაშინ $a_p = a_m$ წარმოადგენს ურთიერთ პოტენციური კოეფიციენტების საშუალო არითმეტიკულს. ზოგადად n რაოდენობის სადენიანი სისტემის შემთხვევაში გვაქვს :

$$a_0 = \frac{\sum a_p}{n}, \text{ როცა, } K=P$$

$$a_m = \frac{2 \cdot \sum a_p}{n^2 - n}, \text{ როცა, } K \neq P$$

ამ გამოსახულებაში K და P მრავალსადენიანი პარალელურ სადენთა სისტემის სადენების ნომრებია.

მე-3 ნახაზის მიხედვით ($n = 4$) დავწერთ:

$$a_n = \frac{\sum a_p}{(n-1)} = \frac{1}{2\pi \ell} \cdot \frac{1}{6} \left(\ln \frac{2h+D}{D} + \ln \frac{\sqrt{(2D)^2 + (2h)^2}}{2D} + \ln \frac{\sqrt{(2D)^2 + (2h+D)^2}}{\sqrt{5}D} + \ln \frac{\sqrt{(2D)^2 + (2h+D)^2}}{\sqrt{5}D} + \ln \frac{\sqrt{(2D)^2 + (2h+2D)^2}}{2D} + \ln \frac{2h+D}{D} \right) = \frac{1}{2\pi \ell} \ln \frac{\sqrt{(2h+D)^2 \cdot \sqrt{(2D)^2 + (2h)^2} \cdot [\sqrt{(2D)^2 + (2h+D)^2}] \cdot \sqrt{(2D)^2 + (2h+2D)^2}}{1,648 \cdot D}$$

აქ: - R - სადენის რადიუსი.

D — მანძილი ორ უახლოეს ფაზურ სადენს შორის (ნახ.3).

შესაბამისად, ერთი სადენის გასაშუალოებული ტევადობა

$$C = \frac{1}{a_0 - a_m} = \frac{2\pi \ell}{\ln \frac{3,296 \cdot h \cdot D}{R \cdot \sqrt{(2h+D)^2 \cdot \sqrt{(2D)^2 + (2h)^2} \cdot [\sqrt{(2D)^2 + (2h+D)^2}] \cdot \sqrt{(2D)^2 + (2h+2D)^2}}}}$$

. თუ მიწის გავლენას უგულებელვყავთ ანუ დავუშვებთ $D \ll h$, მივიღებთ

$$C = \frac{2\pi \ell}{\ln \frac{2 \cdot D}{R}}, \text{ ფარადი}$$

სამფაზა ელექტროგადაცემის ხაზის სადენთა ერთ ჰორიზონტალურ სიბრტყეში განლაგებისას [1]

$$C = \frac{2\pi \ell}{\ln \frac{\sqrt[3]{2 \cdot D}}{R}} = \frac{2\pi \ell}{\ln \frac{1,8 \cdot D}{R}}, \text{ ფარადი.}$$

თუ გავითვალისწინებთ, რომ 4-ფაზა ელექტროგადაცემის სისტემაში ფა-ზურ სადენებს შორის მანძილი 3-ფაზა ელექტროგადაცემის სისტემასთან შედარებით შეიძლება შევამციროდ 0,82D-მდე, მივიღებთ, რომ სამფაზა ელექტროგადაცემის ხაზის ფაზური სადენის ტევადობასთან შედარებით 4-ფაზა ელექტროგადაცემის ხაზის ფაზური სადენის ტევადობა მცირდება: 220 კვ ძაბვის ხაზის შემთხვევაში დაახლოებით 7,5%-ით; 500 კვ ძაბვის ხაზის შემთხვევაში კი დაახლოებით 3%-ით.

4-ფაზა ელექტროგადაცემის სისტემაში — 3 ფაზა ელექტროგადაცემის სისტემასთან შედარებით ფაზური სადენის ინდუქციური წინააღობის თითქმის 1,5-ჯერ შემცირება და ფაზური სადენის ტევადობის თითქმის 7%-ით შემცირება გამოიწვევს ფაზური სადენის ტალღური წინააღობის თითქმის 1,3-ჯერ შემცირებას.

მაშასადამე, 4-ფაზა ელექტროგადაცემის სისტემის გამტარუნარიანობა (ნა-ტურალური სიმძლავრე) 3-ფაზა ელექტროგადაცემის სისტემასთან შედარებით, მე-4 ფაზური სადენის დამატებისა და ტალღური წინააღობის შემცირების გამო, იზრდება თითქმის 1,75-ჯერ..

დასკვნა

4-ფაზა ელექტროგადაცემის სისტემაში 3-ფაზა ელექტროგადაცემის სისტე-მასთან შედარებით ფა-ზური სადენის ინდუქციური წინაღობა თითქმის 1,5- ჯერ მცირდება, ხოლო ფაზური ტევადობა კი თითქმის 7%-ით მცირდება. ამ პარამე-ტრთა ცვლი-ლებამ განაპირობა ხაზის ტალღური წინაღობის 1,3- ჯერ შემცირება. შედეგად, 4-ფაზა ელექტროგადაცე-მის სისტემის გამტარუნარიანობა (ნატურა-ლური სიმძლავრე) 3-ფაზა ელექტროგადაცემის სისტემას-თან შედარე-ბით, მე-4 ფაზური სადენის დამატებისა და ხაზის ტალღური წინაღობის შემცირების გამო , იზრდება თითქმის 1,75-ჯერ.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Нейман Л.Р., Демирчян К.С. Теоретические основы электротехники. Т.2.-Л.: Энергоиздат.1981.-416 с.
2. Мельников Н.А. Электрические сети и системы, М., Энергия 1975, 464 с.
3. Справочник по проектированию электроэнергетических систем.Под редакцией С.С. Рокотияна и И.М. Шапиро. М., Энергоатомиздат, 1985. 352 с.