

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტი

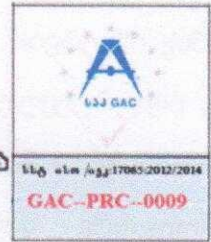
საექპერტო დასკვნა

ორჯაჭვა 110 კვ ძაბვის საჰაერო ელექტროგადამცემი
ხაზებით წარმოქმნილი ელექტრული და მაგნიტური
ველების დამაბულობების ზღვრულად დასაშვები
მნიშვნელობების შესახებ.



სამართავლოს ტექნიკური უნივერსიტეტი.
ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის
ფაკულტეტი

ელექტროენერგიის წარმოების, გადაცემისა
და განაწილების პროცესების შესაბამისო-
ბის შეფასების სერტიფიკაციის ორგანო



0175, თბილისი, კოსტავას ქ. №77, VIII კორპუსი, ოთახი 421, ტელ: +995 599 55-87-38

ენერგოაუდიტი და დიაგნოსტიკა

№ _____

“_____” _____ 2017 წ.

საექსპერტო დასკვნა

ორჯაჭვა 110 კვ მაზვის საჰაერო ელექტროგადამცემი ხაზებით წარმოქმნილი ელექტრული და მაგნიტური ველების დამაბულობების ზღვრულად დასაშვები მნიშვნელობების შესახებ.

საექსპერტო დასკვნა მომზადდა სს „ენერგო-პრო ჯორჯია“-ს განვითარების მენეჯერის ბატონ ზდენეკ ვესელის 2018 წლის 16 მაისის # 2243219 წერილის საფუძველზე. ბატონი ზდენეკი ითხოვს ნორმატიულ - ტექნიკური დოკუმენტების მოთხოვნების შესაბამისად კვალიფიციური დასკვნის მომზადებას, ორჯაჭვა 110/35 კვ მაზვის საჰაერო ელექტროგადამცემის ხაზებით წარმოქმნილი ელექტრული და მაგნიტური ველების ზღვრულად დასაშვები მნიშვნელობების შესახებ.

წარმოდგენილი მასალები

1. 110 კვ მაზვის ეგზ „ერგე-1“-ის რეაბილიტაციის პროექტი;
2. „ცემი -1“, „ცემი-2“, „ცემი-3“-ს რეაბილიტაციის იდენტური პარამეტრების შესახებ კომპანიის მოთხოვნა.
3. არსებული ერთჯაჭვა 110 კვ ხაზის ტრასის ფოტოები (106 ცალი);
4. საყრდენების სამონტაჟო სქემები (5 სქემა).

1. შესავალი

ცნობილია რომ საჰაერო ელექტროგადამცემი ხაზი თავის გარშემო სივრცეში ქმნის ელექტრომაგნიტურ ველს. ელექტრომაგნიტური ველი წარმოადგენს ელექტრული და მაგნიტური ველების ერთობლიობას, რომლებიც ხასიათდებიან შესაბამისი დამაბულობის ვექტორებით: ელექტრული ველის დამაბულობის ერთეულია ვოლტი/მეტრი (შემოკლებით-ვ/მ); მაგნიტური ველის დამაბულობაა (H) მისი ერთეულია ამპერი/მეტრი (ა/მ). გარდა ამისა მაგნიტურ ველს ახასიათებენ მაგნიტური ინდუქციით (B), რომლის ერთეულია ტესლა (ტლ). პრაქტიკაში გამოიყენებენ მაგნიტური ინდუქციის მცირე ერთეულებს: მილიტესლა (მტლ = 10^{-3} ტლ), მიკროტესლა (მკტლ = 10^{-6} ტლ) და ნანოტესლა (ნტლ = 10^{-9} ტლ).

მაგნიტური ველის დამაბულობისა (ა/მ) და მაგნიტური ინდუქციის (მკტლ) ერთეულებს შორის ასეთი დამოკიდებულებაა:

$$1 \text{ ა/მ} \approx 1,25 \text{ მკტლ} = 1250 \text{ ნტლ}$$

კვლევითი ნაწილი

გავეცანით ბატონ ზდენეკ ვესელის წერილსა და წარმოდგენილ მასალებს. როგორც წარმოდგენილი მასალებიდან ჩანს სს „ენერგო-პრო ჯორჯია“-ს ქ.ბათუმის ელექტრომომარაგების საიმედოობის გაზრდის მიზნით დაგეგმილი აქვს 110 კვ ძაბვის ქვ/ს „ბათუმი 1“ -სა და 220 კვ ძაბვის ქვ/ს „დიდი ბათუმი“-ს დამაკავშირებელი 110 კვ ძაბვის ეგბ „ერგე 1“-ს სრული რეაბილიტაცია, რაც თავის მხრივ გულისხმობს არსებული 110 კვ ძაბვის საჰაერო ელექტროგადამცემ ხაზზე სადენის კვეთის გაზრდას და მის სრულ გაორჯაჭვიანებას.

სარეაბილიტაციო ეგბ-ის ჯამური სიგრძე შეადგენს 12,007 კმ-ს, საიდანაც 8,792 კმ სიგრძის მონაკვეთი არის ერთჯაჭვიანი, ხოლო დანარჩენი 3,215 კმ-ორჯაჭვიანი. 110 კვ ძაბვის ეგბ „ერგე 1“-ის ტრასაზე განთავსებული საყრდენების სრული რაოდენობა შეადგენს 62 ცალს.

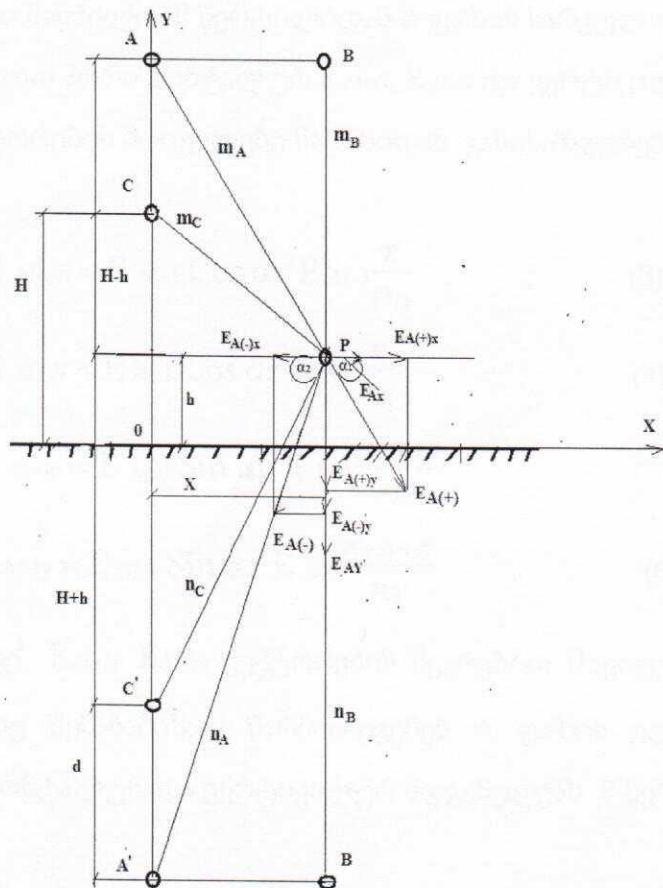
სრული რეაბილიტაციის პროექტით გათვალისწინებულია არსებული 9 ცალი ფოლადის უნიფიცირებული ორჯაჭვიანი საანკერო-კუთხური საყრდენების გამოყენება

და 53 ცალი ახალი ორჯაჭვიანი უნიფიცირებული და სპეციალური კონსტრუქციის საყრდენის დაყენება ძველი ამორტიზებული საყრდენების განთავსების ადგილებზე.

პროექტით საჰაერო ხაზის სამონტაჟოდ გათვალისწინებულია AC-185/29 ფოლად-ალუმინის სადენი, რომლის მაქსიმალურად დასაშვები დენია 510 ა, ხოლო მაქსიმალური გადასაცემი სიმძლავრე 110 კვ ძაბვის დროს 92,6 მვტ [1].

წინამდებარე სამუშაოს მიზანია კვალიფიციური საექსპერტო დასკვნის მომზადება არსებული ერთჯაჭვა 110 კვ ძაბვის საჰაერო ელექტროგადამცემი ხაზის ორჯაჭვა 110 კვ ძაბვის ხაზით შეცვლის პირობებში ელექტრული და მაგნიტური ველების დამაბულობების დონეების ცვლილების შესახებ.

ამ მიზნით „სარკული ასახვის მეთოდით“ [2] ჩატარებული იქნა გაანგარიშებები სხვადასხვა შემთხვევებისათვის, რომელიც გამოიყენება ელექტრომაგნიტური ველების გაანგარიშების დროს.



ნახ.1. P წერტილში A ფაზის ელექტრული ველის დამაბულობის გავლენის გაანგარიშების შემთხვევა.

ნახ.1-ზე მოყვანილია P წერტილში A ფაზის ელექტრული ველის დამაბულობის გავლენის გაანგარიშების შემთხვევა. საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის A ფაზა და მისი მუხტი მივიღოთ $+\tau_A$ - თ, ხოლო მისი სარკული ანარეკლის მუხტი $-\tau_A$ - თ. P წერტილში $+\tau_A$ მუხტით განპირობებული ელექტრული ველის დამაბულობის ვექტორის მოდული ტოლია:

$$E_{A(+)} = \frac{\tau_A}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot m_A} \quad (1)$$

სადაც m_A – უმოკლესი მანძილია P წერტილიდან A ფაზამდე, მ.

P წერტილში $-\tau_A$ მუხტით განპირობებული ელექტრული ველის დამაბულობის ვექტორის მოდული ტოლია:

$$E_{A(-)} = \frac{\tau_A}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot n_A} \quad (2)$$

სადაც n_A – უმოკლესი მანძილია P წერტილიდან A ფაზის სარკულ ანარეკლამდე, მ.

$E_{A(+)}$ და $E_{A(-)}$ დავშალოთ ჰორიზონტალურ $E_{A(+),X}$, $E_{A(-),X}$ და ვერტიკალურ $E_{A(+),y}$, $E_{A(-),y}$ მდგენელებად. ამ ვექტორების მოდულები ნახაზიდან განისაზღვრებიან გამოსახულებებით:

$$E_{A(+),X} = E_{A(+)} \cdot \cos \alpha_1 = E_{A(+)} \frac{X}{m_A} \quad (3)$$

$$E_{A(-),X} = E_{A(-)} \cdot \cos \alpha_2 = E_{A(-)} \frac{X}{n_A} \quad (4)$$

$$E_{A(+),y} = E_{A(+)} \cdot \sin \alpha_1 = E_{A(+)} \frac{H-h+d}{m_A} \quad (5)$$

$$E_{A(-),y} = E_{A(-)} \cdot \sin \alpha_2 = E_{A(-)} \frac{H+h+d}{n_A} \quad (6)$$

$E_{A(+),X}$ და $E_{A(-),X}$, ასევე $E_{A(+),y}$ და $E_{A(-),y}$ ვექტორების შეკრებით მივიღებთ E_{AX} და E_{Ay} ვექტორებს, რომლებიც შესაბამისად წარმოადგენენ A ფაზის ელექტრული ველის დამაბულობის ჰორიზონტალურ და ვერტიკალურ მდგენელებს P წერტილში.

რადგანაც $E_{A(+)}X$ და $E_{A(-)}X$ ვექტორებს აქვთ ურთიერთსაწინააღმდეგო მდგომარეობა, ამიტომ E_{AX} -ის ჯამური მოდული ტოლი იქნება ამ ვექტორების მოდულების სხვაობისა

$$E_{AX} = E_{A(+)} \frac{X}{m_A} - E_{A(-)} \frac{X}{n_A} \quad (7)$$

ხოლო რადგანაც $E_{A(+)}Y$ და $E_{A(-)}Y$ ვექტორებს აქვთ ერთნაირი მიმართულება, ამიტომ E_{AY} -ის ჯამური მოდული ტოლი იქნება ამ ვექტორების ჯამისა:

$$E_{AY} = E_{A(+)} \frac{H-h+d}{m_A} + E_{A(-)} \frac{H+h+d}{n_A} \quad (8)$$

(8) გამოსახულებაში ჩავსვათ (1) და (2) დამოკიდებულებანი და მივიღებთ:

$$E_{AX} = \frac{\tau_A}{2\pi\epsilon_0} \left(\frac{X}{m_A^2} - \frac{X}{n_A^2} \right) = \frac{\tau_A}{2\pi\epsilon_0} \cdot K_1 \quad (9)$$

$$E_{AY} = \frac{\tau_Y}{2\pi\epsilon_0} \left(\frac{H-h+d}{m_A^2} + \frac{H+h+d}{n_A^2} \right) = \frac{\tau_A}{2\pi\epsilon_0} \cdot K_2 \quad (10)$$

ანალოგიური მსჯელობით ხდება B და C ფაზების მიერ შექმნილი ელექტრული ველის დამაბულობის ჰორიზონტალური და ვერტიკალური მდგენელების გაანგარიშება.

2. განვიხილოთ საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის B ფაზადა მისი მუხტი მივიღოთ $+T_B$ -თ, ხოლო მისი სარკული ანარეკლის მუხტი $-T_B$ -თ. P წერტილში $+T_B$ მუხტით განპირობებული ელექტრული ველის დამაბულობის ვექტორის მოდული ტოლია:

$$E_{B(+)} = \frac{\tau_B}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot m_B} \quad (11)$$

სადაც m_B - უმოკლესი მანძილია P წერტილიდან B ფაზამდე, მ.

P წერტილში $-T_B$ მუხტით განპირობებული ელექტრული ველის დამაბულობის ვექტორის მოდული ტოლია:

$$E_{B(-)} = \frac{\tau_B}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot n_B} \quad (12)$$

სადაც n_B - უმოკლესი მანძილია P წერტილიდან B ფაზის სარკულ ანარეკლამდე, მ.

რადგან P წერტილი უშუალოდ მოთავსებულია ზუსტად B ფაზის ქვეშ ამიტომ მასზე მოქმედი დამაბულობის ვექტორს ჰორიზონტალური მდგენელები არ ექნება და ექნება მხოლოდ $E_{B(+)}Y$, $E_{B(-)}Y$ მდგენელები, რომელთა მოდულები A ფაზის

$$E_{B(+y)} = E_{B(+)} \quad (13)$$

$$E_{B(-y)} = E_{B(-)} \quad (14)$$

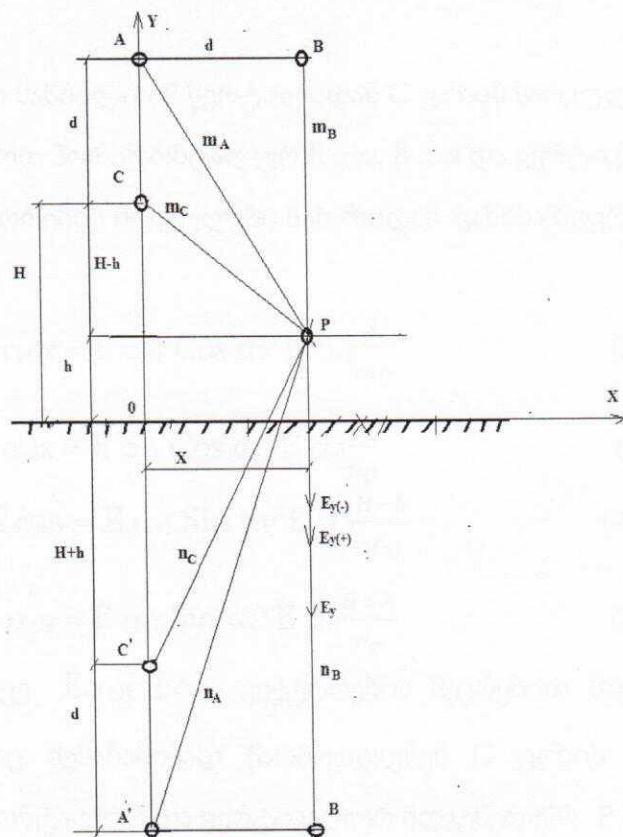
რადგანაც $E_{A(+y)}$ $E_{A(-y)}$ ვექტორებს აქვთ ერთნაირი მიმართულება, ამიტომ E_{Ay} -ის ჯამური მოდული ტოლი იქნება ამ ვექტორების ჯამისა:

$$E_{By} = E_{B(+)} + E_{B(-)} \quad (15)$$

(15) გამოსახულებაში ჩავსვათ (11) და (12) დამოკიდებულებანი და მივიღებთ:

$$E_{Bz} = 0 = K_3 \quad (16)$$

$$E_{By} = \frac{\tau Y}{2\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{m_B} + \frac{1}{n_B} \right) = \frac{\tau_B}{2\pi\epsilon_0} \cdot K_4 \quad (17)$$



ნახ.2. P წერტილში B ფაზის ელექტრული ველის დაძაბულობის გავლენის გაანგარიშება.

განვიხილოთ საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის C ფაზა და მისი მუხტი მივიღოთ $+τ_c-$ თ, ხოლო მისი სარკული ანარეკლის მუხტი $-τ_c-$ თ. P წერტილში $+τ_c$ მუხტით განპირობებული ელექტრული ველის დაძაბულობის ვექტორის მოდული ტოლია:

$$E_{C(+)} = \frac{τ_c}{2.π.ε_0.m_c} \quad (18)$$

სადაც m_c – უმოკლესი მანძილია P წერტილიდან C ფაზამდე, მ.

P წერტილში $-τ_c$ მუხტით განპირობებული ელექტრული ველის დაძაბულობის ვექტორის მოდული ტოლია:

$$E_{C(-)} = \frac{τ_c}{2.π.ε_0.n_c} \quad (19)$$

სადაც n_c – უმოკლესი მანძილია P წერტილიდან C ფაზის სარკულ ანარეკლამდე, მ.

$E_{C(+)}$ და $E_{C(-)}$ დავშალოთ ჰორიზონტალურ $E_{C(+X)}$, $E_{C(-)X}$ და ვერტიკალურ $E_{C(+Y)}$, $E_{C(-)Y}$ მდგენელებად. ამ ვექტორების მოდულები ნახაზიდან განისაზღვრებიან გამოსახულებებით:

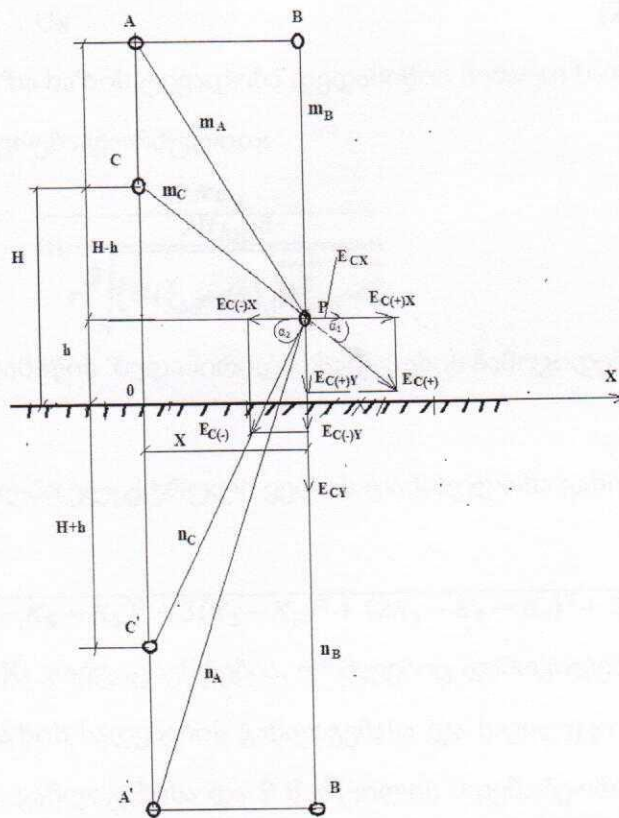
$$E_{C(+X)} = E_{C(+)} \cdot \cos \alpha_1 = E_{C(+)} \frac{X}{m_c} \quad (20)$$

$$E_{C(-)X} = E_{C(-)} \cdot \cos \alpha_2 = E_{C(-)} \frac{X}{n_c} \quad (21)$$

$$E_{C(+Y)} = E_{C(+)} \cdot \sin \alpha_1 = E_{C(+)} \frac{H-h}{m_c} \quad (22)$$

$$E_{C(-)Y} = E_{C(-)} \cdot \sin \alpha_2 = E_{C(-)} \frac{H+h}{n_c} \quad (23)$$

$E_{C(+X)}$ და $E_{C(-)X}$, ასევე $E_{C(+Y)}$ $E_{C(-)Y}$ ვექტორების შეკრებით მივიღებთ E_{Cx} და E_{Cy} ვექტორებს, რომლებიც შესაბამისად წარმოადგენენ C ფაზის ელექტრული ველის დაძაბულობის ჰორიზონტალურ და ვერტიკალურ მდგენელებს P წერტილში.



ნახ.3. P წერტილში C ფაზის ელექტრული ველის დაძაბულობის გავლენის გაანგარიშება.

რადგანაც $E_{C(+X)}$ და $E_{C(-X)}$ ვექტორებს აქვთ ურთიერთსაწინააღმდეგო მდგომარეობა, ამიტომ E_{CX} -ის ჯამური მოდული ტოლი იქნება ამ ვექტორების მოდულების სხვაობისა

$$E_{CX} = E_{C(+)} \frac{X}{m_C} - E_{C(-)} \frac{X}{n_C} \quad (24)$$

ხოლო რადგანაც $E_{C(+Y)}$ $E_{C(-Y)}$ ვექტორებს აქვთ ერთნაირი მიმართულება, ამიტომ E_{CY} -ის ჯამური მოდული ტოლი იქნება ამ ვექტორების ჯამისა:

$$E_{CY} = E_{C(+)} \frac{H-h}{m_C} + E_{C(-)} \frac{H+h}{n_C} \quad (25)$$

(8) გამოსახულებაში ჩავსვათ (18) და (19) დამოკიდებულებანი და მივიღებთ:

$$E_{CX} = \frac{\tau_C}{2\pi\epsilon_0} \left(\frac{X}{m_C^2} - \frac{X}{n_C^2} \right) = \frac{\tau_C}{2\pi\epsilon_0} \cdot K_5 \quad (26)$$

$$E_{CY} = \frac{\tau_C}{2\pi\epsilon_0} \left(\frac{H-h}{m_C^2} + \frac{H+h}{n_C^2} \right) = \frac{\tau_C}{2\pi\epsilon_0} \cdot K_6 \quad (27)$$

ფაზების ხაზური მუხტები ერთმანეთის ტოლია $\tau_A = \tau_B = \tau_C = \tau$ და ისინი განისაზღვრებიან ტევადობითა და ფაზური ძაბვით:

$$\tau = C \cdot U_{\text{გ}} \quad (28)$$

სადაც $C_{\text{გ}}$ - არის სამფაზა ხაზის ტევადობა დედამიწის მიმართ ხაზის ერთეულოვან სიგრძეზე და განისაზღვრება ფორმულით:

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln \frac{2H_{\text{საშ}}d}{r \cdot \sqrt{(4H_{\text{საშ}}^2 + d^2)} \sqrt{H_{\text{საშ}}^2 + d^2}}} \quad (29)$$

სადაც $H_{\text{საშ}}$ - არის დედამიწის ზედაპირიდან სადენების ჩამოკიდების საშუალო სიმაღლე.

საბოლოოდ P წერტილში ელექტრული ველის დამაბულობა განისაზღვრება ფორმულით:

$$E = \frac{CU_{\text{გ}}}{4\pi\epsilon_0} X \sqrt{(2K_2 - K_3 - K_5)^2 + 3(K_3 - K_5)^2 + (2K_2 - K_4 - K_6)^2 + 3(K_4 - K_6)^2} \quad (30)$$

სადაც $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6$ კოეფიციენტებია, რომლებიც დამოკიდებულნი არიან საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის სადენების განლაგებასა და საკვლევი წერტილის არჩევაზე. სადენების მოცემული განლაგებისა და P წერტილის მდებარეობისას განისაზღვრებიან ფორმულებით:

$$K_1 = \frac{X}{m_A^2} - \frac{X}{n_A^2}$$

$$K_2 = \frac{H-h+d}{m_A^2} + \frac{H=h+d}{n_A^2}$$

$$K_3 = 0$$

$$K_4 = \frac{1}{m_B} + \frac{1}{n_B}$$

$$K_5 = \frac{X}{m_C^2} - \frac{X}{n_C^2}$$

$$K_6 = \frac{H-h}{m_C^2} + \frac{H=h}{n_C^2}$$

K კოეფიციენტების მნიშვნელობებში შემავალი სიდიდეები წარმოადგენენ შესაბამისი სამკუთხედების ჰიპოტენუზებს და სადენების განლაგების მოცემულ შემთხვევაში განისაზღვრებიან ფორმულებით:

$$m_A = \sqrt{(H-h+d)^2 + X^2}$$

$$m_B = H-h+d$$

$$m_C = \sqrt{(H - h)^2 + X^2}$$

$$n_A = \sqrt{(H + h + d)^2 + X^2}$$

$$n_B = h = H + d$$

$$n_A = \sqrt{(H + h)^2 + X^2}$$

ელექტრული ველის დამაბულობის პრაქტიკული გაანგარიშება

ამოცანა 1. გავიანგარიშოთ ელექტრული ველის დამაბულობა 110 კვ ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემი ხაზის ყველაზე დაბალი სიმაღლის ხაზის პროექციიდან $X = 4$ მ მანძილზე და ამასთანავე კიდურა ხაზის ქვეშ $h = 1,8$ მ სიმაღლეზე, თუ ხაზის მინიმალური სიმაღლეა $H = 10$ მ, ხაზის კვეთია 185 მმ², რადიუსი $r = 0,0095$ მ მეზობელ სადენებს შორის დაშორება $d = 4,0$ მ.

გაანგარიშება

პირველ რიგში ნახ.1-დან განვსაზღვროთ სამკუთხედების ჰიპოტენუზები:

$$m_A = \sqrt{(H - h + d)^2 + X^2} = \sqrt{(10 - 1,8 + 4)^2 + 4^2} = 12,83 \text{ მ}$$

$$m_B = H - h + d = 12,2 \text{ მ}$$

$$m_C = \sqrt{(H - h)^2 + X^2} = \sqrt{(10 - 1,8)^2 + 4^2} = 9,12 \text{ მ}$$

$$n_A = \sqrt{(H + h + d)^2 + X^2} = \sqrt{(10 + 1,8 + 4)^2 + 4^2} = 16,3 \text{ მ}$$

$$n_B = H + h + d = 10 + 1,8 + 4 = 15,8 \text{ მ}$$

$$n_A = \sqrt{(H + h)^2 + X^2} = \sqrt{(10 + 1,8)^2 + 4^2} = 12,46 \text{ მ}$$

მიღებული მონაცემების საფუძველზე გავიანგარიშოთ K კოეფიციენტების მნიშვნელობები:

$$K_1 = \frac{X}{m_A^2} - \frac{X}{n_A^2} = \frac{4}{12,83^2} - \frac{4}{16,3^2} = 0,0243 - 0,0150 = 0,0093$$

$$K_2 = \frac{H - h + d}{m_A^2} + \frac{H - h + d}{n_A^2} = \frac{10 - 1,8 + 4}{12,83^2} + \frac{10 + 1,8 + 4}{16,3^2} = 0,0741 + 0,0594 = 0,1335$$

$$K_3 = 0$$

$$K_4 = \frac{1}{m_B} + \frac{1}{n_B} = \frac{1}{12,2} + \frac{1}{15,8} = 0,0819 + 0,004 = 0,0859$$

$$K_5 = \frac{X}{m_C^2} - \frac{X}{n_C^2} = \frac{4}{9,12^2} - \frac{4}{12,26^2} = 0,048 - 0,0266 = 0,0214$$

$$K_6 = \frac{H-h}{m_6^2} + \frac{H+h}{n_6^2} = \frac{10-1,8}{9,12^2} + \frac{10+1,8}{12,26^2} = 0,0985 + 0,0784 = 0,1769$$

გავიანგარიშოთ სამფაზა ხაზის ტევადობა დედამიწის მიმართ ხაზის ერთეულოვან სიგრძეზე (29) ფორმულით:

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln \frac{2H_{\text{საშ}}d}{r \cdot \sqrt{(4H_{\text{საშ}}^2+d^2)} \cdot \sqrt{H_{\text{საშ}}^2+d^2}}} = \frac{2,3,14,8,85 \cdot 10^{-12}}{\ln \frac{2,12,4}{0,0095 \cdot \sqrt{(4,12^2+4^2)} \cdot \sqrt{12^2+4^2}}} = \frac{55,57 \cdot 10^{-12}}{6,25} = 8,89 \cdot 10^{-12}$$

12

სადაც $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ ფ/მ² - არის ელექტრული მუდმივა, ხოლო ჩვენს შემთხვევაში $H_{\text{საშ}} = 12$ მ.

C ტევადობისა და K კოეფიციენტების მნიშვნელობები შევითანოთ (30) გამოსახულებაში და განვსაზღვროთ ელექტრული ველის დაძაბულობა P წერტილში.

$$E = \frac{CU_{\text{ფ}}}{4\pi\epsilon_0} X \sqrt{(2K_1 - K_3 - K_5)^2 + 3(K_3 - K_5)^2 + (2K_2 - K_4 - K_6)^2 + 3(K_4 - K_6)^2} =$$

$$\frac{8,89 \cdot 10^{-12} \cdot 110}{4,3,14,8,85 \cdot 10^{-12}} \sqrt{(2,0,093 - 0,0214)^2 + 3 \cdot (-0,0214)^2 + (2,0,1335 - 0,0859 - 0,1769)^2 + 3(0,0859 - 0,1769)^2}$$

$$= 8,8 \cdot 0,24 = 2,11 \text{ კვ/მ}$$

მოცემულ პარამეტრებიან წრედში ელექტრული ველის დაძაბულობა ყველაზე დაბალ სიმაღლეზე მდებარე ხაზის პროექციიდან 4 მ მანძილზე და 10 მ სიმაღლეზე მდებარე კიდურა ხაზიდან შეადგენს 2,11 კვ/მ.

ამოცანა 2. გავიანგარიშოთ ელექტრული ველის დაძაბულობა 110 კვ ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემი ხაზის კიდურა ხაზის პროექციიდან $X = 4$ მ მანძილზე და $h = 1,8$ მ სიმაღლეზე, თუ ხაზის სიმაღლეა $H = 10$ მ, ხაზის კვეთია 185 მ^2 , რადიუსი $r = 0,0095$ მ მეზობელ სადენებს შორის დაშორება $d = 4,0$ მ.

$$m_A = \sqrt{(H-h+d)^2 + (X+d)^2} = \sqrt{(10-1,8+4)^2 + 8^2} = 14,76 \text{ მ}$$

$$m_B = \sqrt{(H-h+d)^2 + X^2} = \sqrt{(10-1,8+4)^2 + 4^2} = 12,8 \text{ მ}$$

$$m_C = \sqrt{(H-h)^2 + (X+d)^2} = \sqrt{(10-1,8)^2 + 8^2} = 11,45 \text{ მ}$$

$$n_A = \sqrt{(H+h+d)^2 + (X+d)^2} = \sqrt{(10+1,8+4)^2 + 8^2} = 17,7 \text{ მ}$$

$$n_B = \sqrt{(H+h+d)^2 + X^2} = \sqrt{(10+1,8+4)^2 + 4^2} = 16,3 \text{ მ}$$

$$n_A = \sqrt{(H+h)^2 + (X+d)^2} = \sqrt{(10+1,8)^2 + 8^2} = 14,25 \text{ მ}$$

გავიანგარიშოთ K კოეფიციენტების მნიშვნელობები:

$$K_1 = \frac{X+d}{m_A^2} - \frac{X+d}{n_A^2} = \frac{8}{14,76^2} - \frac{8}{17,7^2} = 0,037 - 0,025 = 0,012$$

$$K_2 = \frac{H-h+d}{m_A^2} + \frac{H+h+d}{n_A^2} = \frac{10-1,8+4}{14,76^2} + \frac{10+1,8+4}{17,7^2} = 0,056 + 0,05 = 0,106$$

$$K_3 = \frac{X}{m_B^2} - \frac{X}{n_B^2} = \frac{4}{12,8^2} - \frac{4}{16,3^2} = 0,0244 - 0,015 = 0,0094$$

$$K_4 = \frac{H-h+d}{m_B^2} + \frac{H+h+d}{n_B^2} = \frac{10-1,8+4}{12,8^2} + \frac{10+1,8+4}{16,3^2} = 0,0744 + 0,0595 = 0,1339$$

$$K_5 = \frac{X+d}{m_C^2} - \frac{X+d}{n_C^2} = \frac{8}{11,45^2} - \frac{8}{14,25^2} = 0,061 - 0,039 = 0,022$$

$$K_6 = \frac{H-h}{m_C^2} + \frac{H+h}{n_C^2} = \frac{10-1,8}{11,45^2} + \frac{10+1,8}{14,25^2} = 0,0625 + 0,058 = 0,1205$$

$$E = \frac{cU_{\Sigma}}{4\pi\epsilon_0} X \sqrt{(2K_1 - K_3 - K_5)^2 + 3(K_3 - K_5)^2 + (2K_2 - K_4 - K_6)^2 + 3(K_4 - K_6)^2} =$$

$$\frac{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 110}{4,3 \cdot 14,8 \cdot 85 \cdot 10^{-12}} \sqrt{(2 \cdot 0,012 - 0,0094 - 0,022)^2 + 3(0,0094 - 0,022)^2 + (2 \cdot 0,106 - 0,1339 - 0,1205)^2 + 3(0,1339 - 0,1205)^2} =$$

$$= 8,8 \cdot 0,054 = 0,47 \text{ კვ/მ}$$

პასუხი: ელექტრული ველის დაძაბულობა კიდურა სადენის პროექტიიდან 4 მ-ზე შეადგენს 0,47 კვ/მ.

ამოცანა 3. გავიანგარიშოთ ელექტრული ველის დაძაბულობა 110 კვ ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემი ხაზის კიდურა ხაზის პროექტიიდან $X = 1$ მ მანძილზე და $h = 1,8$ მ სიმაღლეზე, თუ ხაზის სიმაღლეა $H = 10$ მ, ხაზის კვეთია 185 მ^2 , რადიუსი $r = 0,0095$ მ მეზობელ სადენებს შორის დაშორება $d = 4,0$ მ.

გავიანგარიშება

პირველ რიგში გავიანგარიშოთ სამკუთხედების ჰიპოტენუსები:

$$m_A = \sqrt{(H-h+d)^2 + (X+d)^2} = \sqrt{(10-1,8+4)^2 + 5^2} = 13,18 \text{ მ}$$

$$m_B = \sqrt{(H-h+d)^2 + X^2} = \sqrt{(10-1,8+4)^2 + 1^2} = 12,2 \text{ მ}$$

$$m_C = \sqrt{(H-h)^2 + (X+d)^2} = \sqrt{(10-1,8)^2 + 5^2} = 9,6 \text{ მ}$$

$$n_A = \sqrt{(H+h+d)^2 + (X+d)^2} = \sqrt{(10+1,8+4)^2 + 5^2} = 16,6 \text{ მ}$$

$$n_B = \sqrt{(H+h+d)^2 + X^2} = \sqrt{(10+1,8+4)^2 + 1^2} = 15,8 \text{ მ}$$

$$n_C = \sqrt{(H+h)^2 + (X+d)^2} = \sqrt{(10+1,8)^2 + 5^2} = 12,82 \text{ მ}$$

გავიანგარიშოთ K კოეფიციენტების მნიშვნელობები:

$$K_1 = \frac{X+d}{m_A^2} - \frac{X+d}{n_A^2} = \frac{5}{13,18^2} - \frac{5}{16,6^2} = 0,023 - 0,018 = 0,005 \text{ მ}$$

$$K_2 = \frac{H-h+d}{m_A^2} + \frac{H+h+d}{n_A^2} = \frac{10-1,8+4}{13,18^2} + \frac{10+1,8+4}{16,6^2} = 0,07+0,057=0,127 \text{ მ}$$

$$K_3 = \frac{x}{m_B^2} - \frac{x}{n_B^2} = \frac{1}{12,2^2} - \frac{1}{15,8^2} = 0,0067-0,004 = 0,0027 \text{ მ}$$

$$K_4 = \frac{H-h+d}{m_B^2} + \frac{H+h+d}{n_B^2} = \frac{10-1,8+4}{12,2^2} + \frac{10+1,8+4}{15,8^2} = 0,082+0,063=0,145 \text{ მ}$$

$$K_5 = \frac{x+d}{m_C^2} - \frac{x+d}{n_C^2} = \frac{5}{9,6^2} - \frac{5}{12,82^2} = 0,054-0,03 = 0,024 \text{ მ}$$

$$K_6 = \frac{H-h}{m_C^2} + \frac{H+h}{n_C^2} = \frac{10-1,8}{9,6^2} + \frac{10+1,8}{12,82^2} = 0,089+0,072 = 0,168 \text{ მ}$$

$$E = \frac{cU_{\text{გ}}}{4\pi\epsilon_0} X \sqrt{(2K_1 - K_3 - K_5)^2 + 3(K_3 - K_5)^2 + (2K_2 - K_4 - K_6)^2 + 3(K_4 - K_6)^2} =$$

$$\frac{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 110}{4,3 \cdot 14,8 \cdot 85 \cdot 10^{-12}} \sqrt{(2,0,005 - 0,0027 - 0,024)^2 + 3(0,0027 - 0,024)^2 + (2,0,127 - 0,145 - 0,168)^2 + 3(0,145 - 0,168)^2}$$

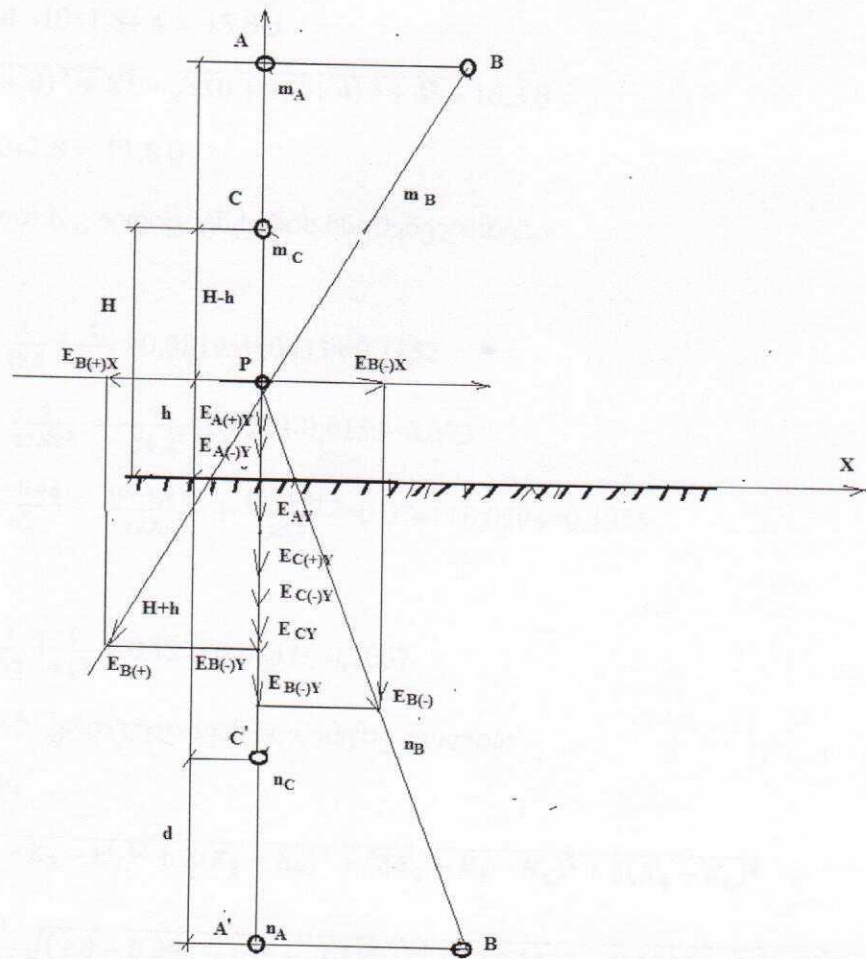
$$= 8,8 \cdot 0,082 = 0,72 \text{ კვ/მ}$$

პასუხი: ელექტრული ველის დამაბულობა კიდურა სადენის პროექციიდან 1 მ-ზე შეადგენს 0,72 კვ/მ.

ამოცანა 4. გავიანგარიშოთ ელექტრული ველის დამაბულობა 110 კვ ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემი ხაზის ყველაზე დაბალი სიმაღლის ხაზის ქვეშ $h = 1,8$ მ სიმაღლეზე, თუ ხაზის მინიმალური სიმაღლეა $H = 10$ მ, ხაზის კვეთია 185 მმ², რადიუსი $r = 0,0095$ მ მეზობელ სადენებს შორის დაშორება $d = 4,0$ მ.

განგარიშება

ამ შემთხვევისათვის პირველ რიგში უნდა შევადგინოთ ნახ.4. როგორც ამ ნახაზიდან ჩანს საკვლევი P წერტილი მდებარეობს ზუსტად A და C ფაზების ქვეშ. ამიტომ ამ ფაზების მიერ P წერტილში შექმნილი დამაბულობის ვექტორს ექნება მხოლოდ ვერტიკალური მდგენელები. მხოლოდ B ფაზის მიერ შექმნილ დამაბულობას ექნება როგორც ჰორიზონტალური, ასევე ვერტიკალური მდგენელები.



ნახ.4.

$$E_{AX} = 0 = K_1$$

$$E_{AY} = \frac{\tau Y}{2\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{m_A} + \frac{1}{n_A} \right) = \frac{\tau_B}{2\pi\epsilon_0} \cdot K_2$$

$$E_{BX} = \frac{\tau A}{2\pi\epsilon_0} \left(\frac{X}{m_B^2} - \frac{X}{n_B^2} \right) = \frac{\tau_A}{2\pi\epsilon_0} \cdot K_3$$

$$E_{BY} = \frac{\tau Y}{2\pi\epsilon_0} \left(\frac{H-h+d}{m_B^2} + \frac{H+h+d}{n_B^2} \right) = \frac{\tau_A}{2\pi\epsilon_0} \cdot K_4$$

$$E_{CX} = 0 = K_5$$

$$E_{CY} = \frac{\tau Y}{2\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{m_C} + \frac{1}{n_C} \right) = \frac{\tau_B}{2\pi\epsilon_0} \cdot K_6$$

განვსაზღვროთ უახლოესი მანძილები ფაზებიდან საკვლევ P წერტილამდე;

$$m_A = H - h + d = 12,2 \text{ მ}$$

$$m_B = \sqrt{(H - h + d)^2 + X^2} = \sqrt{(10 - 1,8 + 4)^2 + 4^2} = 12,83 \text{ მ}$$

$$m_C = H - h = 8,2 \text{ მ}$$

$$n_A = H + h + d = 10 + 1,8 + 4 = 15,8 \text{ მ}$$

$$n_B = \sqrt{(H + h + d)^2 + X^2} = \sqrt{(10 + 1,8 + 4)^2 + 4^2} = 16,3 \text{ მ}$$

$$n_C = H + h = 10 + 1,8 = 11,8 \text{ მ}$$

გავიანგარიშოთ K კოეფიციენტების მნიშვნელობები:

$$K_1 = 0$$

$$K_2 = \frac{1}{m_A} + \frac{1}{n_A} = \frac{1}{12,2} + \frac{1}{15,8} = 0,0819 + 0,0633 = 0,1452$$

$$K_3 = \frac{X}{m_B} - \frac{X}{n_B} = \frac{4}{12,83^2} - \frac{4}{16,3^2} = 0,0243 - 0,0150 = 0,0093$$

$$K_4 = \frac{H-h+d}{m_A^2} + \frac{H-h+d}{n_A^2} = \frac{10-1,8+4}{12,83^2} + \frac{10+1,8+4}{16,3^2} = 0,0741 + 0,0594 = 0,1335$$

$$K_5 = 0$$

$$K_6 = \frac{1}{m_C} + \frac{1}{n_C} = \frac{1}{8,2} + \frac{1}{11,8} = 0,122 + 0,0847 = 0,2067$$

ხაზის ტევადობა ერთეულოვან სიგრძეზე ტოლია:

$$C = 8,89 \cdot 10^{-12} \text{ ფ}$$

$$E = \frac{C U_E X}{4\pi\epsilon_0} \sqrt{(2K_1 - K_3 - K_5)^2 + 3(K_3 - K_5)^2 + (2K_2 - K_4 - K_6)^2 + 3(K_4 - K_6)^2} =$$

$$\frac{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 110}{4,3 \cdot 14,8 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}} \sqrt{(2,0 - 0,093 - 0)^2 + 3(0,093)^2 + (2,0,1452 - 0,1335 - 0,2067)^2 + 3(0,1335 - 0,2067)^2} =$$

$$= 8,8 \cdot 0,24 = 2,11 \text{ კვ/მ}$$

ამოცანა 5. გავიანგარიშოთ ელექტრული ველის დაძაბულობა 110 კვ ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემი ხაზის კიდურა ხაზის პროექციიდან $X = 1 \text{ მ}$ მანძილზე და $h = 1,8 \text{ მ}$ სიმაღლეზე, თუ ხაზის სიმაღლეა $H = 7 \text{ მ}$, ხაზის კვეთია 120 მმ^2 , რადიუსი $r = 0,0076 \text{ მ}$ მეზობელ სადენებს შორის დაშორება $d = 4,0 \text{ მ}$.

გაანგარიშება

$$m_A = \sqrt{(H - h + d)^2 + (X + d)^2} = \sqrt{(7 - 1,8 + 4)^2 + 5^2} = 10,47 \text{ მ}$$

$$m_B = \sqrt{(H - h + d)^2 + X^2} = \sqrt{(7 - 1,8 + 4)^2 + 1^2} = 9,2 \text{ მ}$$

$$m_C = \sqrt{(H - h)^2 + (X + d)^2} = \sqrt{(7 - 1,8)^2 + 5^2} = 7,21 \text{ მ}$$

$$n_A = \sqrt{(H + h + d)^2 + (X + d)^2} = \sqrt{(7 + 1,8 + 4)^2 + 5^2} = 13,74 \text{ მ}$$

$$n_B = \sqrt{(H+h+d)^2 + X^2} = \sqrt{(7+1,8+4)^2 + 1^2} = 12,8 \text{ მ}$$

$$n_A = \sqrt{(H+h)^2 + (X+d)^2} = \sqrt{(7+1,8)^2 + 5^2} = 10,12 \text{ მ}$$

გავიანგარიშოთ K კოეფიციენტების მნიშვნელობები:

$$K_1 = \frac{X+d}{m_A^2} - \frac{X+d}{n_A^2} = \frac{5}{10,47^2} - \frac{5}{13,74^2} = 0,023 - 0,018 = 0,005 \text{ მ}$$

$$K_2 = \frac{H-h+d}{m_A^2} + \frac{H+h+d}{n_A^2} = \frac{7-1,8+4}{10,47^2} + \frac{7+1,8+4}{13,74^2} = 0,084 + 0,068 = 0,152 \text{ მ}$$

$$K_3 = \frac{X}{m_B^2} - \frac{X}{n_B^2} = \frac{1}{9,2^2} - \frac{1}{12,8^2} = 0,012 - 0,0061 = 0,0059 \text{ მ}$$

$$K_4 = \frac{H-h+d}{m_B^2} + \frac{H+h+d}{n_B^2} = \frac{7-1,8+4}{9,2^2} + \frac{7+1,8+4}{12,8^2} = 0,111 + 0,078 = 0,189 \text{ მ}$$

$$K_5 = \frac{X+d}{m_C^2} - \frac{X+d}{n_C^2} = \frac{5}{7,21^2} - \frac{5}{10,12^2} = 0,096 - 0,049 = 0,047 \text{ მ}$$

$$K_6 = \frac{H-h}{m_C^2} + \frac{H+h}{n_C^2} = \frac{7-1,8}{7,21^2} + \frac{7+1,8}{10,12^2} = 0,1 + 0,086 = 0,186 \text{ მ}$$

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln \frac{2H\epsilon_0 d}{r \cdot \sqrt{(4H^2\epsilon_0^2 + d^2)} \sqrt{H^2\epsilon_0^2 + d^2}}} = \frac{2,3,14,8,85 \cdot 10^{-12}}{\ln \frac{2,9,4}{0,0076 \sqrt{(4,9^2 + 4^2)} \cdot \sqrt{9^2 + 4^2}}} = \frac{55,57 \cdot 10^{-12}}{7,15} = 7,8 \cdot 10^{-12} \text{ ფ}$$

$$C = 7,8 \cdot 10^{-12} \text{ ფ}$$

$$E = \frac{CU}{4\pi\epsilon_0} X \sqrt{(2K_1 - K_3 - K_5)^2 + 3(K_3 - K_5)^2 + (2K_2 - K_4 - K_6)^2 + 3(K_4 - K_6)^2} =$$

$$\frac{7,8 \cdot 10^{-12} \cdot 110}{4,3,14,8,85 \cdot 10^{-12}} \sqrt{(2,0,005 - 0,0059 - 0,047)^2 + 3(0,0059 - 0,047)^2 + (2,0,152 - 0,189 - 0,186)^2 + 3(0,1$$

$$= 7,72 \cdot 0,11 = 0,85 \text{ კვ/მ}$$

ამოცანა 6. გავიანგარიშოთ ელექტრული ველის დამაბულობა 110 კვ ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემი ხაზის ყველაზე დაბალი სიმაღლის ხაზის ქვეშ $h = 1,8 \text{ მ}$ სიმაღლეზე, თუ ხაზის მინიმალური სიმაღლეა $H = 7 \text{ მ}$, ხაზის კვეთია 120 მ^2 , რადიუსი $r = 0,0076 \text{ მ}$ მეზობელ სადენებს შორის დაშორება $d = 4,0 \text{ მ}$.

გაანგარიშება

$$m_A = H - h + d = 9,2 \text{ მ}$$

$$m_B = \sqrt{(H - h + d)^2 + X^2} = \sqrt{(7 - 1,8 + 4)^2 + 4^2} = 10,0 \text{ მ}$$

$$m_c = H - h = 5,2 \text{ მ}$$

$$n_A = H + h + d = 7 + 1,8 + 4 = 12,8 \text{ მ}$$

$$n_B = \sqrt{(H + h + d)^2 + X^2} = \sqrt{(7 + 1,8 + 4)^2 + 4^2} = 13,4 \text{ მ}$$

$$n_c = H + h = 7 + 1,8 = 8,8 \text{ მ}$$

გავიანგარიშოთ K კოეფიციენტების მნიშვნელობები:
 $K_1 = 0$

$$K_2 = \frac{1}{m_A} + \frac{1}{n_A} = \frac{1}{9,2} + \frac{1}{12,8} = 0,109 + 0,078 = 0,187$$

$$K_3 = \frac{X}{m_B^2} - \frac{X}{n_B^2} = \frac{4}{10,0^2} - \frac{4}{13,4^2} = 0,0384 - 0,0222 = 0,0162$$

$$K_4 = \frac{H-h+d}{m_B^2} + \frac{H-h+d}{n_B^2} = \frac{7-1,8+4}{10,0^2} + \frac{7+1,8+4}{13,4^2} = 0,092 + 0,088 = 0,18$$

$$K_5 = 0$$

$$K_6 = \frac{1}{m_c} + \frac{1}{n_c} = \frac{1}{5,2} + \frac{1}{8,8} = 0,192 + 0,114 = 0,306$$

ხაზის ტევადობა ერთეულოვან სიგრძეზე ტოლია:

$$C = 7,8 \cdot 10^{-12} \text{ ფ}$$

$$E = \frac{CU_{\Sigma}}{4\pi\epsilon_0} X \sqrt{(2K_1 - K_3 - K_5)^2 + 3(K_3 - K_5)^2 + (2K_2 - K_4 - K_6)^2 + 3(K_4 - K_6)^2} =$$

$$\frac{7,8 \cdot 10^{-12} \cdot 110}{4,3 \cdot 14,885 \cdot 10^{-12}} \sqrt{(2,0 - 0,187 - 0)^2 + 3(0,0162)^2 + (2,0,187 - 0,18 - 0,0306)^2 + 3(0,18 - 0,306)^2}$$

$$= 7,72 \cdot 0,33 = 2,57 \text{ ვვ/მ}$$

მაგნიტური ველის დაძაბულობის გაანგარიშება

მაგნიტური ველის დაძაბულობა დამოკიდებულია ხაზში გამავალი დენის სიდიდეზე. დენის სიდიდე თავის მხრივ დამოკიდებულია გადასაცემ სიმძლავრეზე. დედამიწის ზედაპირზე მოქმედი მაგნიტური ველის დაძაბულობასა და დენს შორის კავშირი გამოისახება ფორმულით:

$$H = I / 2\pi R \quad (31)$$

სადაც I - არის ხაზში გამავალი დენის სიდიდე, ა; R - ხაზის დაშორება მიწის ზედაპირამდე, მ.

არსებული 110 კვ ძაბვის ხაზს, რომლის დედამიწამდე დაშორების მინიმალური მნიშვნელობა არის 7 მ, ხოლო მაქსიმალური გადასაცემი სიმძლავრე შეადგენს 28 მვტ-ს, შეესაბამება ხაზში გამავალი დენი:

$$I_1 = P/1,73 \cdot U_{\text{ნომ}} = 28000/1,73 \cdot 110 = 147,14 \text{ ა.} \quad (32)$$

ამ დენით გამოწვეული მაგნიტური ველის დამაბულობა ხაზის ქვეშ, 1,8 მ სიმაღლეზე შეადგენს:

$$H_1 = 147,14/2,3,14 \cdot (7-1,8) = 4,5 \text{ ა/მ} = 2,23 \cdot 1,25 = 5,63 \text{ მკტლ.} \quad (33)$$

როგორც პროექტით არის განსაზღვრული 110 კვ ხაზის სრული რეაბილიტაციით Y110-1 ტიპის ერთჯაჭვა საყრდენები იცვლება 2AYT -60 ტპ (21 მ), AYT -60 ტპ (21 მ), П110-6 (19 მ) , YC 110-6 (15,5 მ), ტიპის ორჯაჭვა საყრდენებით. ამ დროს ხაზის მინიმალური დაშორება დედამიწამდე შეადგენს 10 მ-ს.

ორჯაჭვა ხაზის თითოეული ჯაჭვის მიერ გადასაცემი მაქსიმალური სიმძლავრე შეადგენს 40 მვტ-ს, რომელსაც შეესაბამება ხაზში გამავალი დენი

$$I_2 = P/1,73 \cdot U_{\text{ნომ}} = 40000 / 1,73 \cdot 110 = 210,2 \text{ ა.} \quad (34)$$

ამ დენით გამოწვეული მაგნიტური ველის დამაბულობა ხაზის ქვეშ 1,8 მ სიმაღლეზე შეადგენს:

$$H_2 = 210,2/2,3,14 \cdot (10-1,8) = 4,08 \text{ ა/მ} = 4,08 \cdot 1,25 = 5,1 \text{ მკტლ.} \quad (35)$$

ერთი ჯაჭვის მწყობრიდან გამოსვლის შემთხვევაში მთელ დატვირთვას იღებს მეორე ჯაჭვი, ამ შემთხვევაში გადასაცემი მაქსიმალური სიმძლავრე შეადგენს 80 მვტ-ს, რომელსაც შეესაბამება ხაზში გამავალი დენი

$$I_3 = P/1,73 \cdot U_{\text{ნომ}} = 80000 / 1,73 \cdot 110 = 420,4 \text{ ა.} \quad (36)$$

ამ დენით გამოწვეული მაგნიტური ველის დამაბულობა ხაზის ქვეშ 1,8 მ სიმაღლეზე შეადგენს:

$$H_3 = 420,4 / 2,3,14 \cdot 8,2 = 4,32 \text{ ა/მ} = 8,16 \cdot 1,25 = 10,2 \text{ მკტლ.} \quad (37)$$

აღსანიშნავია, რომ ხაზიდან დაშორების მიხედვით როგორც ელექტრული ასევე მაგნიტური ველების დამაბულობები მცირდება.

მაღალი ძაბვის ელექტროდანადგარების მიერ შექმნილი ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედებისაგან დაცვის ძირითად ღონისძიებას წარმოადგენს სანიტარული

მოთხოვნების დაცვა, რომლებიც ეხება ადამიანის ყოფნის ხანგრძლივობას სამრეწველო სიხშირის ელექტრული და მაგნიტური ველის ზემოქმედების ქვეშ.

საქართველოს მთავრობის 2014 წლის 18 ივნისის # 409 დადგენილებით [3]დღეისათვის გამოიყენება ყოფილი საბჭოთა კავშირის სანიტარული და სხვა ნორმატიულ-ტექნიკური დოკუმენტები, რომლებიც განსაზღვრავენ საქართველოს ტერიტორიაზე ელექტრული და მაგნიტური ველების დამაბულობების ზღვრულად დასაშვებ მნიშვნელობებს, ამიტომ საექსპერტო დასკვნის მომზადებისათვის ვსარგებლობთ სწორედ ამ დოკუმენტაციით.

აქედან გამომდინარე ვიყენებთ [4] ჰიგიენური ნორმების მონაცემებს, რომელიც შეიცავს ძირითად მოთხოვნებს საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზების მიერ შექმნილი მაგნიტური ველის ზემოქმედებისაგან დაცვის უზრუნველსაყოფად. ამ ჰიგიენური ნორმების მიხედვით მოსახლეობისათვის მაგნიტური ველის დამაბულობის ზღვრულად დასაშვები მნიშვნელობები მოცემულია ცხრილი 1-ში:

ცხრილი 1.

#	ზემოქმედების ტიპი, ტერიტორია	მაგნიტური ველის ინტენ- სივობა, (მოქმედი მნიშვნე- ლობა) მკტლ (ა/მ)
1	საცხოვრებელ სახლებში, საბავშვო, სკოლამდელ, ზოგადსაგანმანათლებლო და სამედიცინო დაწესებუ- ლებებში	5 (4)
2	საცხოვრებელი სახლების არასაცხოვრებელ სათავ-სოებში, საზოგადოებრივ და ადმინისტრაციულ შენობებში, დასახლებულ ტერიტორიებზე, მათ შორის საბაღე ნაკვეთებზე	10 (8)
3	საცხოვრებელი განაშენიანების ზონის გარეთ, მათ რიცხვში 1 კვ-ზე მეტი ძაბვის საჰაერო და საკაბელო ელექტროგადაცემის ხაზების ზონაში; საჰაერო და საკაბელო ელექტროგადაცემის ხაზების გავლის ზონაში იმ პირთა ყოფნის დროს, რომლებიც პროფესიულად დაკავებულნი არ არიან ელექტრო-დანადგარების ექსპლუატაციით	20 (16)
4	დაუსახლებელ და მწელად მისაღწევ ადგილებში ადამიანის ეპიზოდურად ყოფნის ხანგრძლივობით	100 (80)

ცხრ.1 50 ჰც სიხშირის მაგნიტური ველის ზღვრულად დასაშვები მნიშვნელობების
ჰიგიენური ნორმები

ბოლო ელექტრული ველის დამაბულობისაგან დაცვის მიზნით ვიყენებთ [5] სანიტარულ -ჰიგიენური ნორმატივების მონაცემებს, რომელიც შეიცავს ძირითად მოთხოვნებს საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზების მიერ შექმნილი ელექტრული ველის ზემოქმედებისაგან დაცვის უზრუნველსაყოფად. ამ სანიტარული ნორმატივის მიხედვით მოსახლეობისათვის ელექტრული ველის დამაბულობის ზღვრულად დასაშვები მნიშვნელობები მოცემულია ცხრილი 2-ში:

ცხრილი 2.

#	ზემოქმედების ტიპი, ტერიტორია	ელექტრული ველის დამაბულობის ზღვრულად დასაშვები მნიშვნელობები, კვ/მ
1	საცხოვრებელი შენობის შიგნით	0,5
2	საცხოვრებელი განაშენიანების ზონის ტერიტორიაზე	1
3	დასახლებულ ადგილებზე, საცხოვრებელი განაშენიანების ზონის გარეთ (ქალაქის საზღვრებში ქალაქის მიწები მათი 10 წლის პერსპექტიული განვითარებით, გარეუბნები და მწვანე ზონები; კურორტები, ქალაქის ტიპის დაბებისა და სოფლის დასახლებული მიწები, ასევე ბოსტნებისა და ბაღების ტერიტორიები	5
4	დასახლებული ადგილები (აუშენებელი ადგილები, მაგრამ იქ ხალხი ხშირად იმყოფება, ტრანსპორტის მისაღწევი ადგილები და სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები	15
5	ძნელად მისაღწევი ადგილები (ტრანსპორტისა და სასოფლო სამეურნეო მანქანებისათვის მიუღწეველი	20

ცხრ.4 მოსახლეობისათვის ელექტრული ველის დამაბულობის ზღვრულად დასაშვები მნიშვნელობები.

ჩვენს მიერ მიღებული როგორც ელექტრული, ისე მაგნიტური ველის დამაბულობების მნიშვნელობების ცხრილი 1 და ცხრილი 2-ში მოყვანილ ზღვრულად დასაშვებ მნიშვნელობებთან შედარებიდან ჩანს, რომ 110 კვ ერთჯაჭვა ხაზის ორჯაჭვათი შეცვლის გამო ელექტრული და მაგნიტური ველების დამაბულობების დონეები გაუარესების მაგიერ გაუმჯობესდა, ვინაიდან მოხდა ხაზის მიწიდან

დაშორების მინიმალური მანძილის გაზრდა. კერძოდ, მიწიდან დაშორების მინიმალური მანძილი 7 მეტრიდან გაიზარდა 10 მეტრამდე.

საქართველოს მთავრობის 2013 წლის 17 დეკემბრის # 340 დადგენილებითა [6] (მუხლი 2, პუნქტი 28.დ) და საქართველოს მთავრობის 2013 წლის 24 დეკემბრის # 366 დადგენილებით [7] საჰაერო ელექტროგადამცემი ხაზისათვის შემოღებულია დაცვის ზონა: საჰაერო ხაზის გასწვრივ მიწის ნაკვეთი და საჰაერო სივრცე, შემოსაზღვრული ვერტიკალური სიბრტყეებით, რომლებიც დაშორებულნი არიან ხაზის ორივე მხარეს განაპირა სადენებიდან (მათ გადაუხრელ მდგომარეობაში ყოფნისას) და 110 კვ ძაბვის ხაზისათვის დაცვის ზონა ორივე მხარეს შეადგენს 20-20 მ-ს.

აღსანიშნავია, რომ СанПин 2971-84-ის თანახმად მოსახლეობის დაცვა 220 კვ და ქვევით ძაბვის საჰაერო ელექტროგადამცემი ხაზის ელექტრული ველის დამაბულობისაგან დაცვა არ მოითხოვება, თუ ისინი აკმაყოფილებენ ელექტროდანადგარების მოწყობის წესების[8] მოთხოვნებს.

ჩვენს მიერ გაანგარიშება ჩატარებული იქნა ორჯაჭვა საჰაერო ელექტროგადამცემი სახის ერთი ჯაჭვზე. დამაბულობები განსაზღვრული იქნა ერთი ჯაჭვის მხარეს. მაგრამ ხაზის ჯაჭვები კონსტრუქციულად განლაგებულია საყრდენის სიმეტრიულად. ამიტომ დამაბულობები მეორე ჯაჭვის მხარესაც იგივეა.

დასკვნა

ჩატარებული კვლევითი მუშაობის შედეგად დადგენილია, რომ:

1. 110 კვ ძაბვის ქვ/ს „ბათუმი 1“ -სა და 220 კვ ძაბვის ქვ/ს „დიდი ბათუმი“-ს დამაკავშირებელი 110 კვ ძაბვის ეგხ „ერგე 1“-ს სრული რეაბილიტაციის პირობებში, რაც თავის მხრივ გულისხმობს არსებული 110 კვ ძაბვის საჰაერო ელექტროგადამცემ ხაზზე სადენის კვეთის გაზრდას და მის სრულ გაორჯაჭვიანებას, ხაზის მიწამდე მინიმალური დაშორების 7 მ მაგიერ 10 მ-მდე გაზრდის შედეგად საგრძნობლად უმჯობესდება ელექტრული და მაგნიტური ველის დამაბულობების დონეები, კერძოდ:

- ხაზის მიერ გამოწვეული ელექტრული ველის დამაბულობა კიდურა ხაზის პროექტიიდან 1 მ მანძილზე არსებული ხაზისათვის შეადგენს 0,85 კვ/მ, ხოლო

რეაბილიტირებული ხაზისათვის $-0,72$ კვ/მ; (ნორმა 1 კვ/მ). ანუ რეაბილიტირებული ხაზის შემთხვევაში ელექტრული ველის დაძაბულობა ნორმაზე $0,28$ კვ/მ-ით უკეთესი იქნება;

- მაგნიტური ველის დაძაბულობა ხაზის ქვეშ $1,8$ მ სიმაღლეზე შეადგენს: არსებული ხაზის პირობებში $-5,63$ მკტლ, ხოლო რეაბილიტირებული ხაზის პირობებში $-5,1$ მკტლ-ს. ანუ რეაბილიტირებული ხაზის შემთხვევაში მაგნიტური ველის დაძაბულობა ნორმაზე $0,52$ მკტლ-ით უკეთესი იქნება;

2. როგორც მასალებით ირკვევა, კომპანია გამოიყენებს აბსოლუტურად იდენტურ ანძებს „ცემი 1-2-3“ პროექტის რეალიზებისას. შესაბამისად წარმოდგენილი დასკვნა სრულიად ვრცელდება „ცემი -1“ „ცემი -2“ და „ცემი -3“ პროექტებზე და ყველა სხვა ანალოგიურ პროექტზე, რომლებიც შესრულებული იქნება იგივე სტანდარტებით.

3. საცხოვრებელ სახლებში, საბავშვო, სკოლამდელ, ზოგადსაგანმანათლებლო და სამედიცინო დაწესებულებებში $ГН 2.1.8/2.2.4.2262-07$ ჰიგიენური ნორმებით დასაშვებია 5 მკტლ. საჭაერო ხაზის გატარება ასეთი დაწესებულებების თავზე $Пгэ-6$ -ს მოთხოვნების მიხედვით დაუშვებელია.

4. $Пгэ-6$ -ს $3.2.5.115$ -ის მოთხოვნების დაცვის შემთხვევაში რეაბილიტირებული ხაზის მიერ გამოწვეული ელექტრული და მაგნიტური ველების დაძაბულობების დონეები სავსებით აკმაყოფილებს $СанПин 2971-84$ -სა და $ГН 2.1.8/2.2.4.2262-07$ სანიტარული და ჰიგიენური ნორმებით დადგენილ ნორმებს.

5. $СанПин 2971-84$ -ის თანახმად მოსახლეობის დაცვა 220 კვ და ქვევით ძაბვის საჭაერო ელექტროგადამცემი ხაზის ელექტრული ველის დაძაბულობისაგან დაცვა არ მოითხოვება, თუ ისინი აკმაყოფილებენ ელექტროდანადგარების მოწყობის წესების მოთხოვნებს.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. <http://forca.ru/info/spravka/dopustimye-dlitelnye-toki-i-moschnosti-dlya-neizolirovannyh-provodov-marok-as-ask.html>.

2. Расчет напряженности электрического поля трехфазной линий по методу зеркальных отображений. <http://mydocx.ru/4-90013.html>

3. საქართველოს მთავრობის 2014 წლის 18 ივნისის # 409 დადგენილება „საქართველოს ტერიტორიაზე სამშენებლო სფეროს მარეგულირებელი ტექნიკური რეგლამენტების აღიარებისა და სამოქმედოდ დაშვების შესახებ“ საქართველოს მთავრობის 2014 წლის 14 იანვრის №52 დადგენილებაში ცვლილების შეტანის თაობაზე“;

4. ГН 2.1.8/2.2.4.2262-07 Предельно допустимые уровни магнитных полей частотой 50 Гц в помещениях жилых, общественных зданий и на селитебных территориях;

5. СанПин 2971–84. Санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередач переменного тока промышленной частоты.

6. საქართველოს მთავრობის 2013 წლის 17 დეკემბრის # 340 დადგენილება „ელექტროდანადგარების ექსპლუატაციისას უსაფრთხოების ტექნიკის წესების დამტკიცების შესახებ“;

7. საქართველოს მთავრობის 2013 წლის 24 დეკემბრის # 366 დადგენილება „ელექტრული ქსელების ხაზობრივი ნაგებობების დაცვის წესისა და მათი დაცვის ზონების დადგენის შესახებ“

8. ელექტროდანადგარების მოწყობის წესები (Пუэ 6).

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის ელექტროენერჯის წარმოების, გადაცემისა და განაწილების პროცესების შესაბამისობის შემფასებელი მომსახურეობის სერტიფიკაციის ორგანო „ენერგოაუდიტი და დიაგნოსტიკა“-ს ხელმძღვანელი, პროფესორი გ.არაბიძე

ხარისხის მენეჯერი და ექსპერტ-ელექტრიკოსი, პროფესორი თ.მუსელიანი

