

გ. მახარაძე, ზ. ბაბუნაშვილი
ვ. ბეგიაშვილი, ბ. დარჩია

საჯაირო ელექტროგადაცემის საზეზი

(კონსტრუქციული შესრულება, მუშაობის
რეჟიმები, ექსპლუატაცია-რემონტი)

მაღალი ძაბვის დანადგარების
მომსახურე ინჟინერ-ტექნიკური
პერსონალისთვის და ელექტრო-
ენერგეტიკული ფაკულტეტის
ბაკალავრ-მაგისტრანტებისთვის

თბილისი
2005

უკ 621.311; 621.316.1.004.5(035.5)

წიგნში „საპაერო ელექტროგადაცემის ხაზები (კონსტრუქციული შესრულება, მუშაობის რეჟიმები, ექსპლუატაცია-რემონტი)“ მოცემულია ის ძირითადი საკითხები, რომელთა ცოდნა აუცილებელია მაღალი ძაბვის დანადგარ-მოწყობილობათა მომსახურე ინჟინერ-ტექნიკური პერსონალისთვის საპაერო ხაზების მონტაჟის, ექსპლუატაციისა და რემონტის დროს. წიგნს დიდი სარგებლობის მოტანა შეუძლია, აგრეთვე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკის ფაკულტეტის 1001-1002 სპეციალობის ბალაკავრ-მაგისტრანტებისთვის.

რეცენზენტები: შპს „საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემის“ ფონდები
მენეჯერი ნ. ჭიჭინაძე

რელევური დაცვისა და ავტომატიკის
სამსახურის უფროსი ბ. კვაჭაძე

© გამომცემლობა „უნივერსალი“, 2005

თბილისი, 0128, ი. ჯავახიშვილის გამზ. 1, ☎: 29 09 60, 8(99) 17 22 30

E-mail: universal@post.ge

© გ. მახარაძე, ზ. ბაბუნაშვილი, ვ. ბეგიაშვილი, ბ. დარჩია, 2005

ISBN 99940-32-22-4

წინათქმა

თანამდეროვე ეტაპზე ადამიანთა საქმიანობის ნებისმიერი სფერო მჭიდრო კავშირშია ელექტრული ენერგიის გამოყენებასთან. ელექტრული ენერგიის წარმოებას, გადაცემასა და განაწილებას ემსახურება ელექტროენერგეტიკული (ელექტრული) სისტემა, რომლის სტრუქტურულ შემადგენლობაში შედის ელექტრული სადგურები, საჰაერო და საკაბელო ელექტროგადაცემის ხაზები და სატრანსფორმატორო ქვესადგურები.

ელექტრული ენერგიის წარმოება-გადაცემის პროცესს ახასიათებს მნიშვნელოვანი ტექნოლოგიური თავისებურებანი, რითაც ელექტრული სისტემა მკვეთრად განსხვავდება მეურნეობის სხვა დარგებისაგან. ამ თავისებურებათა რიცხვს მიეკუთვნება:

ა) ელექტროენერგიის წარმოება, მისი გადაცემა და მოხმარება ანუ სხვა სახის ენერგიად გარდაქმნა ზორციელდება პრაქტიკულად დროის ერთსა და იმავე მომენტში. აქედან გამომდინარე, ელექტრულ სისტემაში დროის ნებისმიერ მომენტში მუდამ უნდა არსებობდეს აქტიურ და რეაქტიულ სიმძლავრეთა ზუსტი ბალანსი. წინააღმდეგ შემთხვევაში სისტემის მდგრადი მუშაობა გამორიცხულია. მაშასადამე სისტემაში მუდამ უნდა გაგვაჩნდეს სიმძლავრის სათანადო რეზერვი და შესაბამისი მარეგულირებელი მოწყობილობები;

ბ) ელექტრულ სისტემაში გარდამავალი პროცესები მიმდინარეობს ძალიან სწრაფად, თითქმის სინათლის სიჩქარით. აქედან გამომდინარე, ელექტრული სისტემის ნორმალური ფუნქციონირებისთვის საჭიროა სწრაფმოქმედი სპეციალური ავტომატური მოწყობილობები, რომელთა დახმარებით თავიდან ავიცილებთ სისტემაში წარმოქმნილი ავარიის შემდგომ განვითარებას;

გ) ელექტრული სისტემა მჭიდრო კავშირშია მეურნეობის ყველა დარგთან და, აქედან გამომდინარე, სისტემის ფუნქციონირებაში ნებისმიერი ხარვეზი მტკივნეულად შეიგრძნობა მომხმარებელთა მხრიდან. ეს თავისებურება აქტუალურს ხდის მომხმარებელთა კვების საიმედოობის საკითხს, რაც თავის მხრივ მოითხოვს ეკონომიკურად მიზანშეწონილ რეზერვს ენერგიის წარმოება-გადაცემა-განაწილების ყველა რგოლში.

აღნიშნული ტექნოლოგიური თავისებურებანი და სისტემაში შემავალი ენერგოდანადგარების ექსპლუატაციის სპეციფიური ხასია-

თი, მათი მუშაობის საიმედოობისა და მომხმარებელთა უწყვეტი ელ.მომარაგების მოთხოვნა განსაკუთრებული სიმწვავეთ სვამს საკითხს ელექტრომენურობაში დასაქმებულ მუშაკთა კვალიფიკაციის კიდევ უფრო ამაღლების შესახებ.

ენერგომომხმარებელთა კვების საიმედოობის ღონე ცალსახადაა დამოკიდებული ენერგეტიკული წარმოების რაციონალურ სრულყოფაზე და ელექტრული ქსელის ელემენტების რემონტისა და ექსპლუატაციის ხარისხის ამაღლებაზე.

ენერგეტიკული სფეროს მუშაკთა წინაშე, რომლებიც დაკავებულინი არიან ენერგოდანადგარებისა და მოწყობილობების რემონტით, გამართვითა და ტექნიკური მომსახურებით, მუდამ პირველ ეტაპზე დგას ელექტრული ქსელის ელემენტების ექსპლუატაციის სრულყოფის ამოცანები.

მომსახურე პერსონალის კვალიფიკაციის ამაღლება შეიძლება მიღწეულ იქნეს მხოლოდ სისტემატური და შეუპოვარი მეცადინეობით, შრომის მოწინავე მეთოდების დაუფლებითა და დაგროვილი გამოცდილების შესწავლით.

სწორედ ამ ამოცანას ემსახურება წინამდებარე გამოცემა, რომელშიც განხილულია საპაერო ელექტროგადაცემის ხაზების მექანიკური ნაწილი, მუშაობის ელექტრული რეჟიმები და ექსპლუატაციისა და რემონტების საკვანძო საკითხები.

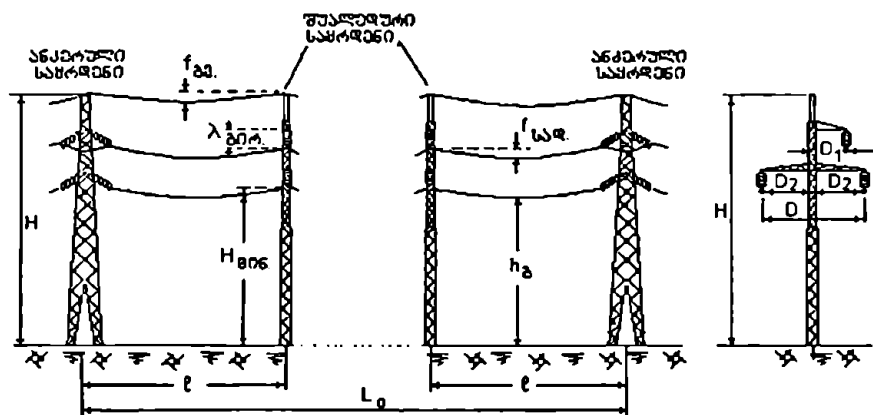
აღნიშნული გამოცემა პირველია ქართულ ენაზე და დაზღვეული არ არის ხარვეზებისაგან. ავტორები ყველა არსებით და საქმიან შენიშვნებს დიდი გულისხმიერებითა და მადლიერების გრძნობით მიიღებენ.

თაზი 1. საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზების კონსტრუქციული ნაწილი

1.1. შესავალი

საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზი წარმოადგენს იზოლატორების საშუალებით სპეციალური კონსტრუქციის მქონე საყრდენებზე გაკიდებულ შიშველ (არაიზოლირებულ) სადენებს. საჰაერო ხაზების ძირითადი ელემენტებია: სადენი, საყრდენი, იზოლატორი და სახაზო არმატურა. მთელ რიგ ხაზებზე ფაზური სადენების ატმოსფერული განმუხტვისაგან დასაცავად გამოიყენება მეხსარიდი გეარლი.

მოცემული რეგიონის რელიეფისა და გარემო კლიმატური პირობების შესაბამისად ხაზების საიმედო მუშაობისთვის აუცილებელი ხდება სხვადასხვა დანიშნულების საყრდენების გამოყენება. მათ შორის ყველაზე უფრო გავრცელებულია შუალედური, ანკერული და კუთხური საყრდენები, ხოლო რიგ შემთხვევებში გამოიყენება სპეციალური საყრდენები.

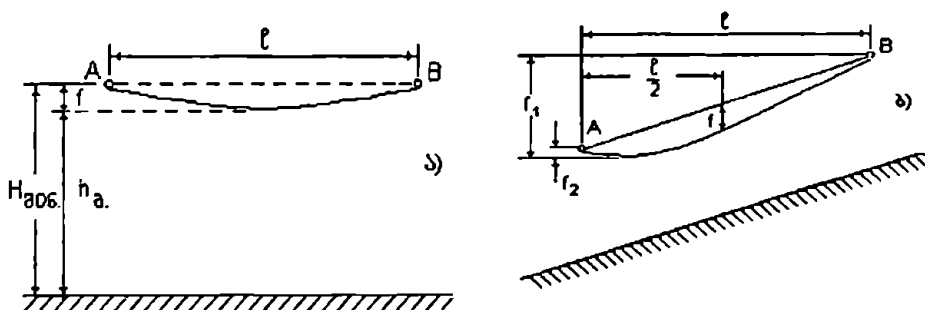


ნახ. 1.1 ელექტროგადაცემის ხაზი

ხაზების კონსტრუქციული ნაწილის სახასიათო პარამეტრებია (ნახ.- 1.1.): L -შუალედური მალი ანუ უბრალოდ მალი, რომელიც წარმოადგენს მანძილს ორ მეზობელ საყრდენს შორის, გაზომილს ჰორიზონტალის გასწვრივ; L_0 - საანკერო მალი, რომელიც წარმოადგენს მანძილს ორ მეზობელ ანკერულ საყრდენს შორის; h_0 - გაბა-

რიტული მანძილი, რომელიც წარმოადგენს უმოკლეს მანძილს სადენსა და მიწას ან რაიმე საინჟინრო ნაგებობას შორის; H – საყრდენის სრული სიმაღლე, რომელიც წარმოადგენს ვერტიკალურ მანძილს მიწის ზედაპირიდან საყრდენის უმაღლეს წერტილამდე; $H_{\text{მძ}}$ – საყრდენის მინიმალური სიმაღლე – ვერტიკალური მანძილი მიწის ზედაპირიდან ქვედა სადენის დაკიდების წერტილამდე; λ – იზოლატორთა გირლანდის სიგრძე; f – სადენის ჩაღუნვის ისარი – ვერტიკალური მანძილი სადენის დაკიდების წერტილსა და მის უდაბლეს წერტილს შორის.

იმ შემთხვევაში, როცა ხაზის ტრასა პორიზონტალურია და სადენთა დაკიდების წერტილები ერთ სიმაღლეზეა, განიხილება სადენის ჩაღუნვის ისრის ერთი მნიშვნელობა (ნახ. 1.2. ა), ხოლო როცა სადენის დაკიდების წერტილები სხვადასხვა სიმაღლეზეა, მაშინ განიხილავენ ჩაღუნვის ისრის სამ მნიშვნელობას f_1 , f_2 და f , შესაბამისად დაკიდების წერტილებისა და ამ წერტილებზე გამავალი წრფის შუა წერტილის მიმართ (ნახ. 1.2. ბ).



ნახ. 1.2 სადენის ჩაღუნვის ისრის განმარტებისთვის:

ა) ტრასა პორიზონტალურია; ბ) ტრასა დახრილია

ხაზის ყველა კონსტრუქციული ელემენტი მუშაობს რთულ და დიდ ფარგლებში ცვლად კლიმატურ პირობებში. სადენებზე (იგულისხმება გვარლიც) მოქმედებს საკუთარი და ლიპყინულის წონა, ქარის დაწნევა და გარემოს ტემპერატურა. სადენებსა და საყრდენებზე მოქმედი რეზულტური მექანიკური ძალები აღწევს რამდენიმე ასეულ კილონიუტონსა და მეტს. თუ სადენები დაფარულია ლიპყი-

ნულით და მოქმედებს ქარიც, მაშინ ხაზი უფრო მძიმე მექანიკურ პირობებში მუშაობს.

სადენზე ლიპყინულის წარმოქმნა მოსალოდნელია გარემოს $(-5\div-7)^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურისას, თუ ამ დროს ჰაერში იმყოფება გადაციებული წყლის ნაწილაკები (ნისლი). ამ პირობებში სადენთან ჰაერის შეხებისას ხდება აღნიშნული ნაწილაკების კრისტალიზაცია და წარმოიქმნება ლიპყინული (სადენის ზედაპირი დაიფარება ყინულით). ლიპყინულის ინტენსივობა ძირითადად დამოკიდებულია ჰაერის ტენშემცველობაზე და ამიტომ მისი წარმოქმნა უფრო მოსალოდნელია წყალსაცავების, ტბებისა და ზღვის მახლობლობაში გაშვალ ხაზების სადენებზე. ლიპყინულის კედლის სისქე ზოგჯერ რამდენიმე ათეულ მილიმეტრს აღწევს და მისი წონა ერთ საყრდენზე გადაანგარიშებით შეიძლება რამდენიმე ასეულ კილონიუტონამდე იყოს.

ლიპყინულით დაფარვის შედეგად იზრდება სადენის საანგარიშო ზედაპირი და შესაბამისად, იზრდება მასზე ქარის დაწოლა. ქარის შედარებით დაბალი სიჩქარისას (4-8 მ/წმ) სადენები განიცდიან ვიბრაციას, ხოლო უფრო მაღალი სიჩქარისას (10-30 მ/წმ) – კიროკვას.

ვიბრაცია იწვევს სადენის ცალკეული მავთულების მრავალჯერად გადაღუნვას, სადენთა დაღლილობას. რის შედეგად სადენის დაკიდების წერტილებთან შეიძლება მოხდეს ამ მავთულების გადატეხვა, რასაც შემდგომში მოსალოდნელია მოჰყვეს სადენის გაწყვეტა. სადენის როკვა ხასიათდება უფრო დაბალი სიხშირით, ვიდრე ვიბრაცია, მაგრამ გააჩნია მნიშვნელოვნად დიდი ამპლიტუდა, თითქმის ჩაღუნვის ისრის ტოლი. როკვის დროს სადენის რხევა მიმდინარეობს თითქმის ვერტიკალურ სიბრტყეში და მას ადგილი აქვს მაშინ, როცა არაპორიზონტალური მიმართულების ქარი სადენისადმი მიმართულია მახვილი კუთხით.

როკვის დროს შესაძლებელია ხაზის გასწვრივ წარმოიქმნას ე.წ. „მორბენალი რკალი“, რაც განპირობებულია სადენების ერთმანეთთან ან გვარლთან მიახლოებით. როკვის შედეგად მოსალოდნელია როგორც სადენების, ასევე იზოლატორებისა და, ზოგჯერ, თვით საყრდენის მექანიკური დაზიანებაც კი.

სადენის მექანიკური მუშაობის რეჟიმზე გავლენას ახდენს ჰაერის ტემპერატურის ცვლილება, რაც იწვევს მისი სიგრძის შეც-

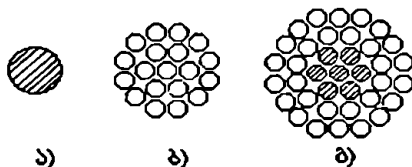
ვლას. დაბალ ტემპერატურაზე სადენის სიგრძის შემცირებისას იზრდება მასში მექანიკური დაძაბულობა, ხოლო მაღალი ტემპერატურისას სადენის წაგრძელების გამო იზრდება ჩაღუნვის ისარი. ორივე ეს გარემოება გასათვალისწინებელია ხაზების მექანიკური რეჟიმების ანგარიშისას, რათა არ მოხდეს სადენის გაწყვეტა ან მისი მიწასთან ან რაიმე საინჟინრო ნაგებობასთან მიახლოების გაბარიტული მანძილის დარღვევა.

იმისათვის რომ ელექტროგადაცემის ხაზების მექანიკური მუშაობის პირობების გათვალისწინებით უზრუნველყოფილი იქნეს მომხმარებელთან მაღალი ხარისხის ელექტროენერგიის მიწოდება მინიმალური დანახარჯების პირობებში, აუცილებელია სრულდებოდეს ხაზებისადმი წაყენებული შემდეგი მოთხოვნები: 1. სადენებს გააჩნდეს კარგი ელექტრული გამტარობა; 2. ხაზები აგებული იქნეს არადეფიციტური მასალისაგან; 3. ყველა კონსტრუქციულ ელემენტს გააჩნდეს მაღალი მექანიკური სიმტკიცე და ქიმიური ზემოქმედებისა და კოროზიის მიმართ საკმარისი მდებარეობა; 4. ხაზი, როგორც საინჟინრო ნაგებობა, იყოს ეკონომიკური.

1.2. საჰაერო ხაზების სადენები და მეხსარიდი გვარლები

ელექტროგადაცემის საჰაერო ხაზების სადენების მასალად ძირითადად გამოიყენება სპილენძი, ალუმინი და ფოლადი. სადენები, იმყოფება რა ღია სივრცეში, განიცდიან სხვადასხვა სახის მექანიკურ თუ ქიმიურ ზემოქმედებას და ამიტომ მათ უნდა გააჩნდეთ საკმარისად მაღალი მდებარეობა მექანიკური სიმტკიცისა და კოროზიის მიმართ.

კონსტრუქციის მიხედვით პრაქტიკაში გვხვდება ერთმავთულიანი, მრავალმავთულიანი ერთი მასალისაგან და მრავალმავთულიანი ორი მასალისაგან (კომბინირებული) სადენები (ნახ. 1.3.).



ნახ. 1.3 საპაერო ზაზების სადენთა კონსტრუქციული შესრულება:

- ა) ერთმავთულიანი; ბ) მრავალმავთულიანი ერთი მასალისაგან;
გ) მრავალმავთულიანი ორი მასალისაგან (კომბინირებული)

ერთმავთულიანი სადენი შედგება ერთი მავთულისაგან (ნახ 1.3. ა). იგი გამოიყენება 1000 ე-მდე ძაბვის ზაზებზე. ერთი მასალისაგან დამზადებული მრავალმავთულიანი სადენი (ნახ. 1.3. ბ) შეიცავს ერთმანეთში ჩახვეულ 2-3 მმ დიამეტრის მქონე რამდენიმე მავთულს. კონსტრუქციულად ამ სადენს აქვს ერთი ცენტრალური მავთული, რომლის გარშემო შესრულებულია მავთულების რამდენიმე ნახვევი დიდი ბიჯით. პირველი ნახვევი შეიცავს ექვს მავთულს, ხოლო ყოველი მომდევნო ნახვევი კი - ექვსი მავთულით მეტს, ვიდრე წინა. მომიჯნავე ნახვევების მავთულთა დახვევის მიმართულებები ურთიერთსაწინააღმდეგოა, რაც შედარებით ცილინდრული ფორმის და თვითდარღვევის მიმართ მდგრადი სადენის მიღების შესაძლებლობას იძლევა. ერთმავთულიანთან შედარებით მრავალმავთულიანი სადენი უფრო მოქნილია და მოხერხებულია ტრანსპორტირებისა და მონტაჟისას და, ამასთან, იგი მექანიკურად უფრო მედეგია.

ორი მასალისაგან დამზადებული მრავალმავთულიანი სადენი (ნახ. 1.3გ). შეიცავს ერთმავთულიან ან მრავალმავთულიან ფოლადის გულარს და მის გარშემო დახვეულ ალუმინის მავთულებს. ამ გზით იქმნება მაღალი მექანიკური სიმტკიცისა და კარგი ელექტრული გამტარობის მქონე ფოლად-ალუმინის (კომბინირებული) სადენი.

ფოლად-ალუმინის სადენის ელექტრულ გამტარობას ძირითადად განაპირობებს ალუმინის ნაწილი, რადგანაც: ჯერ ერთი, იგი უკეთესი გამტარია, ვიდრე ფოლადი; მეორეც, მისი განივი კვეთი მნიშვნელოვნად მეტია ვიდრე ფოლადის; მესამეც, სადენში დენის განაწილების კანონის (ზედაპირული ეფექტი) თანახმად იგი (დენი) გაედინება სადენის პერიფერიულ ნაწილში ანუ ალუმინის გავლით. აღნიშნულიდან გამომდინარე, ალუმინის მოცემული განიკვეთის მქონე ფოლად-ალუმინის სადენის გამტარობა პრაქტიკულად ისეთივეა, რაც

იმავე განიკვეთის მქონე ალუმინის სადენისა.

სპილენძს გააჩნია შედარებით დაბალი ხვედრითი წინაღობა 17,8-18,5 ომი.მმ²/კმ. ციკად ნაგლინი სპილენძის მავთულის დროებითი წინაღობა გაწყვეტაზე შეადგენს 380-400 ნ/მმ²-ს. სპილენძის უანგის ფენას გააჩნია მაღალი ქიმიური მედეგობა და კარგად იცავს სადენს კოროზიისა და ქიმიური ზემოქმედებისაგან.

ალუმინი სპილენძთან შედარებით უფრო მაღალი ხვედრითი ელექტრული წინაღობით ხასიათდება - 29,5-31,5 ომი.მმ²/კმ. მისი დროებითი წინაღობა გაწყვეტაზე დაბალია - 150-180 ნ/მმ², ამიტომ ალუმინის სადენები გამოიყენება 35 კვ-მდე (ჩათვლით) ძაბვის ქსელებში.

ფოლადის სადენი ხასიათდება მაღალი მექანიკური სიმტკიცით. მისი უარყოფითი მხარეა ის, რომ ცვლადი დენის მიმართ მისი ელექტრული წინაღობა იზრდება დატვირთვის დენის ზრდასთან ერთად. აღნიშნულის გამო ფოლადის სადენი შეიძლება გამოყენებული იქნეს 10 კვ-მდე ძაბვის ქსელებში მცირე დატვირთვის დენების შემთხვევებში.

სპილენძი ძვირადღირებული მასალაა და ამიტომ საპაერო ხაზების სადენებად პრაქტიკულად არ გამოიყენება. 35 კვ-მდე (ჩათვლით) ძაბვის ხაზებზე, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ძირითადად გამოიყენება ალუმინის სადენები. 35 კვ და მეტი ძაბვის ხაზებზე კი გამოიყენება ფოლად-ალუმინის (კომბინირებული) სადენები. ამ სადენს ფოლადის გულარის არსებობის გამო გააჩნია მაღალი მექანიკური სიმტკიცე, ხოლო ალუმინის გამო კი - კარგი ელექტრული გამტარობა. ალუმინის და ფოლადის განიკვეთის თანაფარდობა ძირითადად იცვლება $F_{ალ}/F_{ფლ}=4,0-8,5$ ფარგლებში.

იმ შემთხვევაში, როცა საჭიროა სადენის მექანიკური სიმტკიცის ამაღლება, სადენს ამზადებენ გაძლიერებული ფოლადის გულარით $F_{ალ}/F_{ფლ}=4,0-4,5$. ხოლო როცა მექანიკურ სიმტკიცეს შედარებით დაბალი მოთხოვნები წაყენება, მაშინ სადენი მზადდება შემსუბუქებული ფოლადის გულარით $F_{ალ}/F_{ფლ}=8-8,5$. დანარჩენ შემთხვევაში გვაქვს $F_{ალ}/F_{ფლ}=6,0-7,5$. განსაკუთრებულ შემთხვევებში, როცა საჭიროა მნიშვნელოვნად ამაღლებული მექანიკური სიმტკიცე (გარემოს მძიმე კლიმატური პირობები, ხვეების, განიერი მდინარეების ან სხვადასხვა საინჟინრო ნაგებობებისა და დაბრკოლებათა გადაკვეთა), ამზადებენ განსაკუთრებული კონსტრუქციის კომბინირებულ სადენებს, სადაც ფოლადის განივი კვეთი საგრძნობლად მაღალია (ცხრ. 1.1).

ცხრ. 1.1. ფოლად-ალუმინის საღებებისა და მეტალმაკვი გვარლები მახასიათებლები

ნომერი სერიალური მნიშვნელობა	მეტულთა რიცხვი და ლიპერტი, ცალ/მმ		საანგარიშო განიკეთი, მმ		საანგარიშო ლიპერტი, მმ		მკ მკ/მკ		ოპერირ წინალობ ა (20°C ტემპერა- ტურისა) ომ/კმ	გამწვევტი საანგარი- შო ძალა, ნ	დ/რ (ტენიარო იყდარე) ადგარეილი	ი ნაყდარე საანგარიშო
	მეტულთა რიცხვი	ლიპერტი, ცალ/მმ	საანგარიშო განიკეთი, მმ	საანგარიშო ლიპერტი, მმ	მკ მკ/მკ	მკ მკ/მკ						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1. ფოლად-ალუმინის საღებები												
10/18	6x1,50	1x1,50	10,6	1,77	4,5	1,5	6,00	2,706	4089	43	3000	3000
16/2,7	6x1,85	1x1,85	16,1	2,69	5,6	1,9	6,00	1,782	6220	65	3000	3000
25/4,2	6x2,30	1x2,30	24,9	4,15	6,9	2,3	6,00	1,152	9296	100	3000	3000
35/6,2	6x2,80	1x2,80	36,9	6,16	8,4	2,8	6,00	0,777	13524	148	3000	3000
50/8,0	6x3,20	1x3,20	48,2	8,04	9,6	3,2	6,00	0,595	17112	195	3000	3000
70/11	6x3,80	1x3,80	68,0	11,3	11,4	3,8	6,00	0,422	24130	276	2000	2000
70/72	18x2,20	19x2,20	68,4	72,2	15,4	11,0	0,95	0,419	96826	755	4000	4000
95/16	6x4,50	1x4,50	95,4	15,9	13,5	4,5	6,00	0,301	33369	385	1500	1500
95/141	24x2,20	37x2,20	91,2	141	19,8	15,4	0,65	0,315	180775	1357	4000	4000
120/19	26x2,40	7x1,85	118	18,8	15,6	5,6	6,25	0,244	41521	471	2000	2000
120/27	30x2,20	7x2,20	114	26,6	15,4	6,6	4,29	0,253	49465	528	2000	2000
150/19	24x2,80	7x1,85	148	18,8	16,8	5,5	7,85	0,205	46307	554	2000	2000
150/24	26x2,70	7x2,10	149	24,2	17,1	6,3	6,14	0,204	52279	599	2000	2000
150/34	30x2,50	7x2,50	147	34,3	17,5	7,5	4,29	0,206	62643	675	2000	2000
185/24	24x3,15	7x2,10	187	24,2	18,9	6,3	7,71	0,154	58075	705	2000	2000
185/29	26x2,98	7x2,30	181	29,0	18,8	6,9	6,24	0,159	62055	728	2000	2000
185/43	30x2,80	7x2,80	185	43,1	19,6	8,4	4,29	0,156	77767	846	2000	2000
185/128	54x2,10	37x2,10	187	128,0	23,1	14,7	1,46	0,154	183816	1525	4000	4000

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
205/27	24X3,30	7X2,20	205	26,6	19,8	6,6	7,71	0,141	63740	774	2000
240/32	24X3,60	7X2,40	244	31,7	21,6	7,2	7,71	0,118	75050	921	2000
240/39	26X3,40	7X2,65	236	38,6	21,6	8,0	6,11	0,122	80895	952	2000
240/56	30X3,20	7X3,20	241	56,3	22,4	9,6	4,29	0,121	98253	1106	2000
300/39	24X4,00	7X2,65	301	38,6	24,0	8,0	7,81	0,096	90574	1132	2000
300/48	26X3,80	7X2,95	295	47,8	24,1	8,9	6,16	0,098	100623	1186	2000
300/66	30X3,50	19X2,10	288	65,8	24,5	10,5	4,39	0,100	117520	1313	2000
300/67	30X3,50	7X3,50	289	67,3	24,5	10,5	4,29	0,100	126270	1323	2000
300/204	54X2,65	37X2,65	298	204,0	29,2	18,6	1,46	0,097	284579	2428	2000
330/30	48X2,98	7X2,30	335	29,1	24,8	6,9	11,55	0,086	88848	1152	2000
330/43	54X2,80	7X2,80	332	43,1	25,2	8,4	7,71	0,087	103784	1255	2000
400/18	42X3,40	7X1,85	381	18,8	26,0	5,6	20,27	0,076	85600	1199	1500
400/22	76X2,57	7X2,00	394	22,0	26,6	6,0	17,93	0,073	95115	1261	1500
400/51	54X3,05	7X3,05	394	51,1	27,5	9,2	7,71	0,073	120481	1490	1500
400/64	26X4,37	7X3,40	390	63,5	27,7	10,2	6,14	0,074	129183	1572	1500
400/93	30X4,15	19X2,50	406	93,2	29,1	12,5	4,35	0,071	173715	1851	1500
450/56	54X3,20	7X3,20	434	56,3	28,8	9,6	7,71	0,067	131370	1640	1500
500/26	42X3,90	7X2,20	502	26,6	30,0	6,6	18,86	0,058	112548	1592	1500
500/27	76X2,84	7X2,20	481	26,6	29,4	6,6	18,09	0,060	112188	1537	1500
500/64	54X3,40	7X3,40	490	63,5	30,6	10,2	7,71	0,059	148257	1852	1500
500/204	90X2,65	37X2,65	496	204,0	34,5	18,6	2,43	0,058	319609	2979	1500
500/336	54X3,40	61X2,65	490	336,0	37,5	23,9	1,46	0,059	466649	4500	1200
550/71	54X3,60	7X3,60	549	71,2	32,4	10,8	7,71	0,053	166164	2076	1200
600/72	54X3,70	19X2,20	580	72,2	33,2	11,0	8,04	0,050	183835	2170	1200
650/79	96X2,90	19X2,30	634	78,9	34,7	11,5	8,03	0,046	200451	2372	1000
700/86	96X3,02	19X2,40	687	85,9	36,2	12,0	8,00	0,042	217775	2575	1000
750/93	96X3,15	19X2,50	748	93,2	37,7	12,5	8,02	0,039	234450	2800	1000
800/105	96X3,30	19X2,65	821	105,0	39,7	13,3	7,83	0,035	260073	3092	1000
1000/56	76X4,10	7X3,20	1003	56,3	42,4	9,6	17,96	0,029	224047	3210	1000

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2. მეზღამეო გვარდები											
25	-	5X2,5	-	24,6	-	6,8	-	-	14994	194	1500
35	-	7X2,5		34,4	-	7,5	-	-	20776	272	1500
50		12X2,3		49,4		9,2	-	-	29890	396	1500
70		19X2,3		76,4		11,5	-	-	46158	632	1500

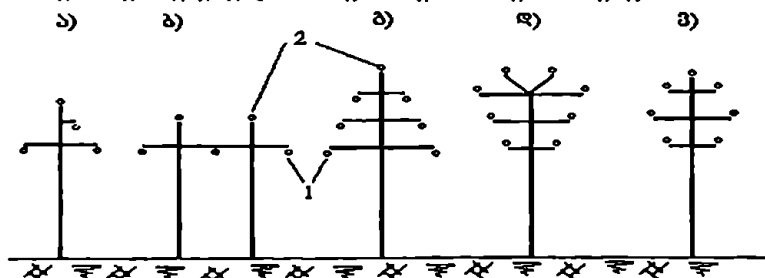
ზღვის სანაპიროებისა და მარილიანი ტბების მახლობლობაში ან სამრეწველო საწარმოების გამონახოლქვებით გაჭუჭყიანებულ გარემოში გამავალ ხაზებზე გაკიდებულ ფოლად-ალუმინის სადენების ფოლადის გულარის ან მთლიანად სადენის მათეულთა შორის სივრცე შევსებული უნდა იქნეს ამაღლებული თბომდეგობის მქონე ნეიტრალური საპოხით.

ფოლად-ალუმინის სადენის ფოლადის გულარს, ფოლადის სადენებსა და გვარლებს ამზადებენ მაღალი სიმტკიცის მქონე ფოლადისაგან, რომლის ზღვრული წინაღობა გაწყვეტაზე შეადგენს 1200 ნ/მმ²-ს.

ზემაღალი ძაბვის (330 კვ და მეტი) ელექტროგადაცემის ხაზებზე გვირგვინული განმუხტვის მოვლენის თავიდან ასაცილებლად და ხაზის გამტარუნარიანობის გაზრდის მიზნით ფაზა შეიცავს ორ და მეტ სადენს. ასეთ ფაზას გახლეჩილს უწოდებენ, სადაც სადენები ერთმანეთისაგან გამიჯნულნი არიან სპეციალური განბჯენებით. გახლეჩილ ფაზებში სადენებს შორის მანძილი 30-40 სმ-ს შეადგენს, რომელსაც გახლეჩვის ბიჯს უწოდებენ. გახლეჩილი ფაზა მის გარშემო შექმნილი ელექტროველის განაწილების თვალსაზრისით დიდი გარე დიამეტრის მქონე სადენის ეკვივალენტურია.

სადენის მარკირება ხდება მასალისა და განიკვეთის სტანდარტული ფართობის მიხედვით. ასე მაგალითად, M-50; A-70; AC-185/29 – და სხვა.

საყრდენებზე სადენების განლაგება შეიძლება იყოს: ერთჯაჭვა ხაზებზე სამკუთხედური ან ჰორიზონტალური და ორჯაჭვა ხაზებზე „ნაძვის ხე“, შებრუნებული „ნაძვის ხე“ ან „კასრისებური“ (ნახ. 1.4.).



ნახ. 1.4 საყრდენებზე სადენებისა და გვარლების განლაგება: ა) ერთჯაჭვა საყრდენი-სადენთა სამკუთხედური განლაგება; ბ) ერთჯაჭვა საყრდენი-სადენთა ჰორიზონტალური განლაგება; გ) ორჯაჭვა საყრდენი-სადენთა განლაგება „ნაძვის ხე“; დ) ორჯაჭვა საყრდენი-სადენთა განლაგება „შებრუნებული ნაძვის ხე“; ე) ორჯაჭვა საყრდენი-სადენთა განლაგება „კასრისებური“. 1. სადენი; 2. გვარლი.

ექსპლუატაციის თვალსაზრისით სადენტა პორიზონტალური განლაგება ითვლება საუკეთესოდ. იგი ეკონომიურია, რადგანაც ამ შემთხვევაში გამოიყენება უფრო დაბალი საყრდენები. ორჯაჭვა ხაზებზე რეკომენდირებულია სადენტა „კასრისებური“ განლაგება, რაც ამცირებს სადენტა როკვის დროს მათი ურთიერთჩახვევის ალბათობას.

ატმოსფერული გადამეტაბვისაგან დამცავი მეხსარიდი გვარლი მზადდება ფოლადისაგან C-25, C-35, C-50, C-70. გვარლი საყრდენებზე მაგრდება მის უმაღლეს წერტილში (ნახ 1.4.) და ამით ყველა ფაზური სადენი აღმოჩნდება დაცვის ზონაში განთავსებული. ერთჯაჭვა ხაზებზე სადენის სამკუთხედურად და ორჯაჭვა ხაზებზე „კასრისებურად“ ან „ნაძვის ხის“ სახით განლაგებისას საკმარისია ერთი მეხსარიდი გვარლი, ხოლო სადენტა ერთ პორიზონტალურ სიბრტყეში და შებრუნებული „ნაძვის ხის“ სახით განლაგებისას კი - ორი გვარლი.

გვარლი ხაზების ფაზურ სადენებს არა მარტო მეხის პირდაპირი დაცემისაგან იცავს, არამედ ის ხელს უწყობს ხაზის მახლობლობაში ატმოსფერული განმუხტვისას სადენებში აღძრული გადამეტაბვის ამპლიტუდის შემცირებას. გარდა ამისა, გვარლი ამცირებს საჰაერო ხაზების უარყოფით გავლენას კავშირგაბმულობის ხაზებზე. საჰაერო ხაზების მეხდაცვის საკითხები უფრო დეტალურად განიხილება მე-5 თავში.

ფოლად-ალუმინის სადენების მექანიკური მახასიათებლები მოცემულია 1.1. ცხრილში.

1.3 საჰაერო ხაზების საყრდენები

საჰაერო ხაზების საყრდენების დანიშნულებაა მიწის ზედაპირიდან ან სხვა დამიწებული ელემენტებიდან სადენტა გარკვეულ სიმაღლეზე განლაგება. დანიშნულების, კონსტრუქციისა და მასალის მიხედვით საყრდენები სხვადასხვა სახისა.

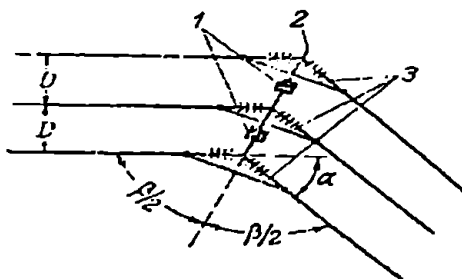
დანიშნულების მიხედვით გვხვდება შუალედური, ანკერული, კუთხური (კუთხურ-ანკერული) და სპეციალური საყრდენები. კონსტრუქციის მიხედვით არის ვიწრო და ფართობაზიანი, პორტალური, V-სებური, „რიუმკა“ და სხვა, ხოლო ჯაჭვთა რიცხვის მიხედვით -

ერთჯაჭვა და ორჯაჭვა. მასალის მიხედვით გვაქვს ხის, ლითონისა და რკინაბეტონის. ამა თუ იმ სახის საყრდენის გამოყენება დამოკიდებულია ხაზის ტრასის პროფილზე და საყრდენის დანიშნულებაზე ტრასის მოცემულ მონაკვეთზე.

შუალედური საყრდენები მარტივი და იაფია, ამიტომ მათი რიცხვი ხაზზე დაახლოებით 80-85 %-ს აღწევს. მუშაობის ნორმალურ რეჟიმში ამ საყრდენზე პრაქტიკულად მოქმედებს მხოლოდ ვერტიკალური ძალები. შუალედური საყრდენი უფრო ხშირად ვიწრობაზიანია, თუმცა რიგ შემთხვევებში საჭირო ხდება ფართობაზიანი შუალედური საყრდენის გამოყენება.

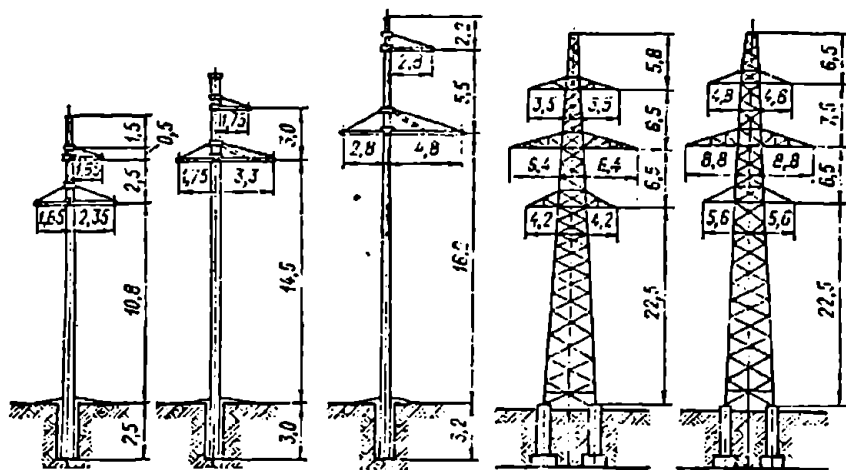
ანკერული საყრდენები გამოიყენება ხაზის საპასუხისმგებლო ადგილებში სადენტა ხისტად დასამაგრებლად. კერძოდ, ხაზის დასაწყისსა და დაბოლოებაში, საინჟინრო ნაგებობების, მდინარეებისა და ხეობების გადაკვეთისას. ანკერულმა საყრდენმა უნდა გაუძლოს ორი სადენის ან ერთი სადენისა და ერთი გვარლის გაწვევებისას წარმოქმნილ გაუკომპენსირებელ ცალმხრივ გრძივ ძალას, მაშინ როცა შუალედური საყრდენი გათვლილია მხოლოდ ერთი სადენის ან ერთი გვარლის გაწვევებისას წარმოქმნილი გაუკომპენსირებელი ცალმხრივი ძალის მოქმედებაზე. ანკერული საყრდენი კონსტრუქციის სირთულის გამო ძვირადღირებულია და ამიტომ მათი რაოდენობა ხაზზე რაც შეიძლება მინიმალური უნდა იყოს. მეზობელ ანკერულ საყრდენებს შორის მანძილი (საანკერო მალი) ხაზის სწორხაზოვან ტრასაზე 10-15 კმ-ს აღწევს.

ხაზის ტრასის მიმართულების შეცვლის წერტილებში გამოიყენება კუთხური საყრდენები. მათზე ტრავერსა მიმართულია ტრასის მოხვევის კუთხის დამატებითი კუთხის ბისექტრისის გასწვრივ (ნახ. 1.5). ამ საყრდენის გაანგარიშებისას ითვალისწინებენ სადენტა დაჭიმვის ტოლქმედ ძალას, მიმართულს ზემოთ აღნიშნული ბისექტრისის გასწვრივ, რომელიც მნიშვნელოვან სიდიდეს აღწევს დიდი მოხვევის კუთხისა და სადენტა დიდი განიკვეთებისას. იქ, სადაც შესაბამისი პირობები არსებობს შეიძლება ანკერული და კუთხური საყრდენების ფუნქციების შეთავსება ერთ კუთხურ-ანკერულ საყრდენში.



ნახ. 1.5 ხაზის ტრასის მოხვევის სქემა

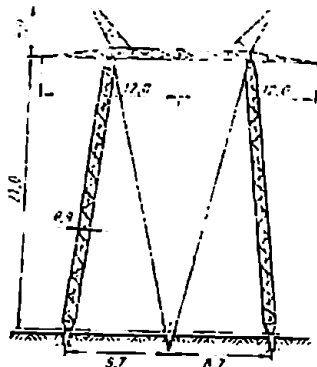
კონსტრუქციის მიხედვით შუალედური საყრდენები შეიძლება იყოს ერთდგარიანი (ნახ. 1.6), პორტალური საჭიმრებით (ნახ. 1.7), V-სებური (ნახ. 1.8), „როუმკა“ (ნახ. 1.9) და სხვა.



ნახ. 1.6 უნიფიცირებული საყრდენები

ლითონის საყრდენები გამოიყენება 35 კვ და მეტი ძაბვის ხაზებზე. ეს საყრდენები მოითხოვენ ლითონის დიდ ხარჯს და კოროზიისაგან დასაცავად რეგულარულ შეღებვას. რიგ შემთხვევებში კოროზიის თავიდან ასაცილებლად იყენებენ მოთუთიებულ ლითონის საყრდენებს. ლითონის საყრდენები უპირატესად მთიან რეგიონებში გამოიყენება, რადგანაც აქ მიუდგომელ ადგილებში უფრო ადვილია

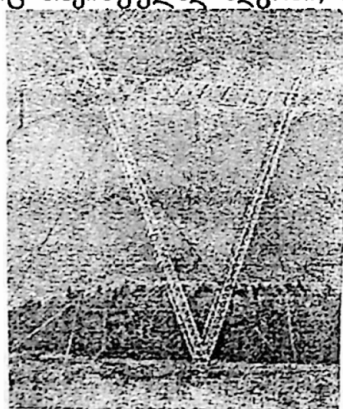
ლითონის საყრდენის ცალკეული სექციების ტრანსპორტირება შემდგომი მათი ადგილზე აწყობით.



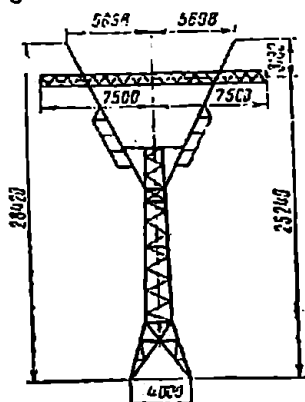
ნახ.1.7 პორტალური საყრდენი საჭიმრებით

რკინაბეტონის საყრდენი მოითხოვს უფრო ნაკლებ ლითონს, ვიდრე ლითონის. იგი მომსახურების თვალსაზრისით მარტივია და ამიტომ ფართოდ გამოიყენება 500 კვ-მდე (ჩათვლით) ძაბვის ყველა საპაერო ხაზზე.

6-10 კვ ძაბვის ხაზებზე ძირითადად გამოიყენება მართკუთხა განიკვეთის ერთდგარიანი რკინაბეტონის საყრდენები. 35 კვ და მეტი ძაბვის ხაზების რკინაბეტონის საყრდენებს ამზადებენ ცენტრიფუგირებული ბეტონისაგან. ერთდგარიანი საყრდენი შეიძლება იყოს როგორც თავისუფლად მდგომი, ასევე საჭიმრებით.



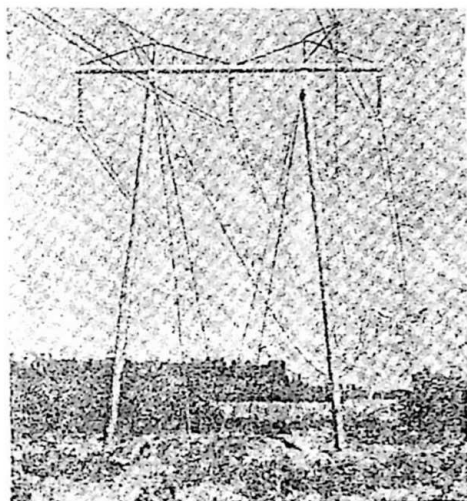
ნახ. 1.8 V-სებური საყრდენი



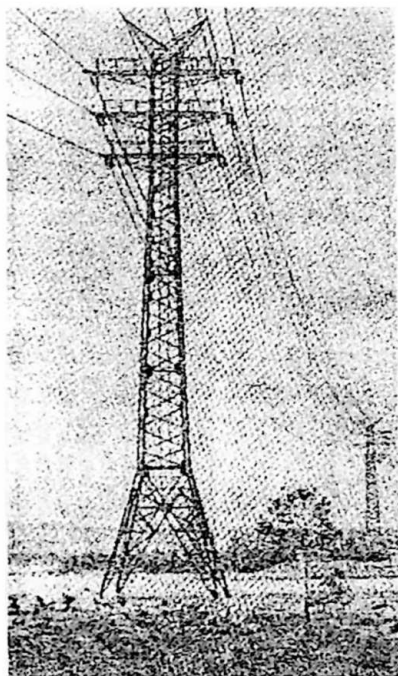
ნახ. 1.9 საყრდენი „როუმკა“

330-500 კვ ძაბვის ხაზებზე სადენების ჰორიზონტალურად განლაგებისას გამოიყენება პორტალური რკინაბეტონის შუალედური საყრდენები საჭიმრებით (ნახ. 1.10).

სპეციალურ საყრდენებს შორის უნდა გამოვეყნოთ გადასასვლელი საყრდენი (ნახ. 1.11), რომელიც გამოიყენება საინჟინრო და ბუნებრივი დაბრკოლებების გადალახვისას. ასეთი საყრდენის სიმაღლე რიგ შემთხვევაში აღწევს 50-100 მეტრს და მეტს. სპეციალურ საყრდენთა რიცხვს მიეკუთვნება აგრეთვე სატრანსპოზიციო საყრდენი, რომლის დახმარებით წარმოებს სადენთა ურთიერთგანლაგების შეცვლა, მათი ელექტრული პარამეტრების სიმეტრიზების მიზნით.



ნახ. 1.10 რკინაბეტონის შუალედური საყრდენი საჭიმრებით (330 - 500 კვ)



ნახ. 1.11 გადასასვლელი საყრდენი

უნიფიცირებულ და ტიპურ საყრდენთა ძირითადი ტექნიკური მახასიათებლები მოცემულია 1.2 ცხრილში

ცხრილი 1.2 უნიფიცირებულ და ტიპურ საყრდენთა ძირითადი მახასიათებლები

ნომერი მატეა, კე	საყრდენის შეფერი	პრობითი აღნიშვნა	სადენის მარკა	დოკუმენტაციის კოდის ნომრები ი სისტემაში	მაქსიმალური სიღრმე				მალევის სიღრმე		
					ფოლა- ლი, კმ	რკინა- ბეტონი,	გრუნტი,	გ	გაბრიტუ ლი	წონითი	მატეა
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
6 - 20	Π10-15	Π-11-ЖБ-С	А 25-120 AC 16/2,7-50/8	5-20	15,9	0,45	-	60 - 100	75 - 130	85 - 140	
	Π20-15	Π-11-ЖБ-С	А25-120; AC 16/2,7-50/8	5-20	25,9	0,45	-	60 - 100	75 - 130	85 - 140	
	YA10-15	AY-11-ЖБ-С	А25-120; AC 16/2,7-50/8	5-20	77,4	1,35	-	-	-	-	
	YA20-15	AY-11-ЖБ-С	А25-120; AC 16/2,7-50/8	5-20	87,6	1,35	-	-	-	-	
	Π10-7ДБ	Π-11-Д-С	А25-120; AC 16/2,7-50/8	5-20	2,0	0,13	0,25	66 - 100	75 - 130	85 - 140	
	Π20-7ДБ	Π-11-Д-С	А25-120; AC 16/2,7-50/8	5-20	2,2	0,15	0,3	66 - 100	75 - 130	85 - 140	
	OA10-3ДБ	A-11-Д-С	А25-120; AC 16/2,7-50/8	5-20	35,1	0,3	0,92	-	-	-	
	OA20-3ДБ	A-11-Д-С	А25-120; AC 16/2,7-50/8	5-20	36	0,35	1,0	-	-	-	
	Π35-1	Π-11-С-С	AC 70/11-150/24	5-20	1558	-	-	160 - 240	200 - 300	225 - 335	
	Π35-2	Π-211-С-С	AC 70/11-150/24	15 - 20	1934	-	-	235 - 330	235 - 420	295 - 335	
35	Y35-3+5	AY11L-С-С	AC 70/11-95/16	5-20	2385	-	-	-	-	-	
	Y35-1+5	AY11L-С-С	AC 120/19-150/24	5-20	4727	-	-	-	-	-	
	Y35-4+5	AY21L-С-С	AC 70/11-95/16	5-20	3986	-	-	-	-	-	
	Y35-2+5	AY21L-С-С	AC 120/19-150/24	5-20	6850	-	-	-	-	-	
	Π110-3	Π-11L-С-С	AC 120/19-240/32	5-10	2558	-	-	365 - 440	155 - 555	435 - 445	
	Π110-5	Π-11L-С-О	AC 70/11-240/32	15 - 20	2686	-	-	200 - 330	250 - 415	240 - 330	
110	Π110-7	Π-11L-С-С	AC 120/19-240/32	5-10	2820	-	-	410 - 505	515 - 630	460 - 505	
	Π110-4	Π-21L-С-С	AC 120/19-240/32	5-10	3336	-	-	365 - 445	455 - 555	435 - 445	
	Π110-6	Π-21L-С-С	AC 70/11-240/32	15 - 20	3942	-	-	200 - 330	250 - 415	240 - 330	
	Y110-1+9	AY-11L-С-С	AC 70/11-240/32	5-20	8544	-	-	-	-	-	
110 - 150	Y110-2+9	AY-21L-С-С	AC 120/19-240/32	5-20	11834	-	-	-	-	-	
150	Π150-1	Π-11L-С-С	AC 120/19-240/32	5-20	2720	-	-	250 - 425	315 - 525	350 - 425	
	Π150-2	Π-21L-С-С	AC 120/19-240/32	5-20	4099	-	-	250 - 425	340 - 525	380 - 425	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
220	П220-3	П-1П-С-С	AC 300/39-400/51	5 - 20	4831	-	-	380 - 520	475 - 650	520
	П220-1	П-1П-С-С		5 - 20	3812	-	-	380 - 520	475 - 650	520
	П220-2	П-2П-С-С		5 - 20	6450	-	-	395 - 470	430 - 550	465 - 470
	У220-1+9	АУ-1П-С-С		5 - 20	13078	-	-	-	-	-
	У220-2+9	АУ-2П-С-С		5 - 20	20245	-	-	-	-	-
330	П330-3	П-1П-С-С	AC 300/39-400/51 2 х AC 300/39- 2 х AC 400/51	5 - 10	6392	-	-	365 - 495	565 - 620	495
	П330-1	П-1П-С-О		5 - 20	5017	-	-	365 - 495	565 - 620	495
	П330-2	П-2П-С-С		5 - 20	10475	-	-	325 - 445	405 - 555	425 - 445
	У330-1+14	АУ-1П-С-С		5 - 20	25276	-	-	-	-	-
	У330-2+14	АУ-2П-С-С		5 - 20	38910	-	-	-	-	-
500	П52	П-1П-С-О	3 х AC 400/51- 3 х AC 300/64	5 - 20	6914	-	-	350 - 460	437 - 510	350 - 460
	У5М-22	АУ-1П-С-С		5 - 20	15640	-	-	-	-	-
750	ПН750-1	П-1П-С-О	5 х AC 240/56	5 - 20	11600	-	-	475 - 550	525 - 570	510 - 570
1150	П10Г-1150-1	П-1П-С-О	8 х AC 300/48- 8 х AC 400/51	5 - 20	18000	-	-	355 - 455	445 - 500	355 - 450
	ПБ35-1	П-1П-ЖБ-С		5 - 20	122	1,67	-	280 - 375	350 - 425	390 - 465
35	ПБ35-3	П-1П-ЖБ-С	AC 95/16-150/24	15 - 20	118	1,67	-	185 - 265	225 - 320	250 - 355
	ПБ35-2	П-2П-ЖБ-С		5 - 10	299	1,81	-	230 - 290	290 - 330	265 - 340
	ПБ35-4	П-2П-ЖБ-С		15 - 20	299	1,67	-	135 - 190	175 - 220	160 - 210
	УБ35-1	АУ-1П-ЖБ-О		5 - 20	270	2,1	-	-	-	-
	ПБ110-1	П-1П-ЖБ-С		5 - 10	216	1,67	-	255 - 340	320 - 385	325 - 375
110	ПБ110-5	П-1П-ЖБ-С	AC 70/11-150/24 AC 70/11-240/32	15 - 20	255	1,81	-	155 - 265	195 - 325	205 - 305
110 - 150	ПБ110-2	П-2П-ЖБ-С	AC 70/11-120/49 AC 70/11-240/32	5 - 10	522	1,81	-	215 - 275	275 - 325	220 - 280
	УБ110-1	АУ-1П-ЖБ-О		5 - 20	1586	2,1	-	-	-	-
	ПБ110-6	П-2П-ЖБ-С		15 - 20	532	1,67	-	120 - 170	150 - 210	130 - 185
	ПБ150-2	П-2П-ЖБ-С		5 - 20	596	2,52	-	175 - 200	220 - 310	195 - 325
	ПБ220-1	П-1П-ЖБ-С		5 - 20	452	2,52	-	220 - 310	275 - 360	275 - 425
220	ПБ220-1	П-1П-ЖБ-С	AC 300/39-400/51	5 - 20	421	3,62	-	270 - 350	320 - 400	275 - 424
	УБ220-3	АУ-1П-ЖБ-О		5 - 20	1807	2,56	-	-	-	-
330	ПБ330-1	П-1П-ЖБ-С	2 х AC 300/39- 2 х AC 400/51	5 - 20	1110	5,03	-	280 - 360	335 - 420	295 - 360

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
500	ПБ500-1 УБ500-1	П-1Ц-ЖБ-О АУ-1Ц-ЖБ-О	3 x AC 400/51 3 x AC 300/39- 3 x AC 500/64	5 - 20 5 - 20	2577 8515	6,18 7,8	.	300 - 380 .	365 - 556 .	400 - 558 .
15	ПД35-1 ПД35-5	П-1Ц-Д-С П-1Ц-Д-С	AC 50/8-120/49 AC 50/8-150/24	5 - 20 5 - 20	39 31	.	2,2 3,1	120 - 275 120 - 280	170 - 600 150 - 350	150 - 350 170 - 340
110	ПД110-1 ПД110-5	П-1Ц-Д-С П-1Ц-Д-С	AC 70/11-120/49 AC 70/11-185/29	5 - 20 5 - 20	39 31	.	2,4 3,2	130 - 260 135 - 260	227 - 600 220 - 600	120 - 350 190 - 440
35 - 110	УД110-1 УД110-5	АУ-1Ц-Д-С АУ-1Ц-Д-О	AC 50/8-185/29	5 - 20	264 470	.	6,16 5,7	.	.	.
220	ПД220-1 ПД220-2 УД220-1	П-1Ц-Д-С П-1Ц-Д-С АУ-1Ц-Д-С	AC 300/29-500/64	5 - 20 5 - 20 5 - 20	94 76 892	.	5,0 5,8 11,0	160 - 250 160 - 250 .	180 - 535 200 - 600 .	180 - 400 135 - 300

შენიშვნა: 1. საყრდენთა პირობითი აღნიშვნები: П-მუალდური; А-ანკერული; АУ-ანკერულ-კუთხური;

1Ц-ერთჯაჭვა; 2Ц -ორჯაჭვა; СГ - ლითონის; ЖБ-რკინაბეტონის; Д-ხის; С-თავისფულად მდგომი;

О-საჭიმურებიანი;

2. სახასიათო პარამეტრები მოცემულია იმ საყრდენებისათვის, რომლებიც გამოიყენება დასახლებულ ადგილებში და გათვლილია ქარის 30 მ/წმ სიჩქარეზე;

3. მალეების დიაპაზონი შეესაბამება საღებთან სხვადასხვა განიკეთის და ლიპუნულის კედლის სხვადასხვა სისქეს.

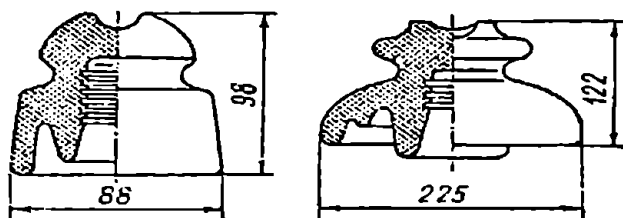
1.4. საჰაერო ხაზების იზოლატორები და სახაზო არმატურა

საყრდენების კონსტრუქციული ნაწილებიდან საჰაერო ხაზების სადენთა იზოლირება ზორციელდება იზოლატორებით, რომლებიც მეტად საპასუხისმგებლო ელემენტია და რომელთა სწორი შერჩევა უზრუნველყოფს ხაზის საიმედო ექსპლუატაციას. იზოლატორებს, მსგავსად ხაზის სხვა ელემენტებისა, მძიმე და ფართო ღიაპაზონში ცვლად მექანიკურ და კლიმატურ პირობებში უწევთ მუშაობა. მათ მოეთხოვებათ მაღალი საიზოლაციო თვისებები, მექანიკური სიმტკიცე და ეკონომიკურობა. იზოლატორებს ამზადებენ ფაიფურისა და ნაწართობი მინისაგან, რომლებიც ხასიათდებიან მაღალი მექანიკური და ელექტრული სიმტკიცით და მაღალი მედეგობით ატმოსფერული ზემოქმედების მიმართ.

ბოლო წლებში განვითარებულ ქვეყნებში უფრო ფართოდ ინერგება რეზინის იზოლატორები ეპოქსილის ბაზაზე. ისინი გაცილებით მსუბუქია, არ ტყდება და მოითხოვს ნაკლებ ფართობს.

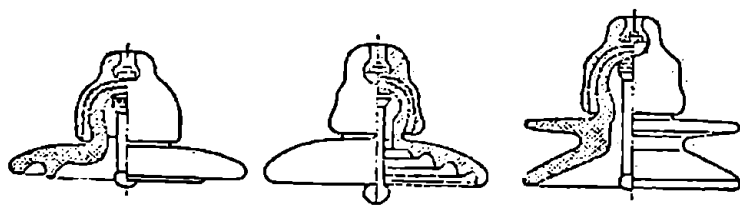
მინის იზოლატორები უფრო მსუბუქია და უფრო უძლებენ დარტყმით დატვირთვებს, ვიდრე ფაიფურის. მათი ღირსება ის არის, რომ ელექტრული გარღვევის ან თერმული თუ დამანგრეველი მექანიკური ზემოქმედებისას იგი იმსხვრევა, ფაიფური კი იბზარება. ეს აადვილებს ხაზზე დაზიანებული იზოლატორის აღმოჩენას.

კონსტრუქციის მიხედვით იზოლატორები მზადდება ორი ტიპის – სამანჭვლე (ნახ.1.12) და საკიდი (ნახ. 1.13). სამანჭვლე იზოლატორები გამოიყენება 10 კვ-მდე (ჩათვლით) და მცირე განიკვეთის მქონე სადენების შემთხვევაში 35 კვ ძაბვის ხაზებზე. საშუალო და დიდი განიკვეთების სადენების მქონე 35 კვ და ნებისმიერი განიკვეთის სადენების მქონე 110 კვ და მეტი ძაბვის ხაზებზე გამოიყენებენ საკიდ იზოლატორებს, რომლთაგანაც აიკრიფება იზოლატორთა დამჭიმი (ნახ. 1.14) და დამჭერი (ნახ. 1.15) გირლანდა. ზოგიერთი ტიპის ფაიფურისა და მინის საკიდი იზოლატორების ტექნიკური პარამეტრები მოცემულია 1.3 ცხრილში.

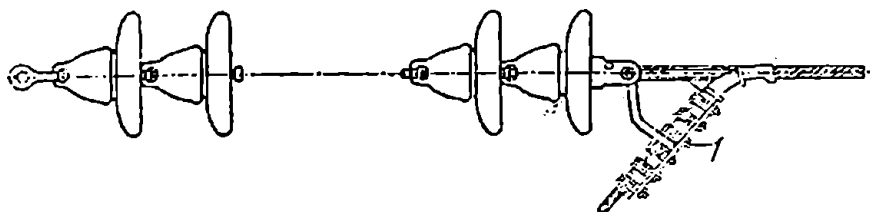


ნახ. 1.12 სამანჭველე იზოლატორები

გირლანდაში იზოლატორების რაოდენობა დამოკიდებულია ზაზის მუშა ძაბვაზე, ატმოსფეროს გაჭუჭყიანების ხარისხზე, საყრდენის მასალაზე და გამოყენებული იზოლატორების ტიპზე. იზოლატორთა რაოდენობის ანგარიში წარმოებს იმ პირობით, რომ ღენის გაჟონვის ხვედრითი სიგრძე უნდა შეადგენდეს არანაკლებ 13 მმ/კვ-ს. ანგარიშით მიღებულ რაოდენობას უმატებენ ერთ სარეზერვო იზოლატორს 110-220 კვ ძაბვის ზაზებისთვის და ორ სარეზერვო იზოლატორს 330-500 კვ ძაბვის ზაზებისთვის. 1.4 ცხრილში ნაჩვენებია სხვადასხვა ტიპის იზოლატორთა საჭირო რაოდენობა გირლანდაში.

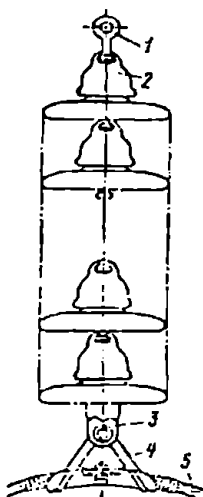


ნახ. 1.13 საკიდი იზოლატორები



ნახ. 1.14 დამჭიში გირლანდა. 1 - ჭანჭიკური მომჭერი

ΠΦ ტიპის იზოლატორების ზოგიერთ ნაკლოვანებებზე და ამის გამო საპაერო ხაზებზე დაზიანების წარმოქმნის შესახებ იხილეთ §1.5.



ნახ. 1.15 ღმჭერი გირ-ლანდა: 1-საყურე; 2-იზოლატორის „ქუ-ღი“; 3-ყუნწი; 4-ღამჭერი მომჭერი; 5-სადენი.

ცხრილი 1.3 ზოგიერთი ტიპის ფაიფურის და მინის იზოლატორების ტექნიკური პარამეტრები

იზოლატორის ტიპი	ძაბვა, კვ		გაფონის ღუნის გზის სიგრძე, მმ	გარანტირებული ელექტრო-მექანიკური სიმტკიცე, კე-კნ	იზოლატორის ზომები, მმ	
	გამრღვევი	საკღელი წოშისას			სიმაღლე	ღამეტრი
ΠΦ 60-Б	110	32	280	60	140	270
ΠΦ 160-Б	125	40	385	160	173	280
ΠΦ 200-А	125	44	420	200	194	350
ΠΦГ 60-А	110	45	470	60	198	270
ΠС 60-А	90	37	255	60	130	255
ΠС 120-А	90	40	325	120	140	260
ΠС 220-А	110	40	390	220	200	320
ΠСГ 60-А	90	-	400	60	130	350
ΠС 300-А	-	-	350	300	217	320

ცხრილი 1.4 იზოლატორთა რაოდენობა გირლანდაში

იზოლატორის ტიპი	ნომინალური ძაბვა, კვ					
	35	110	220	330	500	750
ΠΦ- 60-Б	3	7	14	20	-	-
ΠΦ- 160-A	-	6	11	17	23	-
ΠΦ- 200-A	-	-	10	14	20	-
ΠС- 60-A	3	8	14	21	-	-
ΠС-120-A	-	7	12	17	25	38-41
ΠС-220-A	-	-	10	15	21	29-34

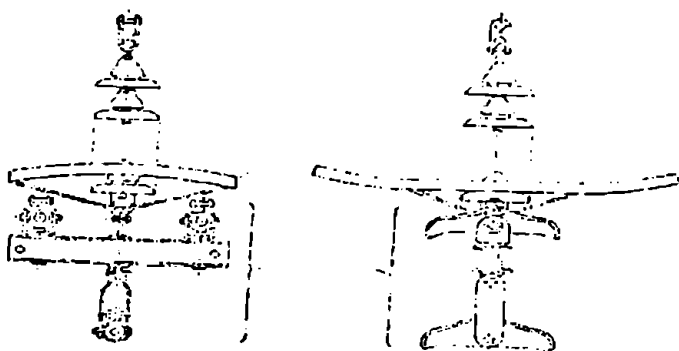
იმ შემთხვევაში, როცა მოითხოვება იზოლატორთა გირლანდის სიმტკიცის მარაგის კოეფიციენტის გაზრდა (გრძელი მალეები, საპასუხისმგებლო გადასასვლელები და სხვა), გამოიყენებენ ორმაგ გირლანდას. გახლეჩილ ფაზებზე დამჭიმი გირლანდების რაოდენობა აიღება ფაზაში სადენების რაოდენობის ტოლი.

ზღვების, მარილიანი ტბების ან ქიმიური საწარმოების მახლობლობაში გამავალი ხაზების იზოლატორებზე ილექება მარილები და საწარმოს გამონაბოლქვები, რომლებიც ამცირებენ იზოლაციის წინააღობას და მოსალოდნელია იზოლატორის ზედაპირზე ელექტრული განმუხტვა. ასეთ რეგიონებში საჭიროა გავზარდოთ იზოლატორთა რიცხვი გირლანდაში ან გამოვიყენოთ გაუონვის დენის უფრო გრძელი გზის მქონე იზოლატორები. მაგალითად, ΠСГ 60-A ტიპის იზოლატორი, სადაც გაუონვის დენის გზის სიგრძე შეადგენს 400 მმ, მაშინ როცა ΠС 60- A იზოლატორის გაუონვის დენის გზის სიგრძეა 255 მმ (ცხრ. 1.3.).

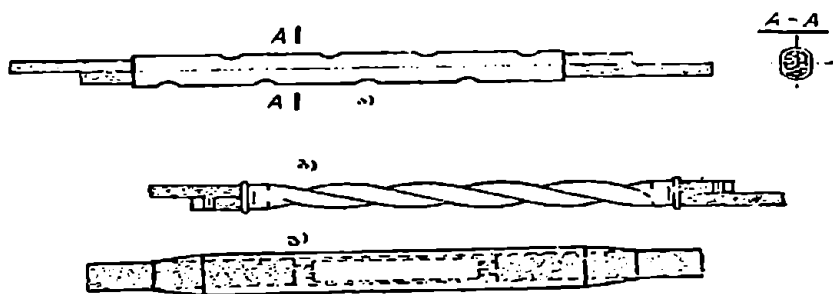
სადენების იზოლატორებზე და იზოლატორის საყრდენზე დასამაგრებლად და აგრეთვე ხაზის ნორმალური საექსპლუატაციო პირობების უზრუნველყოფის მიზნით გამოიყენება დამხმარე ელემენტები, რომლებსაც სახაზო არმატურას უწოდებენ. მათ რიცხვს მიეკუთვნება მომჭერები, შემაერთებლები, ჩაჭიდების არმატურა, ვიბრაციის ჩამქრობი და სხვა. სადენების გირლანდაზე დამაგრებისათვის გამოიყენება ორი სახის მომჭერი: დამჭერი და დამჭიმი. პირველი გამოიყენება დამჭერ გირლანდაზე (ნახ. 1.15), ხოლო მეორე კი – დამჭიმ გირლანდაზე (ნახ. 1.14). გახლეჩილი ფაზის შემთხვევაში საკიდ

გირლანდაზე მიმაგრებულია მხრეული, რომელზედაც განთავსებულია დამჭერი მომჭერები ფაზის თითოეული სადენისთვის (ნახ. 1.16).

საპაერო ხაზების სადენები მზადდება რამდენიმე ერთეული კილომეტრის სიგრძით. მონტაჟის დროს წარმოებს მათი ერთმანეთთან შეერთება სპეციალური კონსტრუქციის მქონე შემაერთებელი მომჭერებით. სადენტა შეერთება შეიძლება განხორციელდეს შემოჭერით (ნახ. 1.17 ა), დაგრეხვით (ნახ. 1.17 ბ) და დაწნეხით (ნახ. 1.17 გ) (იხ. §7.3).



ნახ. 1.16 დამჭერი გირლანდა 500 კვ ძაბვის სამად გახლეჩილი ფაზისათვის: 1- მხრეული; 2-დამცავი რგოლი

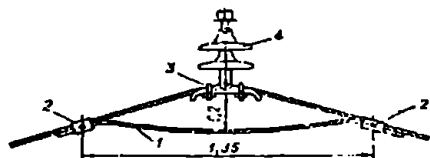


ნახ. 1.17 სადენტა შეერთებები: ა-შემოჭერით; ბ-დაგრეხვით; გ-დაწნეხით

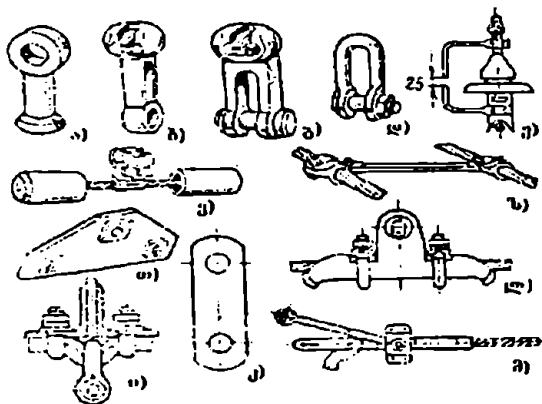
ხაზებზე სადენტა ვიბრაციის შესამცირებლად გამოიყენება ვიბრაციის ჩამქრობი (ნახ. 1.18), რომელიც მაგრდება სადენზე მისი დაკიდების წერტილიდან 0,5-1,0 მეტრ მანძილზე. ვიბრაციის ჩამქრობის ტვირთის მოძრაობაზე იხარჯება სადენის რხევის ენერგია.



ნახ. 1.18 ვიბრაციის ჩამქრობი



ნახ. 1.19 მადემფერებელი მარყუევი
1-დემფერი; 2-ჰანჭიკური მომჭერი;
3-დამჭერი მომჭერი; 4-იზოლა-
ტორის თეფში.



ნახ. 1.20 35 კვ და მეტი
ძაბვის საჰაერო ხაზების
სახაზო არმატურა: ა) სა-
ყურე; ბ) ყუნწი ერთათიანი;
გ) ყუნწი ორათიანი;
დ) კავი; ე) გან-მუხტვის
რქა; ვ) ვიბრაციის ჩამქრო-
ბი; ზ) გახ-ლეჩილი ფაზის
დისტანციური განბჯენი; თ)
მხრე-ული; ი) საყრდენის
ტრავერსაზე იზოლატორთა

გირლანდის დამაგრების კვანძი; კ) შუალედური რგოლი; ლ) დამჭერი ყრ
მომჭერი; მ) დამჭიმი დასაწნეხი მომჭერი.

მცირე განიკვეთის ფოლად-ალუმინის სადენების ვიბრაციისაგან
დასაცავად იყენებენ მადემფერებელ მარყუეს (ნახ.1.19), რომელიც
მზადდება იმავე მასალისაგან, რისგანაც დამზადებულია თვითონ სადენი.

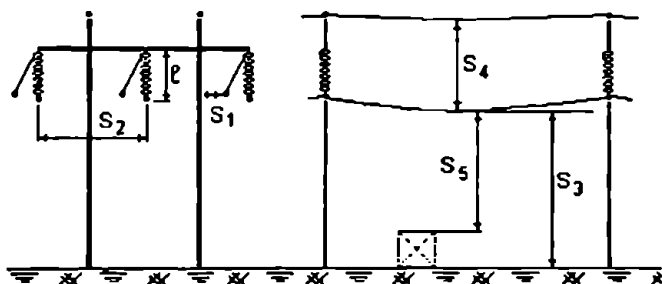
გარდა ზემოთ აღნიშნულისა, საჰაერო ხაზებზე სადენებისა
და იზოლატორთა გირლანდის დასამაგრებლად გამოიყენება კიდევ
მთელი რიგი სხვადასხვა სახის სახაზო არმატურა (ნახ. 1.20).

1.5 საჰაერო ხაზების საიზოლაციო მახასიათებლები

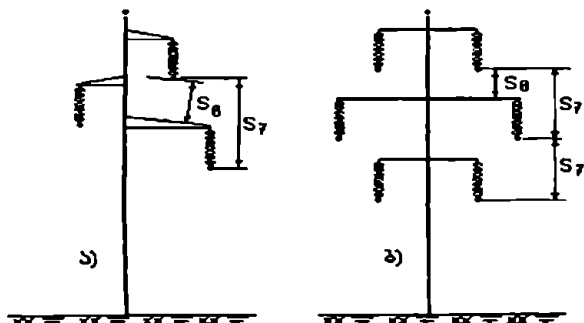
საჰაერო ხაზების ძირითად იზოლაციას წარმოადგენს ატმოს-
ფერული ჰაერი, რომელსაც შედარებით დაბალი ელექტრული სიმ-
ტკიცე გააჩნია, რის გამოც მალალი და ზემაღალი ძაბვის ხაზების

სადენებს შორის მანძილი 10-12 მეტრს აღწევს. მუშა ძაბვის დროს ხაზზე შეიძლება ადგილი ჰქონდეს გვირგვინის მოვლენას, ხოლო III და IV ხარისხით გაჭუჭყიანებულ რეგიონებში საკიდი გირლანდის გასწვრივ შეიძლება განვითარდეს ნაპერწყალი და საბოლოოდ იზოლაცია გადაიფაროს.

აღსანიშნავია, რომ საპაერო ხაზი ატმოსფერული გადამეტ-ძაბვის მხრიდან განიცდის მუდმივ ზემოქმედებას. როგორც ვიცით ხა-ზი, უმრავლეს შემთხვევაში, დაცულია მეხდამცავი გეარლებით, რომ-ლებიც ძირითადად თავის თავზე იღებს ატმოსფერულ დატვლებს. მი-უხედავად ამისა, მაინც არსებობს გარკვეული ალბათობა იმისა, რომ მეხის დატლა განვითარდეს ხაზის ფაზურ სადენზე. იმის გათვალის-წინებით, რომ მეხის დატვლებს აქვთ დროებითი ანუ გარდამავალი ხა-სიათი, ხაზის გამორთვის შემდეგ განმეორებითი ჩართვით (75-80)% შემთხვევაში ხაზი წარმატებით განაგრძობს ნორმალურ ფუნქციონი-რებას.



ნახ. 1.21 პორტალურ საყრდენებთან ერთგაჭვა ხაზის ესკიზი



ნახ. 1.22 ერთგაჭვა (ა) და ორგაჭვა (ბ) საპაერო ხაზების ერთდგარიანი საყრდენების ესკიზები

ხაზის იზოლაციას ირჩევენ იმ პრინციპიდან გამომდინარე, თუ ექსპლუატაციისას რა სიდიდისა და ხანგრძლივობის გადამეტებების შემოქმედებას ექნება ადგილი. იზოლაციის შერჩევისას საჭიროა გავითვალისწინოთ სადენის გადახრა, გამოწვეული ქარის შემოქმედებით (ნახ. 1.21). როგორც ამ ნახაზიდან ჩანს $S_2=2S_1+2L_g\sin\beta+\Delta$, სადაც L_g - გირლანდის სიგრძე; β - ქარის შემოქმედებით სადენის გადახრის კუთხე; Δ - საყრდენის ტანის სისქე.

220 კვ-მდე ძაბვის ხაზებზე ყველაზე უფრო გავრცელებულია ერთჯაჭვა ხაზი ორი სადენის კერტიკალური განლაგებით (ნახ. 1.22). ამ შემთხვევაში საჭიროა განისაზღვროს საიზოლაციო მანძილი სადენსა და ქვედა ტრავერსას შორის S_6 და მალში სადენებს შორის გაბარიტი S_7 .

S_6 მანძილის შერჩევა ხდება ისე როგორც S_1 -ის. S_7 მანძილისთვის ელექტროდანადგართა მოწყობის წესები (ИТУЭ) განსაზღვრავს იმავე მინიმალურ მანძილს როგორცაა გვარლსა და სადენს შორის - S_4 (ნახ.1.21).

ლითონის საყრდენებიან საპაერო ხაზებზე სახაზო იზოლაციის შერჩევა, როგორც წესი, წარმოებს კომპუტაციური გადამეტებებისა და მუშა მაქსიმალური ძაბვის მიხედვით, ვინაიდან მეხისაგან დაცვის საჭირო დონე შენარჩუნებულია არა იზოლაციის გაძლიერებით, არამედ მეხდამცავი გვარლების საშუალებით.

კომპუტაციური გადამეტებების სიდიდე, რომელიც დამოკიდებულია ქსელის ნეიტრალის რეჟიმზე, გადაცემის ხაზის სიგრძესა და მის რეზონანსულ მახასიათებლებზე, ამომრთველების თვისებებზე, მცლელების მახასიათებლებზე და სხვა ფაქტორებზე, შეფასდება მისი საანგარიშო k ჯერადობით მუშა ძაბვის ამპლიტუდური მნიშვნელობის მიმართ [10]

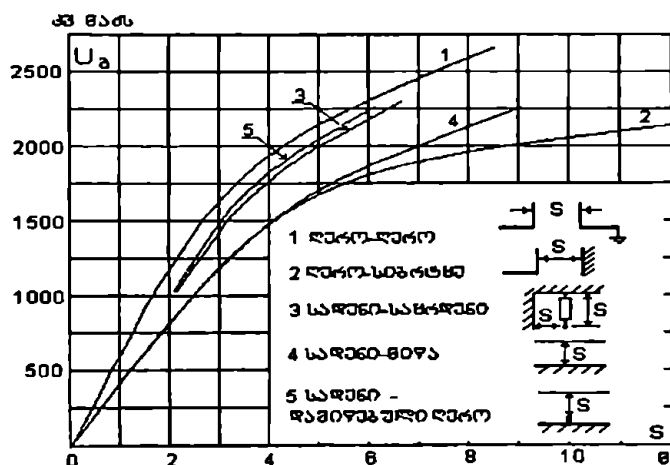
$$U_k = k \cdot U_{\text{ფ}} \quad (1.1)$$

გადამეტებების საანგარიშო k ჯერადობა ხაზის ნომინალური ძაბვის მიხედვით მოცემულია 1.5. ცხრილში.

ცხრილი 1.5 გადამეტძაბვის
საანგარიშო k ჯერადობა

ნომინალური ძაბვა კვ	k ჯერადო- ბა
35	3,5
110-220	3,0
330	2,7
500	2,5

კომუტაციური გადამეტძაბვის პროცესი და მისი შეშეცირების (შეზღუდვის) მეთოდები შეგიძლიათ იხილოთ მაღალი ძაბვის წიგნებში და კერძოდ [4]-ში. აქ კი იზოლაციის შერჩევისას გამოიყენება საშუალო გამრღვევი ძაბვის მრუდები [10] (ნახ. 1.23).



ნახ. 1.23 ხაზებზე საპაერო შეუღებების საშუალო
გამრღვევი ძაბვის მრუდები

განვიხილოთ საპაერო ხაზის გირლანდის შერჩევის მეთოდი, გამომდინარე იმ პირობიდან, რომ გირლანდა უნდა უძლებდეს როგორც კომუტაციური იმპულსის ზემოქმედებას, ასევე მეხის დაცლის იმპულსისა და, რასაკვირველია, მუშა ძაბვის სიდიდესაც. გირლანდის შერჩევის თანმიმდევრობა შემდეგია:

1) კომუტაციური ძაბვა სველი გირლანდის დროს (გამრღვევი ძაბვა)

$$U_{კ.ვ.} = \frac{U_{კ}}{k_{\sigma} \cdot k_p \cdot k_{\gamma} \cdot k_r} \quad (1.2)$$

სადაც $k_p \equiv 0,8$ – გამრღვევი ძაბვის მნიშვნელობის სტატიკური ფანტეის კოეფიციენტი.

k_p – ითვალისწინებს ატმოსფერული წნევის ცვლილებას:

$$k_p = 0,5 (1 + p/760), \quad (1.3)$$

სადაც p – ატმოსფერული წნევა, რომელიც ზღვის დონიდან სიმაღლესთან დამოკიდებულებაში იცვლება შემდეგი კანონით

$$p = p_0 (1 - 10^{-4} h);$$

სადაც p_0 – ჰაერის წნევა ზღვის დონეზე;

მაგალითად: $h = 1000$ მ სიმაღლეზე $k_p = 0,95$, ხოლო 500 მ სიმაღლეზე $k_p = 0,98$;

$k_r \equiv 1,1$ – ითვალისწინებს იზოლატორების შესაძლო გაჭუჭყიანებას და წვიმის დროს მისი ელექტროგამტარობის გაზრდას;

k_r – იმპულსური კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს გამრღვევ ძაბვებს შორის განსხვავებებს $S_{50\%} = 1,5/40$ მკწმ იმპულსური ტალღის დროს და S_{50} ძაბვის დროს

$$k_r = U_{50\%} / U_{50},$$

სადაც U_{50} – არის იმპულსური ძაბვა უსასრულოდ გრძელი ტალღის სიგრძის დროს.

ამავე დროს იმპულსური კოეფიციენტის ცნება გამოიყენება კომპუტაციური გადამეტაბვის დროს

$$k_r = U_{კომგ.} / U_{50 კგ.}$$

ანუ კომპუტაციური გამრღვევი ძაბვის ფარდობა 50 პერცის გამრღვევ ძაბვასთან (იხ. ცხრილი 1.6).

ცხრილი 1.6 იმპულსური კოეფიციენტი

$U_{50 კგ}$ 50 პერცია	110	220 - 330	500	750
k_r	1,15	1,1	1,05	1,0

2) წვიმის დროს გამრღვევი ძაბვის $U_{სკგ.}$ -ის მიხედვით ვგებულობთ გირლანდაში თევზების საჭირო რაოდენობას:

$$n = U_{სკგ.} / (E_{სკგ.} \cdot h), \quad (1.4)$$

სადაც $E_{სვკ}$ - სველი გირლანდის განმუხტვის გრადიენტი (ცხრ. 1.7).

ცხრილი 1.7 სახაზო იზოლატორების ძირითადი მაზასიათებლები [4]

იზოლატორების მაზასიათებლები	იზოლატორის ტიპი	თეფშის სიმაღლე, სმ	თეფშის დიამეტრი, D, სმ	გაჟონვის სიგრძე ლ გაჟ, სმ	სველი გარღვევის გრადიენტი, E, კვ მკვ/სმ
მინის, მინდურის დაჭუჭყიანებით	ΠС-60	13	25,5	25	3,70
იგივე	ΠС-110	15	29	28	3,70
ფაიფურის	ΠФ - 110	20,3	32	34	2,95
მინის იმ რაიონებისათვის, სადაც პერიოდიკული დატვირთვა საწარმოო გამოწვლას გამოწვებით	ΠСГ-60	13	25,5	29	4,0

3) იმის გათვალისწინებით, რომ გირლანდაში შეიძლება იზოლატორის ერთი თეფში ნულოვანი აღმოჩნდეს, საჭიროა თეფშების საანგარიშო n რაოდენობას დაემატოს ერთი თეფში 35-330 კვ ხაზებზე და ორი თეფში 500 კვ ხაზზე;

4) თეფშების N საერთო რაოდენობა მოწმდება გაჟონვის დენის გზის სიგრძეზე მუშა ძაბვის დროს. საჭიროა დაცული იქნეს შემდეგი უტოლობა

$$N \cdot l_{\text{გაჟ}} / U_{\text{ფ}} \geq h_{\text{ხგაჟ}} \quad (1.5)$$

თითოეული თეფშის გაჟონვის სიგრძე $l_{\text{გაჟ}}$ მოცემულია 1.7 ცხრილში, ხოლო $h_{\text{ხგაჟ}}$ - დასაშვები გაჟონვის ხვედრითი სიგრძე მოცემულია 1.8 ცხრილში.

ცხრილი 1.8 გაუონვის დენის გზის ზვედრითი სიგრძე

გაჭუჭ- ყიანე- ბის ზა- რისზი	რეგონის გაჭუჭყიანე- ბის დაზასათება	// ზეგაჲ სმ/კვ ჰოჲ.			
		ზაზის იზოლატია		ქვესადგურის იზო- ლატია	
		ამიწე- ბუ-ლი ნეიტრა- ლიანი ქსელი	იზოლი- რებული ნეიტ. ქსელი	დამიწე- ული ნე- იტ. ქსე- ლი	იზოლირე- ბული ნე- იტ. ქსელ
I	განსაკუთრებით სუფთა რეგონი; მინდვრის დაჭუჭყიანება (არ არის ქიმიური და მლაშობი დაჭუჭყიანე- ბა)	2,1	2,1	—	—
II	უმნიშვნელო საწარმოო დაჭუჭყიანება (ქალაქე- ბისა და საწარმოო რა- იონის გარეუბნების დაჭუჭყიანება)	2,25	2,95	2,6	2,9
III	ძლიერი საწარმოო და- ჭუჭყიანება (საწარმოო დაწესებულების დიდი სიმკვრივის მქონე რაი- ონები), არ შეიცავს მარილების მტკერს.	3,9	4,5	3,9	4,5
IV	ძალიან ინტენსიური საწარმოო დაჭუჭყიანე- ბა (თბოელექტრო სად- გურების, ქიმიური და მეტალურგიული ქარ- ხნების უშუალო სიახ- ლოვე), არ შეიცავს მარილების მტკერს	5,2	6,0	—	—

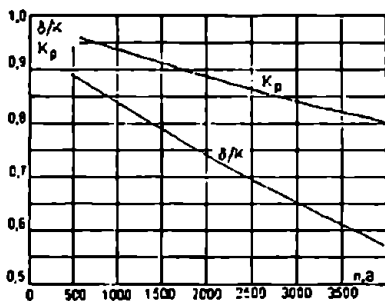
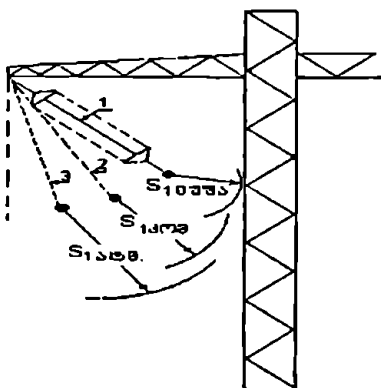
თუ მიღებული გაუონვის ზვედრითი სიგრძე აღმოჩნდება ნაკ-
ლები, ვიდრე დასაშვები გაუონვის სიგრძეა, საჭიროა გაუზარდოთ N
იზოლატორების რიცხვი გირლანდაში. თუ ლგჲ. და ჰზეგაჲ. შორის

განსხვავება დიდია, საჭიროა გადავიდეთ სპეციალურ ჭუჭყყამძლე იზოლატორებზე, რომელთა გაჟონვის სიგრძე გაცილებით მეტია.

5) მუშა ძაბვის დროს ეგებულობთ ღენგამტარ სადენსა და საყრდენს შორის საიზოლაციო მინიმალურ მანძილს S_1 (ნახ. 1.24). ამისთვის გამოითვლება შუალედის საშუალო გამრღვევი ძაბვის საანგარიშო მნიშვნელობა

$$U_{გ-} = U_{ფ} / k_{\sigma} (6/\kappa) \quad (1.6)$$

სადაც: $6/\kappa$ - შესწორება ჰაერის სიმკვრივესა და ტენიანობაზე; ამ სიდიდის ზღვის დონიდან სიმაღლეზე დამოკიდებულება მოცემულია 1.25 ნახაზზე, კერძოდ 1000 მეტრამდის სიმაღლისას $6/\kappa=0,84$, 500 მეტრამდე - 0,89.



ნახ. 1.24 გირლანდის ჩამოკიდების წერტილისა და საყრდენს შორის მანძილის განსაზღვრა. 1-ქარის სიზქარე მაქსი-მალურია, $\sigma_{აკ}$; 2 - იგივე 0,4 $\sigma_{აკ}$. დროს; 3 - იგივე $\sigma=103/წმ$;

ნახ.1.25 $6/\kappa$ დამოკიდებულება ზღვის დონიდან h სიმაღლეზე. κ_p - ატმოსფერული წნევის ცვლი-ლებების კოეფიციენტი

ნაპოენი $U_{გ}$ სიდიდისა და 1.23 ნახაზზე ნაჩვენები მრუდეების საშუალებით გავიგებთ საჭირო საიზოლაციო მანძილს S_1 .

6) S_1 მანძილი უნდა უძლებდეს კომპუტაციური გადამეტძაბე-ბის სიდიდეს. გამრღვევი ძაბვის საანგარიშო მნიშვნელობა ამ ზემოქ-მედების დროს იქნება:

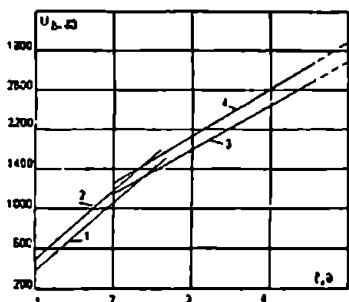
$$U_{გ.კ} = U_{გ} / k_{\sigma} \cdot (6/\kappa) \quad (1.7)$$

განგარიშებული $U_{\text{კ.კ.}}$ და 1.26 ნახაზზე ნაჩვენები მრუდების საშუალებით ვგებულობთ $S_{1\text{კ.}}$.

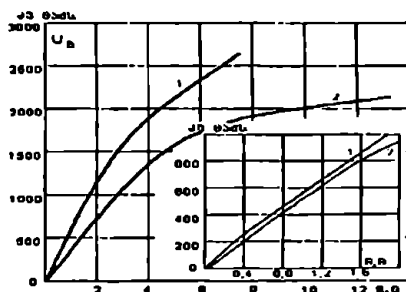
7) ეს სიდიდე უნდა შემოწმდეს იმპულსის (მეხის ტალღის) სიმტკიცეზე. $U_{50\%}$ - იმპულსური გამრღვევი ძაბვის მნიშვნელობები ნაჩვენებია 1.26 ნახაზზე მრუდების სახით.

8) 1.26 ნახაზით ნაპოვნი $U_{50\%}$ იმპულსური გამრღვევი ძაბვის სიდიდისა და 1.27 ნახაზზე ნაჩვენები მრუდების საშუალებით ვგებულობთ საჭირო საიზოლაციო მანძილს S_1 . ე.ი. ზღედა ამ ორი გამრღვევი ძაბვის ურთიერთ კოორდინატია.

9) ქარის სხვადასხვა სიჩქარეების დროს ($U_{\text{გაქ.}}$, 0,4 $U_{\text{გაქ.}}$ და 10 მ/წმ) ვგებულობთ გირლანდის შესაბამისი გადახრების დროს დასაშვებ საიზოლაციო მანძილებს S_1 , S_2 , S_3 და შემოვავლებთ წრეწირებს S_1 , S_2 , S_3 რადიუსით (საიზოლაციო ზონა) როგორც ეს 1.24 ნახაზზეა ნაჩვენები.



ნახ. 1.26. 50% იმპულსური გამრღვევი ძაბვები: 1, 2 მრუდი - გირლანდისათვის დამცავი არმატურის გარეშე (Π - იზოლატორებისას 1 მრუდი; ΠM , ΠC , $\Pi \Phi \Gamma$ 2 მრუდი); 3, 4 - გირლანდისთვის დამცავი არმატურით (დადებითი პოლარობის დროს - 3 მრუდი, უარყოფითი პოლარობისას - 4 მრუდი).



ნახ. 1.27. ღეროვანი ელექტროდების საშუალო გამრღვევი ძაბვის მრუდები $f = 50$ კ სიხშირის ცვლადი ძაბვის დროს. 1 - ღერო-ღერო ელექტროდების დროს; 2 - ღერო - სიბრტყე ელექტროდების დროს.

10) S_1 , S_2 და S_3 მანძილებს ვადარებთ ელექტროდანადგარების მოწყობის წესებით განსაზღვრულ ფაზებს შორის მიახლოების დასაშვებ სიდიდესთან და საბოლოოდ ვიღებთ უდიდეს მნიშვნელობას.

მაგალითი: ზემოთ მოყვანილი მეთოდით განესაზღვროთ 330 კვ ძაბვის ხაზის იზოლაცია. ხაზზე გამოყენებულია ლითონის საჭიმ-რებიანი საყრდენები. საყრდენოა, რომ ხაზზე გამოვიყენებთ $\Pi\Phi - 110$ იზოლატორების მქონე გირლანდებს. გაჭუჭყიანების რაიონი – პირველი; ტრასის გაყვანის სიმაღლე 1000 მ-მდე ზღვის დონიდან.

1. (1.1) ფორმულის მიხედვით განესაზღვროთ კომუტაციური გადამეტძაბვის სიდიდე:

$$U_{\text{კ}} = k U_{\text{ფაქტ}} = 2,7 \cdot (363 / \sqrt{3}) \cdot \sqrt{2} = 800 \text{ კვამქ.}$$

2. (1.2) ფორმულით ვეგებულობთ სველ მდგომარეობაში გირლანდის გამრღვევ ძაბვას (330 კვ ხაზისთვის $k_r=1,1$):

$$U_{\text{სვგ.}} = \frac{800}{0,85 \cdot 0,95 \cdot 1,1 \cdot 1,1} = 816 \text{ კვ ამქ.}$$

3) ვისარგებლოთ 1,7 ცხრილის მონაცემებით და (1.4) ფორმულით განესაზღვროთ 330 კვ ძაბვის გირლანდაში $\Pi\Phi - 110$ იზოლატორების რაოდენობა:

$$n = \frac{816}{2,95 \cdot 20,3} = 13,6 \approx 14 \text{ ცალი}$$

4) მარაგისთვის დაეუმატოთ კიდევ ერთი იზოლატორი და მივიღებთ საკიდ გირლანდაში იზოლატორების საერთო რაოდენობას:

$$N = n + 1 = 15 \text{ ცალი}$$

5) შევამოწმოთ არჩეული იზოლატორების რიცხვი შექმნის თუ არა საკმარის გაუნვის სიგრძეს:

$$\frac{N \cdot l_{\text{გაუ}}}{U_{\text{ფ}}} = \frac{15 \cdot 34}{363/\sqrt{3}} = 2,43 \text{ სმ/კვ ამქ. ,}$$

რაც აღემატება 1,8 ცხრილში მოცემულ სიდიდეს - 2,1 სმ/კვ ამქ. გაჭუჭყიანების I რეგიონისათვის.

6) (1.6) და (1.7) ფორმულების დახმარებით გამოვიანგარიშებთ იმ გამრღვევი ძაბვის მნიშვნელობას, რომელიც განაპირობებს

S_1 მანძილის სიდიდეს 50 პერცე ძაბვის დროს და კომპუტაციური გადამეტძაბვის შემთხვევაში:

$$U_{\text{გ.}} = \frac{U_{\text{ფ. მაქს.}}}{k_{\text{გ.}} \cdot (6/k)} = \frac{(363/\sqrt{3})\sqrt{2}}{0,85 \cdot 0,84} = 415 \text{ კვ მაქს.}$$

$$U_{\text{გ.კ.}} = \frac{U_{\text{კ.}}}{k_{\text{გ.}} \cdot (6/k)} = \frac{800}{0,85 \cdot 0,84} = 1120 \text{ კვ მაქს.}$$

7) ნაპოვნი $U_{\text{გ.}}$ და $U_{\text{გ.კ.}}$ ე.ი. მუშა ძაბვის დროს გამრღვევი ძაბვისა და კომპუტაციური გადამეტძაბვის დროს ძაბვის მაქსიმუმის, და 1.27 ნახაზზე ნაჩვენები მრუდეების დახმარებით, ვპოულობთ შესაბამის საიზოლაციო მანძილებს:

$$S_{1\text{.}} = 78 \text{ სმ}; \quad S_{1\text{.კ.}} = 220 \text{ სმ};$$

8) ვგებულობთ მეხის დაცლების დროს გირლანდის იმპულსურ სიმტკიცეს 1.26 ნახაზის მიხედვით ჩვენს მიერ არჩეული გირლანდისთვის (15 ცალი $\Pi\Phi$ – 110)

($l_2 = 15 \cdot 20,3 = 3,04$ მ). გირლანდას გააჩნია დამცავი არმატურა:

$$U_{\text{გ.ი.}}^+ = 1540 \text{ კვ მაქს.}$$

ამის შემდეგ 1.27 ნახაზზე ნაჩვენები მახასიათებლიდან ვპოულობთ მეხის დაცლის დროს საჭირო $S_{1\text{.ი.}}$ მანძილს :

$$S_{1\text{.ი.}} = 268 \text{ სმ.}$$

ამის შემდეგ შეგვიძლია ავაგოთ საიზოლაციო ზონები $S_{1\text{.}}$, $S_{1\text{.კ.}}$ და $S_{1\text{.ი.}}$ რადიუსების მიხედვით.

ანალოგიური გამოთვლებით დადგინდება გირლანდაში იზოლატორების (თეფშების) რიცხვი.

1976 წლის სახელმწიფო სტანდარტის მიხედვით გირლანდაში იზოლატორების რიცხვის დადგენა ხდება შემდეგი ფორმულით:

$$N = \frac{h_{\text{ზ.გაფ.}} \cdot U_{\text{მაქ.}} \cdot k \cdot k_{\text{კ.}}}{l_{\text{გაფ.ი}}} \quad (1.8)$$

სადაც h ხე.გაე. გირლანდის გასწვრივ გაჟონვის ხვედრიითი ეფექტური სიდიდე (იხ. ცხრ. 1.9) $U_{გაქს.}$ – მაქსიმალური მუშა ძაბვა: k და $k_{კ}$ – ერთი იზოლატორისა და მთელ კონსტრუქციაში მყოფ იზოლატორების სხმულის გაჟონვის სიგრძის გამოყენების ეფექტურობის კოეფიციენტი: $ℓ_{გაჟი.}$ – ცალკეული იზოლატორის გაჟონვის სიგრძე, სმ:

ცხრილი 1.9 6 – 750 კვ საპაერო ხაზებში გირლანდის გაჟონვის ხვედრიითი ეფექტური სიდიდე.

ატმოსფეროს გატუტვანების ხარისხი	ხვედრიითი ეფექტური გაჟონვის სიდიდე h გაე. სმ/კვ			
	იზოლირებულ ნეიტრალური კსელი $U_{ნ, კვ}$		დამიწებული ნეიტრალური კსელი $U_{ნ, კვ}$	
	6 - 20	35	110 - 220	330 - 750
1	2,20	1,20	1,40	1,40
2	2,20	1,90	1,60	1,50
3	2,20	2,20	1,90	1,80
4	2,60	2,60	2,25	2,25
5	3,00	3,00	2,60	2,60
6	3,50	3,50	3,10	3,10
7	4,20	4,20	3,70	3,70

$k_{ეფექტ} = k \cdot k_{კ}$ კოეფიციენტის სიდიდე გამოითვლება შემდეგნაირად:

$$k_{ეფექტ} \equiv \ell_{გაჟ}/D_{თ}$$

სადაც $\ell_{გაჟ}$ – გაჟონვის გზის სიგრძე; $D_{თ}$ – იზოლატორის თეფშის დიამეტრი

$\ell_{გაჟ}/D_{თ}$	0,90 - 1,05	1,06 - 1,1	1,1 - 1,2	1,2 - 1,3	1,3 - 1,4
$k_{ეფექტ}$	1,0	1,05	1,1	1,15	1,2

გირლანდაში იზოლირების თევშების რიცხვი, გამოთვლილი
(1.8) გამოსახულებით, იქნება:

საკვ	110	220	330	500
გირლანდის სიგრძე გ, მ	1,4 - 1,7	2,3 - 2,5	2,9 - 3,5	4,3 - 4,5
იზოლატორების რიცხვი,	6 - 8	10 - 14	15 - 21	21 - 29

1.6 საჰაერო ხაზების საყრდენთა საძირკვლები

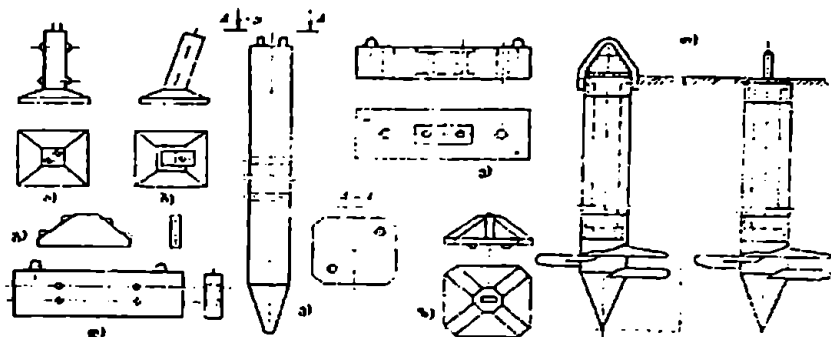
საძირკვლების დანიშნულებაა უზრუნველყონ საყრდენთა მექანიკური მდგრადობა ზაზის მუშაობის ნორმალურ და ავარიულ რეჟიმში მათზე მოქმედი როგორც ვერტიკალური, ასევე ჰორიზონტალური მღუნავი და მგრეხი ძალების გათვალისწინებით.

ზის და ერთდგარიანი რკინაბეტონის საყრდენების საძირკვლად გამოიყენება ღვარის ქვედა ნაწილი, რომელიც ჩაისმება წინასწარ გაბურღულ ქვაბულში. გაბურღვა პრაქტიკულად არ არღვევს გრუნტის ბუნებრივ სიმტკიცეს და საყრდენი მყარად ღვას გრუნტში. ზოგიერთ შემთხვევაში, როცა გრუნტი რამდენადმე გაწყლოვანებულია, აყენებენ საყრდენ ფილებს ან რიგელებს (ნახ. 1.28).

ლითონისა და საჭიმრებიანი რკინაბეტონის საყრდენისთვის ფართო გამოყენება ჰპოვა რკინაბეტონის ასაწყობმა საძირკვლებმა, რომლებიც ჩაიწყობა ექსკავატორის მიერ ამოთხრილ ქვაბულში. საძირკვლების აწყობა წარმოებს სხვადასხვა სახის მზა ელემენტებისაგან – საფეხურები, დატვირთვისა და საანკერო ფილები, რიგელები, ზიმინჯები და როსტვერკები (ნახ. 1.28).

ასაწყობი საძირკვლის ყველა ელემენტი უნიფიცირებულია და მზადდება სერიულად საქარხნო პირობებში, რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს მათ თვითღირებულებას და ზრდის მშენებლობის ტემპს. გრუნტში საძირკვლის ჩადრმაგების საშუალო სიმაღლე 2,5-3,0 მეტრს აღწევს.

საძირკვლის მოწყობა მოითხოვს დიდი მოცულობის მიწის სამუშაოების შესრულებას, რომელთა წარმოება გართულებულია, განსაკუთრებით, ზამთრის პერიოდში. აღნიშნულიდან გამომდინარე, რიგ შემთხვევებში, უფრო ეკონომიკური აღმოჩნდა საძირკვლების მოწყობა ზიმიანებზე (ნახ. 1.28).



ნახ. 1.28 ლითონის საყრდენთა ფუნდამენტების რკინაბეტონის ელემენტები: ა-მართი საფეხური; ბ-დახრილი საფეხური; გ-დატვირთვის ფილა; დ-რიგული; ე-ზიმიანე; ვ-როსტვერკი; ზ-საჭიმრების დასამაგრებელი ფილა; თ-ზრახნიანი ზიმიანე.

ზიმიანის ჩასასობად საჭიროა მძლავრი მექანიზმი, რომლის გამოყენება გამართლებულია, როცა აღნიშნული სახის საძირკვლების მოწყობა ხდება ზაზის ტრასის საკმარისად დიდ მონაკვეთზე და ჩამსობი მანქანა-მექანიზმის დატვირთვის კოეფიციენტი მაღალია.

ზიმიანის საძირკველი შეიძლება მოწყობილი იქნეს ერთ ზიმიანზე ან ზიმიანების ჯგუფზე. ამ ბოლო შემთხვევაში ზიმიანები ერთმანეთთან დაკავშირებულია როსტვერკებით. როსტვერკი შეიძლება იყოს ტიპური, დამზადებული რკინაბეტონისაგან ან ლითონის ჩვეულებრივი კოჭი, რომელიც მაგრდება ზიმიანებზე.

ზიმიანის საძირკვლის მოწყობა მიღებულია შედარებით სუსტი გრუნტების შემთხვევაში, რომელთათვისაც დასაშვები დაწნევა დაბალია. ჩვეულებრივ გამოყენებაშია კვადრატული განიკვეთის 7 მეტრამდე სიგრძის რკინაბეტონის ზიმიანები.

ზიმიანის ჩასობის დროს გრუნტის სტრუქტურა თითქმის არ ირღევა და მისი წინაღობა უცვლელი რჩება ან იზრდება კიდევ.

თაზი 2. საჰაერო ხაზების საანგარიშო პარამეტრები

2.1. ელექტროგადაცემის ნომინალური ძაბვა

ელექტრომოწყობილობებისა და დანადგარების ნომინალური ძაბვა ეწოდება ძაბვის იმ მნიშვნელობას, რომელზედაც გათვლილია მოცემული მოწყობილობა-დანადგარი ხანგრძლივი და ეფექტური მუშაობისთვის. ხაზის ნომინალური ძაბვის სიდიდე გავლენას ახდენს მის ტექნიკურ-ეკონომიკურ მახასიათებლებზე - გადაცემის ზღერული სიმძლავრე და ზღერული სიგრძე, სიმძლავრისა და ენერგიის დანაკარგები, ძაბვის დანაკარგები და სხვა.

ხაზის ნომინალური ძაბვის ოპტიმალური მნიშვნელობის განმსაზღვრელი ფაქტორებია: მაქსიმალური გადასაცემი სიმძლავრე; ხაზის სიგრძე; ელექტრული ენერგიის ტარიფი; მოწყობილობათა ტექნიკური და ეკონომიკური პარამეტრები; მოქმედი ქსელის არსებული ძაბვის დონე; ქსელის განვითარების პერსპექტივა და სხვა. მისი დადგენა წარმოადგენს რთულ ტექნიკურ-ეკონომიკურ ამოცანას, რომლის ამოხსნა დაკავშირებულია ხაზის სადენის განიკვეთის, ფაზაში სადენების რაოდენობის, პარალელური ჯაჭვების შერჩევასთან და მოითხოვს კომპლექსურ გადაწყვეტას. უფრო დბალი ნომინალური ძაბვის ხაზები იაფია, მაგრამ ხასიათდება ენერგიის დიდი დანაკარგებით და სიმძლავრის გადაცემის შეზღუდული შესაძლებლობებით. ამაღლებული ნომინალური ძაბვის ხაზები კი ხასიათდება მაღალი გამტარუნარიანობით, ენერგიის მცირე დანაკარგებით, მაგრამ გაზრდილი კაპიტალური ხარჯებით.

2.1 ცხრილში მოცემულია საერთაშორისო ელექტროტექნიკური კომისიის მიერ 50 ჰერცის სიხშირის ცვლადი დენის დანადგარებისათვის რეკომენდირებული სტანდარტული ხაზური ძაბვები.

სინქრონული გენერატორების ნომინალური ძაბვა, მასთან მიერთებულ ქსელში ძაბვის დანაკარგების გარკვეული სიდიდით კომპენსაციისთვის, ქსელის ნომინალურ ძაბვასთან შედარებით ამაღლებულია 5%-ით. გარდა ცხრილში ნაჩვენები ძაბვებისა, მძლავრი სინქრონული გენერატორებისთვის რეკომენდირებულია შემდეგი ნომინალური ძაბვები: 13,8; 15,75; 18; 24 და 27 კვ.

ტრანსფორმატორებისა და ავტოტრანსფორმატორებისთვის სტანდარტით გათვალისწინებულია ძაბვათა ორი სკალა: ტრანსფორმატორებისთვის, რომლებიც აღჭურვილია დატვირთვის ქვეშ ძაბვის რეგულირებით (РПН) და ტრანსფორმატორებისთვის, რომლებზედაც ძაბვის მარეგულირებელი გამოყენების გადართვა წარმოებს ტრანსფორმატორის ქსელიდან ამორთვის შემდეგ (ПБВ).

ცხრილი 2.1 სამუაზა დენის დანადგარების ფაზათაშორისი (ხაზური) ნომინალური ძაბვები, კვ

ნომი- ნა- ლური ძაბვა	გენერატო- რები და სინქრონუ- ლი კომპე- ნსატორები	ტრანსფორმატორები და ავტოტრანსფორმატორები				მაქ- სიმ- ლუ- რი ძაბვა
		დატვირთივის ქვეშ ძაბ- ვის რეგულირების გარე- შე		დატვირთივის ქვეშ ძაბ- ვის რეგულირებით		
		პირველადი გრაგნილი	მეორეული გრაგნილი	პირველადი გრაგნილი	მეორეული გრაგნილი	
3	3,15	3; 3,15	3,15; 3,3	-	3,15	3,6
6	6,3	6; 6,3	6,3; 6,6	6,0; 6,3	6,3; 6,6	7,2
10	10,5	10; 10,5	10,5; 11,0	10,0; 10,5	10,5; 11,0	12,0
20	21,0	20	22	20; 21	22,0	24,0
35	-	35	38,5	35; 36,75	38,5	40,5
110	-	-	121	110; 115	115; 121	126
150	-	-	165	158	158	172
220	-	-	242	220; 230	230; 242	252
330	-	330	347	330	330	363
500	-	500	525	500	-	525
750	-	750	787	750	-	787
1150	-	-	-	1150	-	1200

ტრანსფორმატორები და ავტოტრანსფორმატორები РПН რეგულირებით მზადდება მაღალი ძაბვის გრაგნილზე მოწყობილი ძაბვის მარეგულირებელი გამოყენებით, რომელთა მეშვეობით შეიძლება ძაბვის რეგულირება ტრანსფორმატორის ქსელიდან ამორთვის გარეშე $\pm (12-16)\%$ -ს ფარგლებში $(1,5-2)\%$ რეგულირების საფეხურით. ПБВ რეგულირებით ძირითადად მზადდება საგენერატორო ძაბვების სამალღლებელი ტრანსფორმატორები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ძაბვის რეგულირებას $\pm 2X2,5\%$ -ს ფარგლებში.

ტრანსფორმატორთა პირველადი გრაგნილისა და მეორეული გრაგნილის ძირითადი (0%-იან) გამომყვანის ნომინალური ძაბვები შეესაბამება მათი უქში სვლის რეჟიმს. სამალღებელი ტრანსფორმატორების პირველადი გრაგნილის ნომინალური ძაბვა მასთან მიერთებული გენერატორის ან მკვებავი ქსელის ნომინალური ძაბვის ტოლია ან მეტია მასზე 5%-ით. მეორეული გრაგნილის ნომინალური ძაბვა თვით ტრანსფორმატორში და მასთან მიერთებულ ქსელში ძაბვის დანაკარგების გარკვეული სიდიდით კომპენსაციის მიზნით ქსელის ნომინალურ ძაბვასთან შედარებით ამაღლებულია (5-10)%-ით.

დაბალი ძაბვის მანაწილებელ ქსელში გამოიყენება 380 და 600 ვ ნომინალური ძაბვა. 380 ვ გავრცელებულია საქალაქო და სასოფლო ქსელების გარე და შიგა განათების სისტემაში და აგრეთვე, მცირე სიმძლავრის ძრავული მომხმარებლის კვებისთვის. 600 ვ ნომინალური ძაბვა კი გამოიყენება მხოლოდ ძალოვანი დატვირთვის კვებისთვის.

3 კვ ძაბვა ახლადპროექტირებისას პრაქტიკულად არ გამოიყენება. 6-10 კვ ძაბვებზე აიგება ქალაქების, სოფლებისა და სამრეწველო საწარმოთა ელექტრომომარაგების ქსელები, რომლებიც ქმნიან 380 ვ ძაბვის კვების ცენტრებს. უფრო გავრცელებულია 10 კვ ძაბვის ქსელი, ხოლო 6 კვ გამოიყენება იმ შემთხვევაში, როცა სამრეწველო საწარმოთა ელექტროძრავებს გააჩნიათ ამ საფეხურის ნომინალური ძაბვა.

20 და 150 კვ ძაბვები ნაკლებად გავრცელებულია. მსგავსად 3 კვ ძაბვისა ახლადპროექტირების დროს ეს ძაბვები არარეკომენდირებულია.

35 კვ ძაბვა გამოიყენება ძირითადად სოფლის ადგილებში 6-10 და, ზოგჯერ, 0,38 კვ ძაბვის კვების ცენტრების შესაქმნელად.

110 კვ ძაბვა ფართოდ გამოიყენება მანაწილებელ ქსელებში, რომელთა საშუალებით ზორციელდება ქალაქების, სამრეწველო საწარმოთა, ელექტროფიციურიებული რკინიგზის, სოფლის ადგილებში პირველი საფეხურის მანაწილებელი ქსელის მომხმარებელთა ელექტრომომარაგება და შედარებით მცირე სიმძლავრის ელექტროსადგურებიდან სიმძლავრის გაცემა.

220 კვ ძაბვა გამოიყენება 110 კვ ძაბვის კვების ცენტრების შესაქმნელად და საშუალო სიმძლავრის ელექტროსადგურებიდან სიმძლავრის გასაცემად. 500 კვ ძაბვის ქსელის განვითარებასთან პარალელურად 220 კვ ძაბვის ქსელი თანდათან იძენს მანაწილებელი ქსელის ფუნქციას.

330 კვ ძაბვის ქსელი წარმოადგენს სისტემაწარმომქმნელ ძაბვას იმ სისტემაში, სადაც არ არის განვითარებული 500 კვ ძაბვის ქსელი. იგი გამოიყენება მძლავრ ელექტროსადგურებიდან სიმძლავრის გასაცემად და, რიგ შემთხვევებში, სისტემათაშორისი კავშირების განსაზოციელებლად.

დატვირთვისა და ელექტროსადგურების სიმძლავრის ზრდასთან ერთად ფართო გავრცელება ჰპოვა 500 და 750 კვ ძაბებმა, რომლებიც გამოიყენება დიდი სიმძლავრეების გადასაცემად და 220 კვ ძაბვის კვების ცენტრების შესაქმნელად.

რუსეთში ექსპლუატაციაშია 1150 კვ ძაბვა, რომლის დანიშნულებაა დიდი სიმძლავრის შორ მანძილზე გადაცემა.

2.2 ცხრილში მოცემულია ცალკეული ნომინალური ძაბვის ელექტროგადაცემის ხაზების ეკონომიკური დატვირთვა და გადაცემის ზღვრული სიგრძე იმ განიკვეთის სადენებისთვის, რომლებიც ფართოდ გამოიყენება ამ ძაბვის ხაზებზე.

2.2 გვირგვინული განმუხტვები საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზებზე

მაღალი და, განსაკუთრებით, ზემაღალი ძაბვის ხაზებზე სადენისა და ფაზის კონსტრუქციული ზომების შერჩევისას გათვალისწინებული უნდა იქნეს ისეთი მნიშვნელოვანი ფაქტორი, როგორიცაა სადენზე გვიგვინული განმუხტვის მოვლენა, რომელიც წარმოადგენს სადენის უშუალო მაზლობლობაში მყოფი ჰაერის იონიზაციის პროცესს. გვირგვინულ განმუხტვას თან ახლავს არასასურველი მოვლენები: ელექტრული ენერგიის დანაკარგები, რადიოაბრკოლებები,

აკუსტიკური ხმაური და სადენის ზედაპირის დაჟანგვის პროცესის გაძლიერება.

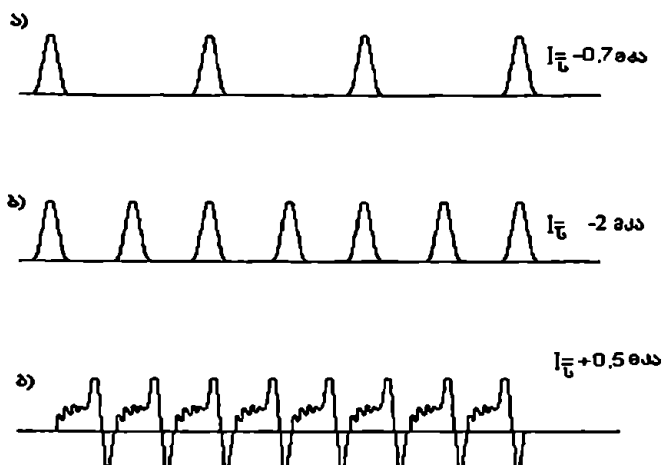
ცხრ.2.2 6-1150კვ ძაბვის ხაზების ეკონომიკური დატვირთვა (მგვტ) და გადაცემის ზღვრული სიგრძე (კმ)

ძაბვა, კვ	ეკონომიკური დატვირთვა, როცა დენის ეკონომიკური სიმკვრივე $\delta_{\text{კვ}} = 1,1$ ა/მმ ² და სიმძლავრის კოეფიციენტი $\cos\varphi = 0,85$		გადაცემის ზრეკრული სიგრძე, როცა $P = P_{\text{კვ}}$		
			მ.კ.კ = 0,9	მ.კ.კ = 0,98	ΔU დას = 5%
	სადენის განიკვეთი	$P_{\text{კვ}}$, მგვტ			
6	25 - 50	0,25 - 0,50	8	1,6	4,8 - 4,2
10	25 - 50	0,40 - 0,80	14	2,8	8,1 - 7,0
20	25 - 70	0,80 - 2,3	28	5,6	16,2 - 12,5
35	25 - 95	1,43 - 5,42	48	9,6	28,3 - 19,5
110	70 - 185	12,6 - 33,2	152	30,4	68,9 - 43,7
150	150 - 300	36,7 - 73,45	207	41,0	67,1 - 43,6
220	240 - 400	86,1 - 143,4	304	61,0	74,4 - 51,9
330	2X40 - 2X400	258,2 - 430,3	455	91,0	-
500	3X300 - 3X500	733,5 - 1222,5	690	138,0	-
750	4X300 - 5X500	1467 - 2445	1040	204,0	-
1150	8X300 - 8X500	4500 - 7500	1600	320,0	-

ხაზის მუშა ძაბვის ამალღების ღროს, საწყის სტადიაზე, რომელიც წინ უსწრებს საერთო გვირგვინის წარმოქმნას, სადენის ზედაპირზე იწყება მცირე სიმძლავრის ადგილობრივი (ლოკალური) განმუხტვები, რომელთაც არ გააჩნიათ მღვრადი ხასიათი. ძაბვის შემდგომი ამალღებით, გარკვეული მომენტიდან, ადგილი აქვს გვირგვინული განმუხტვის ღენის მკვეთრ ზრდას, რაც მიუთითებს მასზე, რომ ადგილობრივი გვირგვინული განმუხტვები თანდათან ვრცელდება სადენის მთელ ზედაპირზე და წარმოიქმნება საერთო გვირგვინი. შედეგად შეიძწევა გვირგვინული განმუხტვისთვის დამახასიათებელი ტკაცუნი და ხმაური, ზოლო ძაბვის შემდგომი ზრდისას კი ადგილი აქვს იისფერ-ცისფერ ნათებას.

მალალი დაძაბულობის მქონე მკვეთრად არაერთგვაროვან ელექტრულ ველში ელექტროლის ირგვლივ წარმოიშობა მცირე სიგრძის ელექტრული ნაპერწყლები (სტრივერები), რომელთაც ელექტ-

ტროდებს შორის შუალედის გადაფარვის შესაძლებლობა არ გააჩნიათ და მოცემული ელექტროდის ირგვლივ შეზღუდულ სივრცეში იწვევენ მხოლოდ ჰერის იონიზაციას. გვირგვინის დენის ფორმა სხვადასხვაა ელექტროდის დადებითი და უარყოფითი პოლარობისას (ნახ. 2.1)



ნახ. 2.1 გვირგვინის დენის ფორმა: ა,ბ-ელექტროდის უარყოფითი პოლარობისას, გ-ელექტროდის დადებითი პოლარობისას.

ძაბვის გაზრდასთან ერთად იზრდება დენის იმპულსების რიცხვი, ხოლო მისი ამპლიტუდა და ფორმა უცვლელია (ნახ. 2.1 ა,ბ). ამ დროს იზრდება გვირგვინის დენის საშუალო მნიშვნელობა.

ელექტროდის პოლარობის შეცვლისას (ცვლადი დენის შემთხვევაში) გვირგვინის მოცულობითი მუხტები სადენს პერიოდულად შორდება და უახლოვდება. მაქსიმალური დაშორება შეიძლება აღწევდეს 35-40 სმ-ს.

ხაზის ტევადური და გვირგვინის დენების ზედდებით მივიღებთ არსინუსოიდალურ დენს, რომელიც შეიცავს როგორც ძირითად, ასევე მაღალი სიხშირის კარმონიკებს.

პოტენციალთა სხვაობას, რომლის დროსაც იწყება საერთო გვირგვინის (გვირგვინული განმუხტვა) მოვლენა, გვირგვინული განმუხტვის საწყისს ძაბვას უწოდებენ. მისი მნიშვნელობა დამოკიდებულია სადენის ზედაპირის მდგომარეობაზე, გეომეტრიულ ზომებზე და სადენებს შორის მანძილზე.

გვირგვინის საწყისი ძაბვა შეიძლება დავადგინოთ სადენის ზედაპირზე ელექტრული ველის საწყისი დამახულობის მიხედვით, რომელიც გლუვი და ცილინდრული სადენების შემთხვევაში გამოითვლება ჰიკის ფორმულით

$$E_0 = 3030 \text{ ბ } (1 + 0,0298/\sqrt{r \cdot \delta}) \text{ , კვ/მ} \quad (2.1)$$

სადაც: r - სადენის რადიუსი, მ; δ - ჰაერის ფარდობითი სიმკვრივე

$$\delta = 0,385 \text{ H } / (273+t), \quad (2.2)$$

აქ H - ჰაერი წნევა, მმ.ვწყ.სვ; t - ჰაერის ტემპერატურა, $^{\circ}\text{C}$.

სადენის ზედაპირზე ელექტრული ველის დამახულობა შეიძლება გამოვთვალოთ, აგრეთვე, ზალესკის ფორმულით

$$E_0 = 2450 \text{ ბ } (1 + 0,097 / (r \delta)^{0,4}) \text{ , კვ/მ}$$

რომელიც ზემოაღნიშნული ძაბვის შემთხვევაში შედარებით უფრო ზუსტ პასუხს იძლევა. თუმცა პრაქტიკული თვალსაზრისით ჰიკის ფორმულასთან შედარებით განსხვავება უმნიშვნელოა და ამიტომ ანგარიშებისას სარგებლობენ ჰიკის ფორმულით.

როგორც ვხედავთ, გვირგვინის საწყისი დამახულობა ჰაერის ფარდობითი სიმკვრივის პროპორციულია, რომელიც დამოკიდებულია ჰაერის წნევაზე და ტემპერატურაზე. (2.1) და (2.2) გამოსახულებათა ანალიზიდან ვღებულობთ, რომ დაბალი ტემპერატურის პირობებში გვირგვინის საწყისი დამახულობა უფრო მაღალია და გვირგვინული განმუხტვის თვალსაზრისით ხაზი მუშაობს უფრო ხელსაყრელ პირობებში.

საპაერო ხაზებზე მრავალმაგვარი სადენების გამოყენებისას, რომელთა ზედაპირი არაგლუვია, საერთო გვირგვინის საწყისი დამახულობის საანგარიშო გამოსახულებაში უნდა გავითვალისწინოთ სიგლუვის $m < 1$ კოეფიციენტი. ჰიკის რეკომენდაციით AC მარკის სადენებისათვის, რომლებიც მოქმედ ხაზებზე რამდენადმე გაჭუჭყიანებულია, მიიღებენ $m=0,82$ და გვაქვს

$$E_0 = 2484,6 \text{ ბ } (1 + 0,0298/\sqrt{r \delta}) \text{ , კვ/მ} \quad (2.3)$$

სადენის ზედაპირზე ელექტრული ველის მუშა დამახულობა ამ სადენის ელექტრული მუხტის წრფივი სიმკვრივის პროპორციულია და დამოკიდებულია სადენის მუშა ტევადობაზე.

სადენთა განიკვეთების შერჩევის დროს ელექტრული ველის დასაშვები მნიშვნელობა გამოითვლება იმ პირობით, რომ ხაზზე კარგ

ამინდში საერთო გვირგვინი გამოირიცხოს. ამ მიზნით ფაზის კონსტრუქცია და სადენების განიკვეთი ისე შეირჩევა, რომ სადენის ზედაპირზე ელექტრული ველის მუშა დაძაბულობა საერთო გვირგვინის საწყისი დაძაბულობის არაუმეტეს 90%-ს უნდა შეადგენდეს, ე.ი.

$$E_{\text{გვ}} \leq 0,9 E_0. \quad (2.4)$$

ფაზური სადენების ტოლგვერდა სამკუთხედის წვეროებზე განლაგებისას მათი მუშა ტევადობა ერთნაირია, ხოლო სადენთა პორიზონტალური განლაგებისას კი კიდურა სადენების ტევადობა $\approx (5-10)\%$ -ით ნაკლებია, ვიდრე შუა სადენისა. ანგარიშების დროს სარგებლობენ ველის დაძაბულობის საშუალო მნიშვნელობით, რომელიც ერთსადენიანი ფაზისთვის იანგარიშება ფორმულით

$$E_{\text{საშ.}} = 0,355 U / r \lg (D_{\text{საშ.}} / r), \quad \text{კვ/მ} \quad (2.5)$$

სადაც U – ხაზის ხაზური ძაბვა, კვ; $D_{\text{საშ.გ}} = (D_{AB} \cdot D_{BC} \cdot D_{CA})^{1/3}$, მ – სადენებს შორის საშუალო გეომეტრიული მანძილი; D_{AB} , D_{BC} და D_{CA} – ფაზებს შორის მანძილი.

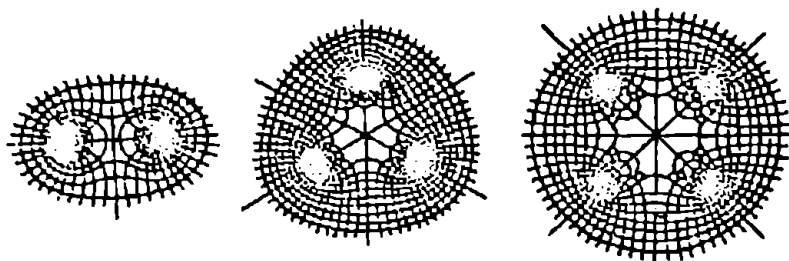
გახლეჩილი ფაზის შემთხვევაში სადენის ზედაპირზე ველის დაძაბულობა არაერთნაირია, რადგანაც ფაზის სადენის ზედაპირის ამა თუ იმ წერტილში დაძაბულობა შექმნილია როგორც თვით ამ სადენის, ასევე ამავე ფაზის დანარჩენი სადენების ელექტრული მუხტის მიერ (ნახ. 2.2). მაქსიმალურ დაძაბულობას ადგილი აქვს ფაზის გარე ზედაპირის იმ წერტილში, რომელიც მდებარეობს ფაზისა და სადენის ცენტრებზე გამავალ წრფეზე და განისაზღვრება ფორმულით

$$E_{\text{გვ}} = 0,355 U k / n r \lg (D_{\text{საშ.}} / r_{\text{გვ}}), \quad \text{კვ/მ} \quad (2.6)$$

სადაც: n – გახლეჩილ ფაზაში სადენების რაოდენობა; k – ველის დაძაბულობის უთანაბრობის კოეფიციენტი; $r_{\text{გვ}}$ – გახლეჩილი ფაზის ეკვივალენტური რადიუსი

$$r_{\text{გვ}} = \left[\frac{n}{r \cdot \prod_{i=2}^n a_{ii}} \right]^{1/n}$$

სადაც: a_{ii} – ფაზის i -სა და i -ურ სადენს შორის მანძილი.



ნახ. 2.2 გახლეჩილი ფაზისას ელექტრომაგნიტური ველის განაწილების სურათი

ველის დამახულობის უთანაბრობის კოეფიციენტი დამოკიდებულია გახლეჩილი ფაზის კონსტრუქციაზე

$$k = 1 + (2r/a) \cdot (n-1) \cdot \sin(\pi/n), \quad (2.7)$$

სადაც a - ფაზის გახლეჩის ბიჯი და წარმოადგენს იმ წესიერი მრავალკუთხედის გვერდს, რომლის წვერობზედაც განლაგებულია გახლეჩილი ფაზის სადენები.

გახლეჩილი ფაზის შემთხვევაში გვირგვინზე სიმძლავრის დანაკარგების ანგარიშისას სარგებლობენ ველის დამახულობის ეკვივალენტური სიდიდით

$$E_{\text{გვ}} = (1+k) \cdot 0,177 U / n r \text{ ჰგ } (D_{\text{საფ}} / r_{\text{გვ}}), \quad \text{კვ/მ} \quad (2.8)$$

რომელიც ერთსადენიანი ფაზის შემთხვევაში ($n=1$, $k=1$ და $r_{\text{გვ}} = r$) ღებულობს (2.5) გამოსახულების სახეს.

(2.3), (2.5) და (2.6) გამოსახულებათა საშუალებით შეგვიძლია დავადგინოთ ზაზზე მუშა ძაბვის ის მინიმალური მნიშვნელობა, რომლის შემდეგ მოსალოდნელია გვირგვინის მოვლენა:

ერთსადენიანი ფაზის შემთხვევაში

$$U_0 = 7000 r \sqrt{1 + 0,0298 / \sqrt{r \delta}} \cdot \text{ჰგ } (D_{\text{საფ}} / r); \quad \text{კვ} \quad (2.9)$$

გახლეჩილი ფაზის შემთხვევაში

$$U_0 = 7000 (nr \delta / k) \cdot (1 + 0,029 / \sqrt{r \delta}) \cdot \text{ჰგ } (D_{\text{საფ}} / r_{\text{გვ}}) \cdot \text{კვ} \quad (2.9a)$$

2.3 სიმძლავრისა და ენერგიის დანაკარგები გვირგვინულ განმუხტვებზე

გვირგვინზე ენერგიის დანაკარგების სიდიდე დამოკიდებულია ზაზის ტრასის გასწვრივ გარემოს მეტეოროლოგიურ პირობებზე. ამინდისაგან დამოკიდებულებაში დანაკარგების სიდიდე დიდ ფარგლებში იცვლება. სხვადასხვა ამინდის პირობებში ჩატარებული ექსპერიმენტების შედეგების საფუძველზე დადგენილია გვირგვინზე დანაკარგების გასაშუალოებული მნიშვნელობები.

ანგარიშების გამარტივების მიზნით განიხილავენ ამინდის ოთხ ძირითად ჯგუფს [7], რომლებიც ხასიათდებიან გვირგვინზე დანაკარგების გარკვეული გასაშუალოებული მნიშვნელობებით:

I – კარგი ამინდი;

II - მშრალი თოვლი. ამ ჯგუფს მიეკუთვნება აგრეთვე ქარბუქიც;

III – წვიმა, სველი თოვლი;

IV - ჭირხლი. აქ განიხილება აგრეთვე ლიპყინული, გაყინული თოვლი და სველი გაყინული თოვლი.

ამინდის სხვა დანარჩენი სახე მიეკუთვნება კარგ ამინდს.

რეგიონებისთვის, სადაც გადის განხილული ზაზის ტრასა, მეტეოროლოგიური დაკვირვებების საფუძველზე წინასწარ დადგინდება ამინდის ამა თუ იმ ჯგუფის ფარდობითი ხანგრძლივობა

$$\Psi_i = T_i / 8760, \quad (2.10)$$

სადაც T_i - i -ური ჯგუფის ამინდის ხანგრძლივობა წლის განმავლობაში, სთ.

ამინდის თითოეული i -ური ჯგუფისთვის გვირგვინზე სიმძლავრის დანაკარგები განისაზღვრება M_i (კვტ/კმ.სმ²) განზოგადოებული პარამეტრით, რომელიც $E_{\text{კვ}}/E_0$ ფარდობის ფუნქციას წარმოადგენს (ნახ. 2.3).

ქვემოთ ცხრილში მოცემულია გვირგვინზე სიმძლავრის დანაკარგების განზოგადოებული პარამეტრის რიცხვითი მნიშვნელობები ამინდის სხვადასხვა ჯგუფისათვის.

**გვირგვინზე სიმძლავრის დანაკარგების
განზოგადოებული მუდმივა მ**

$E_{\text{გვ}} / E_0$	ამინდის ჯგუფი			
	1	2	3	4
0,60	0,035	0,12	0,37	1,4
0,65	0,055	0,185	0,65	2,1
0,70	0,090	0,29	1,05	3,2
0,75	0,140	0,46	1,55	4,5
0,80	0,220	0,72	2,30	6,3
0,85	0,350	1,20	3,20	8,2
0,90	0,580	1,80	4,20	10,3
0,95	0,90	2,70	5,5	12,8
1,0	1,8	4,0	7,3	-

დანაკარგების გაანგარიშების მეთოდის ემყარება იმ დაშვებას, რომ გვირგვინის კრიტიკული გრადიენტი წარმოადგენს მუდმივ სიდიდეს. ამ დაშვების საფუძველზე გვირგვინზე დანაკარგები ფაზაში სადენების რაოდენობისა (n) და ამ სადენის რადიუსის (r) კვადრატის პროპორციულია

$$\Delta P_i = n r^2 \theta_i, \quad (2.11)$$

აქ r აიღება სანტიმეტრებში.

უნდა აღინიშნოს, რომ წვიმის დროს გვირგვინზე სიმძლავრის დანაკარგები (ნახ.2.3 მრუდი 3) მოცემულია ნალექების 1 მმ/სთ ინტენსიობისთვის. ამიტომ დანაკარგების ანგარიშების დროს საჭიროა წინასწარ დავადგინოთ ნალექების საშუალო წლიური ინტენსიობა

$$I = H / T, \quad (2.12)$$

სადაც H – ნალექების წლიური რაოდენობა, მმ; T – წვიმის საშუალოწლიური ხანგრძლივობა, სთ. თუ $I \neq 1$ მმ/სთ, მაშინ 2.3 ნახაზის მიხედვით დადგენილი მკ პარამეტრი უნდა გაეამრავლოთ შემასწორებელ α კოეფიციენტზე, რომლის მნიშვნელობა აიღება 2.4 ნახაზიდან.

ვიცით რა ამინდის ხანგრძლივობის ფარდობითი მნიშვნელობა Ψ_i და შესაბამისი განზოგადოებული θ_i პარამეტრები, გვირგვინზე სიმძლავრის დანაკარგების საშუალოწლიური სიდიდე ხაზის სამივე ფაზისთვის იანგარიშება ფორმულით

$$\Delta P_{\text{გვ.0}} = 3 n r^2 \cdot \sum_{i=1}^4 \Psi_i \theta_i, \quad \text{კვტ/კმ} \quad (2.13)$$

ხოლო ენერგიის წლიური დანაკარგები

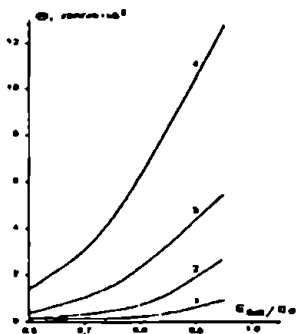
$$\Delta \mathcal{E}_{\text{გვ.0}} = \Delta P_{\text{გვ.0}} \cdot 8760, \quad \text{კვტსთ/კმ} \quad (2.14)$$

ანუ (2.10) და (2.13) გამოსახულებათა გათვალისწინებით გვაქვს

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{გვ.0}} = 3 n r^2 \cdot \sum_{i=1}^4 T_i \theta_i \cdot \text{კვტსთ/კმ} \quad (2.15)$$

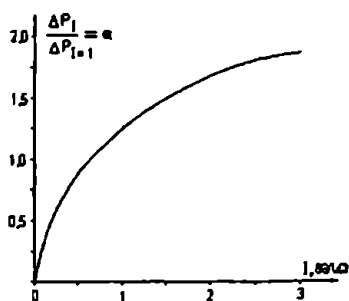
დღეღამის ინტერვალში გვირგვინულ განმუხტვაზე სიმძლავრის დანაკარგი არათანაბრადაა განაწილებული. იგი მაქსიმალურია ღამის საათებში (22 საათიდან 6-7 საათამდე). დროის ამ მონაკვეთზე მოდის დანაკარგების თითქმის 50%, რაც აიხსნება ღამით მეტეოროლოგიური პირობების გაუარესებით, განსაკუთრებით, გაზაფხულსა და შემოდგომაზე.

ზოგადად ამინდთა ჯგუფებიდან ფარდობითი ხანგრძლივობის თვალსაზრისით დიდი ხვედრითი წილი მოდის კარგ ამინდზე (80%-მდე). მიუხედავად ამისა დანაკარგების ხვედრითი წილი ამ ამინდში არ აღემატება 30-35%-ს (ცხრ.2.3). საერთოდ 330-750 კვ ძაბვის ხაზებზე გვირგვინზე დანაკარგების 50-60% რეგისტრირდება წვიმისა და ჭირხლის დროს, მიუხედავად იმისა, რომ ასეთი ამინდის ხვედრითი წილი შეადგენს დაახლოებით 8%-ს.



ნახ.2.3 გვირგვინზე სიმძლავრის დანაკარგების განზოგადოებული პარამეტრი ამინდის სხვადასხვა ჯგუფისთვის:

1-კარგი ამინდი; 2-მშრალი თოვლი; 3-წვიმა; 4-ჭირხლი.



ნახ. 2.4 გვირგვინზე დანაკარგების შესასწორებელი კოეფიციენტი წვიმის დროს ნაღველების ინტენსიობის მიხედვით

ცხრილი 2.3 გვირგვინზე დანაკარგების სტრუქტურა

ელექტროგადამცემის ხაზის ნომინალური ძაბვა (კვ) და სადენების მარკა	გვირგვინზე დანაკარგების შემადგენები, %			
	კარგი ამინდი $\Psi_1=0,826$	მშრალი თოვლი $\Psi_2=0,091$	წვიმა $\Psi_3=0,057$	ჭირბოლი $\Psi_4=0,026$
330; 2xAC – 300 /39	29,3	13,0	28,6	29,1
500; 3xAC – 400 /51	29,2	12,4	28,1	30,3
750; 4xAC – 600/72	35,2	12,1	26,6	26,1

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე ცუდ ამინდში დანაკარგების შემცირების მიზნით შეიძლება ეკონომიკურად მოზანშეწონილი აღმოჩნდეს ძაბვის შესაბამისი რეგულირება. 2.4 ცხრილში ნაჩვენებია ხაზის სამივე ფაზისთვის გვირგვინზე საშუალოწლიური დანაკარგები სხვადასხვა მუშა ძაბვის დროს (რუსეთის ფედერაციის ევროპული ნაწილისთვის).

ხაზზე საერთო გვირგვინისა და სხვა არასასურველი მოვლენების თავიდან აცილების მიზნით ფაზის კონსტრუქციასა და სადენების განიკვეთს ირჩევენ ისე, რომ სადენის ზედაპირზე ელექტრული ველის დაძაბულობა არ აღემატებოდეს საერთო გვირგვინის წარმოქმნის საწყის დაძაბულობას. მოცემული ნომინალური ძაბვის შემთხვევაში სადენის ზედაპირზე ელექტრული ველის დაძაბულობა მცირდება ფაზათაშორისი მანძილისა და სადენის რადიუსის გაზრდით და დამოკიდებულია ფაზაში სადენების რაოდენობაზე (გამოსახულება 2.8). ფაზათაშორისი მანძილის ცვლილება უმნიშვნელო გავლენას ახდენს დაძაბულობის სიდიდეზე, ხოლო სადენის რადიუსისა და ფაზაში სადენების რაოდენობის გაზრდით ველის დაძაბულობა პროპორციულად მცირდება.

35 კვ ძაბვის ხაზებზე, სადაც სადენების შერჩევისას ერთერთ მნიშვნელოვან როლს თამაშობს სადენის მექანიკური სიმტკიცის პირობა, სადენის ზედაპირზე ელექტრული ველის დაძაბულობა მნიშვნელოვნად დაბალია, ვიდრე საერთო გვირგვინის წარმოქმნის საწყისი დაძაბულობა და ამის გამო ამ ძაბვის ხაზებზე საერთო

გვირგვინის თავიდან აცილების მიზნით სადენტა განიკვეთების შერჩევისას რაიმე შეზღუდვა არ არის.

110 – 220 კვ ძაბვის ხაზებზე საერთო გვირგვინი პრაქტიკულად არ იქნება, თუ სადენტა განიკვეთების შერჩევისას შევიზღუდებით მისი გარკვეული მინიმალური მნიშვნელობით, ხოლო ზემაღალი ძაბვის ხაზების შემთხვევაში ეკონომიკურად უფრო მიზანშეწონილია გამოვიყენოთ ფაზათა გახლეჩის მეთოდი.

გახლეჩილი ფაზის ჯამური განიკვეთის მუდმივობისას სადენტის ზედაპირზე ველის დაძაბულობა მცირდება ფაზაში სადენტების რაოდენობის გაზრდით და დამოკიდებულია მათ შორის მანძილზე (გახლეჩის ბიჯზე).

ცხრილი 2.4 გვირგვინზე სიმძლავრის დანაკარგები (კვტ/კმ/%)
სხვადასხვა მუშა ძაბვის დროს

სადენტის მარკა	ძაბვა, კვ / %				
	297/90	310/94	330/100	350/106	363/110
2xAC – 240/39	2,0/60,1	2,7/81,8	3,3/100	5,5/166,7	6,9/209,1
2xAC – 300/39	1,9/56,7	2,3/68,7	3,35/100	4,6/137,7	5,8/173,1
სადენტის მარკა	ძაბვა, კვ / %				
	475/95	490/98	500/100	510/102	525/105
3xAC – 330/43	4,25/73,3	5,1/87,9	5,8/100	6,42/110,7	7,5/129,3
3xAC – 400/51	3,5/72,9	4,24/88,3	4,8/100	5,35/111,5	6,2/129,2
სადენტის მარკა	ძაბვა, კვ / %				
	715/95	730/97	750/100	770/103	787/105
4xAC – 500/64	10,4/75,6	11,36/82,6	13,75/100	15,7/114,2	18,0/130,9
5xAC – 240/27	9,25/75,2	10,12/82,3	12,3/100	14,0/113,8	15,85/128,9

2.5 ცხრილში მოცემულია 35 – 750 კვ ძაბვის ხაზების სადენტა ზედაპირზე ელექტრული ველის დაძაბულობის მნიშვნელობები, როგორც ერთსადენიანი, ასევე გახლეჩილი ფაზების შემთხვევებისთვის სხვადასხვა მარკის სადენტების გამოყენებისას. როგორც ამ ცხრილიდან ჩანს (2.4) პირობის უზრუნველყოფის მიზნით 110 კვ ძაბვის ხაზზე მინიმალური განიკვეთის სადენტს წარმოადგენს AC – 50/8, 220 კვ ძაბვის ხაზზე – AC – 240/32, 330 კვ ძაბვაზე – AC – 600/72, ან ფაზის ორად გახლეჩა – 2xAC – 240/32, 500 კვ ძაბვაზე საჭიროა ფაზის სამად გახლეჩა 3xAC – 240/32, ხოლო 750 კვ ძაბვაზე კი ოთხად გახლეჩა 4xAC – 400/22 ან ხუთად გახლეჩა – 5xAC – 240/56.

ცხრილი 2.5 სადგენის ზედაპირზე ელექტრული კულის დაძაბულობა ერთსადენიანი და გაზღუდული (გაზღუდვის ბოჯი $u = 40$ სმ) ფაზების შემთხვევაში

ნომინალური ძაბვა, კვ	ფაზაში სადგენის რაოდენობა და მარცა	სადგენის რაოდენობა, რ. მმ	ფაზებს შორის საშუალო გეომეტრიული მანძილი, D სმ, კვ. მ	გაზღუდული სადგენის მაქსიმალური რაოდენობა, რ. მმ	დაძაბულობის უთანაბრობის კოეფიციენტი, k	აქტივობის დაძაბულობა, E კვ/მ	საერთო გეომეტრიული საშუალო დაძაბულობა, E _შ კვ/მ	ფარდობა E _შ /E ₀
35	1x A - 25 1x AC - 16/	3,15 2,7	2,5 2,5	- -	1 1	1358,8 1549,5	3803,8 3909,5	0,357 0,396
110	1x AC - 50/8 1x AC-70/11	4,8 5,7	3,5 3,5	- -	1 1	2838,5 2454,3	3553,0 3465,3	0,80 0,708
220	1x AC-185/24 1x AC-185/24 1x AC-240/32	9,45 9,45 10,8	5,5 6,0 6,0	- - -	1 1 1	2985,7 2945,4 2631,7	3246,3 3246,3 3197,2	0,920 0,907 0,823
330	1x AC-300/26 1x AC-600/72 2x AC-240/32 2x AC-300/39	15,0 16,6 10,8 12,0	8,0 8,0 8,0 8,0	- - 6,57 6,93	1 1 1,054 1,06	2860,7 2627,4 2667,8 2435,1	3089,0 3059,5 3197,2 3160,8	0,926 0,859 0,834 0,770
500	AC - 600/72 2x AC-500/26 3x AC-240/32 3x AC-330/43	16,6 15,0 10,8 12,6	12,0 12,0 12,0 12,0	- 7,75 12,0 12,63	1 1,075 1,094 1,110	3735,7 2800,0 2864,7 2502,0	3059,5 3089,0 3197,2 3144,5	1,221 0,906 0,896 0,796
750	4x AC-300/39 4x AC-400/72 4x AC-400/93 4x AC-500/27 5x AC-240/32 5x AC-240/56 5x AC-300/39	12,0 13,3 14,55 14,7 10,8 11,2 12,0	15,0 15,0 15,0 15,0 15,0 15,0 15,0	18,14 18,61 19,04 19,08 23,55 23,72 24,05	1,127 1,141 1,154 1,156 1,127 1,132 1,144	3073,1 2807,2 2595,1 2572,3 2903,2 2811,0 2647,2	3160,8 3126,8 3098,5 3095,5 3197,2 3184,2 3160,8	0,972 0,898 0,838 0,831 0,908 0,883 0,839

2.4 გვირგვინული განმუხტვის გავლენა რადიო და ტელეარხების მუშაობაზე

გვირგვინის მოვლენისას მოცულობით მუხტსა და სადენს შორის ელექტრული გარღვევები განაპირობებენ დენის მრავალჯერადი იმპულსების წარმოქმნას, რაც თავისთავად განაპირობებს გვირგვინის დენს (ნახ. 2.1). ამ იმპულსების წარმოქმნის სიხშირე აღწევს 10^5 - 10^8 ჰერცს. შესაბამისად ადგილი აქვს ამავე სიხშირის ელექტრომაგნიტური ტალღების გამოსხივებასა და გაერცელებას, რაც რადიო და ტელეარხების მუშაობისადმი ხელშემშლელ ფაქტორს წარმოადგენს.

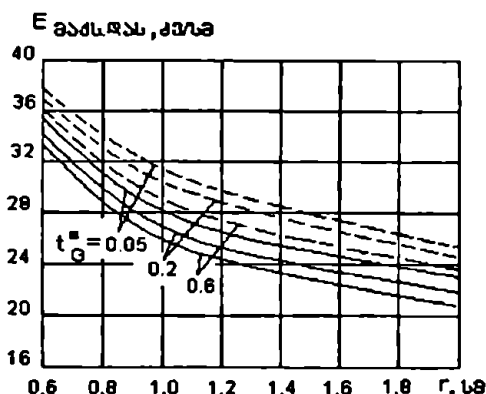
ყოფილ სბჭოთა კავშირში მიღებული ნორმების მიხედვით რადიო და ტელეარხების მუშაობისადმი გვირგვინის ხელშემშლელი გავლენის (რადიოდარბაზობების) სიდიდე არ უნდა აღემატებოდეს 2.6 ცხრილში მოცემულ მნიშვნელობას.

ცხრილი 2.6 რადიო და ტელეარხების მუშაობისადმი ხელშემშლელი მოქმედების დასაშვები დონე

პარამეტრი	სიხშირის დიაპაზონი, მჰერცი		
	0,15 - 0,5	0,5 - 2,5	2,5 - 20
$E_{\text{დას}} \text{ მკვ/მ}$	100	50	20
$Y_{\text{დას}} = 20 \lg E_{\text{დას}} \text{ დბ}$ (1 მკვ/მ დონის მიმართ)	40	34	26

სადენის რადიუსისაგან დამოკიდებულებაში ელექტრული ველის დამძაბულობის დასაშვები ამპლიტუდური მნიშვნელობები ნაჩვენებია 2.5 ნახაზზე. ამ დამოკიდებულების გრაფიკები, რომლებიც სამართლიანია როგორც ერთსადენიანი, ასევე მრავალსადენიანი (გაზლექილი) ფაზებისთვის, აგებულია ცუდი ამინდის ხანგრძლივობის სხვადასხვა შემთხვევისთვის $t_c^* = t_c / 8760$. გაზლექილი ფაზის შემთხვევაში იგულისხმება ფაზის ერთი სადენის რადიუსი. აქედან გამომდინარე ხელშემშლელი მოქმედება დამოკიდებული არ არის გაზლექილ ფაზაში სადენების n რიცხვზე. ეს მოვლენა აიხსნება ფაზის სადენების ურთიერთეკრანირებით.

გვირგვინზე აქტიური სიმძლავრის დანაკარგების საანგარიშო გამოსახულების (2.15) ანალიზი გვიჩვენებს, რომ იგივე სიდიდის დანაკარგების პირობებში ფაზის ეკვივალენტური რადიუსის გაზრდისას დასაშვებია ველის ეკვივალენტური დაძაბულობის ზრდაც. აქედან გამომდინარე ზემაღალი ძაბვის ხაზებზე გახლეჩილი ფაზის სადენის რადიუსის განმსაზღვრელია რადიო და ტელეარხების მუშაობისადმი დასაშვები ხელშემშლელი მოქმედების ღონე.



ნახ. 2.5 r რადიუსიანი სადენის ელექტრული ველის დაძაბულობის დასაშვები ამპლიტუდური მნიშვნელობები (პუნქტური ნაჩვენებია ველის დაძაბულობის მნიშვნელობები, რომლის დროსაც მნიშვნელოვანი რადიო და ტელეაბრკოლებები არ შეიძლება).

2.5 საჰაერო ხაზების ელექტრული პარამეტრები

აქტიური წინაღობა. სადენს მუდმივი და ცვლადი დენის მიმართ განსხვავებული წინაობები გააჩნია. მუდმივი დენის მიმართ წინაობას ომურს უწოდებენ, ხოლო ცვლადი დენის მიმართ კი – აქტიურს. აქტიური წინაობა ომურზე მეტია, რადგანაც ზედაპირული ეფექტის გამო ცვლადი დენი სადენის განიკვეთში არათანაბრად განაწილებული. კერძოდ, დენის სიმკვრივე სადენის ღერძთან მინიმალურია და იზრდება ცენტრიდან დაშორებასთან ერთად. ამასთან დენის სიმკვრივეთა თანაფარდობა მით მეტია, რაც მეტია დენის სიხშირე,

სადენის რადიუსი, გამტარობა და მაგნიტური შეღწევადობა. ზედაპირული ეფექტის გამო სადენის განიკვეთი სრულად არ არის გამოყენებული.

ელექტროგადაცემის ხაზებში, რომელთა სადენები მზადდება ალუმინისაგან (ფოლად-ალუმინი) და რომლებშიც გადის სამრეწველო სიხშირის დენი, ზედაპირული ეფექტი უმნიშვნელოა. ამიტომ ამ სადენების აქტიური წინაღობა შეიძლება ვიანგარიშოთ ომური წინაღობის საანგარიშო გამოსახულებით

$$R = (\rho / F) \cdot L = r_s L, \quad \text{ომი} \quad (2.16)$$

სადაც $\rho/F = r_s$ - წარმოადგენს 1კმ სიგრძის სადენის აქტიურ წინაღობას და იგი მოცემულია ცხრილებში სადენის მარკის მიხედვით, ომი/კმ; ρ - სადენის მასალის კუთრი წინაღობა. ალუმინისთვის $\rho_{\text{ალ}} = 32$ ომი.მმ²/კმ (სპილენძისთვის $\rho_{\text{ა}} = 18,8$ ომი.მმ²/კმ); F - სადენის გამტარი ნაწილის (ალუმინის) განივი კვეთი, მმ²; L - ხაზის სიგრძე, კმ.

ფოლადის სადენში, მასალის მაღალი მაგნიტური შეღწევადობის გამო, მაღალია ზედაპირული ეფექტის გამოვლენის ხარისხი. ამიტომ მისი აქტიური წინაღობა საგრძნობლად მაღალია. ეს წინაღობა იზრდება დატვირთვის დენის ზრდასთან ერთად.

რეაქტიული წინაღობა. სადენში გამავალი ცვლადი დენი ქმნის ცვლად მაგნიტურ ველს, რომელიც სადენში აინდუქტირებს თვითინდუქციის ელექტრომამოძრავებელ ძალას (ე.მ.ძ.). ამ ძალის გავლენით სადენში დენს ექმნება წინაღობა, რომელსაც ინდუქციურ რეაქტიულ (შემდგომში რეაქტიულ) წინაღობას უწოდებენ.

სამფაზა ხაზის მეზობელი სადენები, რომლებიც განსაზღვრული სადენის დენისთვის უკუსადენებს წარმოადგენენ, თავის მხრივ მოცემულ სადენში აინდუქტირებენ ურთიერთინდუქციის ე.მ. ძალას, რომელიც რამდენადმე ამცირებს თვითინდუქციის ე.მ. ძალას და, შესაბამისად, სადენის რეაქტიულ წინაღობას. აქედან გამომდინარე, რაც უფრო ახლოსაა ერთმანეთთან სამფაზა ხაზის სადენები, მით მეტია მეზობელი სადენების გავლენა და შესაბამისად ნაკლებია სადენის რეაქტიული წინაღობა.

რეაქტიულ წინაღობაზე გავლენას ახდენს სადენის დიამეტრი, სადენებს შორის საშუალო გეომეტრიული მანძილი, სადენის მასალის მაგნიტური შეღწევადობა და ცვლადი დენის სიხშირე.

საპაერო ხაზის ფაზური სადენის რეაქტიული წინაღობა იანგარიშება ფორმულით

$$X = x_0 \cdot L, \text{ ომი} \quad (2.17)$$

სადაც

$$x_0 = \omega L_0 = 0,144 \text{ ჰგ } (D_{\text{საფ}} / r) + 0,016 \text{ მი/კმ} \quad (2.18)$$

წარმოადგენს 1კმ სიგრძის ხაზის რეაქტიულ წინაღობას; L_0 - 1კმ სიგრძის ხაზის ინდუქტივობა.

ფერადი ლითონებისთვის $\mu = 1$ და ამიტომ ამ ლითონისაგან დამზადებული საპაერო ხაზების სადენის რეაქტიული წინაღობა მცირე ფარგლებში იცვლება

$$x_0 = (0,36 \div 0,44), \text{ ომი/კმ.}$$

ფაზებს შორის მანძილი ხაზის ნომინალური ძაბვის ზრდასთან ერთად იზრდება, ასევე იზრდება სადენის რადიუსიც, მაგრამ უფრო ნაკლები ხარისხით. ამიტომ დაბალი ძაბვის ხაზების რეაქტიული წინაღობა უფრო მაღალი ძაბვის ხაზების რეაქტიულ წინაღობაზე ნაკლებია.

ფოლადისთვის $\mu \gg 1$ და მასში გამავალი დენის ზრდასთან ერთად იზრდება. ამიტომ ამ სადენის რეაქტიული წინაღობა ბევრად აღემატება ფერადი ლითონისაგან დამზადებული სადენის რეაქტიულ წინაღობას.

როგორც ცნობილია 330 კვ და მეტი ძაბვის ელექტროგადამცემის ხაზებზე საერთო გვირგვინის მოვლენის თავიდან ასაცილებლად ახდენენ ფაზის გახლეჩვას რამდენიმე სადენად. ამ შემთხვევაში ხაზის რეაქტიული წინაღობა იანგარიშება ფორმულით

$$x_0 = 0,144 \text{ ჰგ } (D_{\text{საფ}} / r_{\text{გვ}}) + 0,016 / n, \text{ ომი/კმ} \quad (2.19)$$

სადაც n - სადენთა რაოდენობა ფაზაში, $r_{\text{გვ}}$ - ფაზის ეკვივალენტური რადიუსი.

გახლეჩილი ფაზის რეაქტიული წინაღობა უფრო მცირეა, ვიდრე ერთსადენიანისა. კერძოდ, ფაზის ორად გახლეჩის შემთხვევაში (330 კვ) $x_0 = 0,32 - 0,33$, სამად გახლეჩისას (500 კვ) $x_0 = 0,30 - 0,31$, ოთხად გახლეჩისას (750 კვ) $x_0 = 0,29 \div 0,30$ და რვად გახლეჩისას (1150 კვ) - $x_0 = 0,26 - 0,27$ ომი/კმ.

აქტიური გამტარობა. ხაზის აქტიური გამტარობა განპირობებულია, ერთის მხრივ, სახაზო იზოლატორებში გაჟონვის დენებით

გამოწვეული აქტიური სიმძლავრის დანაკარგებით და, მეორეს მხრივ, დანაკარგებით გვირგვინზე.

თანამედროვე სახაზო იზოლატორები სრულყოფილი და მაღალხარისხოვანია და ამიტომ მათში გაჟონვის დენები იმდენად უმნიშვნელოა, რომ ამ დენებით გამოწვეული აქტიური სიმძლავრის დანაკარგები შეიძლება უგულველყოთ.

გვირგვინზე აქტიური სიმძლავრის დანაკარგები რიგ შემთხვევებში მნიშვნელოვან სიდიდეს აღწევს, განსაკუთრებით ზემაღალი ძაბვის ხაზებზე (§2.3). ამ დანაკარგების მიხედვით განსაზღვრავენ 1 კმ ხაზის აქტიურ გამტარობას

$$g_{\Sigma} = \Delta P_{\Sigma,0} / U_{\Sigma}^2, \quad \text{სიმ/კმ} \quad (2.20)$$

სადაც $\Delta P_{\Sigma,0}$ - ხაზის სამივე ფაზის გვირგვინზე აქტიური სიმძლავრის დანაკარგები, კვტ/კმ; U_{Σ} - ხაზის ნომინალური ხაზური ძაბვა, კვ.

თუ გავითვალისწინებთ, რომ საპაერო ხაზების სადენების ზედაპირზე ელექტრული ველის დაძაბულობის შემცირების ღონისძიებები უზრუნველყოფს კარგ ამინდში გვირგვინზე სიმძლავრის დანაკარგების თავიდან აცილებას, ხოლო დანარჩენ ამინდში ეს დანაკარგები უმნიშვნელოა, მაშინ შეგვიძლია ჩავთვალოთ, რომ $g_{\Sigma} = 0$. ეს პირობა თითქმის ყოველთვის სრულდება 220 კვ-მდე (ჩათვლით) ხაზებისთვის. იმ შემთხვევაში როცა $g_{\Sigma} \neq 0$, ხაზის აქტიური გამტარობას ანგარიშობენ ფორმულით

$$G = g_{\Sigma} \cdot L, \quad \text{სიმ}. \quad (2.21)$$

რეაქტიული გამტარობა. საპაერო ხაზის ნებისმიერი წყვილი სადენი და სადენი და მიწა შეგვიძლია განვიხილოთ როგორც კონდენსატორი შესაბამისი ტევადობით. ხაზის მუშა ტევადობას, რომელიც შედგება ფაზა-ფაზა და ფაზა-მიწა ტევადობებისაგან ანგარიშობენ იმ დაშვებით, რომ ხაზზე განხორციელებულია სადენთა ტრანსპორტირების სრული ციკლი და ადგილი აქვს შემდეგ ტოლობას

$$C_{12} = C_{23} = C_{31} = C.$$

1 კმ სიგრძის ხაზის მუშა ტევადობა დამოკიდებულია სადენის რადიუსზე და მათ შორის საშუალო გეომეტრიულ მანძილზე

$$C_0 = (0,02413 / \lg(D_{\Sigma\alpha\beta} / r) \cdot 10^{-6} \cdot \text{ფ/კმ} \quad (2.22)$$

ამ ფორმულაში უგულებელყოფილია გვარლისა და პარალელური ხაზის საღებების გავლენა, რაც ანგარიშებში იწვევს 5%-მდე ცდომილებას, რომელიც დასაშვებად მიიჩნევა.

გახლეჩილი ფაზის მუშა ტევადობა განისაზღვრება ანალოგიურად

$$C_0 = (0,02413 / \lg (D_{\text{საფ.}} / r_{\text{კვ}}) \cdot 10^{-6} \cdot \text{ფ/კმ} \quad (2,23)$$

ფაზის რეაქტიული ტევადური გამტარობა

$$b_0 = \omega C_0 = (7,58 / \lg (D_{\text{საფ.}} / r) \cdot 10^{-6} \quad \text{სიმ/კმ} \quad (2,24)$$

გახლეჩილი ფაზის შემთხვევაში r უნდა შევცვალოთ $r_{\text{კვ}}$ -ით. მთელი ხაზის რეაქტიული გამტარობა

$$B = b_0 L, \quad \text{სიმ.} \quad (2,25)$$

1 კმ ხაზის ტევადური გამტარობა ერთსადენიანი ხაზისთვის იცვლება $(2,5 - 2,9) \cdot 10^{-6}$ სიმ/კმ ფარგლებში, ხოლო გახლეჩილი ფაზის მქონე ხაზებისთვის კი - $3,4 \cdot 10^{-6}$ -დან (330 კვ) $4,4 \cdot 10^{-6}$ - მდე (1150 კვ) ფარგლებში.

2.6 საჰაერო ხაზების მიერ გენერირებული რეაქტიული სიმძლავრე

ხაზზე მოდებული ცვლადი მუშა ძაბვის მოქმედებით მის ტევადურ გამტარობაში აღიბერება ცვლადი ელექტრული კელი და ფაზის გარშემო სივრცეში მიმდინარეობს მუხტების წანაცვლება, ანუ ხაზის ყოველ ერთეულოვან სიგრძეზე წარმოიშობა რეაქტიული (ტევადური) დენი

$$I_{\text{co}} = U_{\text{ფ}} b_0 = (U / \sqrt{3}) \cdot b_0, \quad \text{ა/კმ} \quad (2,26)$$

აქ U - მუშა ხაზური ძაბვა, ვ.

მთელი ხაზის ტევადური გამტარობის დენი მუშა ძაბვისა და ხაზის სიგრძის პირდაპირპროპორციულია. ამიტომ 35 კვ და უფრო დაბალი ძაბვის ხაზებისთვის ეს დენი ძალიან მცირეა, ხოლო 110 კვ

და მეტი ძაბვის შემთხვევაში იმდენად ღია, რომ მისი უგულველ-
ყოფა ანგარიშებში ღიდ ცდომილებებს იწვევს.

ტევადური ღენის არსებობა ხაზში განიხილება როგორც ხა-
ზის ტევადური დატვირთვა

$$\Delta Q_C = \sqrt{3} U I_C = U^2 \chi_0 L = U^2 B, \text{ მგვარ} \quad (2.27)$$

აქ U ძაბვა აიღება კვ-ებში.

ამ დატვირთვის აქვს ინდუქციური დატვირთვის საწინააღმდე-
გო ნიშანი და ამიტომ ის განიხილება როგორც ხაზის მიერ გენერი-
რებული რეაქტიული სიმძლავრე. ქვემოთ ცხრილში (ცხრ. 2.7) მო-
ცემულია სხვადასხვა ნომინალური ძაბვის ხაზების მიერ გენერირებუ-
ლი რეაქტიულ სიმძლავრეთა მნიშვნელობები. ამ ცხრილიდან ჩანს,
რომ 35 კვ ძაბვის ხაზის შემთხვევაში ეს სიმძლავრე პრაქტიკულად
უმნიშვნელოა, ხოლო ძაბვის ზრდასთან ერთად იგი იზრდება და 500
კვ ძაბვის ხაზისთვის აღწევს ეკონომიკური დატვირთვის თითქმის
27,7%-ს.

ცხრილი 2.7 სხვადასხვა ძაბვის ხაზების მიერ
გენერირებული რეაქტიული სიმძლავრე

ნომინა- ლური ძაბვა, კვ	ხაზის სიგრძე, ($P=P_{კვ}$ და $\eta=0,95$), კმ	სადენის მარკა	ეკონომიკუ- რი დატვირ- თვა, (როცა $\delta_{კვ}=1,1$ ა/მმ^2) $S_{კვ}$, მგვ	ტევადური გამტარო- ბა, 10^{-6} სიმ	გენერირებუ- ლი რეაქტი- ული სიმძ- ლავრე ΔQ_C , მგვარ	ფარდობა ($\Delta Q_C/S_{კვ}$) %
35	25	AC - 70/11	4,7	67,5	0,083	1,6
110	70	AC - 150/24	31,4	192	2,32	7,4
220	150	AC - 300/39	125,6	396	19,2	15,3
330	250	2xAC - 300/39	377,0	853	92,9	24,6
500	350	3xAC - 400/51	1142,0	1267	316,8	27,7
750	500	5xAC - 400/51	2855,0	2065	116 2	40,7

2.7 საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ნატურალური სიმძლავრე

მოცემული ნომინალური ძაბვის ხაზის გამტარუნარიანობა განისაზღვრება სამი პირობით: 1) გადაცემის ეკონომიკურობა, რომელიც დამოკიდებულია ხაზში ენერგიის დანაკარგების სიდიდეზე და შეფასდება ხაზის მარგი ქმედების კოეფიციენტის მნიშვნელობის მიხედვით; 2) ძაბვის ღონე ელექტროგადამცემის ბოლოებში, რომელიც დამოკიდებულია ხაზში ძაბვის ეარდნის სიდიდეზე და შეფასდება ძაბვის დასაშვები დანაკარგის მიხედვით; 3) მკვებავი ელექტროსადგურების გენერატორების მუშაობის მდგრადობა.

გადაცემის სიგრძის გაზრდით ხაზის გამტარუნარიანობა მცირდება, რაც გამოწვეულია ხაზის მუშაობის მ.ქ. კოეფიციენტის მნიშვნელოვანი შემცირებით, ძაბვის დანაკარგების საგრძნობლად გაზრდითა და ხაზის ბოლოების ძაბვის ეექტორებს შორის ძერის კუთხის ზღვრულ მნიშვნელობამდე გაზრდით.

ელექტროენერგიის მომხმარებლები აქტიური სიმძლავრის მოხმარებასთან ერთად ქსელიდან მოითხოვენ რეაქტიულ სიმძლავრესაც, რომელიც შეიძლება ელექტროგადაცემის ხაზის მიერ გადაცემული იქნეს მკვებავი ელექტროსადგურების გენერატორებიდან, ან შეიძლება გენერირებული იქნეს ადგილზე სინქრონული კომპენსატორების ან კონდენსატორთა ბატარეების მიერ.

რეაქტიული სიმძლავრის გადაცემა ზრდის ხაზის დატვირთვას და იწვევს როგორც ძაბვის, ასევე ენერგიის დამატებით დანაკარგებს ხაზში. ამოცანა იმის შესახებ, თუ რა რაოდენობის რეაქტიული სიმძლავრე გადაეცეთ ელექტროგადაცემის ხაზით და რა რაოდენობის სიმძლავრე გამოვიმუშაოთ ადგილზე, გადაწყვეტილი უნდა იქნეს ხაზის გამტარუნარიანობის განმსაზღვრელი ფაქტორების გათვალისწინებით.

ხაზში გამავალი რეაქტიული სიმძლავრის სიდიდეზე გავლენას ახდენს ხაზის მიერ გენერირებული რეაქტიული სიმძლავრე. როგორც ვიცით ხაზის მიერ გენერირებული რეაქტიული სიმძლავრე არ არის დამოკიდებული ხაზის დატვირთვაზე, მაშინ როცა ხაზის რეაქტიულ წინაღობაში რეაქტიული სიმძლავრის დანაკარგები დატვირთვის დენის კვადრატის პროპორციულია

$$\Delta Q_x = 3I^2X = 3I^2x_0 \cdot L$$

აქედან გამომდინარე ხაზით გადასაცემი სიმძლავრის გარკვეულ მნიშვნელობაზე შეიძლება აღმოჩნდეს, რომ რეაქტიულ წინალობაში რეაქტიული სიმძლავრის დანაკარგები გაკომპენსირდეს ხაზის მიერ გენერირებულ რეაქტიული სიმძლავრით

$$\Delta Q_x = \Delta Q_c$$

ანუ

$$3I^2 x_0 L = 3U_0^2 b_0 L . \quad (2.28)$$

თუ ამ დროს ხაზით გადაიცემა მხოლოდ აქტიური სიმძლავრე ($\cos\varphi = 1$)

$$P = 3U_0 I, \quad (2.29)$$

მაშინ ხაზში იქნება აქტიური სიმძლავრის მინიმალური დანაკარგები. ხაზის მუშაობის ამ რეჟიმს ნატურალური სიმძლავრით მუშაობას უწოდებენ და $P = P_{\text{ნატ}}$.

(2.28) და (2.29) გამოსახულებების დახმარებით დაავადგენთ ნატურალური სიმძლავრის მნიშვნელობას

$$P_{\text{ნატ}} = U^2 / \sqrt{x_0 / b_0} \quad (2.30)$$

ანუ (2.18) და (2.24) გამოსახულებათა გათვალისწინებით

$$P_{\text{ნატ}} = U^2 / \sqrt{L_0 / C_0} . \text{ მგვტ}$$

სიდიდეს

$$Z_c = \sqrt{L_0 / C_0} \quad (2.31)$$

ხაზის ტალღურ წინალობას უწოდებენ.

მოცემული ხაზით ნატურალურ სიმძლავრეზე მეტი სიმძლავრის გადაცემისას ხაზში იზრდება აქტიური სიმძლავრის დანაკარგები, მცირდება ძაბვა მიმღებ ქვესადგურის სალტებზე. უფრო ნაკლები სიმძლავრის გადაცემისას კი მოსალოდნელია მიმღები ან გადამცემი ქვესადგურის სალტებზე ძაბვის მკვეთრი ამაღლება (განსაკუთრებით ზემალაღი ძაბვის ხაზების შემთხვევაში).

ეკონომიკური მოსაზრებებით მიჩნეულია, რომ 110 – 220 კვ-მდე (ჩათვლით) და, შედარებით, მოკლე 330 კვ ძაბვის ხაზები მუშაობდეს ნატურალურ სიმძლავრეზე მეტი დატვირთვის რეჟიმში, ხოლო უფრო მაღალი ძაბვის ხაზები კი ნატურალური ან მასზე ნაკლები დატვირთვის რეჟიმში.

სხვადასხვა ნომინალური ძაბვის ზოგიერთი ხაზის მახასიათებელი პარამეტრები მოცემულია ქვემოთ ცხრილში (ცხრ. 2.8).

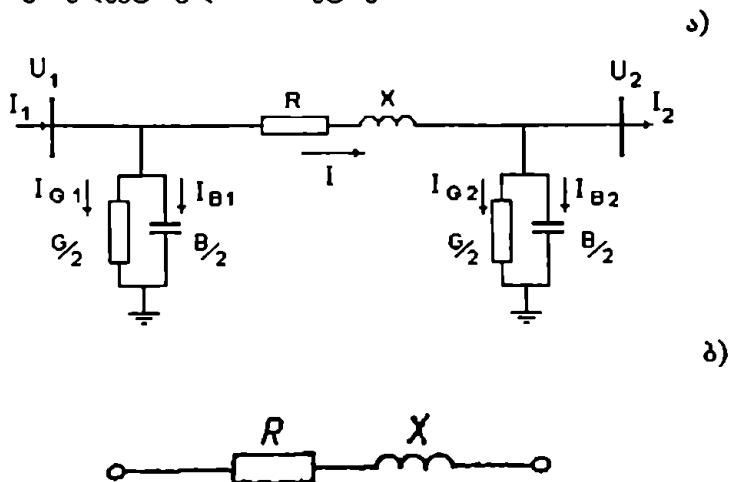
ცხრილი 2.8 სხვადასხვა ძაბვის ხაზის მახასიათებელი პარამეტრები

ნომინალური ძაბვა, კვ	110	220	330	500	750
სადენის რაოდენობა ფაზაში	1	1	2	3	4
ფაზებს შორის საშუალო გეომეტრიული მანძილი, მ	3,5	6,0	8,0	12,0	15,0
სადენის მარკა	AC-70/11	AC-240/32	AC-300/39	AC-330/43	AC-400/93
სადენის რადიუსი, სმ	0,57	1,08	1,20	1,26	1,46
გახლეწილი ფაზის ეკვივალენტური რადიუსი, სმ			6,93	12,63	19,09
1 კმ ხაზის ელ. პარამეტრები					
r_0 , ომი/კმ	0,457	0,133	0,053	0,032	0,020
x_0 , ომი/კმ	0,417	0,411	0,305	0,290	0,277
$g_0 \cdot 10^{-6}$, სიმ/კმ	0,021	0,04	0,04	0,031	0,036
$b_0 \cdot 10^{-6}$, სიმ/კმ	2,72	2,76	3,68	3,83	4,00
ტალღური წინაღობა Z_c , ომი	391,5	385,9	287,9	275,2	263,2
ნატურალური სიმძლავრე $P_{ნატ. მგეტ}$	30,9	125,4	378,3	908,5	2137,5

თავი 3. საჯაგრო საზების რეჟიმის პარამეტრები

3.1 საზის ჩანაცვლების სქემა

საზის ელექტრული პარამეტრები (R , X , G , B) თანაბრად განაწილებულია მთელ მის სიგრძეზე, რაც შეიძლება გათვალისწინებულ იქნეს ჰიპერბოლური ფუნქციებით გამოსახულ გადაცემის განტოლებებში. 300 კმ-მდე სიგრძის საზებისთვის შეგვიძლია ვისარგებლოთ უფრო გამარტივებული მათემატიკური მოდელით, სადაც საზი განიხილება როგორც შეწყურსულ პარამეტრებიანი. ამ მოდელის მიხედვით საზი წარმოდგენილია Π -სებური ჩანაცვლების სქემის სახით (ნახ. 3.1ა), სადაც სქემის თავსა და ბოლოში ჩართულია საზის განივი ელექტრული პარამეტრები.



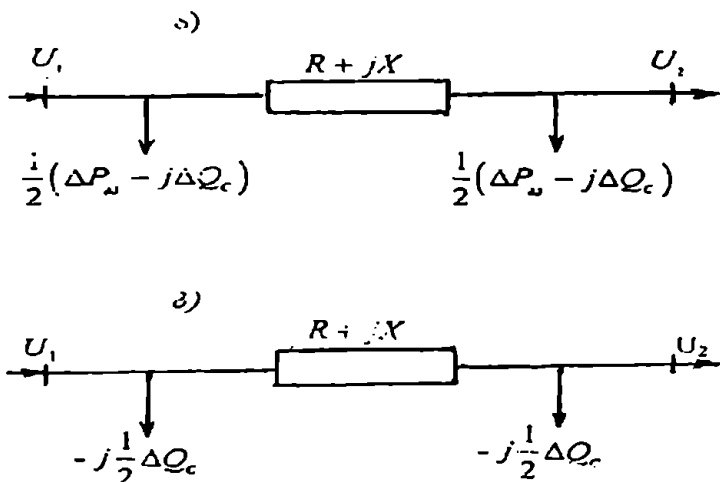
ნახ. 3.1 საზის ჩანაცვლების სქემა: ა)-110 კვ და მეტი ძაბვის;
ბ)-35 კვ-მდე (ჩათვლით) ძაბვის

35 კვ-მდე (ჩათვლით) საზები ხასიათდებიან გადაცემის შედარებით მცირე სიგრძით. დაბალი ნომინალური ძაბვისა და საზის სიგრძის სიმცირის გამო საზის მიერ გენერირებული რეაქტიული სიმძლავრე ძალიან მცირეა (ცხრ. 2.7) და საზის მუშაობის რეჟიმის პარამეტრებზე იგი პრაქტიკულად ვერ ახდენს რაიმე გავლენას. ამი-

ტომ ამ ხაზების რეჟიმის პარამეტრების ანგარიშების დროს განივ გამტარობებს (G, B) მხედველობაში არ ღებულობენ და ხაზისთვის სარგებლობენ გამარტივებული მათემატიკური მოდელით, სადაც ხაზი წარმოდგენილია მხოლოდ გრძივი (R, X) პარამეტრებით (ნახ. 3.1ბ).

110 კვ და მეტი ძაბვის ხაზების სიგრძე საკმარისად დიდია. მაღალი ნომინალური ძაბვისა და ხაზის შედარებით დიდი სიგრძის გამო ხაზის მიერ გენერირებული რეაქტიული სიმძლავრე მნიშვნელოვან სიდიდეს აღწევს, განსაკუთრებით, 330 კვ და მეტი ძაბვისას. გენერირებული რეაქტიული სიმძლავრის გაანგარიშებისას შეიძლება ვისარგებლოთ ძაბვის ნომინალური მნიშვნელობით. ამ დაშვების საფუძველზე ხაზის ჩანაცვლების სქემა შეიძლება წარმოვიდგინოთ 3.2ა ნახაზზე ნაჩვენები სახით, სადაც

$$\Delta P_{\text{გვ}} = U_{\text{ნ}}^2 G \quad \text{და} \quad \Delta Q_{\text{ც}} = U_{\text{ნ}}^2 B \quad (3.1)$$



ნახ. 3.2 ხაზის Π -სებური გამარტივებული ჩანაცვლების სქემები:
 ა- $\Delta p_{\text{გვ}} \neq 0$; ბ- $\Delta p_{\text{გვ}} = 0$

იმ შემთხვევაში, როცა ხაზზე სადენები შერჩეულია საერთო გვირგვინის მოვლენის თავიდან აცილების პირობით, მაშინ $G = 0$ და ხაზის ჩანაცვლების Π -სებურ სქემას ექნება 3.2ბ ნახაზზე ნაჩვენები სახე.

ხაზის R და X გრძივ წინაღობებს და G და B განივ გამტარობებს ჩაწერენ კომპლექსურ სახეში

$$\begin{aligned}\underline{Z} &= z_0 L = (r_0 + j x_0) L = R + j X \quad \text{და} \\ \underline{Y} &= y_0 L = (g_0 + j b_0) L = G + j B\end{aligned}\quad (3.2)$$

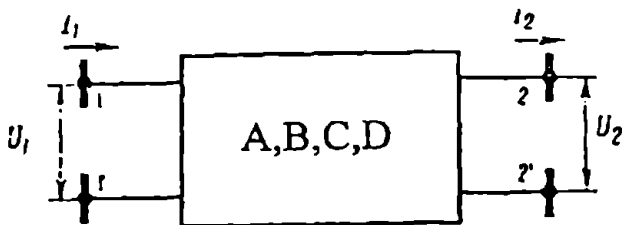
სადაც $z_0, y_0 - 1$ კმ სიგრძის ხაზის გრძივი და განივი კომპლექსური პარამეტრები.

3.2 ელექტროგადაცემის ხაზის რეჟიმის ანგარიში

მრავალ ელექტროტექნიკურ მოწყობილობას, რომელიც ემსახურება სიგნალის ან ენერგიის გადაცემას, გააჩნია ორი შესავალი და ორი გამოსავალი მომჭერი. ასეთ მოწყობილობას ოთხპოლუსას უწოდებენ. თუ ოთხპოლუსას გააჩნია ენერგიის შიგა წყარო, მაშინ ის აქტიურ ოთხპოლუსას წარმოადგენს, წინააღმდეგ შემთხვევაში გვაქვს პასიური ოთხპოლუსა.

ელექტროგადაცემის ხაზი პასიური ოთხპოლუსაა, რომელსაც გააჩნია $1,1^1$ შესავალი და $2,2^1$ გამოსავალი მომჭერები (ნახ. 3.3). ამ ოთხპოლუსას შესავალ პარამეტრებს წარმოადგენს $\underline{U}_1$ ძაბვა და $\underline{I}_1$ დენი, ხოლო გამოსავალ პარამეტრებს კი $\underline{U}_2$ ძაბვა და $\underline{I}_2$ დენი. ეს პარამეტრები ზოგადად კომპლექსური სიდიდეებია. კომპლექსურს წარმოადგენს აგრეთვე თვით ოთხპოლუსას შიგა ელექტრული პარამეტრებიც: წინაღობა $\underline{Z}$ და გამტარობა $\underline{Y}$.

ოთხპოლუსას, როგორც ენერგიის გადაცემის მოწყობილობას, შეესაბამება დენების მიმართულებები, რომლებიც აღნიშნულია 3.3 ნახაზზე. იგი შედგება რამდენიმე დამოუკიდებელი კონტურისაგან. პირველი კონტური მოიცავს ენერგიის წყაროს და $1,1^1$ შესავალ მომჭერებს, ხოლო მეორე კონტური მოიცავს $2,2^1$ მომჭერებს და ენერგიის მიმღებს. დანარჩენი დამოუკიდებელი კონტურები მოთავსებულია ოთხპოლუსას შიგნით.



ნახ.3.3. ოთხპოლუსას ზოგადი სქემა

განტოლებათა სისტემა, რომელიც კავშირს ამყარებს ოთხპოლუსას შესავალ $\underline{U}_1$, $\underline{I}_1$ და გამოსავალ $\underline{U}_2$, $\underline{I}_2$ სიდიდეებს შორის ოთხპოლუსას განტოლებებს უწოდებენ.

$$\left. \begin{aligned} \underline{U}_1 &= \underline{A} \underline{U}_2 + \sqrt{3} \underline{B} \underline{I}_2, \\ \underline{I}_1 &= \underline{C} (\underline{U}_2 / \sqrt{3}) + \underline{D} \underline{I}_2, \end{aligned} \right\} \quad (3.3)$$

სადაც $\underline{U}_1$, $\underline{U}_2$ – ხაზური ძაბვები ხაზის თავსა და ბოლოში, კვ;

$\underline{I}_1$, $\underline{I}_2$ – ფაზური დენი, კა;

$\underline{A}$, $\underline{B}$, $\underline{C}$, $\underline{D}$ – ოთხპოლუსას განზოგადოებული პარამეტრები. ამასთან $\underline{A}$ და $\underline{D}$ პარამეტრებს არ გააჩნიათ განზომილება, $\underline{B}$ პარამეტრს აქვს წინააღობის განზომილება, ხოლო $\underline{C}$ – ს კი – გამტარობის.

ნებისმიერი ოთხპოლუსას პარამეტრებისთვის სამართლიანია შემდეგი ტოლობა

$$\underline{A} \underline{D} - \underline{B} \underline{C} = 1. \quad (3.4)$$

სიმეტრიული ოთხპოლუსას შემთხვევაში ადგილი აქვს ტოლობას $\underline{A} = \underline{D}$. როცა ელექტროგადაცემის ხაზს წარმოვადგენთ Π -სებური სიმეტრიული სქემის სახით (ნახ. 3.1), მაშინ მისი, როგორც ოთხპოლუსას განზოგადოებული პარამეტრები განისაზღვრება $\underline{Z}$, $\underline{Y}$ ელექტრული პარამეტრებით შემდეგნაირად:

$$\left. \begin{aligned} \underline{A} = \underline{D} &= 1 + \underline{Z} \underline{Y} / 2, \\ \underline{B} &= \underline{Z} \\ \underline{C} &= \underline{Y} (1 + \underline{Z} \underline{Y} / 4) \end{aligned} \right\} \quad (3.5)$$

220 კვ-ზე ძაბვის შედარებით მოკლე ($L < 150$ კმ) ხაზებისთვის დასაშვებია მივიღოთ

$$\underline{A} = \underline{D} = 1, \underline{B} = \underline{Z} \text{ და } \underline{C} = \underline{Y}. \quad (3.6)$$

ამ შემთხვევაში ცდომილება ანგარიშებაში არ აღემატება 1%-ს.

(3.3) განტოლებათა სისტემა შეიძლება ჩაეწეროს აგრეთვე სახეში

$$\left. \begin{aligned} \underline{U}_2 &= \underline{D} \underline{U}_1 - \sqrt{3} \underline{B} \underline{I}_1, \\ \underline{I}_2 &= \underline{A} \underline{I}_1 - \underline{C} \underline{U}_1 / \sqrt{3} \end{aligned} \right\} \quad (3.7)$$

თუ (3.3) და (3.7) განტოლებათა სისტემაში ფაზური დენების მნიშვნელობებს შევცვლით შესაბამის სიმძლავრით

$$\left. \begin{aligned} \underline{I}_1 &= \underline{S}_1^* / \sqrt{3} \underline{U}_1^* \\ \underline{I}_2 &= \underline{S}_2^* / \sqrt{3} \underline{U}_2^* \end{aligned} \right\} \quad (3.8)$$

მაშინ ელექტროგადაცემის განტოლებისთვის გვექნება

$$\left. \begin{aligned} \underline{U}_1 &= \underline{A} \underline{U}_2 + \underline{B} \cdot \underline{S}_2^* / \underline{U}_2^* \\ \underline{S}_1 &= \underline{C}^* \underline{U}_1 \underline{U}_2^* + \underline{D}^* \underline{S}_2 \underline{U}_1 / \underline{U}_2 \end{aligned} \right\} \quad (3.9)$$

და

$$\left. \begin{aligned} \underline{U}_2 &= \underline{D} \underline{U}_1 - \underline{B} \cdot \underline{S}_1^* / \underline{U}_1^* \\ \underline{S}_2 &= \underline{A}^* \underline{S}_1 \cdot (\underline{U}_2 / \underline{U}_1) - \underline{C}^* \underline{U}_1^* \underline{U}_2 \end{aligned} \right\} \quad (3.10)$$

მიღებულ განტოლებათა სისტემები შეიცავს ხაზის რეჟიმის ოთხ პარამეტრს ($\underline{S}_1$, $\underline{U}_1$, $\underline{S}_2$ და $\underline{U}_2$). მათ რომ ცალსახა ამოხსნა გააჩნდეს აუცილებელია აღნიშნული ოთხი პარამეტრიდან ცნობილი (მოცემული) უნდა იყოს რომელიმე ორი. იმისდა მიხედვით, თუ რეჟიმის რომელი ორი პარამეტრი იქნება მოცემული, გვექნება ხაზის მუშაობის რეჟიმის პარამეტრების ანგარიშის ოთხი სხვადასხვა სახის ამოცანა:

1. მოცემულია ძაბვა და დატვირთვის სიმძლავრე ხაზის ბოლოში - $\underline{U}_2$, $\underline{S}_2$. უნდა განისაზღვროს ძაბვა და გადასაცემი სიმძლავრე ხაზის თავში - $\underline{U}_1$, $\underline{S}_1$. ამ ამოცანის ამოხსნა მარტივად შეიძლება (3.9) განტოლებათა სისტემის დახმარებით;

2. მოცემულია ძაბვა და გადასაცემი სიმძლავრე ხაზის თავში - $\underline{U}_1$, $\underline{S}_1$. უნდა განისაზღვროს ძაბვა და დატვირთვის სიმძლავრე ხაზის ბოლოში - $\underline{U}_2$, $\underline{S}_2$. ეს ამოცანაც მარტივად ამოიხსნება (3.10) განტოლებათა სისტემის გამოყენებით;

3. მოცემულია ძაბვა ხაზის თავში და დატვირთვის სიმძლავრე ბოლოში - $\underline{U}_1$, $\underline{S}_1$. უნდა განისაზღვროს ძაბვა ხაზის ბოლოში და გადასაცემი სიმძლავრე თავში - $\underline{U}_2$, $\underline{S}_1$. ამ შემთხვევაში (3.9) განტოლებათა სისტემა წარმოადგენს არაწრფივ სისტემას და მისი ამოხსნისთვის მიზანშეწონილია ვისარგებლოთ ამოხსნის იტერაციული მეთოდით. კერძოდ, (3.9) სისტემის პირველი განტოლებიდან

$$\underline{U}_2^{(0)} = (1/A) (\underline{U}_1 - B \cdot \underline{S}_2^* / (\underline{U}_2^{(-1)})^*) \quad (3.11)$$

აქ $\underline{U}_2^{(-1)}$ და $\underline{U}_2^{(0)}$ - ხაზის ბოლოში ძაბვის მნიშვნელობა (-1) და (0) იტერაციის საფეხურზე შესაბამისად.

$\underline{U}_2$ ძაბვის ნულოვან მიახლოებად მივიღოთ $\underline{U}_2 = U_N$ და გამოვთვალოთ $\underline{U}_2^{(1)}$, $\underline{U}_2^{(2)}$, მნიშვნელობები. იტერაციული პროცესი გაეგგრძელოთ ამონახსნის სასურველი სიზუსტის მიღწევამდე.

ვიცით, რა $\underline{U}_2$, (3.9) სისტემის მეორე განტოლებით განვსაზღვრავთ გადასაცემი სიმძლავრის მნიშვნელობას - $\underline{S}_1$.

4. მოცემულია ძაბვა ხაზის ბოლოში და გადასაცემი სიმძლავრე თავში - $\underline{U}_2$, $\underline{S}_1$. უნდა განისაზღვროს ძაბვა ხაზის თავში და დატვირთვის სიმძლავრე ბოლოში - $\underline{U}_1$, $\underline{S}_2$. ამ შემთხვევაშიც საკმე გვაქვს არაწრფივ განტოლებათა სისტემასთან (3.10), რომელსაც ამოვხსნით ისევ იტერაციული მეთოდის გამოყენებით.

(3.10) სისტემის პირველი განტოლებიდან ვწერთ

$$\underline{U}_1^{(0)} = (1/D) \cdot (\underline{U}_2 + B \underline{S}_1^* / (\underline{U}_1^{(-1)})^*) \quad (3.12)$$

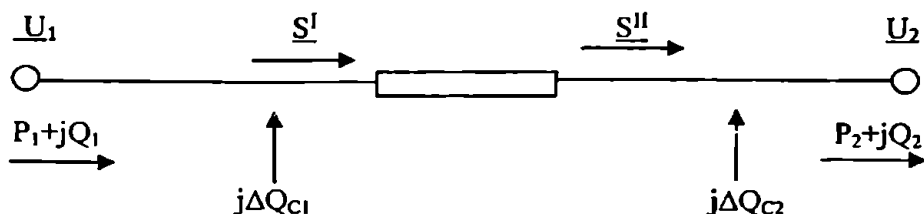
$\underline{U}_1$ ძაბვის ნულოვან მიახლოებად მივიღებთ $\underline{U}_1 = U_N$ და იტერაციული პროცესის სასურველ სიზუსტემდე დასრულების შემდეგ (3.10) სისტემის მეორე განტოლებით განვსაზღვრავთ სიმძლავრეს - $\underline{S}_2$.

220 კვ-მდე (ჩათვლით) ელექტროგადამცემის ხაზის რეჟიმის პარამეტრების ანგარიში უფრო პრაქტიკული და მოხერხებულია ჩავატაროთ $P_2 + jQ_2$ დატვირთვისა და მიმღების $\underline{U}_2$ ძაბვის მიხედვით.

ვისარგებლოთ 3.2ბ ნახაზზე წარმოდგენილი ჩანაცვლების სქემით. ხაზის განივ გამტარობაში გენერირებული რეაქტიული სიმძლავრე განისაზღვრება შესაბამისი ძაბვებით (ნახ. 3.4)

$$\Delta Q_{C1} = \underline{U}_1^2 \cdot (B/2) \quad \text{და} \quad \Delta Q_{C2} = \underline{U}_2^2 (B/2) ,$$

სადაც $\underline{U}_2$ ძაბვა მოცემულია, ხოლო $\underline{U}_1$ კი ექვემდებარება განსაზღვრას.



ნახ. 3.4 ელექტროგადაცემის რეჟიმის პარამეტრების ანგარიშისათვის

ცნობილი $\underline{U}_2$ ძაბვის მიხედვით ვიპოვიტ

$$\Delta Q_{C2} = \underline{U}_2^2 (B/2)$$

და შემდეგ განვსაზღვრავთ

$$\underline{S}^{II} = P^{II} + jQ^{II} = P_2 + j(Q_2 - \Delta Q_{C2}),$$

რომელიც ხაზში გამოიწვევს სიმძლავრისა და ძაბვის დანაკარგებს:
სიმძლავრის დანაკარგები

$$\Delta P_R = ((P^{II})^2 + (Q^{II})^2) \cdot R / \underline{U}_2^2 ; \quad \Delta Q_X = ((P^{II})^2 + (Q^{II})^2) \cdot X / \underline{U}_2^2 ;$$

ძაბვის გრძივი და განივი შემდგენები

$$\Delta U = (P^{II}R + Q^{II}X) / \underline{U}_2 ; \quad \delta U = (P^{II}X + Q^{II}R) / \underline{U}_2 .$$

ამ სიდიდეთა დახმარებით დავადგენთ $\underline{S}^I = P^I + jQ^I$ სიმძლავრესა და $\underline{U}_1$ ძაბვას:

$$\underline{S}^I = P^I + jQ^I = P^{II} + \Delta P_R + j(Q^{II} + \Delta Q_X);$$

და

$$\underline{U}_1 = \underline{U}_2 + \Delta U + j\delta U \quad \text{ანუ} \quad \underline{U}_1 = \sqrt{(\underline{U}_2 + \Delta U)^2 + \delta U^2}.$$

$\underline{U}_1$ ძაბვის მიხედვით ვიპოვიტ ΔQ_{C1} -ს

$$\Delta Q_{C1} = \underline{U}_1^2 (B/2)$$

და განვსაზღვრავთ ხაზში შემაჯალ სიმძლავრეს

$$\underline{S}_1 = P_1 + jQ_1 = P^I + j(Q^I - \Delta Q_{C1}) .$$

3.3 შორ მანძილზე ენერგიის გადაცემის თავისებურებანი

ელექტროენერგეტიკა ვითარდება მსხვილი ენერგეტიკული გაერთიანებების შექმნის გზით. ამჟამად ექსპლუატაციაში შესულია მძლავრი ელექტრული სადგურები, რომელთა სიმძლავრის გადაცემას ესაჭიროება მაღალი გამტარუნარიანობის მქონე ელექტროგადაცემის ხაზები. სხვადასხვა ქვეყნის ენერგოსისტემებს შორის იქმნება სისტემათაშორისი კავშირები. რიგ შემთხვევაში დიდი სიმძლავრის გადაცემა წარმოებს თვით სისტემის ცალკეულ რეგიონებს შორის.

განასხვავებენ სუსტ და ძლიერ სისტემათაშორის კავშირებს, რომელთა სიგრძე, ცალკეულ შემთხვევაში, აღწევს 1000 კმ-ს და მეტს. სუსტი სისტემათაშორისი კავშირის საშუალებით გადაეცემა შედარებით მცირე სიმძლავრე, რაც საკმარისია მიმღებ ელექტროსისტემაში პიკური დატვირთვის დასაფარავად და სიხშირისა და ძაბვის რეგულირებისთვის. ძლიერი კავშირით გადაცემული სიმძლავრე მიმღები სისტემის დატვირთვის მნიშვნელოვან ნაწილს შეადგენს. ყველა ამ შემთხვევაში საქმე გვაქვს დიდი სიმძლავრის შორ მანძილზე გადაცემის პრობლემურ საკითხებთან.

ელექტროენერგიის დანაკარგების შემცირების მიზნით შორ მანძილზე დიდი სიმძლავრის გადაცემისას ტექნიკურ-ეკონომიკური თვალსაზრისით მიზანშეწონილია ზემაღალი ნომინალური ძაბვის (330 კვ და მეტი) გამოყენება. ასეთი ძაბვის გამოყენება, რიგ შემთხვევებში, მიზანშეწონილია აგრეთვე, დიდი სიმძლავრის მოკლე მანძილზე გადაცემის დროსაც კი.

მძლავრი ელექტრული სადგურიდან ზემაღალი ძაბვის ხაზებით ელექტროენერგიის გადაცემის მიზანშეწონილობა დადგენილი უნდა იქნეს შემდეგი ორი ვარიანტის ტექნიკურ-ეკონომიკური შედარების საფუძველზე:

ა) იაფი პირველადი ენერგორესურსის (სათბობის) მახლობლობაში ელექტროსადგურის მშენებლობა და შორ მანძილზე მდებარე მომხმარებელამდე ელექტრული ენერგიის გადაცემა ზემაღალი ძაბვის ხაზით;

ბ) სათბობის ტრანსპორტირება და ელექტროსადგურის მშენებლობა მომხმარებელთან ახლოს.

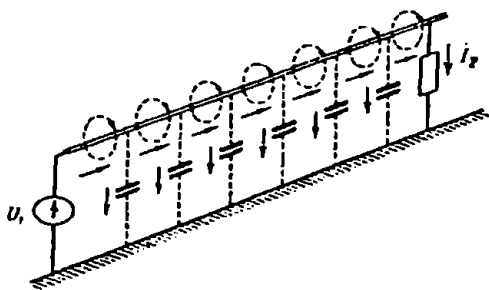
ამ ვარიანტთა შედარებისას მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული არამარტო ენერგობიექტების მშენებლობის ეკონომიკური მაჩვენებლები, არამედ ეკოლოგიის საკითხები, როგორც მშენებლობის რეგიონებში, ასევე ელექტროენერგიის ან სათბობის ტრანსპორტირების მთელ მანძილზე.

რიგ შემთხვევაში ზემოაღნიშნული ძაბვის მძლავრი ელექტროგადაცემის ხაზის მშენებლობის განხორციელება განპირობებულია ამ ხაზით დაკავშირებული ენერგოსისტემების მდგრადი მუშაობის უზრუნველყოფის მიზნით.

ზემოაღნიშნული ძაბვის ხაზები გამოირჩევიან მთელი რიგი თავისებურებებით, რაც გათვალისწინებული უნდა იქნეს რეჟიმის პარამეტრების ანგარიშისას: ა) ხაზის მთელს სიგრძეზე ხაზის ელექტრული პარამეტრების თანაბარგანაწილებულობა და ენერგიის გადაცემის ტალღური პროცესი; ბ) ხაზის მუშაობის რეჟიმისა და გადასაცემი სიმძლავრის მართვის მიზნით სპეციალური ღონისძიებებისა და მოწყობილობების გამოყენება; გ) შინაგანი გადამეტაბვის ჯერადობის შეზღუდვის სპეციალური დამცავი მოწყობილობების გამოყენება; დ) ფაზის რამდენიმე სადენად გახლეჩა, რაც მკვეთრად ზრდის ფაზის წონას და ამკაცრებს მოთხოვნებს ხაზის მექანიკური სიმტკიცისა და მდგრადობის მიმართ.

საპაერო ელექტროგადაცემის ხაზით ელექტრული ენერგიის გადაცემა წარმოადგენს სადენებსა და მის გარშემო არსებულ დიელექტრიკებში ელექტრომაგნიტური ველის გავრცელების პროცესს. ცვლადი ძაბვის მოქმედებით ხაზის ნებისმიერ მცირე მონაკვეთზე გვაქვს ცვლადი ელექტრული ველი, რომელიც სადენის გარშემო არსებულ დიელექტრიკში წარმოქმნის ტევადური ხასიათის წანაცვლების დენს. ეს დენი, დაედება რა ხაზში გამავალ დატვირთვის დენს, იწვევს ამ უკანასკნელის ამპლიტუდის ცვლილებას. აქედან გამომდინარე ხაზის გასწვრივ იცვლება მაგნიტური ველის დამაბულობის ამპლიტუდა, რის გამოც ხაზის ცალკეულ ელემენტებში წარმოიქმნება სხვადასხვა სიდიდის თვით- და ურთიერთინდუქციის ემ ძალა, რაც განაპირობებს ხაზის გასწვრივ ძაბვის ცვლილების რთულ ხასიათს. ეს კიდევ თავის მხრივ იწვევს წანაცვლების დენის ამპლიტუდის ცვლილებას. ერთსადენიანი საპაერო ხაზის გასწვრივ ელექტრომაგნი-

ტური ველის ელემენტების პირობითი სურათი წარმოდგენილია 3.5 ნახაზზე.



ნახ. 3.5 ერთსადენიანი საჰაერო ხაზის ელექტრომაგნიტური ველის პირობითი სურათი

წანაცვლების დენის სიდიდე ხაზის ცალკეულ მცირე მონაკვეთზე დამოკიდებულია ერთის მხრივ ხაზის გარშემო არსებული გარემოს (ჰაერის) დიელექტრიკულ თვისებებზე და მეორეს მხრივ, ფაზებსა და ფაზასა და მიწას შორის პოტენციალთა სხვაობაზე. ზემადალი ძაბვის ხაზებზე ეს დენები საკმარისად დიდ მნიშვნელობებს აღწევს.

აღნიშნულიდან გამომდინარე გრძელი ხაზის მუშაობის რეჟიმის პარამეტრების ანალიზისთვის აუცილებელია მხედველობაში იქნეს მიღებული ხაზის ელექტრულ პარამეტრთა თანაბრადგანაწილებულობა.

ზემადალი ძაბვის ხაზების აღნიშნული თავისებურებების გათვალისწინებით მათი განზოგადოებული მუდმივები უნდა წარმოვადგინოთ ჰიპერბოლური ფუნქციებით:

$$\underline{A} = \underline{D} = ch \underline{x}_0 L \quad (3.13)$$

$$\underline{B} = \underline{Z}_C \cdot sh \underline{x}_0 L \quad (3.14)$$

$$\underline{C} = (1/\underline{Z}_C) \cdot sh \underline{x}_0 L \quad (3.15)$$

აქ:

$$\underline{Z}_C = \sqrt{\underline{Z}_0 / \underline{Y}_0}, \text{ ომი} \quad (3.16)$$

ხაზის ტალღური წინაღობა;

$$\underline{x}_0 = \sqrt{\underline{z}_0 \cdot \underline{y}_0} = \beta_0 + j\alpha_0, \quad 1/\text{კმ} \quad (3.17)$$

ტალლის გავრცელების კოეფიციენტი: β_0 -ტალლის ქრობის კოეფიციენტი, $1/\text{კმ}$; α_0 -ფაზური კოეფიციენტი, რად/კმ.

3.4 გრძელი ხაზის გადაცემის განტოლებები და რეჟიმის პარამეტრების ანგარიში

ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრული პარამეტრების თანაბრად განაწილებულობის გათვალისწინებით, როცა მოცემულია რეჟიმის პარამეტრები ხაზის თავში $\underline{U}_1$ და $\underline{I}_1$, ხაზის ბოლოში ძაბვა და დენი (3.7) და (3.13)-(3.15) გამოსახულებათა თანახმად განისაზღვრება ფორმულებით:

$$\left. \begin{aligned} \underline{U}_2 &= \underline{U}_1 \operatorname{ch} \underline{x}_0 L - \sqrt{3} \underline{I}_1 \underline{Z}_c \cdot \operatorname{sh} \underline{x}_0 L \\ \underline{I}_2 &= \underline{I}_1 \operatorname{ch} \underline{x}_0 L - (\underline{U}_1 / \sqrt{3} \underline{Z}_c) \operatorname{sh} \underline{x}_0 L \end{aligned} \right\} \quad (3.18)$$

ხოლო, როცა მოცემულია ხაზის ბოლოს პარამეტრები $\underline{U}_2$ და $\underline{I}_2$, მაშინ ხაზის თავის რეჟიმის პარამეტრები იქნება:

$$\left. \begin{aligned} \underline{U}_1 &= \underline{U}_2 \operatorname{ch} \underline{x}_0 L + \sqrt{3} \underline{I}_2 \underline{Z}_c \cdot \operatorname{sh} \underline{x}_0 L \\ \underline{I}_1 &= (\underline{U}_2 / \sqrt{3} \underline{Z}_c) \cdot \operatorname{sh} \underline{x}_0 L + \underline{I}_2 \operatorname{ch} \underline{x}_0 L \end{aligned} \right\} \quad (3.19)$$

ხაზის რეჟიმის პარამეტრების ანგარიშისას უფრო პრაქტიკულია გადასაცემი განტოლებები ჩაწერილ იქნეს დატვირთვის სიმძლავრის მიხედვით. ამისათვის დატვირთვის დენი $\underline{I}_2$ გამოვსახოთ $\underline{S}_2 = P_2 + jQ_2$ დატვირთვის სიმძლავრითა და $\underline{U}_2 = U_2$ ძაბვით (გამოსახულება 3.8)

$$\underline{I}_2 = (P_2 - jQ_2) / \sqrt{3} \underline{U}_2,$$

რომლის (3.19) - ში ჩასმით მივიღებთ

$$\left. \begin{aligned} \underline{U}_1 &= U_2 [\operatorname{ch} \underline{x}_0 L + (P_2 - jQ_2) \cdot (\underline{Z}_c / U_2^2) \cdot \operatorname{sh} \underline{x}_0 L] \\ \underline{I}_1 &= (\underline{U}_2 / \sqrt{3} \underline{Z}_c) \cdot [\operatorname{sh} \underline{x}_0 L + (P_2 - jQ_2) \cdot (\underline{Z}_c / U_2^2) \cdot \operatorname{ch} \underline{x}_0 L] \end{aligned} \right\} \quad (3.20)$$

და შესაბამისად ხაზის თავში სიმძლავრე იქნება

$$\underline{S}_1 = \sqrt{3} \underline{U}_1 \cdot \underline{I}_1^* . \quad (3.21)$$

როცა მოცემულია ხაზის თავის რეჟიმის პარამეტრები U_1 , P_1 და Q_1 , მაშინ ბოლოს პარამეტრები განისაზღვრება (3.18) გამოსახულებებით, სადაც $\underline{I}_1$ დენი დადგენილი იქნება (3.21) გამოსახულების მიხედვით

$$\underline{I}_1 = \underline{S}_1^* / \sqrt{3} \underline{U}_1 = (P_1 - jQ_1) / \sqrt{3} \underline{U}_1 .$$

აქ U_1 ძაბვის ვექტორი მიმართულია ნამდვილი ღერძის გასწვრივ. ვიცით რა $\underline{U}_2$ და $\underline{I}_2$, ვიპოვიტ

$$\underline{S}_2 = \sqrt{3} \underline{U}_2 \underline{I}_2^* = P_2 + jQ_2 . \quad (3.22)$$

ანგარიშების დროს კომპლექსური არგუმენტის ჰიპერბოლურ ტრიგონომეტრიულ ფუქციებს წარმოადგენენ ნამდვილი არგუმენტის ტრიგონომეტრიული ფუნქციების სახით:

$$\operatorname{sh}(x + jy) = \operatorname{sh} x \cos y + j \operatorname{ch} x \sin y$$

$$\operatorname{ch}(x + jy) = \operatorname{ch} x \cos y + j \operatorname{sh} x \sin y$$

3.5 გრძელი ხაზის კუთხური მახასიათებლები და რეჟიმის პარამეტრების გაანგარიშების ალგორითმი

გრძელი ელექტროგადაცემის ხაზი ერთმანეთთან აკავშირებს ორ მძლავრ ელექტროსისტემას ან მძლავრ ელექტროსადგურს მძლავრ ელექტროსისტემასთან. ორივე ამ შემთხვევაში ხაზის ორივე ბოლოში არსებობს ელექტრომამოძრავებელი ძალის წყაროები. ასეთ შემთხვევაში ხაზის მუშაობის რეჟიმის პარამეტრების საანგარიშოდ მიზანშეწონილია გადასაცემი სიმძლავრის საანგარიშო გამოსახულება გამოვსახოთ ხაზის ბოლოებში მოცემული ძაბვების მიხედვით.

ხაზის მუშაობის ნებისმიერი რეჟიმის დამახასიათებელი პარამეტრებია აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრეები ხაზის ბოლოსა და თავში (P_1 , P_2 , Q_1 , Q_2), ძაბვები ამავე ბოლოებში (U_1 , U_2) და ძერის კუთხე ამ ძაბვებს შორის (δ). მნიშვნელოვნად გრძელი ხაზების შემთხვევაში ხაზის მუშაობის უსაფრთხოების პირობების უზრუნველყო-

ფის მიზნით აუცილებელი ზდება დადგენილ იქნეს ძაბვის მნიშვნელობები მის შუალედურ წერტილებშიც.

ნებისმიერი პარამეტრის სიდიდე ტექნიკურად დასაშვები და ეკონომიკურად მიზანშეწონილი უნდა იყოს. მაშასადამე ელქტროგადამცემის რეჟიმის ანგარიში ტექნიკურ-ეკონომიკური ხასიათის ამოცანას წარმოადგენს.

ხაზის რეჟიმის გაანგარიშებისას ზშირად წინასწარ ცნობილია P_2 , U_1 და U_2 პარამეტრები. ასეთი სახის საწყისი ინფორმაციის არსებობა განპირობებულია იმით, რომ: 1) P_2 სიმძლავრე ნაკარნახევია მიმღებ სისტემაში აქტიური სიმძლავრის ბალანსის პირობით; 2) ხაზის თავში ძაბვის სიდიდე U_1 შეზღუდულია ხანგრძლივად დასაშვები მაქსიმალური მნიშვნელობით და ამასთან მისი სიდიდე განაპირობებს გადაცემა სისტემის მუშაობის პირობებს; 3) ხაზის ბოლოში ძაბვა U_2 განსაზღვრულია მიმღები სისტემის მუშაობის პირობებით. აღნიშნულის გამო, გადაცემის განტოლებებიდან გამომდინარე, ხაზის ბოლოებში რეაქტიული სიმძლავრის სიდიდე და მიმართულება ფაქტიურად განსაზღვრულია. ამ სიმძლავრეთა გადაცემა ზემოაღნიშნული ძაბვის პროექტირებისას არ იგეგმება.

ხაზის ბოლოებში სიმძლავრე განისაზღვრება ცნობილი ფორმულით:

$$\underline{S}_1 = \sqrt{3} \underline{U}_1 \cdot \underline{I}_1^* \quad \text{და} \quad \underline{S}_2 = \sqrt{3} \underline{U}_2 \underline{I}_2^*. \quad (3.24)$$

(3.7) და (3.3) სისტემების პირველი განტოლებებიდან განვსაზღვროთ შესაბამისად $\underline{I}_1$ და $\underline{I}_2$

$$\underline{I}_1 = (1/\sqrt{3} \underline{B}) \cdot (\underline{A} \underline{U}_1 - \underline{U}_2) \quad \text{და} \quad \underline{I}_2 = (1/\sqrt{3} \underline{B}) \cdot (\underline{U}_1 - \underline{A} \underline{U}_2).$$

დენების ეს მნიშვნელობები ჩავსვათ (3.24) -ში, მივიღებთ

$$\underline{S}_1 = (\underline{A}^* \underline{U}_1^2 - \underline{U}_1 \underline{U}_2^*) \cdot (1/\underline{B}^*)$$

და

$$\underline{S}_2 = (-\underline{A}^* \underline{U}_2^2 + \underline{U}_1^* \underline{U}_2) \cdot (1/\underline{B}^*).$$

$\underline{U}_2$ ძაბვის ვექტორი მიმართოთ ნამდვილ რიცხვთა ღერძის დადებითი მიმართულებით და კომპლექსური სიდიდეები ჩავწეროთ მაჩვენებლიან ფორმაში:

$$\underline{A} = A e^{j\varphi_A}; \quad \underline{B} = B e^{j\varphi_B}; \quad \underline{U}_1 = U_1 e^{j\delta} \quad \text{და} \quad \underline{U}_2 = U_2,$$

მაშინ გვაქვს

$$\begin{aligned} \underline{S}_1 &= U_1^2 (A/B) \cdot e^{j(\psi_B - \psi_A)} - (\underline{U}_1 \underline{U}_2 / B) \cdot e^{j(\psi_B + \delta)} \\ \underline{S}_2 &= -U_2^2 (A/B) \cdot e^{j(\psi_B - \psi_A)} + (\underline{U}_1 \underline{U}_2 / B) \cdot e^{j(\psi_B - \delta)}. \end{aligned}$$

მიღებულ გამოსახულებებში ნამდვილი და წარმოსახვითი წევრების განცალკევების შემდეგ გვექნება:

$$P_1 = U_1^2 (A/B) \cos(\psi_B - \psi_A) - (\underline{U}_1 \underline{U}_2 / B) \cos(\psi_B + \delta), \quad (3.25)$$

$$Q_1 = U_1^2 (A/B) \sin(\psi_B - \psi_A) - (\underline{U}_1 \underline{U}_2 / B) \sin(\psi_B + \delta), \quad (3.26)$$

$$P_2 = -U_2^2 (A/B) \cos(\psi_B - \psi_A) + (\underline{U}_1 \underline{U}_2 / B) \cos(\psi_B - \delta), \quad (3.27)$$

$$Q_2 = -U_2^2 (A/B) \sin(\psi_B - \psi_A) + (\underline{U}_1 \underline{U}_2 / B) \sin(\psi_B - \delta) \quad (3.28)$$

ამ გამოსახულებებს სიმძლავრის კუთხურ მახასიათებლებს უწოდებენ.

(3.25) და (3.27) გამოსახულებებიდან აშკარად ჩანს, რომ თუ $\delta=0$ და $U_1=U_2$, მაშინ $P_1>0$ და $P_2<0$. ე.ი ხაზით აქტიური სიმძლავრით გადაცემას ადგილი არ აქვს. ხაზის ბოლოებიდან შემოსული აქტიური სიმძლავრეები იხარჯება მასში დანაკარგებზე. იმისათვის, რომ შესაძლებელი იქნეს აქტიური სიმძლავრის გადაცემა შემდეგი ორი პირობიდან უნდა სრულდებოდეს ერთერთი მაინც: $\delta>0$ და $U_1 \neq U_2$.

ხაზის მუშა რეჟიმის პარამეტრების საანგარიშოდ გვაქვს ოთხი გამოსახულება (3.25–3.28). რეჟიმის სახასიათო პარამეტრების რაოდენობა შეადგენს შეიშს. აქედან გამომდინარე ხაზის მუშა მდგომარეობის პარამეტრების ცალსახად დასადგენად საჭიროა მათგან მოცემული იყოს რომელიმე სამი, როგორც საწყისი ინფორმაცია.

პრაქტიკული თვალსაზრისით ცნობილ პარამეტრებად შეიძლება გაგვაჩნდეს პარამეტრთა შემდეგი კომბინაცია: 1) U_1, U_2, P_1 ; 2) U_1, U_2, P_2 ; 3) U_1, P_1, Q_1 ; 4) U_2, P_2, Q_2 . რადგანაც ზემოაღნიშნული ძაბვის ხაზებით რეაქტიული სიმძლავრის გადაცემა არ იგეგმება, პარამეტრთა "3" და "4" სახის კომბინაციის შესაბამისი ამოცანები ნაკლებად მოსალოდნელია.

ქვემოთ წარმოდგენილია (3.25 - 3.28) განტოლებათა ამოხსნის ალგორითმი შესაძლო საწყისი ინფორმაციის შემთხვევებისას:

1) მოცემულია U_1, U_2, P_1 .

(3.25)-დან განვსაზღვროთ ძაბვებს შორის ძვრის კუთხე

$$\delta = \arccos[(U_1/U_2) \cdot \text{Acos}(\Psi - \Psi_A) - (P_1 B / U_1 U_2)] - \Psi_B, \quad (3.29)$$

რომლის გამოყენებით (3.26-3.28) გამოსახულებებით განვსაზღვრავთ Q_1, P_2 და Q_2 პარამეტრებს;

2) მოცემულია U_1, U_2, P_2 .

(3.27)-დან განვსაზღვროთ ძაბვებს შორის ძვრის კუთხე

$$\delta = \Psi_B - \arccos[(P_2 B / U_1 U_2) + (U_2 / U_1) \cdot \text{Acos}(\Psi - \Psi_A)] \quad (3.30)$$

და (3.25), (3.26) და (3.28) გამოსახულებებით განვსაზღვრავთ, შესაბამისად, U_1, P_1, Q_1 .

3) მოცემულია U_1, P_1, Q_1 .

(3.25) და (3.26) განტოლებათა საფუძველზე განვსაზღვროთ U_2 ძაბვა

$$U_2 = (B/U_1) \sqrt{[U_1^2(A/B) \cos(\Psi_B - \Psi_A) - P_1]^2 + [U_1^2(A/B) \sin(\Psi_B - \Psi_A) - Q_1]^2} \quad (3.31)$$

შემდეგ (3.29)-ით დავადგენთ δ კუთხეს, რომლის შემდეგ (3.27) და (3.28)-ით განვსაზღვრავთ P_2 და Q_2 პარამეტრებს;

4) მოცემულია U_2, P_2, Q_2 .

(3.27) და (3.28) განტოლებათა საფუძველზე განვსაზღვრავთ U_1 ძაბვას

$$U_1 = (B/U_2) \sqrt{[U_2^2(A/B) \cos(\Psi_B - \Psi_A) + P_2]^2 + [U_2^2(A/B) \sin(\Psi_B - \Psi_A) + Q_2]^2} \quad (3.32)$$

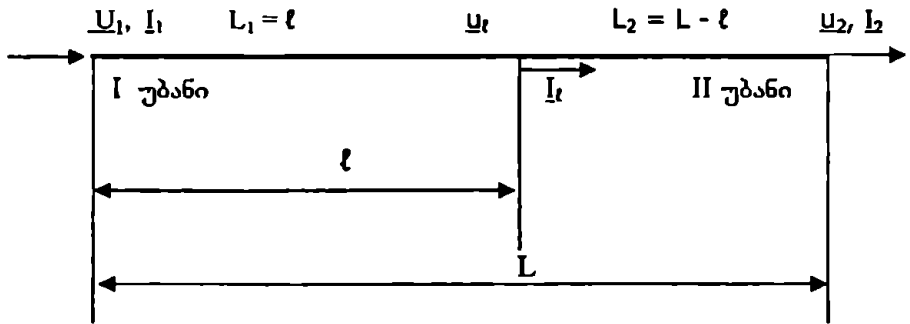
შემდეგ (3.30)-ით დავადგენთ δ კუთხეს, რომლის შემდეგ (3.25) და (3.26)-ით განვსაზღვრავთ P_1 და Q_1 პარამეტრებს.

3.6 მუშა ძაბვა გრძელი ხაზის გასწვრივ

როგორც ანგარიშები გვიჩვენებს, გრძელი ხაზის გასწვრივ ძაბვის მნიშვნელოვან ცვლილებებს ადგილი აქვს მაშინ, როცა მასში გამავალი აქტიური სიმძლავრე საგრძნობლად განსხვავდება ნატურალურისაგან.

ხაზის ჩართვის დროს შეუძლებელია ერთდროულად ჩაერთოს მისი ორივე ბოლო და ამიტომ დროის მცირე მონაკვეთში ყოველთვის მოსალოდნელია ძაბვის მკვეთრი ამაღლება ღია ბოლოში,

რაც საზიფათოა საბაზო იზოლაციის მუშაობის საიმედოობის თვალსაზრისით.



ნახ. 3.6 ძაბვის განაწილების კანონზომიერების დადგენისთვის

სხვადასხვა საზის ღინისძიებების გატარების შემდეგ შეიძლება ზაზის ორივე ბოლოში მივალწიოთ ძაბვის ისეთ მნიშვნელობას, რომელიც დააკმაყოფილებს ამ ბოლოებში მიერთებული გადამცემი და მიმღები ელექტრული სისტემების მოთხოვნებს. მაგრამ ძაბვათა ეს მნიშვნელობები ყოველთვის ვერ უზრუნველყოფენ ზაზის დანარჩენ და, განსაკუთრებით, შუა წერტილებში ძაბვათა იმ დონეს, რომელიც ამა თუ იმ რეჟიმში ტექნიკურად მისაღები იქნება.

მოცემული U_1 და U_2 ძაბვების პირობებში ზაზის თავიდან l მანძილზე დაშორებულ წერტილებში ძაბვის დონის დასადგენად ზაზი წარმოდგენით გავყოთ ორ ნაწილად (ნახ. 3.6), რომელთათვისაც განზოგადოებული მუდმივები (3.13 - 3.15) ჩაიწერება შემდეგნაირად:

$$\begin{aligned} A_I &= D_I = ch_{\Sigma 0} l; & B_I &= Z_c \cdot sh_{\Sigma 0} l; & C_I &= (1/Z_c) \cdot sh_{\Sigma 0} l; \\ A_{II} &= D_{II} = ch_{\Sigma 0} (L - l); & B_{II} &= Z_c \cdot sh_{\Sigma 0} (L - l); & C_{II} &= (1/Z_c) \cdot sh_{\Sigma 0} (L - l). \end{aligned}$$

დავწეროთ გადაცემის განტოლებები (3.3) ზაზის ორივე უბნისათვის

$$\begin{aligned} U_1 &= U_c ch_{\Sigma 0} l + \sqrt{3} I_c Z_c sh_{\Sigma 0} l \\ I_1 &= (U_c / \sqrt{3} Z_c) \cdot sh_{\Sigma 0} l + I_c ch_{\Sigma 0} l \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \underline{U}_1 &= \underline{U}_2 \operatorname{ch} \chi_0(L - \ell) + \sqrt{3} \underline{I}_2 \underline{Z}_c \overline{\operatorname{sh} \chi_0(L - \ell)} \\ \underline{I}_1 &= (\underline{U}_2 / \sqrt{3} \underline{Z}_c) \cdot \overline{\operatorname{sh} \chi_0(L - \ell)} + \underline{I}_2 \operatorname{ch} \chi_0(L - \ell). \end{aligned}$$

ამ განტოლებათა ერთობლივი ამოხსნით, მივიღებთ

$$\underline{U}_1 = (1 / \operatorname{sh} \chi_0 L) \cdot [\underline{U}_1 \operatorname{sh} \chi_0(L - \ell) + \underline{U}_2 \operatorname{sh} \chi_0 L]. \quad (3.33)$$

$\underline{U}_2$ ვექტორი მიემართოთ ნამდვილ რიცხვთა ღერძის დადებითი მიმართულებით და გვექნება

$$\underline{U}_1 = (\underline{U}_2 / \operatorname{sh} \chi_0 L) \cdot [k \cdot e^{j\delta} \operatorname{sh} \chi_0(L - \ell) + \operatorname{sh} \chi_0 \ell], \quad (3.34)$$

სადაც $k = \underline{U}_1 / \underline{U}_2$ წარმოადგენს ძაბვის ვარდნილობას ხაზში.

როცა ხაზი მუშაობს უქმ სელაზე ($P_2 = Q_2 = 0$), მაშინ (3.27) და (3.28) განტოლებების ერთობლივი ამოხსნით, ვღებულობთ $\delta = \psi_A$ ხოლო (3.32)-დან კი - $\underline{U}_1 = A \cdot \underline{U}_2$. შესაბამისად (3.34) გამოსახულების თანახმად ხაზის გასწვრივ ძაბვის განაწილების კანონზომიერება გამოისახება ფორმულით

$$\underline{U}_1 = (\underline{U}_1 / \operatorname{sh} \chi_0 L) \cdot [e^{j\psi_A} \operatorname{sh} \chi_0(L - \ell) + (1 / A) \cdot \operatorname{sh} \chi_0 \ell] \quad (3.35)$$

ან

$$\underline{U}_1 = (A \underline{U}_2 / \operatorname{sh} \chi_0 L) \cdot [e^{j\psi_A} \operatorname{sh} \chi_0(L - \ell) + (1 / A) \cdot \operatorname{sh} \chi_0 \ell] \quad (3.36)$$

ზემაღალი ძაბვის გრძელი ხაზის გასწვრივ მუშა ძაბვის განაწილების კანონზომიერების ანალიზის გამარტივების მიზნით ხაზს განიხილავენ როგორც უდანაკარგოს, რომლისთვისაც $r_0 \ll x_0$ და $g_0 \ll b_0$.

ამ დაშვების გათვალისწინებით ვღებულობთ

$$\left. \begin{aligned} A &= \cos \sqrt{x_0 b_0} \cdot L & \text{და} & \quad \psi_A = 0 \\ B &= j \sqrt{x_0 b_0} \cdot \sin \sqrt{x_0 b_0} \cdot L & \text{და} & \quad \psi_B = 90, \end{aligned} \right\} \quad (3.37)$$

მაშინ (3.34)-ს თანახმად, გვაქვს

$$\underline{U}_1 = (\underline{U}_2 / \sin \sqrt{x_0 b_0} \cdot L) \cdot [k \cdot e^{j\delta} \cdot \sin(\sqrt{x_0 b_0} \cdot (L - \ell)) + \sin \sqrt{x_0 b_0} \cdot \ell]. \quad (3.38)$$

რადგანაც ხაზი უდანაკარგოა, გვაქვს $P_1 = P_2 = P$, მაშინ ძაბვებს შორის ძერის კუთხე (3.29) ან (3.30)

$$\delta = 90^\circ - \arccos(PB / U_1 U_2). \quad (3.39)$$

თაზი 4. ელექტროგადაცემის ხაზების რელეური დაცვა (შემოკლებით)

4.1. მაქსიმალური დენური დაცვა

4.1.1 მაქსიმალური დენური დაცვის მოქმედების პრინციპი

ცალმხრივი კვების ელექტროგადაცემის ხაზებზე გამოიყენება მაქსიმალური დენური დაცვა (მდდ), რომელიც მოქმედებას იწყებს მაშინ, როცა დასაცავ ხაზში გამავალი დენი აღემატება ნორმალურ რეჟიმში დასაშვები დატვირთვის დენს, ანუ როცა ხაზში გადის მოკლე შერთვის ან დასაშვებზე მეტი (გადატვირთვის) დენი.

თუ ელექტროგადაცემის ხაზი რამდენიმე უბნისაგან შედგება, მაშინ ყოველ უბანს თავისი დამოუკიდებელი დაცვა უნდა გააჩნდეს. ამ მიზნით კვების მხრიდან ყოველი უბნის დასაწყისში აყენებენ შესაბამისად ამომრთველს და მდდ-ს.

მდდ, მისი სწორი და სელექციური მოქმედების მიზნით, უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ მოთხოვნებს:

1. უბნის დასაწყისში დაყენებული დაცვის მოქმედება და სათანადო ამომრთველის გამორთვა არ უნდა მოხდეს მანამ, სანამ მოცემულ უბანში გამავალი დენის სიდიდე არ აღემატება ამ უბნის საანგარიშო დატვირთვის დენს;
2. ერთ-ერთ უბანზე დაზიანების გაჩენისას უნდა მოხდეს მხოლოდ ამ უბნის ამომრთველის გამორთვა, ხოლო ყველა წინამდებარე უბნის ამომრთველის გამორთვა უნდა გამოირიცხოს.

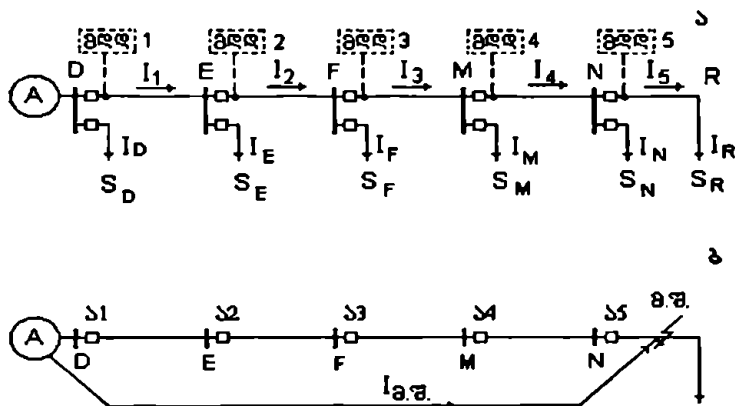
განვიხილოთ მრავალუბნიანი A-R ელექტროგადაცემის ხაზი, რომლის ქვესადგურებზე $S_D \div S_R$ დატვირთვებია მიერთებული და ყოველი უბნის დასაწყისში დაყენებულია მდდ (ნახ.4.1 ა).

მუშაობის ნორმალურ რეჟიმში თითოეულ უბანში გამავალი დენი განპირობებულია დატვირთვის დენებით: $I_1 = I_2 + I_E$; $I_2 = I_3 + I_F$; $I_3 = I_4 + I_M$; $I_4 = I_5 + I_N$; $I_5 = I_R$.

პირველი პირობის თანახმად ნორმალურად დასაშვებ რეჟიმში დატვირთვის დენების არსებობა არ უნდა იწვევდეს არცერთი დაცვის ამოქმედებას. ამ მიზნით დაცვის დაძვრის დენის სიდიდე უნდა აღემა-

ტეზოდეს მოცემული უბნის დატვირთვის დენის მნიშვნელობას და ყველა ამომრთველი იქნება ჩართულ მდგომარეობაში.

თუ დაზიანება გაჩნდება დასაცავი ხაზის ბოლო უბანზე (K_5 წერტილში), მაშინ კვების A წყაროდან დაზიანების წერტილისაკენ გადის მოკლე შერთვის $I_{ფა}$ დენი, რომელიც გაივლის ყველა წინამდებარე უბანს (ნახ 4.1ბ). რადგანაც მოკლე შერთვის დენი ნორმალური დატვირთვის დენზე ბევრად დიდია $I_{ფა} > I_1 > I_2 > I_3 > I_4 > I_5$, ამიტომ მოსალოდნელია ყოველი უბნის დასაწყისში არსებული დაცვების ამოქმედება და ყველა ამომრთველის გამორთვა. დაცვების ასეთი მოქმედება რა თქმა უნდა არ არის სელექციური, რადგან ბოლო უბანზე დაზიანების გაჩენის შემთხვევაში უნდა გამოირთოს მხოლოდ ამ უბნის ან ამომრთველი, ხოლო ყველა წინამდებარე უბანი და ქვესადგური მუშაობაში უნდა დარჩეს.



ნახ. 4.1 დაცვების განლაგება ხაზის გასწვრივ.

დაცვის სელექციური მუშაობის უზრუნველყოფა შესაძლებელია, თუ შემოდებული იქნება მდლ-ს მოქმედების ხელოვნური დაგვიანება (დაყოვნება). კერძოდ, ყოველი უბნის დაცვის დაყოვნების დრო დამოკიდებული უნდა იყოს ამ უბნის კვების ცენტრიდან დაშორებაზე

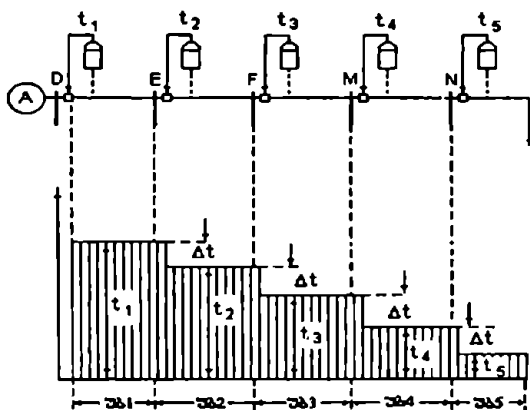
$$t_5 < t_4 < t_3 < t_2 < t_1.$$

ე.ი ყველაზე სწრაფად უნდა მუშაობდეს ბოლო უბნის დაცვა (მდლ-5), ხოლო ყველაზე ნელა – პირველი უბნის დაცვა (მდლ-1).

ელექტრომაგნიტური დენური რელე, რომელიც გამოყენებულია მდლ-ს სქემაში, მოკლე შერთვის დენის გაჩენისთანავე მყისურად

შეკრავს თავის კონტაქტს. ამიტომ დროის დაყოვნების შექმნისთვის, ყოველი მდლ-ს გამორთვის წრედში შეყვანილი უნდა იქნეს დამატებითი ელემენტი – დროის რელე. ეს უკანასკნელი მუშაობს მუდმივ ოპერატიულ დენზე და იწყებს მისთვის დადგენილი დროის ათვლას დენური რელეს კონტაქტის ჩაკეტვის შემდეგ, ეი მოკლე შერთვის დენის გაჩენისთანავე. როცა დადგენილი დრო ამოიწურება, იკეტება მისი კონტაქტი, რის შემდეგ იგზავნება გამორთვის იმპულსი სათანადო ამომრთველზე.

დაცვების დაყოვნების შერჩევის აღნიშნულ პრინციპს “საფეხუროვანი” პრინციპი ეწოდება. მის მახასიათებელს საფეხუროვანი სახე აქვს (ნახ. 4.2). საფეხურების სიმაღლე Δt ყველა უბანზე ერთნაირია. მას სელექციურობის დროის საფეხურს უწოდებენ და ირჩევენ ისე, რომ ნებისმიერ (k) უბანზე მოკლე შერთვის გაჩენის შემთხვევაში გამორიცხული უნდა იყოს წინამდებარე $k-1$ უბნის გამორთვა. ეი პირობა დაკმაყოფილებული იქნება, თუ Δt საფეხურს შევირჩევთ შემდეგნაირად:



ნახ. 4.2. მდლ-ის დროის დაყოვნების საფეხუროვანი გრაფიკი.

$$\Delta t = t_{k-1} - t_k = t_{\text{მ.საქ}} + 2t_{\text{ცლ}} + t_{\text{მარ}} \quad (4.1)$$

სადაც $t_{\text{მ.საქ}}$ – ამომრთველის გამორთვის საკუთარი დრო, ე.ი. დრო, რომელიც სჭირდება ამომრთველს მოკლე შერთვის დენის გაწვევებისთვის მასზე გამომრთველი იმპულსის

მიწოდების შემდეგ. (ეს დრო შეიცავს ამომრთველის მოძრავი კონტაქტების მოძრაობისა და რკალის ჩაქრობის დროს);

$t_{\text{ც}}$ – დროის რელეს ცდომილება. დაცვის სელექციური მოქმედების უზრუნველყოფის თვალსაზრისით უნდა ვიგულისხმოთ, რომ დაზიანებულ უბანზე ეს ცდომილება დაცვის მოქმედებას აგვიანებს, ხოლო წინამდებარე უბნზე კი - აჩქარებას, ამიტომ (4.1) ფორმულაში შეყვანილია ცდომილების ორმაგი მნიშვნელობა.

$t_{\text{მარ}}$ - მარაგის შესაბამისი დრო.

თუ გავითვალისწინებთ, რომ $t_{\text{მ.საკ}} = 0,25$ წმ, $t_{\text{ც}} = 0,1$ წმ და $t_{\text{მარ}} = 0,1$ წმ, მაშინ სელექციურობის დროის საფეხური

$$\Delta t = 0,55 \text{ წმ.}$$

სწრაფმოქმედი (საპერო ტიპის) ამომრთველების გამოყენების შემთხვევაში

$t_{\text{მ.საკ}} \leq 0,1$ წმ და შესაბამისად $\Delta t \approx 0,4$ წმ.

დროის დაყოვნების გრაფიკიდან ჩანს, რომ პირველი უბნის გამორთვის შედარებით დიდი დრო სჭირდება $t_1 = n\Delta t$, სადაც n უბნების რიცხვია. მაგალითად, თუ $n = 5$ და $\Delta t = 0,5$ წმ, მაშინ $t_1 = 5 \cdot 0,5 = 2,5$ წმ. ე.ი. მდლ ნელა მოქმედი (არასწრაფი) დაცვების ჯგუფს უნდა მიეკუთვნოთ.

დაცვის ამოქმედება საჭიროა მაშინ, როცა ხაზში გადის მოკლე შერთვის დენი. ამავე დროს დაცვა არ უნდა ამოქმედდეს დატვირთვის დასაშვებ რეჟიმებში და ისეთი ხანმოკლე ბიძგების დროს, რომელთა წარმოქმნა არ იწვევს მუშა ძაბვის მნიშვნელოვან დაცემას (მაგალითად ძრავების თვითგაშვების პროცესში). აქედან გამომდინარეობს, რომ დაცვის ამოქმედების (დაძვრის) დენი შერჩეული უნდა იქნეს შემდეგი ორი პირობით:

1. მოკლე შერთვის დენის გამორთვის საიმედოობის თვალსაზრისით

$$J_{\text{დაბ.}} < J_{\text{გ.შ.გ.}}$$

2. დატვირთვის ნორმალური დენისაგან განრიდების თვალსაზრისით

$$J_{\text{დაბ.}} > J_{\text{დატ.მაქ.}}$$

პირველი პირობა ითვალისწინებს ორ მოსაზრებას:

ა) ღაცვის მოქმედების აუცილებლობას, როცა მოკლე შერთვა აღიდგრება სისტემის მინიმალურ რეჟიმში მუშაობის დროს. ე.ი. ისეთ რეჟიმში, როცა სისტემის ჯამური დატვირთვა მინიმალურია, რის გამოც გენერატორები მუშაობენ შემცირებული აგზნებით, ზოლო ზოგი მათგანი გაჩერებულია და მოკლე შერთვის დენის შექმნაში არ მონაწილეობს.

ასეთ რეჟიმში მოკლე შერთვის დენის სიდიდე ბევრად უფრო მცირეა, ვიდრე ეს მოსალოდნელია მაქსიმალური ან ნორმალური დატვირთვის რეჟიმის დროს;

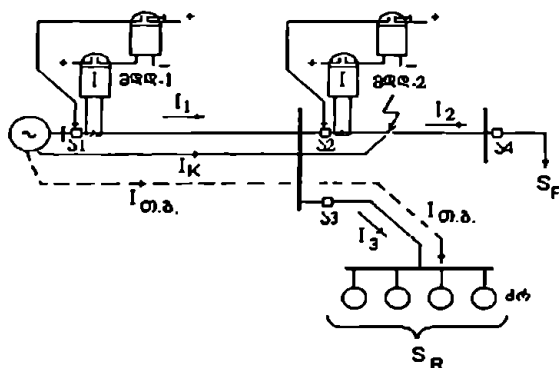
ბ) მეორე მოსაზრება ღაცვის რეზერვირების საკითხთან არის დაკავშირებული და მდგომარეობს მასში, რომ ს.გ.გ.გ. დენის სიდიდე იანგარიშება არა განსაზილველ უბანზე, არამედ მომდევნო უბნის ბოლოში დაზიანების გაჩენის შემთხვევაში. ასეთ შემთხვევაში დაზიანებული უბნის მდღ-ს მოუწესრიგებელ მდგომარეობაში ყოფნისას მის ნაცვლად იმოქმედებს და მოკლე შერთვის დენს გამორთავს წინა უბანზე დაყენებული მდღ.

მეორე პირობის თანახმად დამკრის დენი დასაცავი უბნის დატვირთვის მაქსიმალურ დენზე უფრო დიდი უნდა იყოს. მოკლე შერთვის დენის გაჩენისთანავე დენური რელეების კონტაქტები ერთდროულად იკეტება ყველა უბანზე და უბრუნდება საწყის მდგომარეობას (ე.ი. იზსნება) მხოლოდ იმის შემდეგ, როცა მოკლე შერთვის დენი ქრება, ზოლო დაუზიანებელ უბანზე დარჩენილი დენი არ აღემატება რელეს დაბრუნების დენის სიდიდეს. მაგრამ ძრავების თვითგაშვების პროცესში დაუზიანებელ უბანზე დარჩენილი დენი ზშირად აღემატება დატვირთვის მაქსიმალურ დენს და ამიტომ მოსალოდნელია, რომ მოკლე შერთვის დენის გამორთვის შემდეგ არ შეწყდეს დროის ათვლა, რაც გამოიწვევს დაუზიანებელი უბნის გამორთვას.

ამრიგად, მდღ-ს ყალბი მუშაობა მოსალოდნელია ძრავების თვითგაშვების პროცესში. თუ მეორე უბნის k წერტილში (ნახ. 4.3) რაღაც t_0 მომენტში გაჩნდება მოკლე შერთვა, მაშინ პირველ და მეორე უბნებში გამავალი მოკლე შერთვის დენის ზეგავლენით ჩაიკეტება დენური რელეების კონტაქტები და დაიწყება დაყოვნების t_1 და t_2 დროის ათვლა, ე.ი. მუშაობას დაიწყებენ მდღ-1 და მდღ-2.

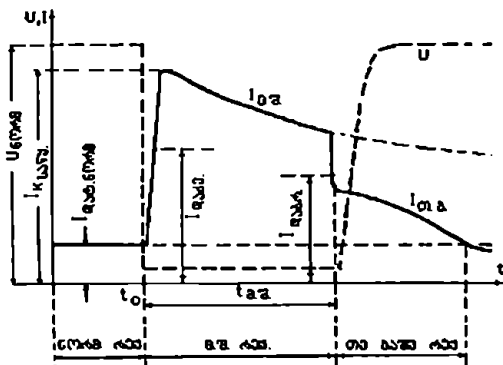
მოკლე შერთვის დენის გაჩენასთან ერთად ეცემა მუშა ძაბვა, რომლის სიდიდე E და R ქვესადგურებზე ნულის ტოლი შეიძლება გახდეს, თუ k დაზიანების წერტილი უბნის დასაწყისშია (იხ. U_R

ძაბვის მრუდი 4.4 ნახაზზე), ძაბვის დაცემის გამო R ქვესადგურზე მიერთებული ძრავები მუხრუჭდება.



ნახ. 4.3. ძრავების თვითგაშვების სქემა

t_2 დროის შემდეგ მდდ-2 გამორთავს დაზიანებული უბნის ა2 ამომრთველს (ნახ. 4.3). მოკლე შერთვის დენი შეწყდება და დაიწყება ძაბვის აღდგენა D, E და R ქვესადგურების სალტებზე, რის გამოც R ქვესადგურზე დაყენებული და მოკლე შერთვის გაჩენის გამო გაჩერებული ძრავები ხელახლად იძვრის ადგილიდან, ე.ი ხდება მათი თვითგაშვება. მაგრამ ყოველ ძრავს დაძვრის საწყისი მომენტში სჭირდება ნორმალურ დენზე ბევრად უფრო დიდი დენი, რომელიც ძრავის ბრუნვათა რიცხვის ზრდასთან ერთად თანდათანობით მცირდება (მრუდი $I_{თ.ა}$ 4.4 ნახაზზე) და საბოლოოდ, როცა ძრავის ბრუნვის სიჩქარე ნორმალური გახდება, დენის სიდიდე ნორმალურ დონეზე დამყარდება.



ნახ. 4.4. დენის და ძაბვის მრუდები ძრავების თვითგაშვების დროს

გამშვები ღენის საწყისი ჯერადობა ($K_{თ.გ}$) დამოკიდებულია ძრავის კონსტრუქციაზე. მაგალითად, მოკლესერტულ როტორიანი ასინქრონული ძრავებისათვის $K_{თ.გ} = 7-8$, ღრმალრმულებიანი, ორ-მაგროტორიანი და სხვა სპეციალური კონსტრუქციის ძრავებისთვის იგი უფრო მცირეა, მაგრამ მაინც $3 \div 3,5$ აღწევს. საშუალოდ შეიძლება ჩაითვალოს, რომ $K_{თ.გ} = 4,0$.

ზემოაღნიშნულიდან ჩანს, რომ დაზიანებული EF უბნის გამორთვის შემდეგ დაუზიანებელ უბანზე რჩება R ქვესადგურის ძრავებისთვის საჭირო თვითგამშვების ღენი $I_{თ.გ} = I_{ნორმ} \cdot K_{თ.გ}$. ამ ღენის მაქსიმალური სიდიდე პირველი DE უბნის ნორმალურ ღენს დაახლოებით 4-ჯერ აღემატება.

თუ $I_{თ.გ}$ ღენი პირველ უბანზე დაყენებული ღენური რელეს დაბრუნების ღენზე უფრო დიდი აღმოჩნდება, მაშინ მდდ-ის დროის რელე განაგრძობს დროის ათელას, რასაც ა1 ამომრთველის (ე.ი. დაუზიანებელი უბნის) ყალბი გამორთვა შეიძლება მოყვეს. აღნიშნული მოვლენის თავიდან აცილების მიზნით, დაცული უნდა იყოს პირობა $I_{დაბრ} > I_{თ.გ.მაქს}$ (როგორც ეს 4.4 ნახაზზეა ნაჩვენები).

თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ დაბრუნების კოეფიციენტი

$$K_{დაბრ} = \frac{I_{დაბრ}}{I_{დაძვრ}} \quad \text{და} \quad I_{თ.გ.მაქს} = I_{დატე.მაქს} \cdot K_{თ.გ} ,$$

მაშინ დაძვრის ღენის შერჩევის პირობა ასეთ სახეს მიიღებს:

$$K_{დაბრ} \cdot I_{დაძვრ} > K_{თ.გ} \cdot I_{დატე.მაქს}. \quad \text{ანუ} \quad I_{დაბრ} > \frac{K_{თ.გ}}{K_{დაბრ}} \cdot I_{დატე.მაქს} .$$

საბოლოოდ, დაძვრის ღენის შერჩევის ფორმულას შემდეგი სახე აქვს:

$$I_{დაბრ} = \frac{K_{აბრ.}}{K_{დაბრ.}} \cdot K_{თ.გ} \cdot I_{დატე.მაქს} ,$$

სადაც: $K_{აბრ.}$ - მარაგის კოეფიციენტი, რომლის სიდიდეს 1,5-1,2 ფარგლებში ირჩევენ;

$K_{დაბრ.}$ - ღენური რელეების დაბრუნების კოეფიციენტი, რომლის სიდიდე 0,85-ზე ნაკლები არ უნდა იყოს;

I_{ლატემაქს}. – დასაცავ უბანზე გამავალი დატვირთვის დენის მოსალოდნელი მაქსიმალური (საანგარიშო) მნიშვნელობა.

ანგარიშები გვიჩვენებს, რომ I_{ლაქ} ≡ 5·I_{ლატემაქს}, რაც იმას ნიშნავს, რომ მდლ მუშაობს მხოლოდ მაშინ, როცა უბანზე გამავალი დენი 5-ჯერ მაინც აღემატება ნორმალური რეჟიმის დენს.

დაცვის ასეთი დაბალი მგრძნობიარობა მაქსიმალური დენური დაცვის ერთ-ერთ ნაკლად ითვლება.

დაცვის მგრძნობიარობის შეფასებისთვის საჭიროა მგრძნობიარობის კოეფიციენტის გამოთვლა:

$$K_{\text{მგრძ}} = \frac{I_{\text{შმაიზ}}}{I_{\text{ლაქ}}} \approx \frac{I_{\text{შმაიზ}}}{5 \cdot I_{\text{ლატემაქს}}}$$

სადაც I_{შმაიზ} არის მოკლე შერთვის დენის სიდიდე სისტემის მუშაობის მინიმალურ რეჟიმში. ამასთანავე, როცა მოკლე შერთვა ხდება არადასაცავ უბანზე, არამედ მომდევნო უბნის ბოლოში არსებული წესების თანახმად მგრძნობიარობის კოეფიციენტის სიდიდე 1,20 ÷ 1,5-ზე ნაკლები არ უნდა იყოს.

4.1.2 მაქსიმალური დენური დაცვის სქემები

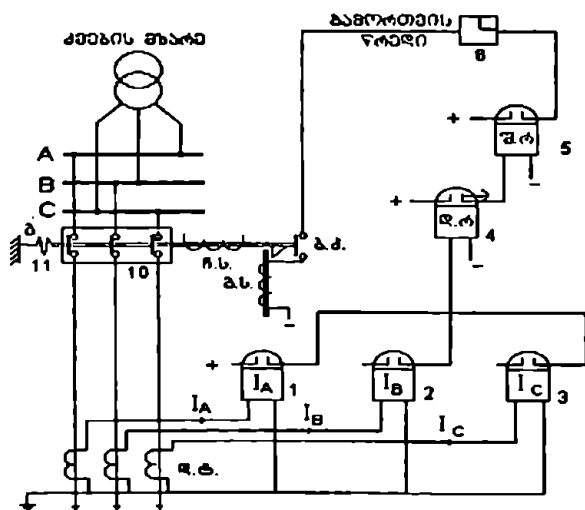
სამფაზა მდლ-ს პრინციპული სქემა. ელექტროგადაცემის ხაზის მდლ უნდა მუშაობდეს ყველა სახის დაზიანების დროს - სამფაზა, ორფაზა და ერთფაზა მოკლე შერთვის შემთხვევაში. უნდა ითქვას, რომ სამფაზა მოკლე შერთვის თვალსაზრისით საკმარისია დაცვის ერთფაზა შესრულება, რადგან ასეთი სახის დაზიანება არის სიმეტრიული და ყველა ფაზაში გადის ერთნაირი სიდიდის მოკლე შერთვის დენი.

ორფაზა მოკლე შერთვის თვალსაზრისით დაცვას ორფაზა შესრულება უნდა ჰქონდეს, რადგან დაუზიანებელ ფაზაში მოკლე შერთვის დენი არ გადის, დაცვის რელე კი (ერთფაზა სქემის გამოყენების შემთხვევაში) სწორედ ამ დაუზიანებელ ფაზასთან შეიძლება იყოს მიერთებული.

ერთფაზა მოკლე შერთვისას სავალდებულოა სამფაზა დაცვის გამოყენება. ე.ი. დაცვის მიერთება ყოველ ფაზასთან, რადგან მოკლე

შერთვის დენი მხოლოდ ერთ ფაზაში ჩნდება. აქვე უნდა შევნიშნოთ, რომ ერთფაზა მოკლე შერთვა მოსალოდნელია მხოლოდ ისეთ დანადგარებში, რომელთა ნეიტრალი ყრუდ ჩამოწყებულია. თუ დანადგარის ნეიტრალი მიწისაგან იზოლირებულია ან ჩამოწყებულია რკალ-მქრობი კოჭის საშუალებით, მაშინ ერთფაზა მოკლე შერთვის გაჩენის შესაძლებლობა გამოირიცხებულია და დაცვის სამუშაო შესრულება არ არის სავალდებულო.

სამუშაო მაქსიმალური დენური დაცვის სქემა, რომელიც გამოყენებული უნდა იყოს ყრუდ ჩამოწყებულ ნეიტრალიან დანადგარში, მოყვანილია 4.5 ნახაზზე. ამ სქემაში გამოყენებულია სამი დენის ტრანსფორმატორი (დტ-A , დტ-B , დტ-C), რომელთა მეორეული გრაგნილები სრული ვარსკვლავის სქემით არის შეერთებული. ამ ტრანსფორმატორებთან მიერთებულია სამი ელექტრომაგნიტური ტიპის მეყსეულად მოქმედი დენური რელე (1, 2, 3), რომელთა კონტაქტები პარალელურად არის ჩართული. ამ კონტაქტების ერთ მხარეზე ოპერატიული დენის “პლუსია” მიწოდებული, მეორე მხარეზე კი - დროის რელეს გრაგნილი (რელე 4). დენური რელეები 1, 2, 3 დაცვის გამშვები ორგანოს როლს ასრულებენ, ხოლო რელე 4 ასრულებს დროის დაყოვნების ფუნქციას.



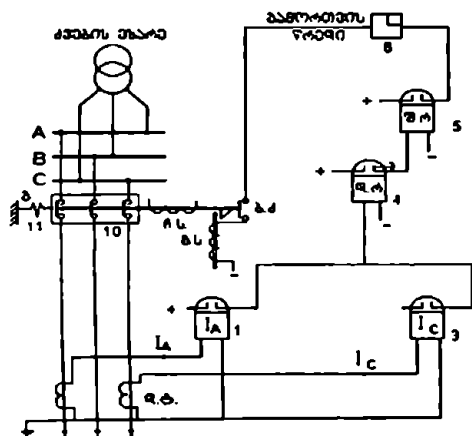
ნახ. 4.5. სამუშაო მაქსიმალური დენური დაცვის პრინციპული სქემა

დაცვის გამორთვის წრედში გამოყენებულია შუალედური რელე 5, რომელიც იმეორებს დროის რელეს მოქმედებას და რომლის კონტაქტები გამორთვის დენის მიმართ უფრო გამძლეა, ვიდრე დროის რელეს კონტაქტები. აღნიშნული რელეების გარდა გამორთვის წრედში მოთავსებულია მაჩვენებელი რელე 6, ბლოკკონტაქტები 7 და გამორთვის სოლენოიდი 8.

მოყვანილ სქემაში დაცვის მოქმედების დრო დამოკიდებული არის დროის რელესთვის შერჩეულ დაყოვნებაზე და იგი არ არის დამოკიდებული იმ მოკლე შერთვის დენის სიდიდეზე, რომელიც იწვევს 1, 2 ან 3 გამშვები რელეების ამოქმედებას. ამიტომ ამბობენ, რომ დაცვას დენისაგან დამოუკიდებელი მახასიათებელი აქვს.

ორფაზა მდლ-ს პრინციპული სქემა. თუ დანადგარის ნეიტრალი დამიწებული არ არის, ე.ი. თუ გამოირიცხულია ერთფაზა მოკლე შერთვის გაჩენა, მაშინ სამფაზა დაცვის ნაცვლად შესაძლებელია უფრო მარტივი და ნაკლები ღირებულების ორფაზა სქემის გამოყენება. ორფაზა სქემაში (ნახ. 4.6) გამოყენებულია ორი დენის ტრანსფორმატორი, რომლებიც ჩაყენებულია A და C ფაზებში. მათი მეორეული გრაგნილები და ორი დენური რელე (1 და 2) არასრული ვარსკვლავის სქემით არიან შეერთებული. დენური რელეები გამშვები ორგანოს როლს ასრულებენ.

სამფაზა მოკლე შერთვისა და A - C ფაზებს შორის ორფაზა მოკლე შერთვის დროს ორივე დენური რელე მუშაობს; A - B და C - B ფაზებს შორის მოკლე შერთვის შემთხვევაში მხოლოდ ერთი რელე მუშაობს (1 ან 2), რაც მაინც უზრუნველყოფს დაცვის საიმედო მუშაობას.



ნახ. 4.6. ორფაზა მაქსიმალური დენური დაცვის პრინციპული სქემა

4.1.3 მინიმალური ძაბვით დაბლოკირებული მაქსიმალური დენური დაცვა

მაქსიმალური დენური დაცვის განხილვისას უნახეთ, რომ მისი მოქმედება შესაძლებელია მხოლოდ მაშინ, როცა ელექტროგადაცემის ხაზში გამავალი დენი რამდენჯერმე (ოთხჯერ – ხუთჯერ მაინც) აღემატება ნორმალური რეჟიმის დენს. დაცვის ასეთი დაბალი მგრძნობიარობა აიხსნება იმით, რომ დენური რელეების დაძვრის დენს ირჩევენ მოსალოდნელი გადატვირთვის დონეზე. კერძოდ, ძრავების თვითგაშვების დენზე უფრო ღიძს. დაძვრის დენის ასეთი შერჩევა მართალია უზრუნველყოფს დაცვის მოქმედებას მოკლე შერთვის გაჩენის შემთხვევაში და ამავე დროს გამორიცხავს მის მოქმედებას ელექტროგადაცემის ხაზის გადატვირთვის დროს, მაგრამ ხშირად ვერ აკმაყოფილებს სასურველ მგრძნობიარობას.

შესაძლებელია მაქსიმალური დენური დაცვის მგრძნობიარობის მნიშვნელოვანი გაუმჯობესება, თუ გამორიცხული იქნება დაცვის ამუშავების შესაძლებლობა ისეთი გადატვირთვების დროს, რომელთა გაჩენას არ მოჰყვება მუშა ძაბვის დაცემა. ასეთ შემთხვევაში დაცვა იმოქმედებს მხოლოდ მოკლე შერთვის დროს და არ იმოქმედებს არც გადატვირთვის გაჩენისას და არც ძრავების თვითგაშვების დენის არსებობისას, ე.ი. ისეთ პირობებში, როცა მუშა ძაბვა ნორმალური მნიშვნელობისაგან ბევრად არ განსხვავდება.

აღნიშნულ შემთხვევაში დაძვრის დენის შერჩევის მიმართ საკმარისი იქნება მხოლოდ ისეთი პირობის დაკმაყოფილება, რომელიც გამორიცხავს დენური რელეების ამოქმედებას ელექტროგადაცემის ხაზში ნორმალური დენის გავლისას –

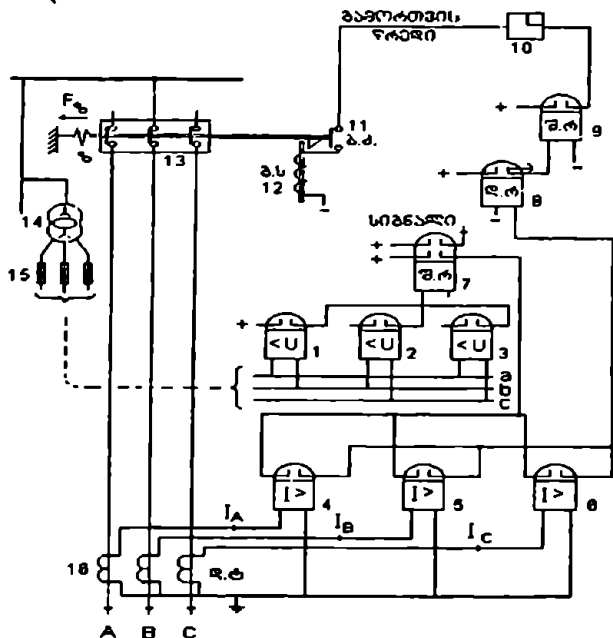
$$I_{\text{დაძვრ.}} > I_{\text{დატენორმ.}}$$

დასმულ ამოცანას კარგად ასრულებს მინიმალური ძაბვით დაბლოკირებული მაქსიმალური დენური დაცვა, რომლის სქემა 4.7 ნახაზზეა ნაჩვენები.

ამ სქემაში დაცვას გააჩნია ორი გამშვები ორგანო, რომელთა ამუშავების გარეშე ხაზის გამორთვა შეუძლებელია.

ერთი გამშვები ორგანო ძაბვის დაცემის პრინციპზე მუშაობს. დაცვის ეს ნაწილი შეიცავს მინიმალური ძაბვის სამ რელეს (1, 2, 3), რომელთა კონტაქტები ნორმალური რეჟიმის დროს გახსნილია. ამ რელეების კონტაქტების ჩაქეზვა ხდება მხოლოდ მაშინ, როცა

რელეებზე მიწოდებული ძაბვის სიდიდე შესაძრწევად ეცემა. კერძოდ, დასაცავ ხაზზე მოკლე შერთვის გაჩენისას. მინიმალური ძაბვის რელეები იკვებება ქვესადგურის საღტეებზე მიერთებული ძაბვის ტრანსფორმატორიდან.



ნახ. 4.7. მინიმალური ძაბვით დაბლოკირებული მდლ-ს სქემა

მეორე გამშვები ორგანო დენურ პრინციპზე მუშაობს. იგი შეიცავს სამ მაქსიმალურ დენურ რელეს (4, 5, 6), რომლებიც მიერთებულია დენის ტრანსფორმატორების მეორეულ გრაგნილებზე. ნორმალური რეჟიმისას დენური რელეების კონტაქტები გახსნილია. მათი კონტაქტების ჩაკეტვა ხდება მაშინ, როცა რელეებში გამავალი დენის სიდიდე დაძერის დენის სიდიდეს მიაღწევს. ეს კი ხდება მაშინ, როცა ხაზში გამავალი დენი ნორმალურ დენს გადაჭარბებს, ე.ი. გადატვირთვისას, ძრავების თვითგაშვების რეჟიმში ან მოკლე შერთვის გაჩენის შემთხვევაში.

აღწერილი ორი გამშვები ორგანოს გარდა, სქემაში შეყვანილია მახლოკირებელი შუალედური რელე 7, რომელიც შემდეგნაირად მუშაობს: ა) ნორმალურ რეჟიმში, როცა დანადგარის მუშა ძაბვა ნორმალურია და მინიმალური ძაბვის რელეების (1, 2, 3) კონტაქტები

ბი გახსნილია, მის გრავნილზე ოპერატიული დენი არ მიეწოდება და მისი კონტაქტები გახსნილია. ასეთ პირობებში დენური რელეების კონტაქტებზე (4, 5, 6) ოპერაციული დენის “პლუსის” მიწოდება არ ხდება, რაც დროის რელეს 8 ამუშავებასა და დროის ათვლას გამო-რიცხავს;

ბ) ძაბვის დაცემის შემთხვევაში, რაც მოკლე შერთვის რე-ჟიმში ხდება, მინიმალური ძაბვის რელეების კონტაქტები იკეტება, შუალედური მაბლოკირებელი რელე 7 კვებას ღებულობს და ოპერა-ციულ დენს აწვდის დენური რელეების კონტაქტებზე. რადგან მოკლე შერთვის დროს რელეების კონტაქტები ჩაკეტილ მდგომარეობაში იმ-ყოფება, ამიტომ დროის რელე 8 ღებულობს კვებას და დადგენილი დროის დაყოვნების ათვლის შემდეგ ახდენს დასაცავი უბნის გამორ-თვას.

აღნიშნულიდან გამომდინარეობს, რომ მინიმალური ძაბვით დაბლოკირებული მაქსიმალური დენური დაცვა მოქმედებაში მოდის მხოლოდ მოკლე შერთვის გაჩენის შემთხვევაში და არ მუშაობს დატვირთვის დენის ნებისმიერი გადიდების დროს, თუკი ასეთი გა-დატვირთვის გაჩენა არ იწვევს ძაბვის მნიშვნელოვან შემცირებას. რადგან ძრავების თვითგაშვების პროცესი მიმდინარეობს დანადგარის ძაბვის აღდგენის შემდეგ, ამიტომ დაუზიანებელ უბანზე დაყოვნებული დროის რელე შეწყვეტს დროის ათვლას დაზიანებული უბნის, ანუ მოკლე შერთვის დენის გამორთვის შემდეგ.

განხილულ სამფაზა სქემაში (ნახ. 4.7) გამოყენებულია მინი-მალური ძაბვის სამი რელე (1, 2, 3), რომლებზეც მიწოდებული უნ-და იყოს სამივე ხაზური ძაბვა U_{AB}, U_{BC}, U_{CA} , რაც უზრუნველყოფს მაბლოკირებელი მოწყობილობის საჭირო მოქმედებას სამფაზა და ორფაზა მოკლე შერთვის დროს. თუ დენური გამშვები ორგანო ორ დენურ რელეს შეიცავს, (ორფაზა მდლ-ს სქემაში), ძაბვის რელეების რიცხვი მაინც სამი უნდა იყოს.

რადგან ძაბვით დაბლოკირებული მდლ-ს განრიდება არც გა-დატვირთვის და არც თვითგაშვების დენისაგან საჭირო არ არის, ამიტომ დამკრის დენის შერჩევის ფორმულაში

$$I_{\text{დამკრ}} = \frac{K_{\text{მარ}} \cdot K_{\text{თგ}}}{K_{\text{დამკრ}}} \cdot I_{\text{დატემაქს}}$$

საკმარისია მაქსიმალური დატვირთვის დენის ნაცვლად შევიყვანოთ ხაზის ნორმალური დენის მნიშვნელობა, ხოლო თვითგაშვების დენის ჯერადობა შეიძლება მივიღოთ ერთის ტოლად ($K_{\text{გ}}=1$). ამიტომ დაძვრის დენის საანგარიშო გამოსახულებას აქვს სახე

$$I_{\text{დაძვრ}} = \frac{K_{\text{გარ.}}}{K_{\text{დაძვრ}}} I_{\text{ნომ.}}$$

სადაც

$$K_{\text{გარ.}} = 1,15; K_{\text{დაძვრ}} = 0,85.$$

აღნიშნული მონაცემების გათვალისწინებით დაბლოკირებული მდდ-ს დაძვრის დენის სიდიდე არ აღემატება (1,3 – 1,4) $I_{\text{ნომ.}}$ -ს, ეი. დაახლოებით 5-ჯერ ნაკლებია, ვიდრე უბრალო (დაუბლოკირებელი) მდდ-ს დაძვრის დენი. შესაბამისად ბევრად უფრო მაღალია დაბლოკირებული მდდ-ს მგრძნობიარობაც.

რაც შეეხება მინიმალური ძაბვის რეგეებს, მათი ამუშავების პირობას შემდეგი მოსაზრებით ირჩევენ:

- 1) მინიმალური ძაბვის რეგეების კონტაქტების ჩაკეტვა გამორიცხული უნდა იყოს მანამ, სანამ დანადგარების მუშა ძაბვა ნორმალურია ან მინიმალურ დასაშვებ მნიშვნელობაზე დაბლა არ ეცემა;
- 2) ძაბვის აღდგენის შემდეგ (მისი ღროვებითი დაცემის შემდეგ) მინიმალური ძაბვის რეგეები უნდა უბრუნდებოდეს საწყის მდგომარეობას. იმისათვის რომ ეს პირობა დაცული იყოს დაძვრის ძაბვის სიდიდე დაბრუნების ძაბვის სიდიდეზე ნაკლები უნდა იყოს:

$$U_{\text{დაძვრ}} < U_{\text{მინ. დას. ნორმ.}} / n_{\text{U}}$$

სადაც n_{U} ძაბვის ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი.

აღნიშნული ორი პირობა დამაკმაყოფილებელი იქნება, თუ მინიმალური ძაბვის რეგეების დაძვრის ძაბვას შემდეგი ფორმულით შევირჩევთ:

$$U_{\text{დაძვრ}} = \frac{U_{\text{მინ. დას. ნორმ.}}}{K_{\text{დაძვრ.}} \cdot K_{\text{გარ.}} \cdot n_{\text{U}}}$$

თუ მივიღებთ, რომ $K_{\text{გარ.}} = 1,2$, ხოლო $K_{\text{დაძვრ.}} = 1,15$, მაშინ

$$U_{\text{ლაპერ}} = \frac{0,72}{n_{\text{U}}} U_{\text{მინ.დას.ნორმ}} .$$

არსებული წესების თანახმად, ძაბვის მახლოკირებული ორგანოს მგრძნობიარობის გამომსახველი კოეფიციენტი

$$K_{\text{გრძ}} = \frac{U_{\text{ლაპერ}}}{U_{\text{ნარჩ}}}$$

1,5-ის ტოლი (ან მეტი) უნდა იყოს. აქ $U_{\text{ნარჩ}}$ არის. ნარჩენი ძაბვის მაქსიმალური მნიშვნელობა ხაზის ბოლოში მოკლე შერთვის დროს.

უნდა გავითვალისწინოთ, რომ ქვესადგურის სალტებზე ნარჩენი ძაბვის სიდიდე დამოკიდებულია იმ ხაზის წინალობაზე, რომლის ბოლოშიც ჩნდება მოკლე შერთვა. თუ ხაზი გრძელია ან მის დასაწყისში დაყენებულია დენშემზღუდი რეაქტორი, მაშინ ნარჩენი ძაბვა $U_{\text{ნარჩ}}$ შედარებით მაღალ დონეს ინარჩუნებს, ხოლო ძაბვის გამშვები ორგანოს მგრძნობიარობა დაბალი გამოდის. აღნიშნულის გამო სასურველი არ არის მინიმალური ძაბვით დაბლოკირებული მდდ-ს გამოყენება დარეაქტორებულ და გრძელ ხაზებზე. ამ დაცვის გამოყენება გამართლებულია, ძირითადად მოკლე, არადარეაქტორებულ ხაზებზე.

მინიმალური ძაბვით დაბლოკირებული მდდ-ს სელექციური მოქმედების მიღწევა დროის დაყოვნებას მოითხოვს. ამ თვალსაზრისით დაბლოკირებული დაცვა არ განსხვავდება უბრალო (არადაბლოკირებული) დაცვისაგან. მით უმეტეს, რომ დროის დაყოვნების შერჩევა იგივე პრინციპის მიხედვით უნდა ხდებოდეს, როგორიც გამოყენებული იყო უბრალო მდდ-ს შემთხვევაში (იხ. 4.2 ნახაზზე ნაჩვენები დროის დაყოვნების საფეხუროვანი გრაფიკი).

4.2 მომკვეთი დენური დაცვა

4.2.1. მომკვეთი დაცვის მოქმედების პრინციპი

როგორც ვნახეთ, მაქსიმალური დენური დაცვის სელექციური მოქმედების უზრუნველყოფა დაცვის მოქმედების ხელოვნურ დაგვიანებას (დროის დაყოვნებას) მოითხოვს. მრავალუბნიან ხაზებზე დრო-

ის დაყოვნება ზოგჯერ რამდენიმე წამს აღწევს და ამიტომ მაქსიმალური დაცვა ნელმოქმედი დაცვების ჯგუფს მიეკუთვნება.

ბევრად უფრო სწრაფად მუშაობს ე.წ. მომკვეთი ღენური დაცვა, რომლის სელექციური მოქმედება მიღწეულია არა დროის დაყოვნებით, არამედ მოკლე შერთვის ღენის სიდიდით განპირობებული დაცვის მოქმედების ზონის შეზღუდვით (მოკვეთით). აღნიშნულის გამო, მომკვეთი დაცვა შეიძლება შეესუღაღ ან ძალიან მცირე დროის დაყოვნებით მუშაობდეს.

მომკვეთი ღენური დაცვის მოქმედების პრინციპი შემდეგში მდგომარეობს: სამუაზა ღენურ დაცვას დასაცავი უბნის დასაწყისში (კვების მხრიდან) აყენებენ, ზოლო მისი დაძერის ღენს ირჩევენ მოკლე შერთვის ღენის იმ სიდიდის მიხედვით, რომელიც შეიძლება განდეს ამავე უბნის ბოლოში დაზიანების გაჩენის შემთხვევაში.

თუ დაზიანება დასაცავი უბნის ფარგლებში ჩნდება, მაშინ მოკლე შერთვის ღენის სიდიდე აღემატება დაცვის დაძერის ღენს და ამიტომ დაზიანებული უბნის გამოროთვა ზდება. მაგრამ თუ დაზიანება მომდევნო ან ნებისმიერ შორეულ უბანზე ჩნდება, ე.ი. თუ დასაცავ უბანში გადის გამჭოლი მოკლე შერთვის ღენი, რომელიც ყოველთვის ნაკლებია დაძერის ღენზე, მაშინ დაცვა არ მუშაობს და დასაცავი უბნის გამოროთვა არ ზდება.

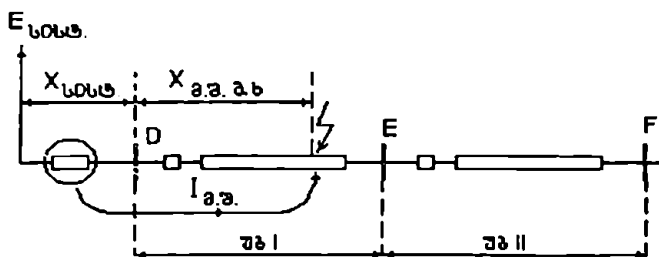
მომკვეთი დაცვის ზონის დასადგენად, ე.ი. დაძერის ღენის შერჩევისთვის საჭიროა ვიცოდეთ თუ როგორ იცვლება მოკლე შერთვის ღენის სიდიდე დაზიანების ადგილის თანდათანობითი დაშორებისას.

მოკლე შერთვის ღენის გამოსათვლელად იყენებენ 4.8-ე ნახაზე მოყვანილ ეკვივალენტურ სქემას, სადაც:

$E_{სისტ.}$ — არის სისტემის (კვების წყაროებში შემავალი) გენერატორების ელექტრომამოძრავებელი ძალა;

$X_{სისტ.}$ — სისტემაში პარალელურად მომუშავე გენერატორების დაქსელის ჯამური წინაღობა;

$X_{კვ.ზ.}$ — ელექტროგადაცემის ხაზის წინაღობა, მკვებავი D ქვესადგურიდან დაზიანების წერტილამდე.

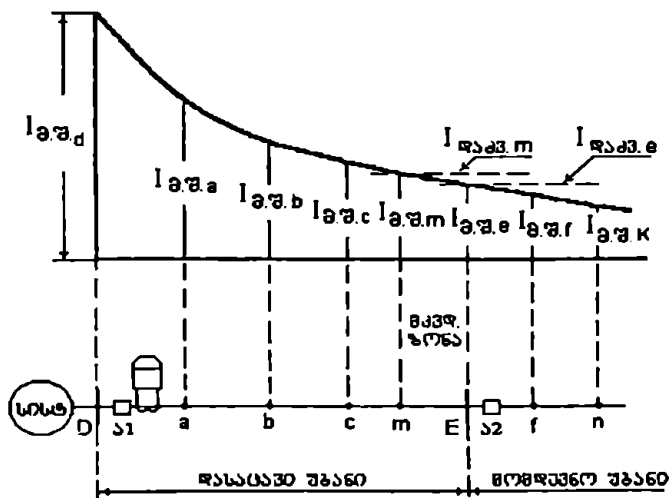


ნახ. 4.8 საანგარიშო ეკვივალენტური სქემა

მოყვანილი ეკვივალენტური სქემის საფუძველზე მოკლე შერთვის დენის სიდიდეს ანგარიშობენ შემდეგი გამოსახულების მიხედვით:

$$I_{გ.გ.} = \frac{E_{სისტ.}}{X_{სისტ.} + X_{გ.გ.}}$$

რაც უფრო დიდია k წერტილის დაშორება D ქვესადგურის სალტებიდან, მით მეტია $(X_{სისტ.} + X_{გ.გ.})$ ჯამური წინაღობა და ამიტომ მით უფრო მცირეა მოკლე შერთვის დენის სიდიდე. დაზიანების სხვადასხვა a, b, c, m, E, f, n წერტილებში მოკლე შერთვის დენის მნიშვნელობათა მრუდი მოცემულია 4.9 ნახაზზე.



ნახ. 4.9 მოკლე შერთვის დენის გრაფიკი ხაზის გასწვრივ

თუ უბნის დასაწყისში დაყენებული D დაცვის დაძვრის დენს შევირჩევთ ამავე უბნის ბოლოში მოსალოდნელი $I_{\Sigma\Phi}$ მოკლე შერთვის დენის ტოლს (ნახ. 4.9), მაშინ დაცვა იმოქმედებს და ა ამომრთველს გამორთავს დასაცავ უბანზე ნებისმიერი წერტილში დაზიანების გაჩენის დროს, რადგან

$$I_{\Sigma D} > I_{\Sigma\Phi} > I_{\Sigma\Phi_1} > I_{\Sigma\Phi_2} > I_{\Sigma\Phi_3} > I_{\Sigma\Phi_4} = I_{\text{დაძვრ.}}$$

ე.ი. D დაცვის მოქმედების ზონაში შეყვანილია დასაცავი უბნის სრული სიგრძე. მომდევნო (მეზობელ და უფრო დაშორებულ) უბნებზე დაზიანების გაჩენის შემთხვევაში D დაცვა უკვე აღარ მუშაობს, რადგან:

$$I_{\Sigma\Phi} < I_{\Sigma\Phi_1} < I_{\Sigma\Phi_2} = I_{\text{დაძვრ.}}$$

უნდა აღინიშნოს, რომ რიგი მიზეზების გამო, დაძვრის დენის შერჩევა $I_{\Sigma\Phi}$ დენის მიხედვით და დაცვის მოქმედების ზონის მოკვეთა მეზობელი E ქვესადგურის საღებავებზე, ე.ი. უბნის სრული სიგრძის შეყვანა დაცვის მოქმედების ზონაში, არ ხერხდება.

მართლაც, თუ დაძვრის დენი შერჩეული იქნება $I_{\Sigma\Phi}$ დენის ტოლი, მაშინ ცდომილების არსებობის გამო, მოსალოდნელია, რომ დაცვამ იმოქმედოს უფრო მცირე დენის დროს. კერძოდ, დაცვამ შეიძლება იმოქმედოს მეზობელი უბნის დასაწყისში (f წერტილში) დაზიანების გაჩენის შემთხვევაში, მით უმეტეს, რომ $I_{\Sigma\Phi}$ დენი ბევრად არ განსხვავდება $I_{\Sigma\Phi}$ დენისაგან.

აღნიშნულის გამო დაძვრის დენს ირჩევენ $I_{\Sigma\Phi}$ დენზე უფრო დიდს:

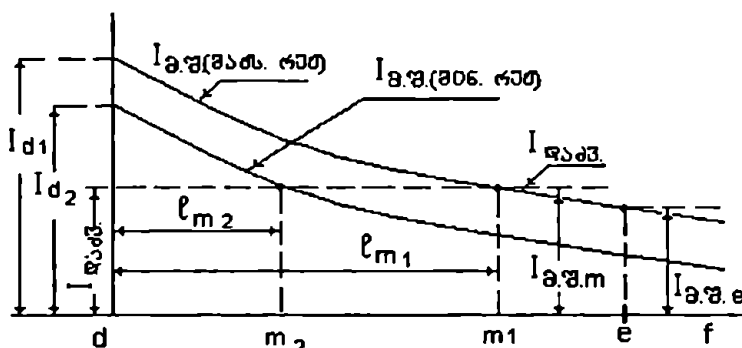
$$I_{\text{დაძვრ.}} = K_{\Sigma\Phi} \cdot I_{\Sigma\Phi} = I_{\Sigma\Phi M},$$

სადაც $K_{\Sigma\Phi} \equiv 1,2$ მარაგის კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს დენური რეგულაციის, დენის ტრანსფორმატორებისა და მოკლე შერთვის დენების გაანგარიშებისას შესაძლო ცდომილებებს. აღებულ პირობებში დაცვის ზონაში შედის უბნის მხოლოდ DM ნაწილი. ე.ი. დაცვის ზონის მოკვეთა ხდება M წერტილში, ხოლო უბნის ბოლო EM ნაწილი დაცვის ზონაში არ შედის და ამიტომ მას მკვდარ ზონას უწოდებენ. მკვდარი ზონის არსებობა, რა თქმა უნდა, მომკვეთი დაცვის ნაკლია. სამაგიეროდ, ასეთი გადაწყვეტილება გამორიცხავს დასაცავი უბნის არასელექტიურ გამორთვას მომდევნო უბანზე დაზიანების გაჩენის დროს და, რაც ფრიალ მნიშვნელოვანია, დაცვის მექანიზმის მოქმედების საშუალებას იძლევა.

აღსანიშნავია, რომ დაცვის მოქმედების DM ზონა, ისევე, როგორც მკვდარი ME ზონა, დამოკიდებულია მოკლე შერთვის დენის სიდიდეზე. მართლაც, სისტემის მუშაობის მინიმალურ რეჟიმში, როცა გენერატორების ნაწილი გაჩერებულია, მოკლე შერთვის დენის გრაფიკი (მრუდი 2) უფრო დაბლა იქნება განლაგებული, ვიდრე სისტემის მაქსიმალური რეჟიმის მიხედვით აგებული გრაფიკი (ნახ. 4.10 მრუდი 1).

რადგან $I_{\text{დაჭრM}} = I_{\text{გვM}}$, მინიმალურ რეჟიმში დაცვის ზონის სიგრძე უფრო მოკლეა, ვიდრე L_{01} , რომლის მიღწევა შესაძლებელია მაქსიმალური რეჟიმისას.

მომკვეთი დაცვის გამოყენება გამართლებულია, თუ $L_{01} \geq 0,8 L_{\text{კ}}$; ხოლო $L_{02} \geq (0,4 + 0,5) L_{\text{კ}}$, სადაც $L_{\text{კ}}$ დასაცავი უბნის სიგრძეა.



ნახ. 4.10 დაცვის ზონის სიგრძე მაქსიმალურ და მინიმალურ რეჟიმში

4.2.2 მეყსეულად მოქმედი მომკვეთი დაცვის სქემა

ყრუდ ჩამოწეულ ნეიტრალიან დანადგარებში, სადაც სამფაზა და ორფაზა მოკლე შერთვის გარდა ერთფაზა მოკლე შერთვის გაჩენაც არის შესაძლებელი, იყენებენ დაცვის სამფაზა სქემას (ნახ. 4.11), რომელიც უბრალო მაქსიმალური დენური დაცვის სქემის მსგავსად (ნახ. 4.5) შეიცავს დენის სამ ტრანსფორმატორს (დტ-A, დტ-B, დტ-C), სამ დენურ რელეს 1, 2, 3, ერთ შუალედურ რელეს 4 და ერთ მაჩვენებელ რელეს 5. სქემაში არ არის შეყვანილი დრო-

ის რელე, რადგან მომკვეთი დაცვა და მისი სელექციური მოქმედება არ მოითხოვს დროის დაყოვნებას.

იზოლირებულ ნეიტრალიან დანადგარებში, სადაც გამორიცხულია ერთფაზა მოკლე შერთვის გაჩენა, სამფაზა სქემის ნაცვლად იყენებენ ორფაზა სქემას, რომელიც ორფაზა მაქსიმალური დენური დაცვის სქემის მსგავსად არის შესრულებული (ნახ. 4.6), მაგრამ, დროის რელეს არ შეიცავს.

მომკვეთ დაცვას ხშირად იყენებენ ელექტროგადაცემის ზაზებზე, რადგან სქემის სიმარტივე უზრუნველყოფს მის მაღალ საიმედოობას და, ამავე დროს, მოქმედების ფრიად მაღალ სისწრაფეს.

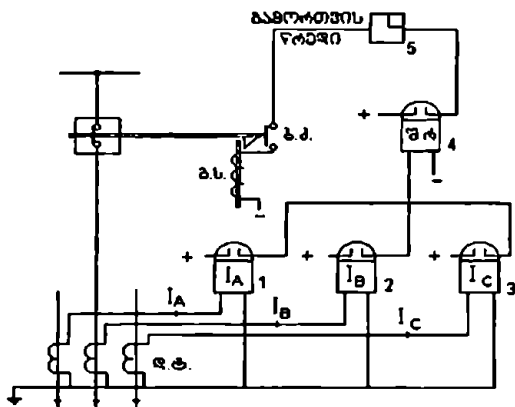
4.2.3 არასელექციური მომკვეთი დაცვა

როგორც ენახეთ, სელექტიურად მოქმედი მომკვეთი დაცვის ზონაში დასაცავი უბნის სრული სიგრძის შეყვანა არ ხერხდება. დაცვის გარეშე რჩება უბნის ბოლო ნაწილი, რომელსაც ჩვენ მკვდარი ზონა ვუწოდეთ. მაგრამ არსებობს დაცვის სქემა, რომელიც დაცულია აღნიშნული ნაკლისაგან. დაცვის ამ სქემას არასელექციური მომკვეთი დაცვა ეწოდება.

არასელექციური მომკვეთი დაცვის სქემა (ნახ. 4.11) ისეთივეა, როგორც ზემოთ აღწერილი სელექციური დაცვის სქემა. მაგრამ მისი დამერის დენს უფრო მცირეს ირჩევენ, ვიდრე სელექციური დაცვისას. კერძოდ, მას ირჩევენ მოკლე შერთვის დენის იმ სიდიდის მიხედვით, რომელიც ჩნდება მომდევნო უბნის დასაწყისში (f წერტილში) დაზიანების გაჩენის შემთხვევაში:

$$I_{\text{დამერ}} = (1,1 \div 1,2) I_{\text{დამერ}2} .$$

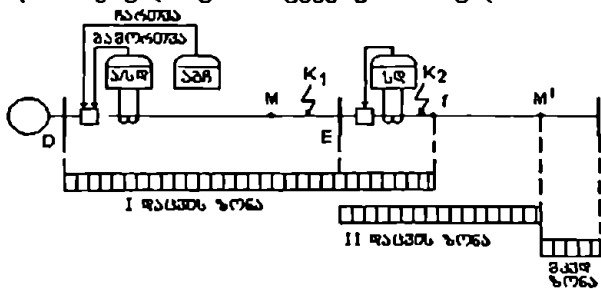
აღნიშნულის გამო დაცვის მოქმედების მოკვეთა f წერტილში ხდება, ხოლო მის ზონაში შედის 1 უბნის სრული სიგრძე, E ქვესადგურის სალტეები და მომდევნო უბნის E - f ნაწილიც (ნახ.4.12). როგორც ნახაზიდან ჩანს, არასელექციური დაცვა (დაცვა 1) დაყენებულია D ქვესადგურზე, ე.ი. 1 უბნის დასაწყისში (კვების მხრიდან). აქვე დაყენებულია ერთჯერადი მოქმედების ავტომატური განმეორებითი ჩართვის მოწყობილობა (აგჩ), რომელიც ა1 ამომრთველი ჩართვას ახდენს მისი გამორთვის შემდეგ.



ნახ. 4.11 მოძვეთი ღაცვის სამუზა სქემა

მომღეწო EF უბნის ღაცვისთვის E ქეესადგურზე დაყენებული სელექციური ღაცვა (ღაცვა 2), რომელიც ა2 ამომრთველს მეყსეულად გამორთავს EF უბანზე დაზიანების შემთხვევაში. აგრ მოწყობილობა E ქეესადგურზე დაყენებული არ არის.

განვიზილოთ არასელექციური ღაცვის მოქმედების პირობები, როცა დაზიანება ჩნდება არა დასაცავ, არამედ მომღეწო უბანზე k_2 წერტილში. ასეთ შემთხვევაში მეყსეულად, ე.ი. პრაქტიკულად ერთდროულად იმოქმედებს ორივე ღაცვა: (ღაცვა 1) D ქეესადგურზე და (ღაცვა 2) E ქეესადგურზე, რის შედეგად გამორთვება ა1 და ა2 ამომრთველები. ა1 ამომრთველის გამორთვისათანავე ამუშავდება ხაზის დასაწყისში დაყენებული აგრ, რომელიც ხელახლად ჩართავს ა1 ამომრთველს, ხოლო ა2 ამომრთველი გამორთული დარჩება. ა1-ის განმეორებითი ჩართვის მომენტში მოკლე შერთვის დენი აღარ ჩნდება, რადგან დაზიანებული უბანი უკვე გამორთულია.



ნახ. 4.12 არასელექციური ღაცვის მოქმედების ზონა

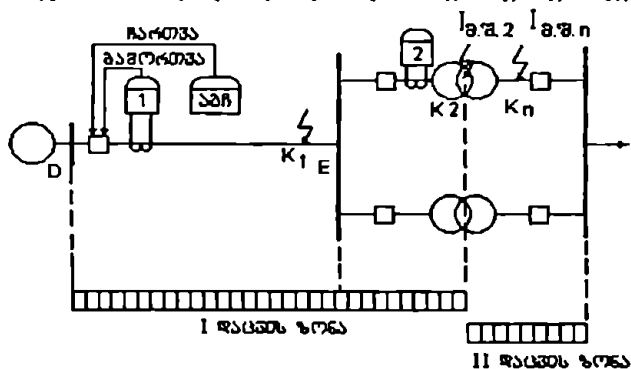
განვიხილოთ ახლა ღზიანების გაჩენის შემთხვევა დასაცავ უბანზე k_1 წერტილში. ამ შემთხვევაში იმოქმედებს დაცვა 1 და გამორთავს ა1 ამომრთველს. დაცვის ასეთი მოქმედება სწორია და რაიმე დამატებითი ოპერაციის ჩატარებას არ საჭიროებს, მაგრამ ა1-ის გამორთვას მოჰყვება აგჩ-ს ამუშავება და გამორთული ამომრთველის განმეორებითი ჩართვა. თუ დაზიანება k_1 წერტილში იყო მდგრადი, ხელახლად გაჩნდება მოკლედ შერთვის დენი და დაცვა 1 ხელახლად იმოქმედებს და ისევ გამორთავს დაზიანებულ ხაზს. რადგან აგჩ-ს ერთჯერადი მოქმედების უნარი აქვს, იგი ვეღარ ჩართავს ა1-ს, ე.ი. დაზიანებული უბანი გამორთული დარჩება.

განხილულ დაცვას არასელექციური მომკვეთი დაცვა ეუწოდეთ, თუმცა როგორც მოყვანილი აღწერიდან ჩანს, ის სინამდვილეში საბოლოოდ სწორ და სელექციურ შედეგს იძლევა. დამატებითი დრო, რომელიც აგჩ-ს მოქმედებაზე იხარჯება, არ აღემატება 0,25-0,3 წამს.

აღსანიშნავია რომ ა1 ამომრთველს მძიმე პირობებში უხდება მუშაობა. თუ დაზიანება დასაცავ უბანზე (k_1 წერტილში) ჩნდება, იგი ორჯერ ზედიზედ ახდენს მოკლე შერთვის დენის გამორთვას.

განსაკუთრებით მიზანშეწონილია არასელექციური მომკვეთი დაცვის გამოყენება, როცა დასაცავი ხაზის ბოლოში მიერთებულია ძალოვანი ტრანსფორმატორები.

განვიხილოთ DE უბანი (ნახ. 4.13), რომლის დასაწყისში დაყენებულია არასელექციური დაცვა 1 და განმეორებითი ჩართვის ავტომატი (აგჩ). E ქვესადგურის სალტებზე მიერთებულია ორი, პარალელურად მომუშავე ძალოვანი ტრანსფორმატორი, რომელთა დაცვისთვის გამოყენებულია მომკვეთი დაცვა 2. ამ დაცვის დაძვრის დენს ირჩევენ $I_{გა2}$ დენის მიხედვით, რის გამო მის ზონაში შედიან ტრანსფორმატორის მაღალი და დაბალი ძაბვის გრაგნილები.



ნახ. 4.13 ხაზის ტრანსფორმატორების მომკვეთი დაცვა

რაც შეეხება დაცვას 1, რომელიც DE უბნის დასაწყისშია დაყენებული, მის დაძვრის დენს ირჩევენ ტრანსფორმატორის შიგნით (k_2 წერტილში) მოსალოდნელი მოკლე შერთვის დენის მიხედვით:

$$I_{\text{დაძვრ}(1)} = K_{\text{გარ}} \cdot I_{\text{შ2}},$$

რის გამოც დაცვის 1 მოქმედების ზონაში შედის დასაცავი უბნის სრული სიგრძე, E ქვესადგურის სალტები და ძალოვანი ტრანსფორმატორის პირველადი გრაგნილი. დაცვა შემდეგნაირად მუშაობს:

1. თუ დაზიანება დასაცავ უბანზე ჩნდება k_1 წერტილში, დაცვა 1 გამორთავს ა1 ამომრთველს, რასაც აგჩ-ს მოქმედება მოჰყვება. ე.ი. ა1-ის განმეორებითი ჩართვა და მოკლე შერთვის დენის განმეორებითი გაჩენა. ხელმეორედ იმოქმედებს დაცვა 1, რის შემდეგ ა1 გამორთული დარჩება.
2. თუ დაზიანება ერთ-ერთ ტრანსფორმატორში (k_2 წერტილში) ჩნდება, მაშინ ერთდროულად (მეყსეულად) იმოქმედებს დაცვა 1 და დაცვა 2 და გამოირთვება ა1 და ა2 ამომრთველები. ტრანსფორმატორის ა2 ამომრთველი გამორთული დარჩება, ხოლო ხაზის ა1 ამომრთველი აგჩ-ს მოქმედების შემდეგ ჩაირთვება და ჩართულ მდგომარეობაში დარჩება, რის შემდეგაც დაუზიანებელი ტრანსფორმატორის კვება აღდგება.

მოყვანილი აღწერიდან ჩანს, რომ ორივე შემთხვევაში დაცვა ხელექციურად და სწრაფად მუშაობს.

4.2.4. მომკვეთი დაცვა დროის დაყოვნებით

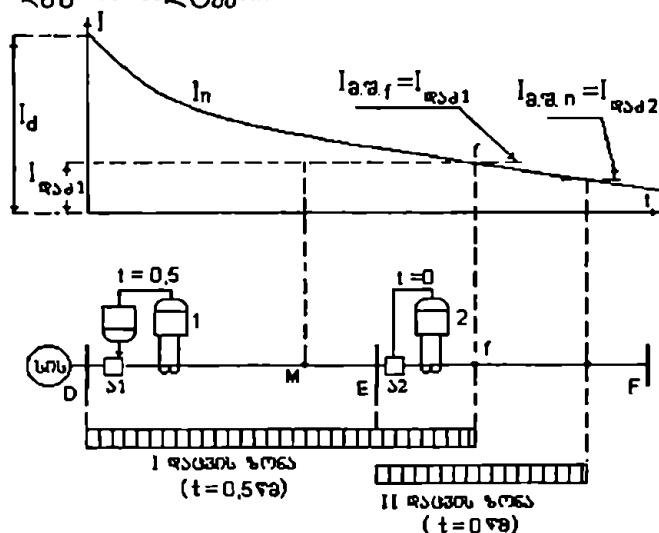
როგორც უკვე ენახეთ, მეყსეულად მოქმედი მომკვეთი დაცვის ზონაში დასაცავი 1 უბნის სრული სიგრძის შეყვანა არ ხერხდება. საჭიროა დაცვის მოკვეთა მოხდეს ისეთ წერტილში, რომელიც დასაცავი უბნის ბოლო ნაწილშია განლაგებული (იხ. ნახ. 4.8). ამიტომ უბანზე რჩება დაუცავი ნაწილი, რომელსაც მკედარ ზონას უწოდებენ.

აღნიშნული ნაკლი არ ახასიათებს არასელექციურ დაცვას (იხ. ნახ. 4.12 და 4.13). მაგრამ მისი განხორციელება აგჩ-ს დაყენე-

ბას და ამომრთველის ორჯერად მოქმედებას მოითხოვს, რაც ამცირებს სქემის საიმედო მოქმედებას.

დროის დაყოვნებით მომუშავე მომკვეთ დაცვას არც მკედარი ზონა აქვს და არც აგზ-ს დაყენება ჭირდება. აღსანიშნავია, რომ დროის დაყოვნება, რომლის შემოღებას მოითხოვს ეს ხერხი, ძალიან მცირეა ($t \approx 0,5$ წმ).

მომკვეთი ზონა დროის დაყოვნებით შემდეგნაირად მუშაობს (ნახ. 4.14). პირველი მომკვეთი დაცვა დაყენებულია დასაცავი I უბნის დასაწყისში (D ქვესადგურზე). ამ დაცვას დროის მცირე დაყოვნება უნდა ჰქონდეს, ამიტომ მის სქემაში შეყვანილი უნდა იყოს ან დროის რელე, ან შენელებული მოქმედების შუალედური რელე. პირველი დაცვის ზონის მოკვეთა მომდევნო უბნის f წერტილში, ე.ი. უბნის დასაწყისში უნდა ხდებოდეს. ეს პირობა დაცული იქნება, თუ I დაცვის დაძვრის დენს მოკლე შერთვის დენის მიხედვით შევარჩევთ. ასეთ პირობებში I დაცვის ზონა შეჭრილი იქნება მომდევნო უბანში და ამიტომ მის ზონაში შევა დასაცავი უბნის სრული სიგრძე და E ქვესადგურის საღებები.



ნახ. 4.14 მომკვეთი დაცვა დროის დაყოვნებით

მეორე მომკვეთი დაცვა დაყენებულია მომდევნო უბნის დასაწყისში (E ქვესადგურზე). ეს დაცვა მეყსეული მოქმედებისაა. ე.ი. დროის დაყოვნების ელემენტი მას არ აქვს, ხოლო დაძვრის დენი

ისე უნდა იყოს შერჩეული, რომ ამ დაცვის მოქმედების ზონაში EF უბნის ძირითადი ნაწილი შედიოდეს (იწერტილამდე).

აღნიშნულიდან გამომდინარეობს, რომ 1 და 2 დაცვების დაძვრის ღირებულების შერჩევა შემდეგი პირობის მიხედვით უნდა ხდებოდეს:

$$I_{\text{დავ1}} > I_{\text{დავ2}},$$

ანუ

$$(I_{\text{დავ1}} = I_{\text{შპი}}) = (k_{\text{გარ}} \cdot I_{\text{დავ2}} = I_{\text{შპი}}),$$

სადაც $k_{\text{გარ}} = 1,15 \div 1,2$.

დაცვა შემდეგნაირად მუშაობს:

1. თუ დაზიანება დასაცავ უბანზე ჩნდება, მის გამორთვას ახდენს დაცვა 1 მცირე დროის დაყოვნებით ($t_1 = 0,5$ წმ).
2. თუ დაზიანება მომდევნო (EF) უბანზე ჩნდება, მას მეყსეულად გამორთავს დაცვა 2, ხოლო დაცვა 1 მოქმედებას ვერ ასწრებს, რადგან მას დროის დაყოვნება აქვს.

4.3. საჰაერო ხაზების სწრაფმოქმედი დაცვები

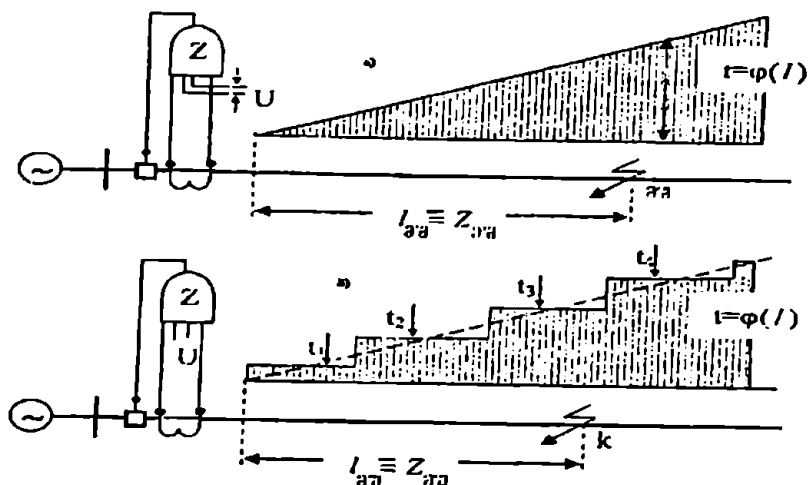
4.3.1. დისტანციური დაცვა

შეკრულ ქსელებში სიმძლავრის წყაროს (ელ. სადგურები) რიცხვი უმეტეს შემთხვევაში ორს აღემატება, ამიტომ მდგრადობის შენარჩუნების მიზნით აუცილებელი ხდება სწრაფმოქმედი და საიმედო რელეური დაცვების გამოყენება. მაქსიმალურ ღირებულებას დაბალი სისწრაფე ახასიათებს და ამ დაცვის მოქმედების დრო მით უფრო მეტია, რაც უფრო ახლოსაა მოკლე შერთვის წერტილი კვების წყაროსთან. გრძივ დიფერენციალურ დაცვას მართალია გააჩნია მოქმედების დიდი სისწრაფე, მაგრამ მისი გამოყენება გრძელ ხაზებზე არც ეკონომიურად და არც საიმედოობის დონით, მიზანშეწონილი არ არის.

დისტანციური დაცვა ზემოთ მოყვანილი ნაკლოვანებისაგან თავისუფალია. იგი გამოიყენება ნებისმიერი კონფიგურაციის ქსელისათვის ელექტროსადგურების რიცხვის მიუხედავად.

დისტანციური დაცვის მოქმედების დრო გადაცემის ხაზის უბნების რაოდენობაზე არ არის დამოკიდებული და ამდენად, იგი

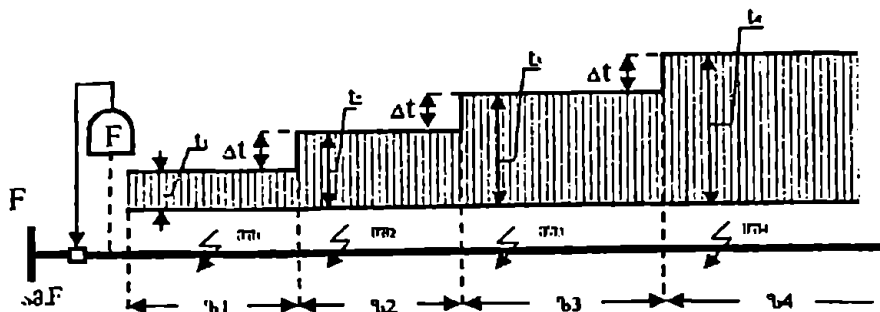
საკმაოდ სწრაფმოქმედი. დაცვის მოქმედების დრო მით უფრო მცირეა, რაც უფრო ახლოსაა დაზიანების ადგილი დაცვის დაყენების ადგილიდან, ანუ რაც უფრო მცირეა l მანძილი (დისტანცია) მოკლელ შერთვის ადგილამდე (ნახ. 4.15).



ნახ 4.15 დაცვის დროის დამოკიდებულება დაზიანების ადგილამდე მანძილზე (დისტანციაზე): ა-პროპორციული; ბ-საფეხუროვანი

დაცვის მოქმედების დროის მახასიათებელი შეიძლება იყოს როგორც “წრფივი” (ნახ. 4.15 ა), ასევე “საფეხუროვანი” (ნახ. 4.15 ბ). ორივე შემთხვევაში დაცულია პირობა $t \equiv t_k \equiv Z_k$. ე.ი. დაცვის მოქმედებისთვის საჭიროა რელეური დაცვის მოწყობილობამ შეიგრძნოს დამოკლებული ზაზის წინააღობის სიდიდე. რელეური დაცვის სიმარტივისა და სისწრაფის მიხედვით გამოიყენება დაცვის დროის “საფეხუროვანი” მახასიათებელი.

საფეხუროვანი დაცვის თავისებურება მდგომარეობს მასში, რომ დაცვის მოქმედების დრო იზრდება არა თანდათანობით, არამედ საფეხურების მიხედვით (ნახ. 4.16).



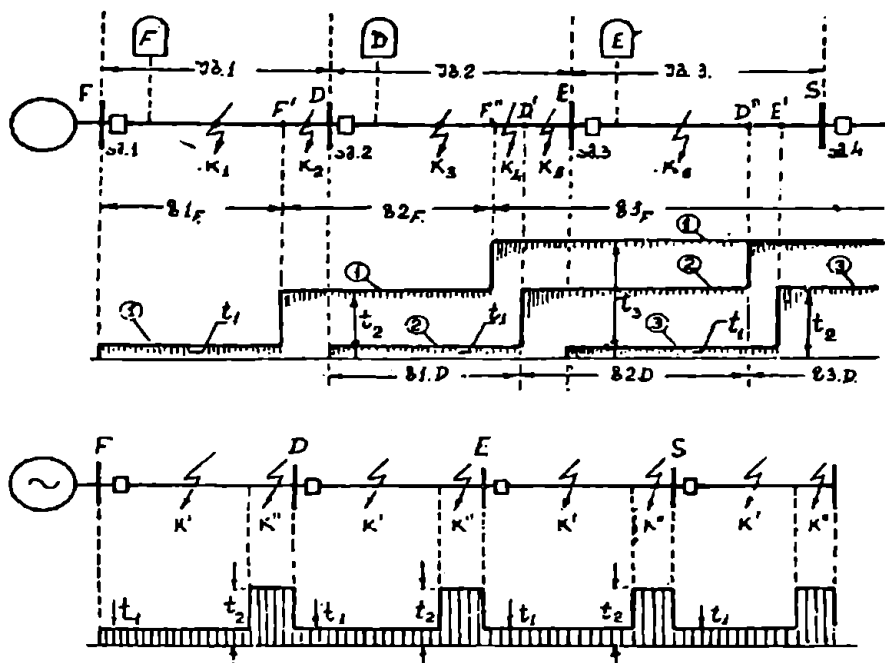
ნახ. 4.16 დისტანტური დაცვა პრაქტულსაფეხუროვანი მახასიათებლით

როგორც ამ ნახაზიდან ჩანს, თუ მოკლე შერთვას ადგილი აქვს მეორე ზონაში (K_2 წერტილში), დაზიანებული უბნის გამორთვა მოხდება Δt დროის დაგვიანებით, მესამე ზონაში – შესაბამისად $2 \cdot \Delta t$ დროის დაგვიანებით, მეოთხე ზონაში – $3 \cdot \Delta t$ დროის დაგვიანებით და ა.შ.

აღსანიშნავია, რომ რაც ნაკლები იქნება საფეხურების რიცხვი მით უფრო სწრაფმოქმედი იქნება დაცვა. კერძოდ, ორ საფეხუროვანი მახასიათებლის დროს. მაგრამ როგორც ირკვევა სელექციურობის უზრუნველყოფის მიღწევა შეუძლებელია მხოლოდ ორი საფეხურის დროს.

დაცვის სელექციური მოქმედება მხოლოდ მაშინ იქნება უზრუნველყოფილი, თუ მისი პირველი ზონა არ გადავა მომდევნო უბანზე.

განვიხილოთ სამსაფეხუროვანი დაცვის დროის დაყოვნების გრაფიკი (ნახ. 4.17). აქ 1, 2, და 3 გრაფიკები F , D და E დაცვების მახასიათებლებია. თითოეულ მახასიათებელს გააჩნია დროის სამი t_1 , t_2 , t_3 საფეხური და შესაბამისად, მოქმედების სამი ზონა.



ნახ. 4.17 სამსაფეხუროვანი დაცვის დროის დაყოფნების გრაფიკი

აღსანიშნავია, რომ ყველა ზონის 80% დაცულია t_1 დროით, ხოლო დასაცავი ზონის სიგრძის ბოლო 20%-ში მოქმედებს t_2 დრო (ნახ. 4.17 ბ).

K_1 წერტილში მ.შ. დროს დაცვის მოქმედების დრო მინიმალურია, $t_1 = 0,05 \div 0,1$ წმ. K_2 წერტილში დაზიანების შემთხვევაში $t_2 = t_1 + \Delta t$. როცა $\Delta t = 0,2$ წმ, შესაბამისად მეორე საფეხურის დრო იქნება $t_2 = 0,25 \div 0,3$ წმ.

თუ დაზიანება მოხდა მეორე ზონის K_3 წერტილში, იმოქმედებს ამ ზონის მკვეთრი ქვესადგურის D დაცვა და დაზიანებულ წერტილს გამორთავს t_1 დროში. დაზიანების გაჩენისთანავე დაიწყებს მოქმედებას აგრეთვე F დაცვა, მაგრამ ის ვერ ასწრებს მოქმედებას, რადგან K_3 წერტილში დაზიანებისას მას დასჭირდებოდა t_2 დრო და ა.შ.

მოყვანილი შემთხვევის განხილვიდან ჩანს, რომ უმეტეს შემთხვევაში ღაცვა მუშაობს სწრაფად (t_1 დროში), ხოლო დაახლოებით 20% შემთხვევაში იგი მუშაობს შედარებით ნელა (t_2 დროში).

ორივე შემთხვევაში დისტანციური ღაცვის მუშაობის დრო $t_1=0,1$ წმ და სავსებით აკმაყოფილებს მაღალი ძაბვის ქსელების ღაცვის მიმართ წაყენებულ მოთხოვნებს.

ღაცვის ან თვით ამომრთველის მოქმედების უარის შემთხვევაში აუცილებელია მათი რეზერვირება. ამისათვის საჭირო ხდება დისტანციური ღაცვის მესამე ზონის შექმნა, რითაც ვაღწევთ საიმედოობის საკმაოდ მაღალ ხარისხს. მაგალითად, თუ მოკლე შერთვა მოხდა მეორე ზონის K_3 წერტილში, D ღაცვის (ან ამომრთველის) უარის შემთხვევაში, წინა საფეხურის F ღაცვა დაზიანებას გამოერთავს t_2 დროში. ხოლო თუ მოკლე შერთვა არის K_4 წერტილში, ანუ მეორე უბნის ბოლოს, იმავე პირობების დროს იმოქმედებს F ღაცვა და დაზიანებას გამოერთავს t_3 დროში.

როგორც ვხედავთ დისტანციური ღაცვის მოქმედება ურთიერთრეზერვირების დროს არის არასელექციური, მაგრამ საიმედო და საკმაოდ სწრაფმოქმედი.

დისტანციურ ღაცვაში ხაზში დაზიანების შემგრძნობ ორგანოს წარმოადგენს წინაღობის რელე.

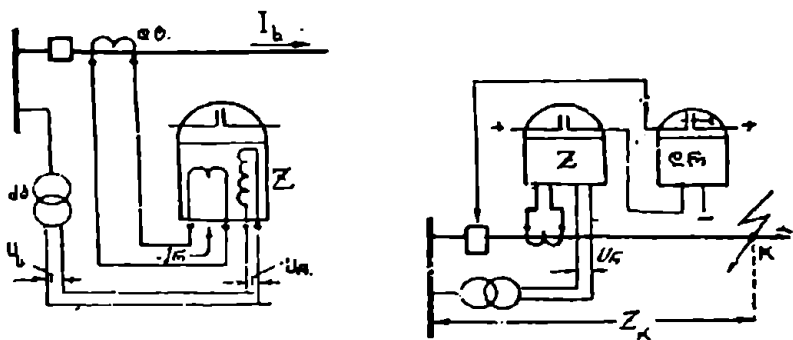
ამ რელეს ორი გრაგნილი აქვს – ძაბვისა და დენის. ეს რელე მუშაობს ამ სიდიდეთა ფარდობის მიხედვით ($Z = U/I$). წინაღობის რელეს მიერთების სქემა ნაჩვენებია 4.18 ნახაზზე.

ნორმალურ რეჟიმში, რელეზე მიწოდებული ძაბვისა და დენის შეფარდება

$$Z_R = U_R / I_R = (U / n_u) \cdot (n_l / I_b) = Z \cdot K_R$$

სადაც Z - წრედის “პირველადი წინაღობა”; $K_R = n_l / n_u$; n_l და n_u - დენისა და ძაბვის ტრანსფორმატორების ტრანსფორმაციის კოეფიციენტები;

Z წინაღობა მოიცავს როგორც ხაზის საკუთარ, ასევე დატვირთვის წინააღობების ერთობლიობას.



ნახ. 4.18 წინააღობის რელეს მიერთების სქემა

მოკლე შერთვის რეჟიმში Z მკვეთრად მცირდება (ნახ. 4.18 ბ) და მისი სიდიდე, რომელსაც აღნიშნავენ როგორც $Z_{ა.შ}$, განისაზღვრება ქვესადგურის სალტეებისა და მოკლე შერთვის წერტილს შორის მანძილით. ამ შემთხვევაში დისტანციური დაცვის რელეზე მიწოდებული წინააღობა იქნება:

$$Z_{\kappa} = Z_{ა.შ} \cdot K_{\kappa}.$$

ნორმალურ რეჟიმში Z_{κ} საკმარისად დიდია

$$Z_{\kappa} = U_{\kappa} / I_{\kappa} = (U / n_U) : (I_{\kappa} / n_I) = 100 / 5 = 20 \text{ ომი.}$$

ძაბვის ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი n_U ისეა შერჩეული, რომ მეორეული ძაბვა ტოლია 100 ვოლტის, ხოლო დენის ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი n_I ნორმალურ რეჟიმში იძლევა 5 ამპერის ტოლს მეორეულ დენს. დაუტვირთავი ხაზის დროს Z_{κ} უსასრულობის ტოლია, ხოლო მოკლე შერთვის დროს $Z_{\kappa} = Z_{ა.შ} K_{\kappa}$ და წინააღობის სიდიდე საგრძნობლად კლებულობს და სალტეებიდან მოკლე შერთვის ადგილის დაშორების პროპორციულია. როდესაც მოკლე შერთვა ხაზის დასაწყისშია, რელეზე მიწოდებული წინააღობა ნულის ტოლი ხდება.

საფეხუროვანი მახასიათებლის მიღებისთვის საჭირო დროის დაყოვნება მიიღება დროის რელეების საშუალებით (ნახ. 4.18).

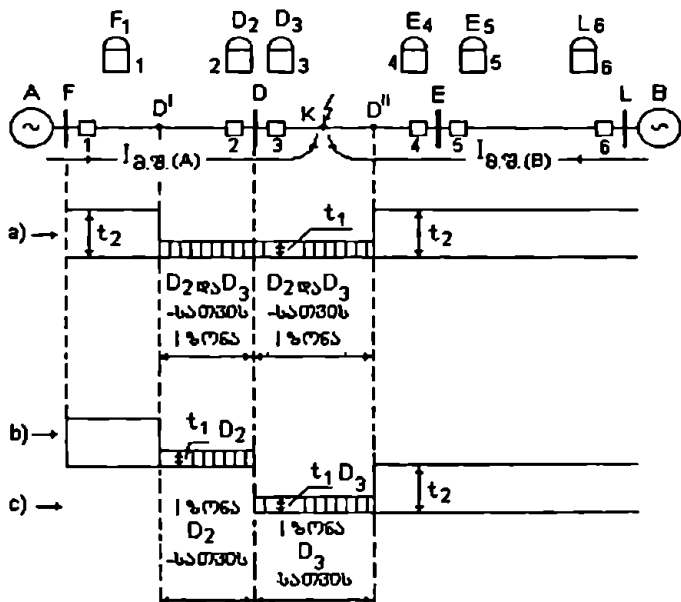
პირველ ზონაში დაზიანების შემთხვევაში დაცვის მოქმედების დრო მინიმალურია $t_1=0,1$, მეორე ზონაში $t_2=0,4$ წმ. ხოლო მესამე ზონაში $t_3=0,8 \div 0,9$ წმ (ნახ. 4.17).

საფეხუროვანი დაცვის მახასიათებლის განხილვისას იგულისხმება, რომ ე.გ.ხ.-ს ცალმხრივი კვება აქვს, ამიტომ დაცვის და ამომ-

რთველების დაყენება გათვალისწინებული იყო ყოველი უბნის მზო-
ლოდ ერთ ბოლოზე კვების მხრიდან. მაგრამ დისტანციურმა დაცვამ
გამოყენება ჰპოვა რთული კონფიგურაციის ქსელებში, სადაც ე.გ.ხ.-
ებს ორმხრივი კვება აქვთ. გასაგებია, რომ ამ შემთხვევაში ამომ-
რთველებისა და დაცვების დაყენება საჭირო ხდება ე.გ.ხ.-ს უბნის
თავსა და ბოლოში.

ამ პირობებში, ხაზის ორმხრივი კვების დროს, სელექციურო-
ბის უზრუნველყოფისთვის საჭიროა დაცვის ყოველ კომპლექტს გააჩ-
ნდეს ენერგიის მიმართულების შეგრძნობის უნარი, რაც გვაძლევს
გარანტიას, რომ დაცვის მოქმედება დაბლოკირებული იქნება, როდეს-
აც მოკლე შერთვის ღენის მიმართულება იქნება ხაზიდან სალტე-
ბისაკენ.

განვიხილოთ ელექტრული ქსელი, რომელიც ნაჩვენებია 4.19
ნახაზზე.



ნახ. 4.19 დისტანციური დაცვა მიმართულების შეგრძნობი ელემენტით

დავეშვათ, რომ D ქვესადგურზე დაყენებულია D₂ და D₃ დაც-
ვები, რომლებიც ღენის მიმართულებას ვერ არჩევენ. ამ შემთხვევაში
ორივე დაცვის დროის მახასიათებელი ერთნაირი იქნება და ამიტომ
ორივე დაცვის პირველი ზონა გავრცელდება D'D, DD'' უბნებზე და მი-

უხედავად იმისა თუ სად იქნება მოკლე შერთვა $D'D$ თუ DD'' უბანზე, ორივე დაცვა ერთდროულად იმოქმედებს და გამორთვა იქნება არასელექციური. მაგალითად, თუ მოკლე შერთვა იქნება k წერტილში DF უბნის გარდა გამოირთვება არასელექციურად FD უბანიც.

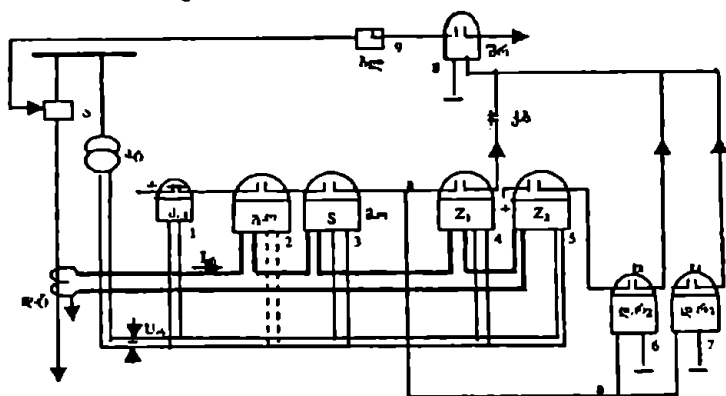
ახლა განვიხილოთ შემთხვევა, როდესაც დაცვის მოქმედება დაბლოკირებულია დენის საღტისკენ მიმართულების შემთხვევაში. ამ დროს იმავე k წერტილში მოკლე შერთვის დროს D_2 დაცვა არ იმოქმედებს, ხოლო D_3 დაცვა მოკლე შერთვას გამორთავს t_1 დროით და გამორთვა იქნება სელექციური (ნახ. 4.19).

ამრიგად, დისტანციური დაცვა აუცილებლად მიმართული მოქმედებისა უნდა იყოს, რაც ორნაირად შეიძლება განხორციელდეს: 1) დაცვის შემაღეწლობაში ენერგიის მიმართულების ორგანოს შეყვანით ან 2) მიმართული მოქმედების წინააღობის რელეს გამოყენებით.

4.3.2 დისტანციური დაცვის პრინციპული სქემა

დისტანციური დაცვის შემაღეწლობაში შედის გამშვი ორგანო, დისტანციური ორგანო, მიმართულების ორგანო, დროის ორგანო და დამხმარე მახლოკირებელი რელეები. დაცვა უნდა რეაგირებდეს ყველა სახის მოკლე შერთვაზე (ერთფაზა, ორფაზა მიწაზე, ორფაზა და სამფაზა მოკლე შერთვაზე).

სამსაფეხუროვანი დაცვის ცალფაზა პრინციპული სქემა ნაჩვენებია 4.20 ნახაზზე.



ნახ. 4.20 სამსაფეხუროვანი დისტანციური დაცვის პრინციპული სქემა

გამშვი ორგანო - რელე 2 დაცვას აწვდის ოპერატიულ დენს და ამზადებს მოქმედებისთვის. გამშვი რელე უნდა იყოს მაქსიმალურად მგრძნობიარე, რომ დაცვა ამოქმედდეს როგორც მაქსიმალურ, ასევე მინიმალურ რეჟიმში. როგორც წესი გამოიყენება მაქსიმალური დენური რელე, რომლის დაძვრის დენი

$$I_{\text{დაძვრ.}} = k_{\text{გარ}} \cdot I_{\text{ლატე.მაქს.}}$$

სადაც $k_{\text{გარ}}$ - მარაგის კოეფიციენტი ($k_{\text{გარ}} = 1,4 - 1,5$).

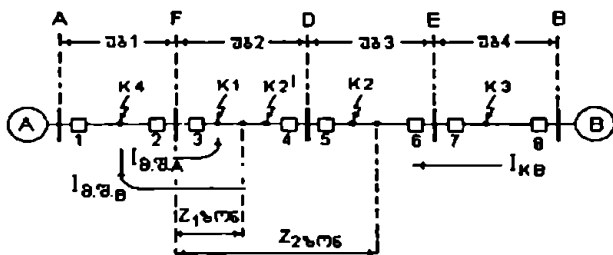
თუ მაქსიმალური დენური რელე საჭირო მგრძნობიარობას ვერ უზრუნველყოფს, მაშინ მის მაგივრად იყენებენ წინაღობის რელეს, რომელსაც გარდა დენისა მიეწოდება, აგრეთვე, ძაბვის მნიშვნელობაც და მოკლე შერთვის დროს ის რეაგირებს როგორც დენის გაზრდაზე, ასევე ძაბვის შემცირებაზეც. ეს შემთხვევა 4.20 ნახაზზე ძაბვის მნიშვნელობის (წყვეტილი ხაზი) მეორე რელეზე მიწოდებით გამოიხატება.

დისტანციური ორგანო - Z_1 და Z_2 რელეები. დისტანციური ორგანო ადგენს დაზიანების ადგილს დაცვის ზონების მიხედვით. Z_1 რელე მოქმედებს როდესაც დაზიანება პირველ ზონაშია, ხოლო Z_2 - თუ დაზიანება პირველ ან მეორე ზონაშია. მესამე ზონისთვის წინაღობის რელეს არ აყენებენ. ორივე რელე მყისი მოქმედების მინიმალური წინაღობის რელეებია. დაცვის სელექტიურობა მოითხოვს რომ შესრულებული იქნეს შემდეგი პირობა - $Z_1 \text{ დაძვ.} < Z_2 \text{ დაძვ.}$

4.21 ნახაზიდან ჩანს, რომ როდესაც დაზიანება F დაცვის პირველ ზონაშია (k_1 წერტილი), გუშაობს Z_1 რელე ($F F^1$ უბანი)

$$Z_1 = Z_F F^1 \cdot K_{\alpha}$$

სადაც $K_{\alpha} = n_I / n_U$.



ნახ. 4.21 დისტანციური დაცვის მოქმედების ზონები

რაც შეეხება Z_2 რელეს, იგი ამავე F დაცვის მეორე ზონას ემსახურება. ამიტომ Z_2 რელეს მოქმედება მაშინ არის საჭირო, როდესაც დაზიანება $F F^{II}$ უბანზე ჩნდება, ხოლო არ უნდა იმუშაოს თუ დაზიანებას ადგილი აქვს $F F^{II}$ ზონის გარეთ. ამ პირობის მისაღებად უნდა სრულდებოდეს პირობა:

$$Z_{დავ} \leq Z_{F F^{II}} \cdot K_R.$$

მიმართულების ორგანო - რელე 3. მიმართულების ორგანოს როლს სიმძლავრის რელე ასრულებს. ის მუშაობს იმ შემთხვევაში, როდესაც დენის მიმართულება სალტეებიდან ხაზისაკენაა, ხოლო ბლოკირდება როდესაც დენი საწინააღმდეგო მიმართულებისაა. მისი მოქმედების დრო საკმაოდ სწრაფია. პირველ ზონაში დაზიანების დროს $t_1 \approx 0,1$ წმ. მართალია სიმძლავრის რელეს გააჩნია გარკვეული მკვდარი ზონა ძაბვის მიხედვით სამფაზა მოკლე შერთვის დროს და ახლოებით $3 \div 4\%$ სიგრძეზე, მაგრამ თუ გავითვალისწინებთ იმას რომ სამფაზა მოკლე შერთვა ყოველთვის იწყება ორფაზა მოკლე შერთვით და იმას, რომ სამფაზა მოკლე შერთვა საერთო მოკლე შეთვებიდან პროცენტულად შეადგენს მხოლოდ $5 \div 7\%$ -ს, შეიძლება ჩაითვალოს, რომ მიმართულების ორგანოს ეს ნაკლი არც ისე მნიშვნელოვანია და იგი საკმაოდ სწრაფად ახდენს მიმართულების ორიენტირებას.

მიმართულების ორგანოს ფუნქციები შეიძლება მიენიჭოს თვით წინაღობის რელეებს - Z_1 და Z_2 (ნახ. 4.20). ამ შემთხვევაში სიმძლავრის რელეს ჩართვა უკვე ზედმეტი ხდება. ამ პირობებში წინაღობის რელე, თუ მას მიმართულების ორგანო გააჩნია, მიუხედავად წინაღობის შემცირებისა, მაინც არ იმუშაავებს, როცა მოკლე შერთვის დენი სალტეებისაკენაა მიმართული.

დროის ორგანო - 6 და 7 რელე (ნახ. 4.20). პირველ ზონაში მოკლე შერთვის დროის დაყოფნება უნდა იყოს რაც შეიძლება მცირე, ამიტომ ამ ზონაში დროის რელე არ გეჭირდება. მეორე ზონის დროის რელეს გაშვება ხდება გამშვი ორგანოს მოქმედების შემდეგ, $t_2 = 0,4$ წმ. მესამე ზონის დროის რელე უზრუნველყოფს მახასიათებლის მესამე საფეხურის მიღებას, $t_3 = 0,8 \div 1$ წმ.

მაბლოკირებელი ელემენტი. ექსპლოატაციაში სხვადასხვა მიზეზების გამო შეიძლება ადგილი ჰქონდეს მეორეული ძაბვის ნულამდე

დაცემას (დნობადი მცველის დაწვა, ძაბვის წრედში სადენის გაწყვეტა და სხვა). ამ შეთხვევაში, დაცვამ ყალბად რომ არ იმუშაოს და არ გამორთოს დაუზიანებელი ხაზი, აყენებენ ძაბვის რელეს 1 (ნახ.4.20), რომელიც ძაბვის დაცემასთან ერთად მთელ სქემას უწყვეტს ოპერატიული ძაბვის წრედს.

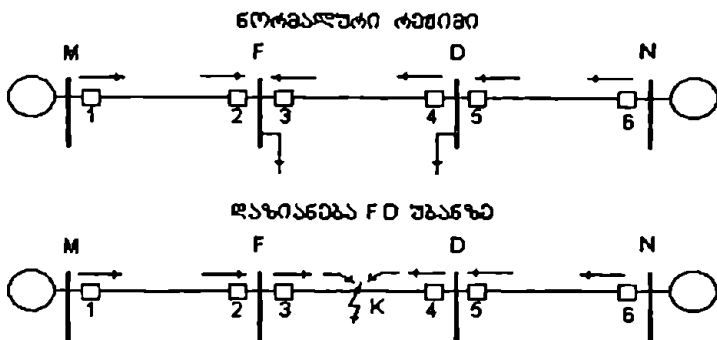
სისტემაში რჩევებისას დაბლოკირება. სისტემაში დატვირთვის მკვეთრი მოხსნის პირობებში ხშირად ადგილი აქვს ძაბვისა და დენის რხევებს (ქანქარს). ამ დროს ძაბვის სიდიდე ზოგიერთ წერტილში სამივე ფაზაზე ეცემა ძალიან მკვეთრად, ხოლო დენი კი იზრდება. ე.ი. მოკლე შერთვას ადგილი არა აქვს, მაგრამ რელეური დაცვა რეაგირებს როგორც სამფაზა მოკლე შერთვის დროს, რამაც შეიძლება დაუზიანებელი ხაზის ყალბად გამორთვა გამოიწვიოს. ეს რომ არ მოხდეს გამორთვის წრედში აყენებენ „ქანაობისაგან“ დაცვის კონტაქტს (ტ.), რომელიც ითიშება ქანაობის დაწყებისთანავე და ჩაიკეტება ნორმალურ რეჟიმში და მოკლე შერთვების დროს (ნახ. 4.20).

4.3.3 მაღალსიხშირული დაცვები

მაღალსიხშირული დაცვები (მსდ) გამოიყენება დიდი სიგრძის ერთჯაჭვა ხაზებში ორმხრივი კვების დროს. მაღალსიხშირული დაცვის მოქმედება ყოველთვის სელექციურია. ამიტომ მას დროის დაყოვნება არ სჭირდება და შესაბამისად იგი სწრაფმოქმედია.

დაცვას მოქმედებისას ესაჭიროება სიგნალების გადაცემა დასაცავი ხაზის ერთი ბოლოდან მეორეში. სიგნალის გადაცემის არხს თვით დასაცავი საპაერო ხაზის სადენები წარმოადგენს. დაცვის მოქმედების პრინციპი დაფუძნებულია ხაზის თავსა და ბოლოში გამავალი დენების მიმართულებათა შედარებაზე.

განვიხილოთ ერთჯაჭვა მრავალუბნიანი გრძელი ხაზი (ნახ.4.22).



ნახ. 4.22 ერთჯაჭვა მრავალუნაანი ხაზის
მაღალსიხშირული დაცვის მოქმედების პრინციპი

მუშაობის ნორმალურ რეჟიმში ნებისმიერი ხაზის ერთ ბოლოში სიმძლავრე სალტიდან ხაზისაკენაა მიმართული, რომელიც დადებით მიმართულებად მიიჩნევა, ხოლო მეორე ბოლოში – ხაზიდან სალტისაკენ, რომელიც უარყოფით მიმართულებად მიიჩნევა.

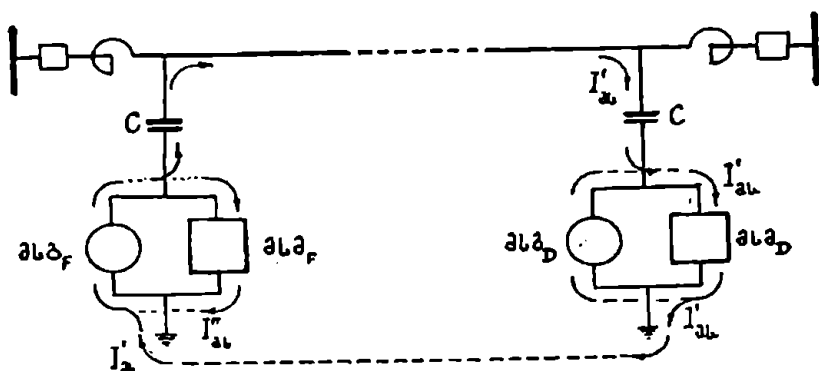
ერთ-ერთ უბანზე დაზიანებისას, მაგალითად FD უბანი, აღნიშნული პირობა ირღვევა და ეხედავთ, რომ დაზიანებულ უბანზე სიმძლავრეს და მოკლე შერთვის ღენებს უბნის თავსა და ბოლოში დადებითი მიმართულება გააჩნიათ. ასეთი უბნის გამორთვა საჭიროა თავსა და ბოლოში 3 და 4 ამომრთველით.

ამრიგად, შევთანხმდით, რომ დაცვა მუშაობს ორივე ბოლოზე ღენის დადებითი მიმართულებისას. თუ კი ერთ-ერთ ბოლოზე ეს პირობა ირღვევა დაცვამ არ უნდა იმუშაოს. ამკრძალავი იმპულსის (სიგნალის) როლს ასრულებს მაღალი სიხშირის ღენი, რომლის გდაცემაც ხდება თვით ხაზის ღენგამტარი საღენის საშუალებით.

მაღალსიხშირული სიგნალის მისაღებად და მისი ხაზის გასწვრივ გადასაცემად, საჭიროა:

1. მაღალი სიხშირის გენერატორი (მსგ) რომლის გაშვება-გაჩერებას რელეური დაცვის სქემა ახდენს. სიგნალის ღენის სიხშირე 150-250 კილოჰერცის ფარგლებშია.
2. მაღალი სიხშირის სიგნალის მიმღები (მსმ), რომელიც მართავს სპეციალურ მახლოკირებელ რელეს (ბ.რ. ნახ. 4.24).
3. კავშირის კონდენსატორი C (ნახ. 4.23), რომელიც ატარებს მაღალი სიხშირის სიგნალს;

4. მაღალი სიხშირის სიგნალის შემლობავი დროსელი, რომელიც მაღალი სიხშირის სიგნალს უღობავს გზას, ხოლო 50 ჰერცი სიხშირის დატვირთვის დენს ატარებს პრაქტიკულად ყოველგვარი წინააღმდეგობის გარეშე.



ნახ. 4.23 მაღალსიხშირული კავშირის არხი

ამავე დროს C კონდენსატორის წინაღობა გაცილებით დიდია 50 ჰერცი დენის მიმართ, ხოლო მაღალი სიხშირის სიგნალს ატარებს თავისუფლად.

დაცვის მაღალსიხშირული ნაწილი შემდგენიარად მუშაობს: როდესაც ამუშავდება ერთ-ერთი ქვესადგურის მაღალსიხშირული გენერატორი, მაგალითად მსგ-F, იგი კვებას მიაწვდის არა მარტო ამავე ქვესადგურში დამონტაჟებულ მიმღებს – მსმ-F, არამედ მაღალი ძაბვის სადენების გავლით კვებას D ქვესადგურში დაყენებულ მიმღებსაც – მსმ-D-ს. ამრიგად ერთი მსგ გენერატორის ამუშავება საკმარისია რათა მაღალსიხშირული კვება მივიღოთ ორივე ბოლოში. მაღალი სიხშირის დენის გავლის კონტური ნაჩვენებია 4.23 ნახაზზე.

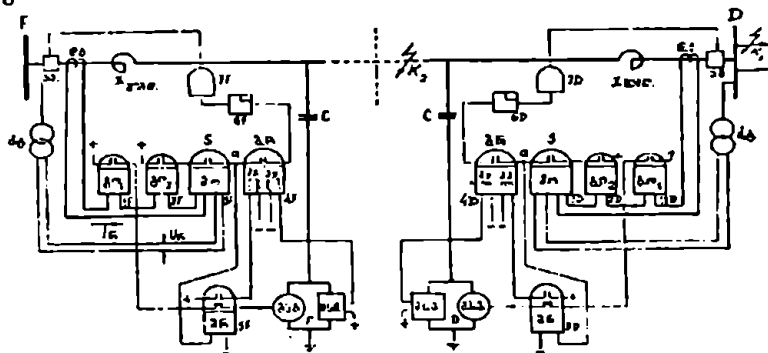
აღსანიშნავია, რომ მაღალსიხშირული კავშირი გამოყენებულია აგრეთვე სადისპეტჩერო კავშირებისთვის, ტელესიგნალიზაციისა და ტელემართვისთვის, რაც რა თქმა უნდა, სხვადასხვა სიხშირის დენების გამოყენების საფუძველზე ხდება.

ბოლო დროს ტელეარხებისთვის სულ უფრო ფართოდ გამოიყენება ბოჭკოვანი კაბულები, რაც კიდევ უფრო ამაღლებს რელეური დაცვისა და სისტემური ავტომატიკის, დისპეტჩერული მართვისა და

კავშირგაბმულობის განხორციელებისა და ექსპლოატაციის კულტურას.

დაცვა ორ ნახევარკომპლექტს შეიცავს. ერთი ნაწილი დასაცავი უბნის F ქვესადგურშია დაყენებული, მეორე ნახევარკომპლექტი კი - D ქვესადგურში. F და D ნაწილები მაღალსიხშირული კავშირით არიან ერთმანეთთან დაკავშირებულნი, რაც F და D ბოლოებში გამავალი ღენების ფაზების (მიმართულების) შედარების საშუალებას იძლევა. დაცვა შემდეგ ელემენტებს შეიცავს (ნახ. 4.24):

1. ენერგიის მიმართულების ორგანო, რომლის ფუნქციას სიმძლავრის რელე ასრულებს (რელე $3F$ და $3D$);
2. გამშვი ორგანო (გო1 და გო2). ერთი უშვებს მაღალსიხშირულ გენერატორს, ხოლო მეორე კი დაცვის რელეებზე ოპერატიულ ღენს აწვდის. დაცვის ყოველ ნახევარკომპლექტში ორი გამშვი რელეა გათვალისწინებული, რომელთა ფუნქციას მაქსიმალური ღენური რელეები ასრულებენ ($1F$, $2F$, და $1D$, $2D$ ნახ. 4.24);
3. მახლოკირებული რელე (ბ.რ), რომლის ფუნქციას ასრულებს მუდმივი ღენის ორგრაგნილიანი პოლარიზებული რელე ($4F$ და $4D$);
4. ორკონტაქტიანი შუალედური რელე (შ.რ) ($5F$ და $5D$), რომელიც მაღალსიხშირული გენერატორის გაშვება-გაჩერებას ახდენს;
5. შუალედური ($7F$ და $7D$) და მაჩვენებელი ($6F$ და $6D$) რელეები, რომლებსაც ჩვეულებრივ გამორთვის წრედებში იყენებენ.



ნახ. 4.24 მაღალსიხშირული მიმართული დაცვის პრინციპული სქემა

როგორც ვიცით, სიმძლავრის რელეს კონტაქტი იკვრება მაშინ როდესაც ენერგიის მიმართულება დადებითია, ე.ი. დენის მიმართულება არის სალტებიდან ხაზისაკენ. გამშვი ორგანო, როგორც დასაცავ ხაზში, ასევე მეზობელ ხაზებშიც მოკლე შერთვისას, შეკრავს თავის კონტაქტებს.

მაბლოკირებელი რელეს მუშა კონტაქტში დენი გაივლის იმ შემთხვევაში, როცა შუალედური რელე (შ.რ) აწვდის მას კვებას. მეორე მამუხრუჭებელი გრაგნილი იკვება მაღალი სიხშირის მიმღებიდან, რომელიც თავის მხრივ იღებს კვებას, როცა მუშაობს მაღალი სიხშირის გენერატორი F ან D ქვესადგურებში.

განვიხილოთ დაცვის მოქმედება სახასიათო რეჟიმებისთვის:

1. *ნორმალური რეჟიმი.* ორივე გამშვი რელეების (1F და 2F) კონტაქტები გახსნილია, რის გამოც დაცვის სქემას არ მიეწოდება ოპერატიული დენი. არც ერთი შუალედური რელე არ მუშაობს, ამიტომ მსგ-ც გაჩერებულია და დაცვის მოქმედება გამორიცხულია.

2. *გამჭოლი მოკლე შერთვა.* დაეუშვათ, რომ მოკლე შერთვას აღვილი აქვს დასაცავი უბნის გარეთ k_1 წერტილში (ნახ.4.24). F ქვესადგურში სიმძლავრის რელე (3 F) კონტაქტი შეიკვრება, ხოლო D ქვესადგურში (3D) სიმძლავრის რელეს კონტაქტი გახსნილი რჩება. მუშაობს ორივე გამშვი ორგანო (1F, 2F და 1D, 2D). 1F ავზანის იმპულსს მსგ-ს გასაშვებად, მაგრამ ამავე დროს „პლუსი“ მიეწოდება 5F რელეს და იხსნება მსგ-ს გაშვების ქვედა კონტაქტი. ზედა კონტაქტი კი მამუხრუჭებელ რელეს მუშა გრაგნილს აწვდის ძაბვას, რის გამოც შეიძლება მამუხრუჭებელმა რელემ (4F) იმუშაოს და ხაზი გამორთოს ყალბად. მაგრამ მამუხრუჭებელი რელეს (4F) მუშაობას ხელ უშლის მისი მამუხრუჭებელი გრაგნილი, რომელიც, მიუხედავად მსგ-F-ის გაჩერებისა, კვებას მაინც ღებულობს ხაზის მოპირდაპირე ბოლოში მსგ-D გენერატორიდან და ხაზის გამორთვა არ ხდება. ამ პირობებში D ქვესადგურში დაყენებული დაცვა მუშაობს შემდეგნაირად: გამშვი ორგანო 1D აწვდის კვებას მსგ-D გენერატორს, ასევე F ქვესადგურში მსმ-F მიმღებსა და მსგ-F გენერატორსაც. აღსანიშნავია, რომ D ქვესადგურში შუალედური რელე (5D) არ მუშაობს. რადგანაც დენის მიმართულება უარყოფითია და სიმძლავრის (3D) რელეს კონტაქტი გახსნილი რჩება. მსგ-D არ ჩერდება და შედეგად ორივე მამუხრუჭებელი რელე (4F და 4D) დამუხრუჭებულია და მათი კონტაქტები გახსნილი რჩება.

3. მოკლე შერთვა k_2 წერტილში ($F-D$ ქვესადგურებს შორის). ამ შემთხვევაში სიმძლავრის მიმართულება ორივე ქვესადგურში დადებითია. მუშაობს ოთხივე გამშვი ორგანო (1F, 2F და 1D, 2D) და ორივე მიმართულების რელე (3F და 3D). როგორც ვხედავთ მოსალოდნლია, რომ 1F და 1D რელეები ამუშავებენ შესაბამის მსგ - F და მსგ - D გენერატორებს, მაგრამ იმის გამო, რომ ამავე დროს მუშაობს მიმართულების რელე (3F და 3D) ა წერტილიდან ორივე დაცვაში მიეწოდება „ბლუსი“ შუალედურ რელეს (5F და 5D) და კვება შეუწყდება როგორც მსგ - F, ასევე მსგ - D-ს. შესაბამისად მახლოკირებული რელეს (4F და 4D) მამუხრუჭებული ხეიბი კვების გარეშე რჩება. იმუშავებს ამ რელეების მუშა გრაგნილები, შეიკვრება გამორთვის წრედის კონტაქტები და დაცვა გამორთავს დაზიანებას როგორც ხაზის თავში ასევე მის ბოლოში. ე.ი. გამორთვა იქნება სელექციური.

4. შემთხვევა როდესაც FD უბანს ცალმხრივი კვება აქვს. k_2 წერტილში მოკლე შერთვის დროს (თუ კვება ხდება მხოლოდ F მხრიდან) იმოქმედებს მხოლოდ F დაცვა, 1F და 2F გამშვი რელეები, 3F სიმძლავრის რელე და 5F შუალედური რელე. D ქვესადგურში არცერთი რელე არ იმუშავებს, არ გაიშვება არც მსგ - F და არც მსგ - D. შედეგად მოკლე შერთვის გამორთვა მოხდება F ქვესადგურის მხრიდან. გამორთვა იქნება სელექციური.

5. ენერგოსისტემაში რხევების წარმოქმნის შემთხვევა. რამდენადაც რხევების დროს ღენი სამივე ფაზაში მკვეთრად იზრდება, შეიძლება მოხდეს დაუზიანებელი ხაზის ყალბად გამორთვა. ამ შემთხვევაში დაცვას უნდა დაემატოს სპეციალური მახლოკირებული მოწყობილობა, რათა მოხდეს სამფაზა მოკლე შერთვის ღენების გარჩევა რხევების სიმეტრიულ ღენებისაგან. მოკლე შერთვის საწყის მომენტში ღენი სამივე ფაზაში თავისუფალ მდგენელებთან ერთად არ არის წმინდა სიმეტრიული. აქედან გამომდინარე მახლოკირებული მოწყობილობის დახმარებით ხდება წმინდა სიმეტრიული რხევების ღენების გარჩევა სამფაზა მოკლე შერთვის ღენებისაგან.

არასიმეტრიული მოკლე შერთვის გამოსართავად საკმარისია უკუ და ნულოვანი მიმდევრობის ფილტრების გამოყენება.

გამჭოლი მოკლე შერთვის დროს, თუ მოკლე შერთვის წერტილი საკმაოდ დაცილებულია D ქვესადგურიდან, მაშინ მოკლე შერთვის ღენის (მეორეული) სიდიდე შეიძლება გამშვი რელეს დაძვრის

დენის თანაზომადი აღმოჩნდეს, რის გამოც გამშვი რელე შეიძლება არ ამუშავდეს.

თუ ამ პირობებში 2F გამშვი რელე იმოქმედებს, ხოლო 1D გამშვი რელე არ იმოქმედებს და მსგ-D გენერატორი არ გაიშვება, ამკრძალავი სიგნალი არ მივა F ქვესადგურში და ხაზი F მხრიდან შეიძლება გამოირთოს ყალბად.

ამის თავიდან აცილების მიზნით, საჭიროა მსგ-ს ასამუშავებელ რელეებს გააჩნდეთ უფრო მაღალი მგრძნობიარობა, ვიდრე გამორთვის წრედის რელეებს. ე.ი. 2F და 2D გამშვი რელეების დაძვრის დენი 1F და 1D რელეების დაძვრის დენზე მეტი უნდა იყოს.

$$I_{\text{დაძვ.}}(2F, 2D) > I_{\text{დაძვ.}}(1F, 1D) \cdot$$

მოყვანილი მოსაზრებების საფუძველზე დაცის ამოქმედების დენს ვირჩევთ შემდეგი პირობების მიხედვით:

1) გამშვი ორგანო (მსგ-ს გამშვი)

$$I_{\text{დაძვ.}}(1F, 1D) = (K_{\text{გარ}} / K_{\text{დაძვ.}}) \cdot I_{\text{დატვ.მაქს.}}$$

2) გამშვი ორგანოსთვის, რომელიც ხაზის გამორთვას ახდენს

$$I_{\text{დაძვ.}}(2F, 2D) = 2 \cdot K_{\text{გარ}} / K_{\text{დაძვ.}} \cdot I_{\text{დატვ.მაქს.}}$$

დაცვის მგრძნობიარობას ამოწმებენ შემდეგი პირობის მიხედვით:

$$K_{\text{გარ.}} = I_{\text{მმ.მინ}} / I_{\text{დაძვ.}} \geq (1,5 \div 2,0).$$

თავი 5 საჰაერო ელექტროგადამცემის ხაზის მენჯაცვა

5.1 ზოგადი ცნობები

ელექტროგადამცემის ხაზებზე ატმოსფერული გადამეტება წარმოიქმნება ხაზზე ელვის უშუალო ზემოქმედებისა და აგრეთვე ხაზის მახლობლად ელვის განმუხტვის შემთხვევაში.

უფრო მეტ საშიშროებას წარმოქმნის ელვის პირდაპირი დარტყმებისაგან გამოწვეული გადამეტება და ამიტომ ხაზის მენჯაცვა ორიენტირებული უნდა იყოს სწორედ ამ სახის გადამეტებაზე.

წელიწადში ხაზზე მეხის დაცემის რიცხვი გამოითვლება ფორმულით [3]

$$N = 0,067n \cdot 6h_{\text{სა}} \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,4n \cdot h_{\text{სა}} \cdot l \cdot 10^{-3}, \quad (5.1)$$

n – წლის განმავლობაში მეხდაცემის რაოდენობა, სთ; $h_{\text{სა}}$ – სადენის დაკიდების საშუალო სიმაღლე; l – ხაზის სიგრძე; 0,067-დარტყმების რიცხვი ანუ მეხდაცემა 1კმ^2 ფართობზე ერთი საათის განმავლობაში.

ელექტროგადამცემის ხაზი შეიძლება დაზიანდეს დენის სხვადასხვა მაქსიმალური I მნიშვნელობისა და ტალღის შუბლის α დახრილობის მქონე სხვადასხვა ელვის დენით. ხაზის იზოლაციის გადაფარვა მოხდება, თუ ელვის დარტყმის შედეგად იზოლაციაზე აღძრული ძაბვა გადაჭარბებს მის იმპულსურ სიმტკიცეს. იზოლაციის გადაფარვათა რიცხვი წელიწადში ტოლია:

$$N_{\text{გაფ}} = N \cdot p_{\text{გაფ}}, \quad (5.2)$$

სადაც $p_{\text{გაფ}}$ არის ელვის დარტყმის შედეგად იზოლაციის გადაფარვის ალბათობა.

საერთოდ, ხაზის ატმოსფერულ გამორთვათა რიცხვი შეიძლება იყოს იზოლაციის გადაფარვათა რიცხვზე ნაკლები. ხაზის გამორთვა ხდება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ იზოლაციის იმპულსური გადაფარვა გადადის ძალურ რეალში, რომლის არსებობის დრო რელეური დაცვის მოქმედების დროის ტოლია. იმპულსური გადაფარვის ძალურ რეალში გადასვლის ალბათობა დამოკიდებულია მთელ რიგ ფაქტორებზე, მაგრამ გადამწყვეტი

მნიშვნელობა ენიჭება გადაფარვის გზის გასწვრივ ძაბვის გრადიენტის სიდიდეს. თუ გრადიენტი აღმოჩნდება არასაკმარისი, ძალური რკალი შეიძლება არ წარმოიშვას და ხაზის გამორთვა არ მოხდეს.

იმპულსური გადაფარვის ძალურ რკალში გადასვლის ალბათობა შესწავლილია როგორც ლაბორატორიული ცდებით, ასევე ექსპლუატაციის პირობებში დაკვირვების გზით. ეს ალბათობა 220კვ-მდე (ჩათვლით) ნომინალური ძაბვის ლითონის საყრდენებიანი ხაზებისთვის შეიძლება მიღებული იქნეს $\eta=0,7$, 330კვ და მეტი ძაბვის ხაზებისთვის - $\eta=1,0$, ხოლო ხისსაყრდენებიანი ხაზებისთვის η განისაზღვრება ფორმულით

$$\eta=1,5(E_{\text{სა}}-4) \cdot 10^{-2} \quad (5.3)$$

სადაც $E_{\text{სა}} = U / L_{\text{აღ}}$ - მუშა ძაბვის გრადიენტი გადაფარვის გზის გასწვრივ, კვ/მ; $L_{\text{აღ}}$ - რკალის გასწვრივ მანძილი, მ.

ვინაიდან η განსაზღვრავს იზოლაციის ყველა გადაფარვიდან თუ რა ნაწილს მივეყვართ გამორთევამდე, ატმოსფერული გამორთვების რაოდენობა წელიწადში ტოლია:

$$N_{\text{გა}}=0,4n \cdot h_{\text{სა}} \cdot 10^{-3} / p_{\text{გაღ}} \cdot \eta \quad (5.4)$$

სხვადასხვა ხაზის მეხგამძლეობის შესადარებლად, ჩვეულებრივ, იყენებენ ხაზის გამორთვათა ზედრით $n_{\text{გა}}$ რიცხვს ანუ 100 კმ სიგრძის ხაზის გამორთვათა რიცხვს, რომელიც მდებარეობს იმ რაიონში, სადაც მეხდაცემის საათების რაოდენობა წელიწადში უდრის 30-ს

$$n_{\text{გა}} = 1,2 \cdot h_{\text{სა}} \cdot p_{\text{გაღ}} \cdot \eta \quad (5.5)$$

ამ გამოსახულებიდან ჩანს, რომ ატმოსფერულ გამორთვათა რიცხვის შესამცირებლად არსებობს ორი პრინციპულად განსხვავებული მეთოდი: 1) გადაფარვათა ალბათობის შემცირება და 2) იმპულსური გადაფარვის ძალურ რკალში გადასვლის ალბათობის შემცირება. პირველი მეთოდი რეალიზებულია გვარლური მეხსარიდების დაკიდებითა და საყრდენებზე მათი საიმედო ჩამიწებით, რის შედეგადაც მკვეთრად მცირდება ხაზის პირდაპირი დაზიანების ალბათობა და ძაბვა იზოლაციაზე. მეორე მეთოდი ზორცილედება გადაფარვის გზის გაგრძელების საშუალებითა და მუშა ძაბვის გრადიენტის შემცირებით. მაგალითად, ხის საყრდენების გამოყენების ხარჯზე.

ამჟამად, შეუძლებელია არსებული საშუალებებით აბსოლუტურად მეხგამძლე ელექტროგადაცემის ხაზის შექმნა, რომელიც არა-

სოდეს არ გამოირთვება ელვის პირდაპირი დარტყმის შედეგად. ამიტომ ხაზის მეხდაცვის ძირითადი ამოცანაა ატმოსფერულ გამორთვათა არა მთლიანი გამორიცხვა, არამედ მათი რიცხვის შემცირება ეკონომიკურად მიზანშეწონილ ზღვრამდე, რომელიც დამოკიდებულია მომხმარებლის ხასიათზე, სწრაფმოქმედი ავტომატური განმეორებითი ჩართვის (აგრ) არსებობაზე, ხაზის რეზერვირების ხარისხზე და სხვა.

ელექტრომომარაგების საიმედოობის პირობიდან გამომდინარე აგრ მქონე ხაზებისთვის საორიენტაციოდ შეიძლება მივიღოთ, რომ წლის განმავლობაში გამორთვათა დასაშვები რიცხვი განისაზღვრება, როგორც

$$N_{\text{გამ.დას.}} = N_{\text{დას.}} / (1 - \beta_{\text{აგრ}}), \quad (5.6)$$

სადაც: $N_{\text{დას.}}$ - მომხმარებლისთვის ელექტროენერგიის შეწყვეტის დასაშვები რიცხვი წელიწადში ($N_{\text{დას.}} \leq 1$ რეზერვირებისას და $N_{\text{დას.}} \leq 0,1$ რეზერვირების არარსებობის შემთხვევაში); $\beta_{\text{აგრ}}$ - წარმატებული განმეორებითი ჩართვის კოეფიციენტი, რომელიც 110 კვ და მეტი ძაბვის მქონე ლითონისა და რკინაბეტონის საყრდენებიანი ხაზებისთვის 0,8-0,9 ტოლია.

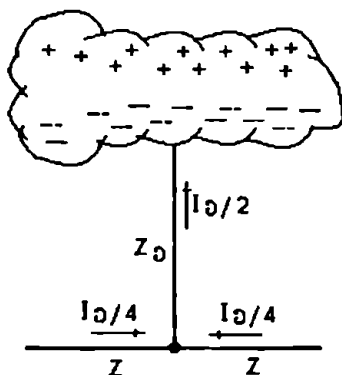
5.2 ელვის პირდაპირი დარტყმა უგვარლო ხაზებზე

ამ შემთხვევაში ელვა უშუალოდ ეცემა დენგამტარ სადენზე და ადგილი აქვს ტალღის გაერცელებას ხაზის ორივე მიმართულებით. ეს ეკვივალენტურია იმისა, რომ წრედში ჩაირთვება წინაღობა, რომელიც სადენის ტალღური წინააღობის ნახევრის $Z_c/2$ ტოლია (ნახ. 5.1). ვინაიდან საპაერო ხაზის ტალღური წინააღობა დაახლოებით 400-500 ომის ფარგლებშია, შეიძლება მივიღოთ, რომ დარტყმის ადგილზე ელვის წინააღობა არის წინააღობის ნახევრის ტოლია $Z_g = Z_c/2 \approx 200$ ომი.

რადგანაც მეხის დაცლის ტალღური წინააღობა $Z_g = 200$ ომს, დენი დარტყმის ადგილას შემცირდება ორჯერ, იმ დენთან შედარებით, რომელსაც ადგილი ჰქონდა კარგად ჩამიწებული ობიექტის შემთხვევაში. ძაბვას დარტყმის ადგილას გააჩნია იგივე ფორმა, რაც ელვის დენს. მისი მაქსიმალური მნიშვნელობა

$$U = (I_g/2) \cdot (Z_0/2) \approx 100 I_g \quad (5.7)$$

იმისათვის რომ განისაზღვროს იზოლაციის გადაფარვის ალბათობა, საჭიროა ეს ძაბვა შევადაროთ იზოლაციის იმპულსურ სიმტკიცეს. ვინაიდან ხის და ლითონის საყრდენებიანი ხაზების იზოლაცია მკვეთრად განსხვავდება ერთმანეთისაგან, განვიხილოთ ისინი ცალკე-ცალკე.



ნახ. 5.1 ელვის დაცემა გადაცემის ხაზზე. დენების განაწილება

ხაზი ლითონის საყრდენებზე. ლითონის საყრდენებიან ხაზზე ელვის დარტყმისას მთელი ძაბვა ედება იზოლატორთა გირლანდას, რომლის გადაფარვა მოხდება, თუ სადენზე ძაბვა მიაღწევს შემდეგ სიდიდეს:

$$U_s = 100 I_g \geq U_{50\%}, \quad (5.8)$$

სადაც $U_{50\%}$ არის გირლანდის იმპულსური სიმტკიცე. $U_{50\%}$ - ნიშნავს იმას, რომ გირლანდის იმპულსური გამოცდისას, გადაფარვა ხდება ორი იმპულსიდან ერთზე. ამ პირობას შეესაბამება ელვის დენის შემდეგი მნიშვნელობა:

$$I_g > I_{\text{ლ}} = U_{50\%} / 100. \quad (5.9)$$

აქ $I_{\text{ლ}}$ არის დენი, რომელსაც ჩვეულებრივ ხაზის დამცავ ღონეს უწოდებენ.

როგორც ჩანს, ამ შემთხვევაში ხაზის იზოლაციის გადაფარვა განისაზღვრება მხოლოდ ერთი პარამეტრით - ელვის დენის მაქსიმალური მნიშვნელობით. ელვის დენის შუბლის დახრილობა პრაქტიკულად არავითარ როლს არ ასრულებს. ვინაიდან ელვის $I_g > I_{\text{ლ}}$ დენით ყველა განმუხტვას მიყვავართ იზოლაციის გადაფარვამდე, იზოლაცი-

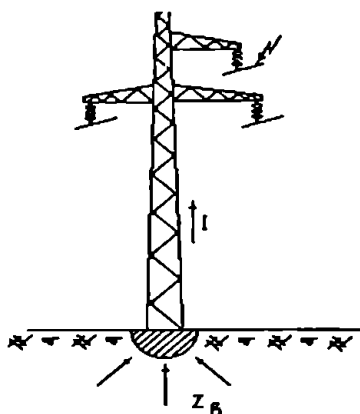
ის გადაფარვის $p_{\text{გაფ.}}$ ალბათობა ტოლია $I_{\text{ფ}} > I_{\text{ლ}}$ დენის ალბათობისა. მაგალითად, 110 კვ ძაბვის ხაზისთვის $U_{50\%} = 650$ კვ, $I_{\text{ლ}} = 6,5$ კა და იზოლაციის გადაფარვის ალბათობა $p_{\text{გაფ.}} \approx 0,8$. თუ ასეთი ხაზის სადენების ჩამოკიდების საშუალო სიმაღლე $h_{\text{საშ}} = 10$ მ, მაშინ ხაზის გამორთვის ხვედრითი რიცხვი იქნება $n_{\text{გაფ.}} = 1,2 \cdot 10^0 \cdot 0,8 \cdot 0,7 = 6,7$.

გამორთვითა ასეთი რიცხვი ძალიან დიდია, ამიტომ ლითონის საყრდენებიანი 110 კვ ძაბვის ხაზები გვარლის გარეშე საიმედოდ ვერ იმუშავენ. იგივე ითქმის უფრო მაღალი ძაბვის ხაზების მიმართაც. სხვა მდგომარეობა იქნება 35 კვ ძაბვის ხაზებზე, რომლებიც მუშაობს იზოლირებულ ნეიტრალთან რეჟიმში და, განსაკუთრებით მაშინ, როცა დაყენებულია რკალსაქრობი აპარატები. ასეთ ხაზებზე იზოლაციის ერთფაზა გადაფარვა ვერ იწვევს ხაზის გამორთვას.

როდესაც ხაზში ელვის დარტყმის შემდეგ მოხდება საყრდენის იზოლაციის გადაფარვა (ნახ.5.2), ელვის დენი იწყებს მიწაში გადადინებას საყრდენისა და ჩამაძიწებლის გავლით. ამასთან, დენის გზაზე $Z/2$ ტალღური წინაღობის ნაცვლად ირთვება ჩამაძიწებლის გაცილებით მცირე $r_{\text{ჩ}}$ წინაღობა.

ჩამაძიწებელში გადის ელვის თითქმის მთლიანი დენი და ამიტომ დაზიანებული სადენი და საყრდენი ღებულობს დაახლოებით $I_{\text{ფ}} \cdot r_{\text{ჩ}}$ პოტენციალს. მეზობელ ფაზებზე წარმოიქმნება $I_{\text{ფ}} \cdot r_{\text{ჩ}} \cdot k$ ძაბვა, სადაც k არის კავშირის კოეფიციენტი. ამ ფაზების იზოლაციაზე მოქმედებს $I_{\text{ფ}} \cdot r_{\text{ჩ}} (1 - k)$ ძაბვა და გირლანდის გადაფარვა საყრდენიდან სადენზე მოხდება, თუ

$$I_{\text{ფ}} \geq I_{\text{ლ}} = U_{50\%} / r_{\text{ჩ}} (1 - k) \quad (5.10)$$



ნახ. 5.2 ელვის დაცემა უგვარლო (35 კვ) ხაზზე

ამრიგად, ხაზის დამცავი ღონე იზოლირებულ ნეიტრალიან სისტემებში განისაზღვრება ორფაზა ან სამფაზა გადაფარვის პირობიდან. თუ მივიღებთ, რომ 35 კე-იანი ხაზისთვის $U_{50\%}=350$ კე და $k=0,3$, მაშინ, როცა $h_{\text{საშ}}=10$ მ და ჩამიწების წინალობა $r_{\text{გ}}=10$ ომი, $I_{\text{ლ}}=50$ კა და $p_{\text{გაღ.}}=0,15$. ეს კი გვაძლევს წელიწადში $n=1,2 \cdot 10 \cdot 0,15 \cdot 0,7 = 1,25$ ხაზის გამორთვის ზედრით რიცხვს. ე.ი. რამდენიმეჯერ ნაკლებს, ვიდრე ჩამიწებულ ნეიტრალიან სისტემებში.

რადგანაც იზოლირებულ ნეიტრალიან სისტემებში ხაზის მეზ-გამძლეობის გაზრდა განპირობებულია იმით, რომ ერთფაზა გადაფარვა არ გადაიზრდება საწარმოო სიხშირის ძალურ რკალში, შეიძლება ჩაითვალოს, რომ რკალსაქრობი აპარატების გამოყენება ხაზის ატ-მოსფერული გამორთვების შემზღუდველი საშუალებაა.

ზის საყრდენებიანი ხაზის დროს შესაძლებელია იზოლაციის გადაფარვის ორი გზა (ნახ.5.3), რომელთაც შესაბამისად აქვთ იმ-პულსური განმმუხტავი $U_{50\%}^{(a)}$ და $U_{50\%}^{(b)}$ ძაბვა:

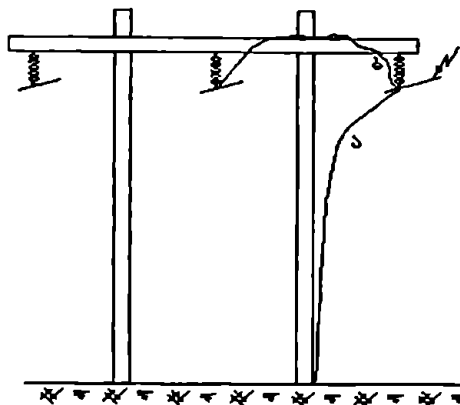
(ა) მანძილზე მოდებულია სადენის მთელი ძაბვა მიწის მიმართ და ამ მანძილის გასწვრივ გადაფარვის გამომწვევი ელვის დენი იქნება:

$$I_{\text{გ}} > I_{\text{ლ}}^{(a)} = \frac{U_{50\%}^{(a)}}{100} ; \quad (5.11)$$

(ბ) მანძილზე მოდებულია დაზიანებულ და მეზობელ სადენს შორის ძაბვით განპირობებული პოტენციალთა სხვაობა და გვაქვს

$$I_{\text{გ}} > I_{\text{ლ}}^{(b)} = \frac{U_{50\%}^{(b)}}{100 (1-k)} \quad (5.12)$$

ორივე გზა შეიცავს საჰაერო, ფაიფურისა და ხის იზოლაციების კომბინაციას, რომლის სიმტკიცე ხის მდგომარეობის მიხედვით იც-ვლება საკმაოდ დიდ ფარგლებში.



ნახ. 5.3 მეხის დაცლა ხის საყრდენებიან ხაზზე

საექსპლუატაციო გამოცდილებამ უჩვენა, რომ ხის საყრდენებიან ხაზზე იზოლაციის გადაფარვა უმეტესად ხდება ფაზებს შორის. ამიტომ ასეთი ხაზის დამცავი ღონე უნდა განისაზღვროს (5.12) ფორმულით. მაგალითათ, თუ 110 კვ ხაზისათვის მივიღებთ, რომ $U_{50\%} = 1700$ კვ და $k = 0,3$, გვაქვს $I_L = 24$ კა და $p_{გაღ.} = 0,4$.

ვინაიდან 110 კვ ხაზის ფაზებს შორის მანძილი უდრის 4 მეტრს, ხოლო გირლანდის სიგრძე $l = 1,3$ მ., გადაფარვის გზის გასწვრივ ძაბვის გრადიენტი

$$E_{საფ} = 110 / (4 + 2,6) = 17 \text{ კვ/მ.}$$

ეს სიდიდე შეესაბამება იმპულსური გადაფარვის ძალურ რეჟიმში გადასვლის კოეფიციენტის სიდიდეს $\eta = 0,21$. გამორთვათა ზვედრითი რიცხვი

$$n = 1,2 \cdot 10 \cdot 0,4 \cdot 0,21 = 1,0.$$

ამ მაგალითიდან ჩანს, რომ უგვარლო ხაზებს ხის საყრდენებზე, განსაკუთრებით ჩამიწებულ ნეიტრალიან სისტემაში, გააჩნია მნიშვნელოვნად მაღალი მეხგამძლეობა, ვიდრე იგივე ნომინალური ძაბვის ლითონის საყრდენებზე შესრულებულ უგვარლო ხაზებს.

5.3 ელვის პირდაპირი დარტყმა გვარლიან ხაზში

ატმოსფერული ზემოქმედების შედეგად გვარლიანი ელექტრო-გადაცემის ხაზის გამორთვა შეიძლება მოხდეს ორ შემთხვევაში: 1) სადენის დაზიანების დროს, როდესაც ელვა გასცდება გვარლურ დაცვას და 2) გვარლში ელვის დარტყმის შედეგად გვარლიდან სადენზე იზოლაციის უკუგადაფარვის დროს. ამ შემთხვევებში პროცესის ხასიათი დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორებზე: ელვის დენის მაქსიმალურ სიდიდეზე; ელვის დენის ტალღის შუბლის დახრილობაზე; ჩამიწების წინალობაზე; საყრდენის სიმაღლეზე; ორ საყრდენს შორის მანძილზე.

ეს დამოკიდებულება სხვადასხვაა იმისდა მიხედვით თუ სად ხდება ელვის დარტყმა - საყრდენის მახლობლად, თუ ორ საყრდენს შორის შუა წერტილში. გაანგარიშების ერთიანი მეთოდის გამოდის ძალიან რთული. ამიტომ მიღებულია, რომ განხილული იყოს ორი ზღვრული შემთხვევა - დარტყმა საყრდენის წვერში და დარტყმა ორ საყრდენს შორის შუა წერტილში.

როდესაც ელვა გასცდება გვარლურ დაცვას და აზიანებს ხაზს, დაზიანების ალბათობა განისაზღვრება გამოსახულებით

$$\lg p_{\alpha} = (\alpha \sqrt{h_{\text{საგ}}} / 90) - 4 . \quad (5.13)$$

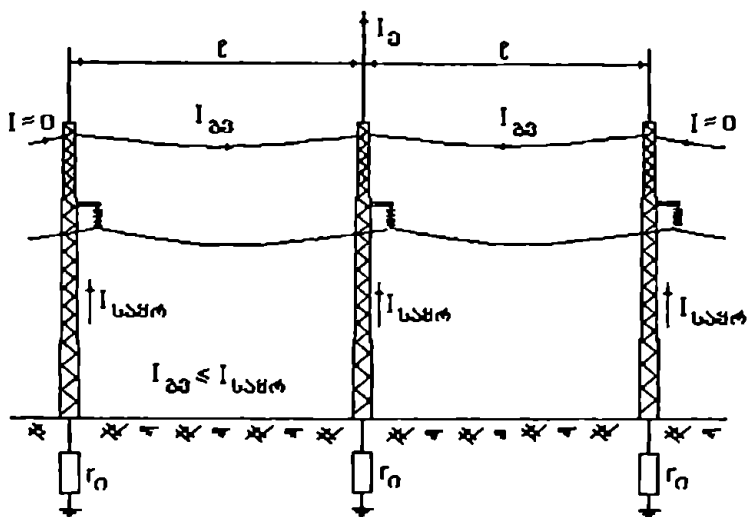
აქ α დაცვის ზონის კუთხე, გრად.

იზოლაციის გადაფარვის და მის ძალურ რეალში გადასვლის ალბათობა იანგარიშება ისევე, როგორც ელვის სადენზე დარტყმის დროს.

ელვის დარტყმა საყრდენის წვერზე (ნახ.5.4). საყრდენში დარტყმათა რიცხვი გამოითვლება ემპირიული ფორმულით:

$$N_{\text{საყ}} = N \cdot 4 h_{\text{საგ}} / l,$$

სადაც N - ელვის დარტყმათა საერთო რიცხვი; l - ორ საყრდენს შორის მანძილი.



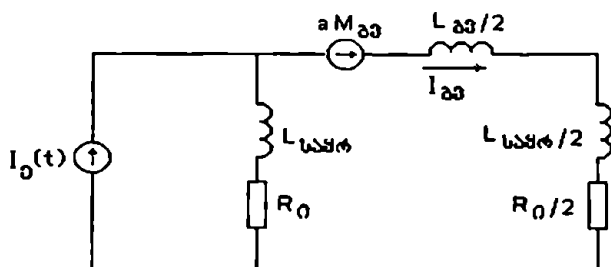
ნახ. 5.4 მეხის დაცლა გეარლიან (110-500 კვ) ხაზზე

ძაბვის სიდიდე გირლანდაზე საყრდენსა და სადენს შორის პოტენციალთა სხვაობის ტოლია. საყრდენიდან სადენზე უკუგადაღრვას ადგილი ექნება იმ შემთხვევაში, თუ გირლანდაზე ძაბვა გირლანდის იმპულსურ სიმტკიცეს მიაღწევს ან იქნება მასზე მეტი. ე.ი. მაშინ, როდესაც საყრდენზე პოტენციალი კრიტიკული სიდიდის გახდება.

საყრდენზე მეხის დაცემისას საწყის მომენტში თითქმის მთელი დენი გადის საყრდენში და მის ჩამიწებაში. დენის იმპულსი საყრდენის გასწვრივ საკმაოდ სწრაფად გადის და შესაბამისი დრო, როგორც წესი, ერთი ხარისხით ნაკლებია, ვიდრე მეხის დენის ფრონტის ხანგრძლივობა. ამიტომ საყრდენი ჩანაცვლების სქემაში (ნახ.5.5) შეიძლება წარმოვადგინოთ შეყურსული ინდუქციურობით $L_{საყ} = L_0 \cdot h_{საყ}$ და ჩამიწების იმპულსური წინააღობით $R_ი$. შეყურსული ჩამამიწებლისთვის საკუთარი ინდუქციურობა შეიძლება უგულებელყოთ, რადგან ის გაცილებით ნაკლებია ვიდრე საყრდენის ინდუქციურობა. საყრდენის ინდუქციურობის ხვედრითი სიდიდე იცვლება მისი კონფიგურაციის მიხედვით (ცხრილი 5.1).

ცხრილი 5.1 საყრდენის ხვედრითი ინდუქტიურობა

საყრდენი	$L_0, \text{მკჰ/მ}$
Π-სებური	0,5
ერთდგარიანი საყრდენი	0,6
ხის საყრდენი ორი ჩამოყვანით	0,7



ნახ. 5.5 იმპულსური ძაბვის საანგარიშო ჩანაცვლების სქემა საყრდენის წვერზე ელვის დაცლისას

მეზობელი საყრდენები თანდათანობით სულ უფრო მეტად მონაწილეობენ ელვის დენის გატარებაში და საყრდენზე პოტენციალის სიდიდეც კლებულობს. ელვის (მეხის) და დენის ფრონტის რეალური მნიშვნელობისთვის, $\tau_{ფრ} \leq 20$ მკწმ და საყრდენის იმპულსური ჩამოწების წინააღობისთვის $R_0 \leq 20$ ომი, გაანგარიშებაში საკმარისი სიზუსტე მიიღწევა თუ გავითვალისწინებთ მხოლოდ მეზობელი საყრდენების გავლენას. ამიტომ $\alpha M_{გვ}$ წრედში (ნახ.5.5) ჩართულია $L_{გვ}/2$, $L_{საყ}/2$ და $R_0/2$.

გარდა ამისა, საყრდენის პოტენციალზე მოქმედებს აგრეთვე მეხის ღერძის გასწვრივ გამავალი $I_0(t)$ დენის მიერ ინდუქტირებული ძაბვა. ურთიერთინდუქტიურობის კოეფიციენტი $M_{გვსაყ} \approx 0,5 \cdot h_{საყ}$. [3]. ამგვარად, საყრდენის წვერზე პოტენციალი იქნება:

$$\begin{aligned}
 U_{საყ} &= I_{საყ} \cdot R_0 + L_{საყ} (d I_{საყ} / dt) + M_{გვ} \cdot (d I_f / dt) = \\
 &= I_{საყ} \cdot R_0 + L' h_{გვ} (d I_{საყ} / dt) + 0,5 h_{გვ} (d I_f / dt)
 \end{aligned}
 \quad (5.14)$$

ამ ფორმულაში მეორე და მესამე შემდგენს გააჩნიათ მნიშვნელობა მხილოდ ელვის დენის ფრონტის განმავლობაში.

ჩანაცვლების სქემის დახმარებით შეიძლება საყრდენში დენის გაგება. ამ სქემის მიხედვით სქემაში ჩართული გვაქვს დენის წყარო $I_g = at$ და ძაბვის წყარო $aM_{გვ}$, რომელიც განაპირობებს გვარლსა და მიწას შორის შექმნილ კონტურში დაინდუქტირებულ ელექტრო-მამოძრავებელ ძალას, რომელსაც წარმოშობს მეხის დენი.

თუ მივიღებთ, რომ $M_{გვ} \approx 0,5h_{გვ}$, სადაც $h_{გვ}$ არის გვარლის ჩამოკიდების საშუალო სიმაღლე, მაშინ დენი საყრდენში დენის ფრონტის ხანგრძლივობის განმავლობაში იქნება:

$$I_{სყ} = at \left[(0,5L_{გვარ} - 0,5h_{გვ}) / (0,5L_{გვარ} + L_{სყ}) \right] (1 - e^{-\alpha}) / \alpha, \quad (5.15)$$

$$\text{სადაც მუდმივა } \alpha = R_{გვ} / (0,5 L_{გვ} + L_{სყ}); \quad L_{გვ} = Z_{გვ} \cdot \ell / v. \quad (5.16)$$

აქ v ტალღის გავრცელების სიჩქარეა.

საყრდენში გამავალი დენის წარმოებული დროის მიხედვით:

$$dI_{სყ} / dt = a \left[(0,5 L_{გვ} - 0,5h_{გვ}) / (0,5 L_{გვ} + L_{სყ}) \right] e^{-\alpha} \quad (5.17)$$

სადენის პოტენციალს გააჩნია სამი შემდგენი: 1) მუშა ძაბვა, 2) სადენზე მეხის დაცლის ლიდერის მიერ ინდუქტირებული ძაბვა (ამ შემდგენს უწოდებენ ინდუქციური გადამეტძაბვის ელექტროსტატიკურ შემდგენს) და 3) სადენზე ინდუქტირებული ძაბვა შექმნილი გვარლში გამავალი $S_{სყ}$ ამპლიტუდის მქონე იმპულსებით. მუშა ძაბვის გაველენა იმაში გამოიხატება, რომ ერთ-ერთ ფაზის სადენზე პოტენციალი საყრდენის პოტენციალის მიმართ იქნება უარყოფითი. ამ დროს მუშა ძაბვის სიდიდე პერიოდში ძაბვის საშუალო მნიშვნელობის ტოლია:

$$U_{გვ} = (2/\pi) \cdot (U_{გვ}/\sqrt{3}) \cdot \sqrt{2} \approx 0,5 U_{გვ} \quad (5.18)$$

მეხის საყრდენზე დაცემის დროს ელექტრული შემდგენი იქნება:

$$U_{ინდ} \approx E_{საგ} h_{საგ} (1 - k), \quad (5.19)$$

სადაც: $E_{\text{საფ}} \approx 10$ კვ/მ - მთავარი დაცლის წინ ელვის ლიდერსა და საყრდენს შორის ელექტრული ველის საშუალო დამახლოება;

k - გვარლსა და დენგამტარ სადენს შორის ელექტრომაგნიტური კავშირის კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს გვარლის ეკრანირებას;

$U_{\text{ინლ}}$ - საყრდენის წვეროს პოლარობის საწინააღმდეგო პოლარობა.

გვარლში დენის გავლა იწვევს სადენში ძაბვის წარმოქმნას სიდიდით $k \cdot U_{\text{საყ}}$. ეს შემდგენი იმავე პოლარობისა, რაც საყრდენის წვერო და ამცირებს ძაბვას ხაზის იზოლაციაზე.

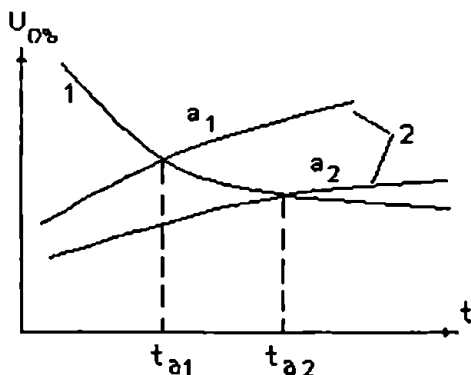
ამრიგად, მეხის დენის მაქსიმუმის დროს სახაზო იზოლაციაზე ძაბვის სიდიდე განისაზღვრება, როგორც სხვაობა საყრდენის წვეროს და სადენის პოტენციალებს შორის:

$$U_{\text{იზ}} = U_{\text{საყ}} - U_{\text{სად}} = U_{\text{საყ}} - (-U_{\text{გუმა}} - U_{\text{ინლ}} + k U_{\text{საყ}})$$

ანუ

$$U_{\text{იზ}} = U_{\text{საყ}}(1 - k) + U_{\text{გუმა}} + U_{\text{ინლ}}.$$

ეს სიდიდე უნდა შევადაროთ გირლანდის იმპულსური გამრღევეი ძაბვის სიდიდეს (მრუდი $U_{\text{იზ}}(t)$, ნახ. 5.6). ამ ნახაზზე ნაჩვენებია გირლანდის გამრღევეი (იმპულსური) ძაბვის დროისაგან დამოკიდებულება სხვადასხვა ფრონტის ტალღის დროს (2 მრუდეების გადაკვეთა 1 მრუდთან). რაც მეტია ტალღის ფრონტის დახრა, მით უფრო ნაკლები იქნება გარღვევის დრო.



ნახ. 5.6 სახაზო იზოლაციის გარღვევის დროის დამოკიდებულება ელვის დენის სხვადასხვა ფრონტის დროს $a_1 \geq a_2$. 1 - იზოლაციის ვოლტწამური დამოკიდებულება; 2 - ძაბვა იზოლაციაზე (იმპულსური);

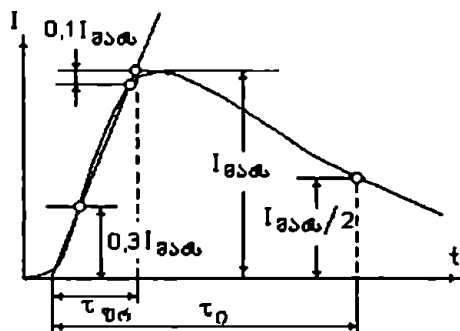
ელვის დენის ამპლიტუდასა და მის ფრონტის შორის დამოკიდებულება შემდეგია:

$$I_p = a\tau_{\Phi} \quad , \quad (5.20)$$

სადაც I_p - ელვის დენის ამპლიტუდური მნიშვნელობა, კა; a - ტალღის ფრონტის დახრა, კა/მკწმ; τ_{Φ} - ტალღის ფრონტის სიგრძე, მკწმ;

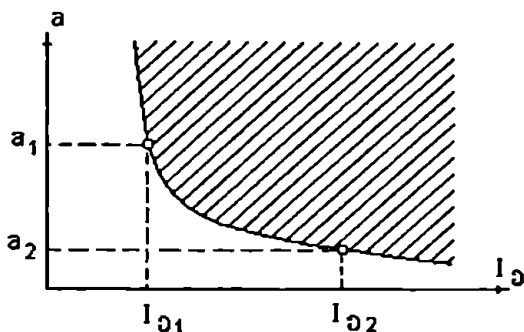
ამრიგად, 1 და 2 მრუდის გადაკვეთის წერტილები განსაზღვრავენ იზოლაციის გადაფარვისთვის საკმარის ელვის დენის მინიმალურ სიდიდეს

$I_p = a\tau_{\Phi}$ ამ დენის ფრონტის დახრის a სხვადასხვა მნიშვნელობის დროს (ნახ. 5.7)



ნახ. 5.7 მეხის დენის იმპულსის პარამეტრების დადგენისთვის

$I_p = a\tau_{\Phi}$ დამოკიდებულების საშუალებით შეიძლება ავაგოთ ე.წ. საშიში პარამეტრების მრუდი (ნახ 5.8). ეს მრუდი შემოსაზღვრულია ფართით (დაშტრიხული ნაწილი), რომელიც განსაზღვრავს ელვის დენისა და მისი ფრონტის დახრის იმ თანაფარდობას, რომლის დროსაც მოხდება სახაზო იზოლაციის გადაფარვა. მაგალითად, იზოლაციის გადაფარვა I_{p1} დენზე მეტი მნიშვნელობისას მოხდება a_1 დახრილობის დროს.



ნახ. 5.8 საშიში პარამეტრების მრუდი

საყრდენზე მეხის დაცემისას იზოლაციის გადაფარვის ალბათობა შეიძლება გავიგოთ შემდეგი მარტივი თანაფარდობის საშუალებით [3]:

$$I_{კრ} = U_{50\%} / (R_0 + \delta h_{საყრ}), \quad (5.21)$$

სადაც $\delta = 0,15$ ხაზისათვის ორი გვარლით, $\delta = 0,3$ ხაზისათვის ერთი გვარლით.

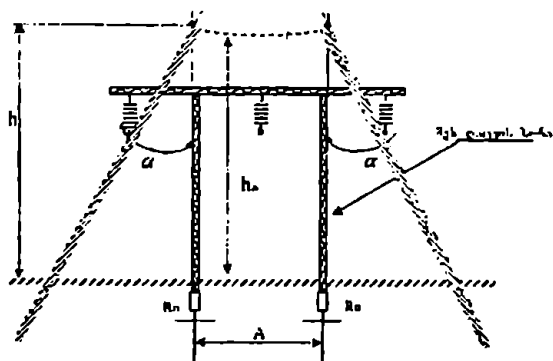
ე.ი. ორი გვარლს შემთხვევაში საყრდენში გამავალი დენის წილი მცირდება და იზოლაციის გადაფარვას გამოიწვევს შესაბამისად ელვის მეტი სიდიდის დენი.

სხვა შემთხვევაში საყრდენის $h_{საყრ}$ სიმაღლის გაზრდის დროს იზრდება საყრდენის ინდუქციურობა და ძაბვის სიდიდე გირლანდაზე, ამიტომ გადაფარვა მოხდება უფრო ნაკლები სიდიდის დენის დროს.

ამ გამოსახულების გამოყენებით საყრდენის ჩამიწების 30 ომახდის წინააღმდეგობისას შეიძლება გავიგოთ 110, 220, 330 და 500 კვ ძაბვის საჰაერო ხაზის გამორთვების რიცხვი.

საჰაერო ხაზების ექსპლუატაციის პრაქტიკამ საშუალება მოგვცა დაგვედგინა მეხდამცავი გვარლის მქონე ხაზებში დაცვის ზონის შიგნით მეხის “გამდრომის” ალბათობა (ნახ.5.9), რომელიც იანგარიშება 5.13 გამოსახულებით.

მეხის ზემოქმედებით საჰაერო ხაზის გამორთვის ხვედრითი რიცხვი დამოკიდებულია საყრდენის ჩამიწების იმპულსურ წინააღმდეგობაზე. ეს დამოკიდებულება 220 და 500 კვ ძაბვის სხვადასხვა ტიპის საყრდენისთვის მოცემულია ნახ. 5.10 და ნახ. 5.11 ნახაზებზე.

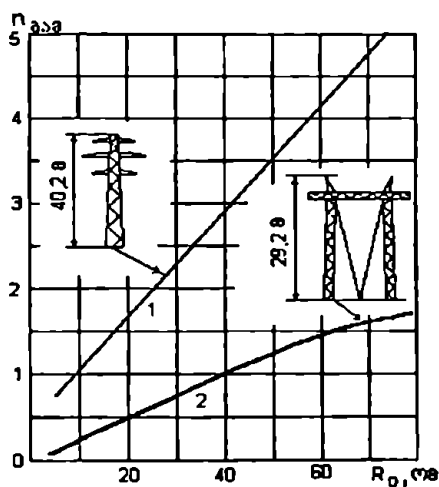


$$h_s = h - \frac{A}{4P}$$

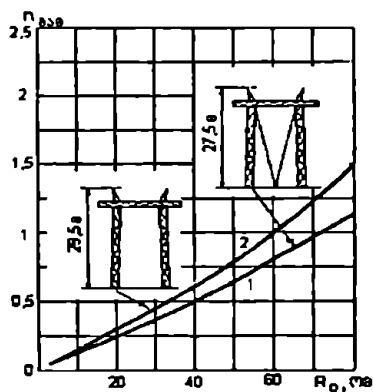
$$P = 1, \text{ როცა } h \leq 30 \text{ მ}$$

$$P = 5.5/\sqrt{h}, \text{ როცა } h \geq 30 \text{ მ}$$

ნახ. 5.9 ზაზის დაცვის ზონისა და დაცვის კუთხის აგება.



ნახ. 5.10 220 კვ ელექტროგადამცემის ზაზის ხედრითი გამორთვების რიცხვი ერთჯაჭვა (1) და ორჯაჭვა (2) საყრდენებით.



ნახ. 5.11 500 კვ ზაზისათვის გამორთვითი ხედრითი რიცხვი საყრდენებისათვის საჭიშრით (1) და მის გარეშე (2).

ნახაზებიდან ჩანს, რომ ორჯაჭვა საყრდენებიან ზაზებს გააჩნიათ რა შედარებით დიდი სიმაღლე, მათი გამორთვათა რიცხვი გაცილებით მეტია, ვიდრე ერთჯაჭვა ზაზების სადენების ჰორიზონტალ-

ლური განაწილებით. ორი გვარლის გამოყენება ორჯაჭვა ხაზებზე მართალია ამცირებს ატმოსფერული გამორთვების რაოდენობას, მაგრამ ეს რიცხვი მაინც შედარებით დიდია, ვიდრე ერთჯაჭვა ხაზებისას.

5.11 ნახაზზე ნაჩვენებია, რომ 500 კვ ძაბვის ხაზის შუალედურ საყრდენებზე ატმოსფერული გამორთვათა რიცხვი იმ საყრდენისთვის, რომელსაც გააჩნია დამჭიმავი გვარლი, ნაკლებია, ვიდრე იმ საყრდენებისთვის, რომლებსაც ასეთი გვარლი არ გააჩნიათ. ამრიგად, დამჭიმავი გვარლები გარკვეულ გავლენას ახდენენ საპაერო ხაზის მეხმედეგობაზე [2].

ხაზის მეხმედეგობის უზრუნველყოფისთვის მიწის გრუნტის ხვედრითი წინააღობის მიხედვით საყრდენის ჩამიწების რეკომენდირებული წინააღობის (50 კერცზე) მნიშვნელობები მოცემულია 5.2 ცხრილში [3].

ცხრილი 5.2 საყრდენის ჩამიწების წინააღობის რეკომენდირებული მნიშვნელობები

ρ, ომი. მ	100	100-500	500-1000	1000 და მეტი
R _{საყრ.} ომი	≤ 10	≤ 15	≤ 20	≤ 30

იმპულსურ რეჟიმში შეყურსული ჩამამიწებლის წინააღობა გამოდის შედარებით ნაკლები, რადგანაც თავს იჩენს ე.წ. ნაპერწკლური ეფექტი [4].

მთიან რეგიონებში გრუნტის წინააღობა შეიძლება აღმოჩნდეს 5.2 ცხრილიში ნაჩვენებ სიდიდეებზე მეტი. მაგრამ იქიდან გამომდინარე, რომ მეხის ღენი მთიან რეგიონებში შედარებით მცირე სიდიდისაა, ეს მოვლენა გარკვეულწილად აკომპენსირებს ჩამიწების წინააღობის გაზრდას და, როგორც წესი, ამ რეგიონში გამავალი საპაერო ხაზების ატმოსფერული გამორთვების რიცხვი არ აღემატება მეხმედეგობით განსაზღვრულ სიდიდეს.

მთიან რეგიონებში მცდელობის გამოყენება საპაერო ხაზების დაცვისთვის. საპაერო ხაზის მალში სხვადასხვა ნომინალური ძაბვის

სადენების გადაკვეთის დროს განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ასეთი მალის მეხისაგან დაცვას.

რეკომენდირებულია გადაკვეთის ადგილას მალში ქვედა ხაზიდან ჩაიხსნას მეხდამცავი გვარლი და შეირჩეს გადაკვეთის ადგილი ზემო სადენის შუა წერტილიდან მოშორებით. თუ ერთ-ერთი გადამკვეთი ხაზის ნომინალური ძაბვა 110 კვ და მეტია, არის საშიშროება, რომ მეხის დაცლა მოხდეს მალის მონაკვეთზე. თუ კი გადაკვეთის წერტილიდან უახლოეს საყრდენამდე მანძილი არ აღემატება 40 მ, მილისებრი მცლელი შეიძლება დაყენდეს ზედა ხაზის უახლოეს საყრდენზე. მალში ჩამიწების წინალობა არ უნდა აღემატებოდეს 10-20 ომს. თუ საყრდენები ხისაა, მეხდამცავი გვარლის პარალელურად უნდა დამონტაჟდეს ორივე ბოლოში მილისებრი მცლელები და მიუერთდეს ჩამამიწებლის ჩამომყვან სადენს. 5.3 ცხრილში მოცემულია მინიმალური დასაშვები მანძილები გადამკვეთი ხაზების სადენებს შორის [3].

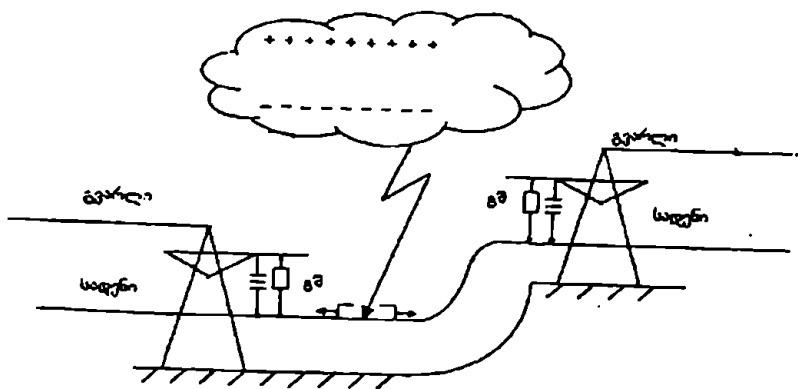
ხის საყრდენების დროს, თუ ხაზის გასწვრივ არსებობს ადგილები, სადაც გამოიყენება ლითონის ან რკინაბეტონის საყრდენები, ეს ადგილები ითვლება შემცირებული იმპულსური სიმტკიცის ადგილებად და საჭიროა მილისებრი მცლელების დაყენება.

მდინარეების გადამკვეთი მაღალი საყრდენებიანი მონაკვეთი ხშირად ხდება ატმოსფერული დაცლების ობიექტი. ამ შემთხვევაში საყრდენისა და სადენის ჩამოკიდების დიდი სიმაღლის გამო მცირდება გვარლით მეხდაცვის ეფექტურობა, იზრდება უკუგადაფარვის (საყრდენიდან სადენზე) ალბათობა. მაღალი საყრდენების შემთხვევაში ჩამიწების იმპულსური წინალობის შემცირება ნაკლებად ეფექტური ხდება, ამიტომ რეკომენდირებულია დამცავი მილისებრი მცლელების დაყენება. ბოლო დროს აყენებენ გადამეტძავის შემზღუდველებს.

**ცხრილი 5.3 მინიმალური მანძილი ურთიერთგაღამკვეთი
ხაზების სადენებს შორის**

ზელა ხა- ზის ნომი ნალური ძაბვა, კვ	გაღამკვეთის აღ- გილას მალის სიგრძე, მ	გაღამკვეთის აღგილას სადენებს შორის მინიმალური მანძილი, მ			
		გაღამკვეთის აღგილიდან უმცირესი მან- ძილი განმუხტულების მქონე ზელა ხაზის უახლოეს საყრდენამდე, მ			მეხდაცუის სპეციალუ- რი ღონის- ძიებების გარეშე
		30 - 70	70 - 100	100 - 150	
750	200-მდე	6,5	6,5 - 7,0	—	9,0
	200 - 300	6,5 - 7,0	7,0 - 7,5	7,5 - 8,5	
	300 - 450	6,5 - 7,5	7,5 - 8,0	8,0 - 9,0	
330-500	200-მდე	5,0	5,0 - 5,5	---	8,0
	200 - 300	5,0 - 5,5	5,5 - 6,0	6,0 - 7,0	
	300 - 450	5,5 - 6,0	6,0 - 7,0	7,0 - 8,0	
150-220	200-მდე	4,0	4,0	—	7,0
	200 - 300	4,0	4,0 - 4,5	4,5 - 5,5	
	300 - 450	4,0 - 5,0	5,0 - 6,0	6,0 - 7,0	
35-110	200-მდე	3,0	3,0 - 4,0	—	5,0
	200 - 300	3,0 - 4,0	4,0 - 4,5	4,5 - 5,0	
6-20	100-მდე	2,0	—	—	
	100 - 150	2,0- 2,5	—	—	4,0

გაღამკვეთების შემზღუდველების გამოყენება. დასავლეთის ქვეყნებში მეხდაცუი გვარლის გარეშე მონაკვეთზე (ასეთი შემთხვე-
ვები ხშირია, რადგან გვარლის დაზიანების დროს, როგორც წესი,
აღგილი აქვს მალში მოპირდაპირე საყრდენებზე გვარლის სადენის
მთლიანად ჩაჭრას) გაღამკვეთის შემცირების მიზნით გამოყენება ჰპოვა
გაღამკვეთების შემზღუდველებმა (გ.შ).



ნახ. 5.12 გადამეტაბვის შემზღუდველების გამოყენება დაზიანებული გეარლის მქონე ხაზის მონაკვეთზე

გადამეტაბვის შემზღუდველები მაგრდება იზოლატორის სხმულის პარალელურად (ნახ. 5.12) ან 110კვ ძაბვის ხაზებზე სხმულის მაგივრად. იგი, მისი მკვეთრად დახრილი ვოლტ-ამპერული მახასიათებლის შესაბამისად, დენგამტარ სადენზე მეხის პირდაპირი დაცლისას, თავის თავზე იღებს გადამეტაბვის იმპულსს და ფაქტიურად ასრულებს მეზდამცავი გეარლის ფუნქციას [2].

5.4 გადამეტაბვის ანალიზი ხაზის ავტომატური განმეორებითი ჩართვის დროს.

საპაერო ხაზის გამორთვისა და მისი ავტომატური განმეორებით ჩართვის (ა.გ.ჩ) დროს ცალკეულ ფაზებზე ძაბვის ცვლილება დამოკიდებულია შემდეგ ძირითად ფაქტორებზე:

- როგორი სახის მოკლე შერთვის დროს მოხდა ხაზის გამორთვა;

- გამორთვის შემდეგ რა ელემენტები რჩება ჩართული ხაზში (მაშუნტირებელი რეაქტორი, მზომი ინდუქციური თუ ტევადური ტრანსფორმატორი);

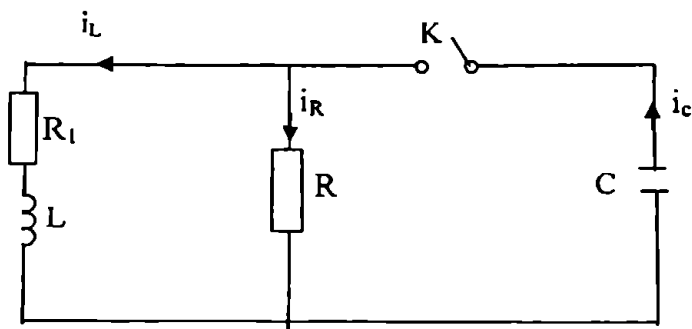
- გირლანდის სხმული მინისაა თუ ფაიფურის;

- როგორი საზის დამცავი მოწყობილობაა ჩართული ხაზში (ცენტილური განმუხტველი, თუ გადაძაბვის შემზღუდველი);

- როგორი თანაფარდობაა სისტემის $X_{0\Sigma}$ და $X_{1\Sigma}$ წინააღობებს შორის ($X_{0\Sigma}$, $X_{1\Sigma}$ ნულოვანი და პირდაპირი მიმდევრობის წინააღობები შესაბამისად);

- როგორია ამომრთველის კონსტრუქცია, რკალის ქრობის სიჩქარე და სხვა.

საპაერო ხაზის განმუხტვის პროცესი მიახლოებით შეიძლება განვიხილოთ ერთფაზა საანგარიშო სქემის საშუალებით (ნახ. 5.13).



ნახ. 5.13 აგზ პაუზის დროს დამუხტული ხაზის განმუხტვის საანგარიშო სქემა.

ამ სქემისთვის გვაქვს:

$$i_L + i_R + i_C = 0 ;$$

$$i_C = C \frac{du_c}{dt} ;$$

$$i_R = \frac{u_c}{R} ;$$

$$L \frac{di_L}{dt} + i_L R_L = u_c ;$$

ამ ტოლობებიდან ვღებულობთ:

$$LC \frac{d^2 u_c}{dt^2} + \left(\frac{L}{R} + R_1 C \right) \frac{du_c}{dt} + \left(1 + \frac{R_1}{R} \right) u_c = 0.$$

მიღებულ დიფერენციალურ განტოლებას შეიძლება გააჩნდეს ნამდვილი ან კომპლექსური ფესვები. შესაბამისად განტოლების ამონახსნს აქვს სახე:

ნამდვილი ფესვების შემთხვევაში

$$u_c = A_1 e^{p_1 t} + A_2 e^{p_2 t};$$

კომპლექსური ფესვების შემთხვევაში

$$u_c = A e^{\alpha t} \cos(\omega t + \psi),$$

სადაც A_1, A_2, A და ψ - ინტეგრების მუდმივები; ხოლო p_1, p_2 - დიფერენციალური განტოლების მახასიათებელი განტოლების ფესვები. ამასთან α კომპლექსური ფესვის ნამდვილი ნაწილია და ω - წარმოსახვითი ნაწილი.

თუ განვიხილავთ "იმერეთი 500" საჰაერო ხაზის განმუხტვის პროცესს, გვექნება შემდეგი საწყისი პარამეტრები:

$R_1 = 5$ ომი - ზეთიანი რეაქტორის გრაგნილის აქტიური წინაღობა;

$R = 65000$ ომი - გირლანდის გასწვრივ გაჟონვის დენის წინაღობა;

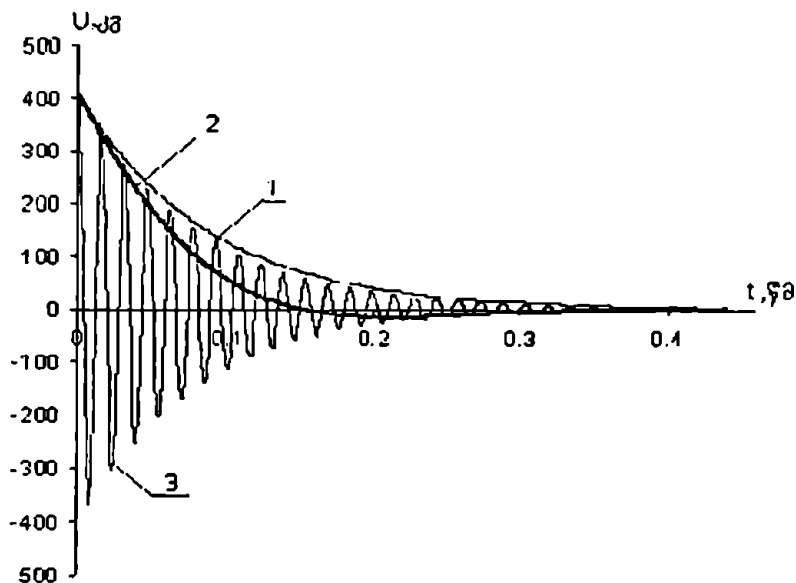
$L = 4,5$ ჰენრი - ზეთიანი რეაქტორის გრაგნილის ინდუქციურობა;

$C = 1,27 \times 10^{-6}$ ფარადი - 500კვ ხაზი "იმერეთის" ჯამური ტევადობა.

საწყის მომენტში მივიღოთ, რომ $i_L = i_R = 0$ და ძაბვა ხაზში

$$U_{C(0)} = \frac{500}{\sqrt{3}};$$

გაანგარიშების შედეგების მიხედვით აგებულია განმუხტის მრუდეები (ნახ 5.14)



ნახ. 5.14. 500კვ ელექტროგადაცემის ხაზის “იმერეთის” განმუხტვის მრუდი. 1-ზეთიანი რეაქტორებისა და ძაბვის ტრანსფორმატორის გარეშე; 2-ძაბვის ტრანსფორმატორებით; 3- ზეთიანი რეაქტორით და ძაბვის ტევადური ტრანსფორმატორით.

500კვ ძაბვის ელექტროგადაცემის ხაზებისთვის იმერეთი”, “ქართლი 1” და “ქართლი 2” ჩატარებული იქნა რიცხვითი გაანგარიშებები სხვადასხვა ვარიანტის მიხედვით (ცხრ.5.4).

ცხრილი 5.4. 500კვ ხაზების “იმერეთი”, “ქართლი 2” და “ქართლი 1” ძაბვის განმუხტვის ამსახველი ფორმულები და მათი მნიშვნელობა $t = 0,01$ წმ დროს.

გადაცემის ხაზი	ვარიანტი	საანგარიშო გამოსახულება	$u_{კვ} t = 0,01$ წმ
“იმერეთი”	ძაბვის ტრანსფორმატორები	$u_c = 407e^{-12,7} \times \cos(10,8t)$	358,2
	ტვეადური ძაბვის გამყოფები	$u_2 = 407e^{-10,044}$	325,6
	რეაქტორებით და ძაბვის ტრ-ებით	$u_2 = 407e^{-12,7} \times \cos(417t)$	346,5
	რეაქტორებით და ტვეადური ძაბვის გამყოფებით	$u_2 = 407e^{-12,7} \times \cos(412,5t)$	350,5
“ქართლი 2”	ძაბვის ტრ-ებით	$u_2 = 407e^{-10,2} \times \cos(10,5t)$	298
	ტვეადური ძაბვის გამყოფით	$u_2 = 407e^{-10,049}$	333,6
	ტვეადური ძაბვის გამყოფით და ერთი რეაქტორით	$u_2 = 407e^{-10,2} \times \cos(362,2t)$	362,2
	ძაბვის ტრ-ებით და ერთი რეაქტორით	$u_2 = 407e^{-10,2} \times \cos(363t)$	366,3
“ქართლი 1”	ძაბვის ტრ-ებით	$u_2 = 407e^{-17,8} \times \cos(10,2t)$	338,6
	ტვეადური ძაბვის გამყოფებით	$u_2 = 407e^{-10,027}$	395
	ძაბვის ტრ-ებით და რეაქტორით	$u_2 = 407e^{-17,8} \times \cos(414t)$	338,5
	ტვეადური ძაბვის გამყოფით და რეაქტორით	$u_2 = 407e^{-17,8} \times \cos(504,8t)$	338,6

იმ შემთხვევაში, როცა ხაზში არ არის ჩართული არც მზომი ტრანსფორმატორი და არც ზეთიანი რეაქტორი, განმუხტვა მოხდება

მხოლოდ $T = R_{\Sigma} C_{\Sigma}$ დროის მუდმივას მიხედვით, სადაც R_{Σ} - არის იზოლატორის სხმულის გასწვრივ გაჟონვის აქტიური წინაღობა; C_{Σ} - ხაზის ჯამური ტევადობა. (ნახ. 5.14, მრუდი 1). ძაბვა $t = 0,01$ წამის მომენტისთვის

$$U = U_{\Psi} e^{\frac{-0,01}{T}} = 0,9 U_{\Psi},$$

როცა

$$C_{\Sigma} = 1,27 \times 10^{-6} \text{ ფარადი}; \quad R_{\Sigma} = 65 \times 10^3 \text{ ომი}; \quad T = 82,5 \times 10^{-3} \text{ წმ.}$$

ამრიგად, ერთფაზა დაზიანების შემთხვევაში ხაზის გამორთვის შემდეგ, კონტაქტებს შორის რკალის ანთება მოხდება დაახლოებით $t = 0,01$ წამის შემდეგ, როცა ძაბვის წყარო იცვლის თავის ნიშანს. ამ მომენტისთვის გვაქვს

$$U_{\text{კონტ}} = U_{\Psi} + 0,9 U_{\Psi} = 1,9 U_{\Psi}.$$

$1,9 U_{\Psi}$ სწორკუთხა ძაბვის ტალღის გავრცელებისას ხაზის გახსნილი ბოლოდან ადგილი აქვს მის არეკვლას და შესაბამისად გაორმაგებას, შედეგად გვექნება

$$(2 \times 1,9 - 0,9) U_{\Psi} = 2,9 U_{\Psi}.$$

როგოც ცნობილია, $\frac{X_{0\Sigma}}{X_{1\Sigma}}$ ფართობის მნიშვნელობიდან

გამომდინარე დამიწებულ ნეიტრალიან სისტემაში ერთფაზა მოკლე შერთვის დროს მეზობელ დაუზიანებელ ფაზებზე ძაბვა შეიძლება დამატებით გაიზარდოს 20 - 40%-ით. რელურად $\frac{X_{0\Sigma}}{X_{1\Sigma}} \approx 3,0$,

ამიტომ მოკლე შერთვის კოეფიციენტი $K_{\text{გ.გ.}} \approx 1,24$. შედეგად, ვლუბულობთ

$$(1,24 \times 2,9) U_{\Psi} = 3,6 U_{\Psi}.$$

პრაქტიკაში აქტიური კარგვების გათვალისწინებით შესაძლო მაქსიმალური გადაძაბვა მიღებულია $3,0 U_{\Psi}$ ტოლად [4]. გამომდინარე იქედან, რომ გადაძაბვის ხანგრძლივობა არ აღემატება 300მკწმ-ს გადაძაბვა შეიძლება შეზღუდული იქნეს კომუტაციური განმუხტველით ან დიდი გამტარობის მქონე გადაძაბვის არაწრფივი შემზღუდველით.

თავი 6. საპაერო ელექტროგადაცემის ხაზების ექსპლუატაცია

6.1. საერთო მოთხოვნები

ელექტროგადაცემის ხაზების მუშაობის საიმედოობის უზრუნველსაყოფად და საექსპლუატაციო მაჩვენებლების გასაუმჯობესებლად ექსპლუატაციისას ხორციელდება მათი ტექნიკური მომსახურება და კაპიტალური რემონტი.

ტექნიკური მომსახურების დროს ხორციელდება ხაზის ელემენტების ნაადრევი ცვეთისა და მწყობრიდან გამოსვლის თავიდან აცილების პროფილაქტიკური შემოწმება და გაზომვები, დაზიანებებისა და უწყესიერობის აღმოფხვრა. კაპიტალური რემონტის დროს კი ხორციელდება ღონისძიებათა კომპლექსი, რომელიც ითვალისწინებს მთლიანად ხაზის ან მისი ცალკეული ელემენტების პირველდაწყებითი საექსპლუატაციო მახასიათებლების აღდგენას გაცვეთილი დეტალების შეკეთების ან ახლით შეცვლის გზით.

როგორც წესი ხაზის მშენებლობისთვის გამოიყოფა სოფლის მეურნეობისთვის უვარგისი ან ნაკლებად ვარგისი მიწის ნაკვეთი. როგორც გამოწკარისი, იძულებით შემთხვევებში ხაზი შეიძლება აგებულ იქნეს სოფლის მეურნეობისთვის ვარგისი მიწის ნაკვეთზე.

ექსპლუატაციის წესების თანახმად დაუსახლებელ ადგილებში გამავალი საპაერო ხაზებისთვის დადგენილია ხაზის დაცვის ზონა. იგი წარმოადგენს კიდურა სადგენებიდან ხაზის ორივე მხარეს გარკვეული მანძილით დაშორებულ და ტრასის პარალელურ წირებს შორის მოთავსებულ ზოლს, რომლის განი დაშორებულია ხაზის ნომინალური ძაბვის მნიშვნელობაზე (ცხრ. 6.1).

ელექტროგადაცემის ხაზის პერიოდული დათვალიერებისა და სარემონტო სამუშაოების ჩასატარებლად იმ ორგანიზაციას, რომლის გამგებლობაში იმყოფება ხაზი, მუდმივ სარგებლობაში გადაეცემა მიწის ის ნაკვეთი, რომლის ფართობი განისაზღვრება საჭიშრების ჩათვლით საყრდენის მიერ დაკავებული მიწის ნაკვეთის პლუს ორი მეტრი მის გარშემო 35 კვ და მეტი ძაბვის ხაზებისთვის და ერთი მეტრი 20 კვ-მდე (ჩათვლით) ძაბვის ხაზებისათვის. მუდმივად გამოყოფილი მიწის ნაკვეთისათვის ხაზის მფლობელი მიწის ყოფილ მოსარ-

გებლეს უხდის განსაზღვრული რაოდენობის ერთჯერად კომპენსაციას. მიწის ამ ნაკვეთზე აკრძალულია ნებისმიერი და, მათ შორის, სასოფლო-სამეურნეო სამუშაოების ჩატარება.

ცხრილი ნ.1. ხაზის დაცვის ზონის ზომები

ნომინალური ძაბვა, კვ	დაცვის ზონის განი, მ
1 კვ-მდე	2
20-მდე	10
35	15
110	20
150-220	25
330-500	30
750	40
1150	55

ხაზის დაცვის ზონის მიწის ნაკვეთის დანარჩენი ნაწილი შეიძლება გამოყენებული იქნეს მიწის მოსარგებლის მიერ სასოფლო-სამეურნეო სამუშაოებისთვის. ამასთან ამ სამუშაოთა ჩატარება დასაშვებია იმ მანქანა-მექანიზმების საშუალებით, რომელთა სიმაღლე არ აღემატება 3 მეტრს.

დაცვის ზონის ფარგლებში აკრძალულია: პურის, ჩალის, თივის ზეინების, ტორფისა და ხის მასალის შტაბელების დაწყოება; საველე ბანაკების, ცხოველთა ბაჟის, საჯინიბოსა და სხვა სახის სადგომების მოწყობა-აგება; ცეცხლის დანთება; ბალახის, ჩალის, ნაპურალის, ბუჩქნარის და სხვათა დაწევა; ნაგავის, წიდის, თოვლის და სხვათა დაყრა. დაცვის ზონაში და მის მახლობლობაში აკრძალულია, აგრეთვე, პოლიგონებისა და სასროლეთის მოწყობა, პარაშუტისტების დაშვება და სხვა ქმედებანი, რომლებიც საფრთხეს შეუქმნის ხაზის მუშაობას და ხელს შეუშლის მის ნორმალურ ფუნქციონირებას.

ელექტროგადაცემის ხაზის გამგებლის წერილობითი ნებართვის გარეშე ხაზის დაცვის ზონაში დაუშვებელია:

ა) ნებისმიერი მშენებლობის წარმოება, კავშირგაბმულობისა და ელექტროგადაცემის ხაზების მშენებლობა, გზის გაყვანა, ასაფეთქებელ სამუშაოთა შესრულება, კარიერების დამუშავება, სამონტაჟო-სარემონტო სამუშაოთა შესრულება, ხეების მოჭრა და დარგვა, სპორტული მოედნების მოწყობა და სხვა;

ბ) 3 მეტრზე უფრო მაღალი მანქანა-მექანიზმებით (ამწე-კომ-კურა, ექსკავატორი და სხვა) დატვირთვა-გადმოტვირთვის სამუშაოების ჩატარება და, აგრეთვე, ამ მანქანათა სადენების ქვეშ მოძრაობა მათი მოძრაობისთვის გამოყოფილ გზის გარეთ.

ჩამოთვლილ სამუშაოთა ჩატარების აუცილებლობის შემთხვევაში ხაზის მფლობელმა უნდა დაადგინოს ამ სამუშაოთა ჩატარების ტექნიკური პირობები, რომელიც უზრუნველყოფს სამუშაოთა შესრულების უსაფრთხოებას და ხაზის მთლიანობის დაცვას. საჭიროების შემთხვევაში სამუშაოთა ჩატარების ადგილზე გაგზავნილი უნდა იქნეს საქსელო საწარმოს წარმომადგენელი.

სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებზე გამავალი ელექტროგადაცემის ხაზების გეგმიური შეკეთება და რეკონსტრუქცია უნდა ტარდებოდეს მიწის მოსარგებლესთან შეთანხმებით.

საპაერო ელექტროგადაცემის ხაზის მუშაობის შემაფერხებელი მიზეზების აღმოფხვრისა და დარღვევის შედეგების სალიკვიდაციო სამუშაოები დასაშვებია წლის ნებისმიერ დროს მიწის მოსარგებლესთან შეთანხმების გარეშე, მაგრამ სამუშაოების ჩატარების შესახებ შემდგომი შეტყობინებით. სამუშაოთა ჩატარების შემდეგ ელექტროქსელების საწარმომ მიწის სავარგულები უნდა მოიყვანოს მისი მიზნობრივი გამოყენების მდგომარეობაში და ამასთან მოსარგებლეს აუნაზღაუროს სამუშაოების ჩატარების დროს მიყენებული ზარალი.

ხაზს, რომელიც გადის ტყის მასივებში, ბუჩქნარებში და მწვანე ნარგავებში, ტრასის გასწვრივ უნდა პკონდეს განაკაფი, რომლის მინიმალური განი განისაზღვრება ქარის დროს ხაზის კიდური სადენის ხის ნაწიბურებთან მოსალოდნელი მიახლოების მინიმალური დასაშვები მანძილით, რომელიც 35-110 კვ ძაბვის ხაზებისთვის შეადგენს 3, 150-220 კვ ძაბვის ხაზებისთვის 4 და 330-500 კვ ძაბვის ხაზებისთვის კი - 5 მეტრს.

ნაკლებადღირებულ ტყის მასივებში განაკაფის განი განისაზღვრება იმ ანგარიშით, რომ ხე წაქცევისას არ უნდა დაეცეს სადენს. აქედან გამომდინარე, განაკაფის განი უდრის კიდურა სადენებს შორის მანძილს პლუს ტყის ძირითადი მასივის გაორკეცებული სიმაღლე. თუ განაკაფის ნაპირზე ხე გაიზარდა ძირითად მასივზე უფრო მაღალი, იგი უნდა მოიჭრას იმ ორგანიზაციისადმი შეტყობინებით, ვის გამგებლობაშიც იმყოფება ტყის ეს მასივი.

ქარის დროს სადენის გადახრა მაქსიმალურია მაღლის შუაში. ამიტომ რაციონალურია განაკაფს გააჩნდეს მრუდწირული ფორმა, რომელიც ქარის დროს სადენის მოსალოდნელი გადახრის მოხაზულობას გამოხატავს.

ტყის გაკაფვის რაციონალური ფორმის დანერგვა საშუალებას იძლევა შევინარჩუნოთ ძვირადღირებული, საკმარისად დიდი რაოდენობის ხეები, შევამციროთ ხარჯები ხაზის მშენებლობაზე და, იმავედროულად, შევინარჩუნოთ ხაზის საექსპლუატაციო საიმედოობა.

4 მეტრამდე სიმაღლის ნარგავების ზოლში, სადაც ნარგავის წაქცევისას არ არის ნოსალოდნელი სადენთა მოკლე შერთვა, განაკაფის მინიმალური განი უნდა შეადგენდეს კიდურა სადენებს შორის მანძილს პლუს 3 მეტრი ხაზის ორივე მხარეს.

პარკებში, ნაკრძალებში, დასახლებული პუნქტების ტყის მწვანე ზონაში, ძვირადღირებულ ტყის მასივებში, რკინიგზისა და საავტომობილო მაგისტრალის, მდინარეთა და ტბების დაცვის ზოლში, სადაც მოითხოვება ხეების მოჭრის შემთხვევების მინიმუმამდე დაყვანა, განაკაფის განი ღვინდება იმ ორგანიზაციებთან შეთანხმებით, ვის გამგებლობაშიც იმყოფება ზემოთხსენებული ნარგავები. ამასთან, სადენთა მაქსიმალური გადახრისას სადენიდან ხის ნაწიბურებამდე მანძილი უნდა იყოს არანაკლებ 2 მეტრი 20 კვ-მდე ძაბვის ხაზებისთვის, 3 მეტრი 35-110 კვ ძაბვის ხაზებისთვის, 4 მეტრი 150-220 კვ ძაბვის ხაზებისთვის და 5 მეტრი 330-500 კვ ძაბვის ხაზებისთვის.

ადამიანთა უსაფრთხოებისა და ხაზის საიმედო მუშაობის უზრუნველყოფის მიზნით დასახლებულ პუნქტებში ხაზის კიდურა სადენიდან, მისი მოსალოდნელი მაქსიმალური გადახრისას, შენობა-ნაგებობებამდე ჰორიზონტალური მანძილი უნდა იყოს არანაკლებ 2 მ

20 კვ-მდე ძაბვის ხაზებისთვის, 4 მ – 35-110 კვ, 5 მ – 150 კვ, 6 მ – 220 კვ, 8 მ – 330 კვ და 10 მ – 400-500 კვ ძაბვის ხაზებისთვის.

ხაზის ქვეშ არსებული შენობების დატოვება ან ახლის აგება დაუშვებელია სახანძრო უსაფრთხოების თვალსაზრისით. უწვი (ცეცხლგამძლე) სამრეწველო შენობების დატოვება ან ახლის აგება დასაშვებია მხოლოდ 330 კვ-მდე (ჩათვლით) ძაბვის ხაზების ქვეშ და ამასთან სადენიდან შენობამდე მინიმალური მანძილი უნდა იყოს არანაკლებ 3 მ 35 კვ-მდე ძაბვისას, 4 მ 110-150 კვ ძაბვისას, 5 მ 220 კვ ძაბვისას და 6 მ 330 კვ ძაბვისას.

შენობათა ლითონის სახურავები და ნაგებობათა ლითონკონსტრუქციები, რომლებიც იმყოფებიან 110-330 კვ ძაბვის ელექტროგადაცემის ხაზის სადენების ქვეშ, უნდა იყოს ჩამიწებული.

უსაფრთხოების წესების მოთხოვნებისა და ხაზის საიმედო მუშაობის უზრუნველყოფის მიზნით ხაზების მიერ სანაოსნო მდინარეების, არხებისა და წყალსაცავების გადაკვეთისას ყურადღება უნდა მიექცეოდეს იმ გარემოებას, რომ მთელ სანაოსნო ფრონტზე სადენის უდაბლესი წერტილიდან გემის ანძის უმაღლეს წერტილამდე მანძილი იყოს არანაკლებ 2 მ 110 კვ-მდე (ჩათვლით) ძაბვის ხაზებისთვის, 2,5 მ 150 კვ ძაბვისას, 3 მ 220 კვ ძაბვისას, 3,5 მ 330 კვ ძაბვისას და 4 მ 500 კვ ძაბვის ხაზების შემთხვევაში.

ხაზის დაცვის ზონისა და უსაფრთხოების წესებით გათვალისწინებული სხვადასხვა სახის გაბარიტული მანძილები წარმოდგენილია 6.2 ცხრილში.

ელექტროგადაცემის ხაზების პროექტირებისას მაქსიმალურად ცდილობენ, რომ ხაზის ტრასა გადიოდეს არადასახლებულ პუნქტებში. ეს პრინციპი სხვადასხვა ობიექტური მიზეზების გამო რიგ შემთხვევებში ვერ ხორციელდება. ყველა შემთხვევაში ტრასაზე საყრდენთა განლაგების პროექტირებისას, ხაზის საიმედო მუშაობისა და უსაფრთხოების წესების უზრუნველყოფის მიზნით, დაცული უნდა იქნეს მანძილი სადენებიდან მიწამდე ან სხვა საინჟინრო ობიექტებამდე (ცხრ. 6.3).

**ცხრილი 6.2 ელექტროგადამცემის ზაზის ზედასხვა საზის
გაბარიტული მანძილები, მ.**

დასახელება	ზაზის ნომინალური ძაბვა, კვ						
	20-მდე	35	110	150	220	330	500
დაუსახლებელ ადგილებში ზაზის დაცვის ზონა კიდურა სადენიდან	10	15	20	25	25	25	30
ტყის განაკაფის განი კიდუ- რა სადენიდან: ა) ნაკლებადღირებულ ტყის მასივებში ტყის ძირითადი მასივის საშუალო სიმაღლე	ტყის ძირითადი მასივის საშუალო სიმაღლე						
ბ) ძვირადღირებულ ტყის მასივებში, პარკებში, ნაკრბა- ლებში და სხვა	2	3	3	4	4	5	5
დასახლებულ პუნქტებში სა- დენიდან შერობა-ნაგებობამდე: ა) პორიზონტალური	2	4	4	5	6	8	10
ბ) ვერტიკალური	3	3	4	4	5	6	-
სანაოსნო მდინარეების, არ- ზების, წყალსაცავების გა- დაკვეთისას სადენიდან გეების ანძის უმაღლეს წერტილამდე	2	2	2	2,5	3	3,5	4

**ცხრილი 6.3 საპაერო ხაზების სადენიდან მიწამდე ან საინჟინრო
ობიექტამდე მანძილი, მ.**

პუნქტის (ობიექტის) დასახელება	ხაზის ნომინალური ძაბვა, კვ					
	35	110	150	220	330	500
დასახლებული:						
ა) ნორმალურ რეჟიმში	7	7	7,5	8	8	16
ბ) მეზობელ მალში სადენის გაწვევებისას	4,5	4,5	5	5,5	6	
დაუსასრულებელი	6	6	6,5	7	7,5	8
ძნელადმისადგომი	5	5	5,5	6	6,5	7
მთების მიუდგომელი ფერდობები, კლდეები და სხვა	3	3	3,5	4	4,5	5
არაელექტროფიციური რკინიგზის გადაკვეთები:						
ა) ნორმალურ რეჟიმში	7,5	7,5	8	8,5	9	9,5
ბ) მეზობელ მალში სადენის გაწვევებისას	6	6,5	7	7,5	8	8,5
საავტომობილო გზების გადაკვეთები ა)						
ნორმალურ რეჟიმში	7	7	7,5	8	8,5	9
ბ) მეზობელ მალში ხაზის გაწვევებისას	5	5	5,5	5,5	6	

6.2 ელექტროგადაცემის ხაზის ექსპლუატაციაში მიღება

მშენებლობადასრულებული ელექტრული ქსელების ობიექტები საექსპლუატაციოდ მიიღება მოქმედი წესების შესაბამისი მიმდევრობით. ეს მოთხოვნა ვრცელდება აგრეთვე იმ ენერგობიექტებზეც, რომელთა საექსპლუატაციოდ მიღება ხდება მათი გაფართოების, რეკონსტრუქციისა და გადაიარაღების შემდეგ.

ელექტროქსელის ადმინისტრაციამ, რომლის გამგებლობაში გადაეცემა ხაზი მისი აგების შემდეგ, მშენებლობის პროცესში შესრულებულ სამუშაოთა ხარისხის სამეთვალყურეოდ და არახილული ხასიათის სამუშაოების წარმოების შესამოწმებლად უნდა დანიშნოს პასუხისმგებელი წარმომადგენელი. იმ შემთხვევაში, როცა ხაზის მშენებლობისას გამოიყენება ახალი მოწყობილობები და სამონტაჟო სამუშაოთა ახალი მეთოდები, ელექტროქსელის პერსონალი უნდა გაეცნოს ამ ახალ მოწყობილობებსა და მონტაჟის ახალ მეთოდებს.

ხაზის ექსპლუატაციაში გადაცემისას მშენებელი ორგანიზაცია მიიღებს წარუდგენს მთელ რიგ დოკუმენტაციას. კერძოდ; ხაზის პროექტს ელექტრული და მექანიკური ანგარიშებითა და ნახაზებით; 35 კვ და მეტი ძაბვის ხაზებისთვის სადენებისა და გვარლების სამონტაჟო ცხრილებს; ხაზის ტრასის გეგმასა და პროფილს; გადაკეთებისა და გადასასვლელების მიღების აქტებს, შედგენილს დაინტერესებულ ორგანიზაციებთან ერთად; ხაზის პასპორტს დადგენილი ფორმით; შესაბამის ორგანიზაციებთან შეთანხმებულ დოკუმენტაციას მიწის ნაკვეთის გამოყოფის შესახებ; პროექტიდან გადახვევის (თუ ასეთი არის) ჩამონათვალს შესაბამისი ნახაზებით და სხვა.

როგორც ახლადაგებული, ასევე კაპიტალურ რემონტატარებული ხაზის ექსპლუატაციაში ჩაბარება-მიღება წარმოებს სპეციალური სახელმწიფო კომისიის მიერ. ამ დროს წარმოებს: ხაზის და ყველა დამხმარე ნაგებობათა დათვალიერება დაუმთავრებელი სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოთა და შესრულებულ სამუშაოთა დეფექტების გამოვლენის მიზნით; დაუმთავრებელ სამუშაოთა დამთავრება, დეფექტების აღმოფხვრა და განმეორებითი დათვალიერება; ზემოთჩათვლილი საპროექტო მასალებისა და ტექნიკური დოკუმენტაციის მიმღებისთვის გადაცემა; ხაზის საცდელი გაშვება-ჩართვა მუშა ძაბვის ქვეშ; აქტის შედგენა ხაზის ექსპლუატაციაში შეყვანის შესახებ.

მიმღები კომისიის მუშაობის დაწყებამდე ხაზის მიღებისთვის მზადყოფნა შემოწმებული იქნება მუშა კომისიების მიერ, რომლებიც ვალდებულნი არიან: შეამოწმოს შესრულებული სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოთა მოცულობის შესაბამისობა პროექტთან, სახარჯთაღრიცხვო დოკუმენტაციასა და ნორმატიულ დოკუმენტა-

ციებთან; ჩაატაროს ხაზისა და მისი ელემენტების, შენობების, ნაგებობებისა და მოწყობილობების დეტალური დათვალიერება და შემოწმება, არახილული სამუშაოების შერჩევითი შემოწმება; ჩაატაროს სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოთა შესრულების ხარისხის შემოწმება; შეადგინოს გამოცდების ოქმები, აღმოჩენილი დეფექტებისა და დაუშთავრებელი სამუშაოების ჩამონათვალის უწყისი.

მუშა კომისიებს უფლება აქვთ ცალკეულ შემთხვევაში შექმნას სპეციალიზებული ქვეკომისიები ხაზის ცალკეული ელემენტების მზადყოფნის შესამოწმებლად და, აუცილებლობის შემთხვევაში, ჩაატაროს ამ ელემენტების საკონტროლო გამოცდები.

ხაზის ჩაბარება-მიღების სამუშაოთა დასაჩქარებლად სამშენებლო-სამონტაჟო ორგანიზაციას საექსპლუატაციო ორგანიზაციებთან შეთანხმებით შეუძლია მუშა კომისიას მიღებისთვის წარუდგინოს ხაზის ცალკეული დამთავრებული უბნები. შემკვეთთან შეთანხმებით ნებადართულია დასათვალიერებლად და შესამოწმებლად წარდგენილი იქნეს ცალკეული დამთავრებული საანკერო უბნები.

ხაზის საცდელი ჩართვა უნდა ჩაატაროს გენერალურმა მოიჯარადრემ დამკვეთის პერსონალის მონაწილეობით. გამოცდა ტარდება საპროექტო სქემით ყველა სამშენებლო და სამონტაჟო სამუშაოების დამთავრების შემდეგ.

მუშა ძაბვის ქვეშ ხაზის ჩართვის წინ სამუშაოთა ყველა მწარმოებლიდან მიღებული უნდა იქნეს დასტური მასზე, რომ მშენებლები მოხსნილია ხაზიდან და გაფრთხილებულნი არიან ხაზის ჩართვის შესახებ. აგრეთვე დასტური მასზე, რომ ხაზზე არ არის მოკლე შერთვა, ჩამიწება და ხაზი მზადაა მუშა ძაბვაზე ჩასართავად.

ხაზის საცდელი ჩართვისას რელეური დაცვა უნდა იყოს დაყოვნების გარეშე, ხოლო განმეორებითი ჩართვის ავტომატიკა კი გამორთული.

მიმღები კომისიის მიერ ხაზის დათვალიერებისას, მისი ტექნიკური დოკუმენტაციის გაცნობის, დეფექტების აღმოფხვრისა და ხაზის ბოლოებში ფაზების მონაცვლეობის შემოწმების შემდეგ, გაიცემა ნებართვა ხაზის მუშა ძაბვაზე ჩართვის შესახებ.

35 კვ და მეტი ძაბვის ახლადდაგებული ხაზის გამოცდის ყველა ოპერაცია შეთანხმებული უნდა იყოს ენერგოსისტემის დისპეტჩერთან.

ხაზის ექსპლუატაციაში მიღების აქტი შედგება მას შემდეგ, როცა ხაზი მუშა ძაბვის ქვეშ ნორმალურად იმუშავებს ერთი დღეღამის განმავლობაში.

ხაზის კაპიტალური რემონტის შემდეგ, თუკი მოხდა სადენების შეცვლა, საჭიროა ფაზირების შემოწმება და ხაზის გამოცდა მუშა ძაბვაზე ჩართვით.

ობიექტის საექსპლოატაციოდ მიღების დროდ ითვლება სახელმწიფო მიმღები კომისიის მიერ აქტზე ხელმოწერის თარიღი.

6.3 ხაზის ელემენტებისადმი წაყენებული ძირითადი მოთხოვნები

ხაზის მშენებლობა მიმდინარეობს საპროექტო მონაცემების მკაცრი დაცვით. მიუხედავად ამისა, სხვადასხვა ობიექტური თუ სუბიექტური მიზეზების გამო ადგილი აქვს პროექტიდან მთელ რიგ გადახვევებს, რომლებიც დასაშვებია თუკი ყოველი კონკრეტული გადახვევა არ აღემატება ღირეპტიული დოკუმენტების მოთხოვნებს.

ქვემოთ შემოკლებით მოცემულია ხაზის სხვადასხვა ელემენტების სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოთა შესრულებისადმი წაყენებული მთელი რიგი ღირეპტიული მოთხოვნები;

საძირკვლები და საფეხურები. როგორც ვიცით, საძირკვლების დანიშნულებაა უზრუნველყონ საყრდენთა მექანიკური მდგრადობა. როცა რკინაბეტონის საყრდენები, საფეხურები და ხიმიწები იდგმება აგრესიულ გრუნტში, მაშინ მათი ზედაპირები დაფარული უნდა იქნეს ქარხნული ჰიდროსაიზოლაციო საფარით.

როგორც მშენებლობისას, ასევე ექსპლუატაციის პერიოდში გრუნტის დაწევის გამო მოსალოდნელია საყრდენთა ასაკრების საძირკვლების მახასიათებელი ზომების საპროექტო მნიშვნელობიდან გადახრა. ამ გადახრათა დასაშვები სიდიდეები მოცემულია 6.4 ცხრილში.

გარდა ცხრილში მოცემული დასაშვები გადახრებისა, დასაშვებად მიიჩნევა საყრდენის საჭიმრების სამაგრების საანკერო ფილების ქვეშ ქვაბულის ფსკერის დახრილობის გადახრა საპროექტო მნიშვნელობიდან, მაგრამ არა უმეტეს 10%-ისა.

**ცხრილი 6.4 ასაკოვანი საძირკვლებისა და ზომინჯების
მოწყობის დასაშვები გადახრები**

დასახელება	დასაშვები გადახრა	
	თავისუფ- ლად მდგომი საყრდენი	საჭიმრე- ბიანი საყრდენი
ქვაბულის ფსკერის ღონეთა სხვაობა, მმ	10	10
საფეხურის ღერძებს შორის მანძილი, მმ	± 20	± 50
საფეხურის ზედა ნიშნულთა შორის სხვაობა, მმ	20	20
საფეხურის ცენტრის ძერა, მმ	-	50
U-სებრი საანკერო ჭანჭიკის დახრის კუთხე, გრად	-	$\pm 2,5$

საყრდენები. საპაერო ხაზის საყრდენებზე 2,5-3 მ სიმაღლეზე ნაჩვენები უნდა იყოს:

- საყრდენის რიგითი ნომერი და დაყენების წელი;
- ხაზის ნომერი ან მისი პირობითი აღნიშვნა: ხაზის საბოლოო საყრდენებზე; განშტოების პირველ საყრდენზე; რკინიგზისა და საავტომობილო გზის გადამკვეთი მალის ორივე საყრდენზე; პარალელური ტრასის იმ მონაკვეთის ყველა საყრდენზე, რომელთა ღერძებს შორის მანძილი 200 მეტრზე ნაკლებია;
- ფაზის ფერები ხაზის საბოლოო საყრდენებზე და განშტოების პირველ საყრდენზე;
- დასახლებულ პუნქტებში გამაფრთხილებელი პლაკატები ყველა საყრდენზე;
- რკინაბეტონის საყრდენების ღვარებზე გრუნტის დონის ზემოთ წრიული რგოლი ღვარის მიწაში ჩადრმავების სიმაღლის ჩვენებით.

ექსპლუატაციის პროცესში მოსალოდნელია ხაზის საყრდენთა ცალკეული ელემენტის საპროექტოდან გადახრა, რომელთა დასაშვები მნიშვნელობები მოცემულია 6.5 ცხრილში.

**ცხრილი ნ.5 საპროექტო მნიშვნელობებიდან საყრდენთა
გადახრის დასაშვები ნორმები**

დასახელება	გადახრის ზღვრული სიდიდე		
	ხის	ლითონის	რკინაბეტონის
1	2	3	4
ვერტიკალური ღერძიდან გრძივი და განივი გადახრა (დგარის ბოლო წერტილის გადახრის ფარდობა მის სიმაღლესთან)	1:100	1 : 200	1 : 100 პორტალური 1 : 150 ერთდგარიანი
საყრდენის გმოსვლა ტრასის ღერძიდან, მმ. ა) ხის და ერთდგარიანი რკინაბეტონის საყრდენების შემთხვევაში, როცა მალის სიგრძე: $l < 200 \text{ მ}$ $l > 200 \text{ მ}$ ბ) ერთდგარიანი ლითონის საყრდენებისათვის, როცა: $l < 200 \text{ მ}$ $200 < l < 300 \text{ მ}$ $l > 300 \text{ მ}$ გ) საჭიმობებიანი პორტალური ლითონის საყრდენებისათვის, როცა $l < 250 \text{ მ}$ $l > 250 \text{ მ}$ დ) რკინაბეტონის პორტალური საყრდენისათვის	100 200	100 200 300	100 200
საპროექტო პიკეტიდან საყრდენის წანაცვლება ზაზის ღერძის გასწვრივ, მ. ტრავერსის დახრილობა პორიზონტალის მიმართ	± 5 1 : 50	± 5	± 5 1 : 100 ერთდგარიანი საყრდენისათვის -
იგივე ლითონის საჭიმობებიანი პორტალური საყრდენისათვის, როცა ტრავერსის სიგრძე: $b < 15 \text{ მ}$ $b > 15 \text{ მ}$ ერთდგარიანი საყრდენის ტრავერსის		(1:150) $\times$ (1:250) $\times$	

1	2	3	4
შემობრუნება ტრასის ღერძის პერპენდიკულარული წრფის მიმართ (კუთხური საყრდენების შემთხვევაში ტრასის მოხვევის კუთხის ბისექტრისას პერპენდიკულარული წრფის მიმართ	50		100 მმ (ტრავერსის პოზიზონ- ტალური წანაცვლება)
რკინაბეტონის პორტალური საყრდენებისათვის ა) ღვარების წანაცვლება ტრასის საპროექტო ღერძიდან			± 50 მმ ± 100 მმ
ბ) ღვარებს შორის მანძილის ცვლილება			
გ) ღვარებზე ტრავერსის დამაგრების ადგილების დონეთა შორის სხვაობა			± 50 მმ

საყრდენთა საჭიმრები საჭიმრებში ჰიშვა ქარის 8 მ/წმ სიჩქარისას და საყრდენის დასაშვებ ზღვრებში გადახრისას უნდა შეესაბამებოდეს საპროექტო მაჩვენებლებს. კერძოდ, სადენთა და მეხსარიდი გვარლების მონტაჟამდე ჰიშვა უნდა იყოს 20-30 კნ ფარგლებში, ხოლო მონტაჟის შემდეგ კი -20-50 კნ ფარგლებში.

ექსპლუატაციის პირობებში მოსალოდნელია საჭიმრის განიკვეთის ფართობის შემცირება გვარლის მავთულების გაწყვეტის გამო. 10%-მდე გაწყვეტილი მავთულების დამაგრება ხდება არტახით, ხოლო 10-20%-მდე გაწყვეტისას კი - სარემონტო მომჭერის დაყენებით. 20%-ზე მეტად გაწყვეტისას საჭიმარი გვარლი უნდა შეიცვალოს.

სადენები და მეხსარიდი გვარლები. ექსპლუატაციის პროცესში მოსალოდნელია სადენებისა და გვარლების განიკვეთის შემცირება, რაც შედეგია სადენთა (გვარლის) ვიბრაციით, მათზე გარეშე მექანიკური ზემოქმედებით, ელექტრული რკალის წარმოქმნისას მავთულების გადაწვით და ა.შ. ცალკეული მავთულების გაწყვეტა ამცირებს მათ მექანიკურ სიმტკიცეს. მუშა განიკვეთის შემცირება ქმნის დაშლილ მავთულებს შორის ელექტრული რკალის წარმოქმნის წინაპირობას, რაც აჩქარებს სადენის შემდგომი დაზიანების პროცესს. თუ მავთულების გაწყვეტის შედეგად ალუმინისა და სპილენძის სადენის განიკვეთის შემცირება არ აღემატება 17%-ს, ხოლო ფოლად-ალუმინის სადენის ალუმინის ნაწილის განიკვეთისა

კი — 34%-ს, მაშინ სადენზე უნდა დავაყენოთ სარემონტო ქურო ან არტახი. ამით სადენის (გეარლის) მექანიკური სიმტკიცე აღდგენილი იქნება თავდაპირველი სიმტკიცის 90%-ზე მეტად.

იმ შემთხვევაში, როცა განიკვეთი შემცირდა 34%-ზე მეტად და, აგრეთვე, ფოლად-ალუმინის სადენის ფოლადის ნაწილის ერთი მათულის გაწყვეტისას, სადენი (გეარლი) უნდა გაიჭრას და შეერთდეს შემაერთებლით ან საჭიროების შემთხვევაში ჩასმული იქნეს ჩანართი, რომლის სიგრძე 200-ჯერ მაინც აღემატება სადენის დიამეტრს. ჩანართი უნდა იყოს იმავე კონსტრუქციის და განიკვეთის, როგორიცაა თვითონ სადენი.

სადენებისა და გეარლის ჩაღუნვის ისარი სამონტაჟო ცხრილებში მითითებულ მნიშვნელობებისაგან არ უნდა განსხვავდებოდეს $\pm 5\%$ -ზე მეტად.

სადენებისა და გეარლების შემაერთებლობა. ექსპლუატაციის გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ სადენების (გეარლების) დაზიანება გადამბის ადგილებში ძირითადად გამოწვეულია არასრულყოფილი შემაერთებელი მომჭერების გამოყენებით ან მონტაჟისას დაშვებული დეფექტით. შეერთების ადგილების დაზიანების შემთხვევები მეტწილად განპირობებულია შეერთების არადამაკმაყოფილებელი კონტაქტით, რაც იწვევს შეერთების ადგილის გახურებას და დროთა განმავლობაში მისი დაზიანების პროგრესირებას.

აღნიშნულის გამო სადენთა საიმედო შეერთებად ითვლება შეერთება შედულების, დაწნებისა და შემოჭერის გზით, რაც უნდა შესრულდეს მაღალი ყურადღებით.

გარდა კარგი ელექტრული კონტაქტისა, შემაერთებელმა უნდა უზრუნველყოს შეერთების სათანადო მექანიკური სიმტკიცე, რომელიც ელექტროდანადგართა მოწყობის წესების თანახმად სადენის სიმტკიცის 90%-ს უნდა აღემატებოდეს.

ნაკლები საექსპლუატაციო საიმედოობით ხასიათდება სადენთა გახსნადი ჭანჭიკური შეერთება. ამიტომ ასეთი შეერთება დასაშვებია მხოლოდ საყრდენებთან შლექებში, თუ კი აქ, როგორც კონსტრუქციულად ასევე ექსპლუატაციის თვალსაზრისით, იგი აუცილებელია.

ელექტროგადაცემის ხაზების ურთიერთგადაკვეთისა და მათ მიერ კავშირგაბმულობის ხაზების, სატრანსპორტო გზებისა და სხვა ობიექტების გადაკვეთის ადგილებში მოითხოვება ამაღლებული საიმედოობა. ამიტომ გადაკვეთის მაღლებში სადენები უნდა იყოს

მთლიანი, გადაბმის გარეშე. როგორც გამოწკლისი არანაკლებ 240 მმ² განიკვეთის სადენების მქონე 220 კვ და მეტი ძაბვის ხაზების მიერ სხვა ელექტროგადაცემის ან კავშირგაბმულობის ხაზის გადაკვეთისას დასაშვებია მხოლოდ ერთი შემაერთებლის დაყენება. მეორე შემაერთებლის დაყენება დასაშვებია მაშინ, თუ ექსპლუატაციის დროს სადენზე აღმოჩნდა დეფექტი და აუცილებელია მისი აღმოფხვრა.

მალში ერთი შემაერთებლის მქონე მოქმედი ხაზის ქვეშ დასაშვებია ახალი ხაზის გატარება, რადგანაც არსებული შემაერთებლის მოხსნა მოითხოვს სადენის (გეარლის) შეცვლასა და ორი შემაერთებლის დაყენებას მეზობელ მალეში.

შემაერთებლებისა და საკონტაქტო მომჭერების არსებობის გამო სადენებს შეერთების ადგილებზე უფრო მეტო განივი კვეთი გააჩნიათ და ამიტომ მათი წინაღობა უფრო ნაკლები უნდა იყოს, ვიდრე მთლიანი სადენისა. თუ აღნიშნული წინაღობა მეტია, მაშინ შემაერთებლის გარდამავალი კონტაქტის მდგომარეობა არააღამაკმაყოფილებელია.

ჩამიწების მოწყობილობები. ჩამიწების მოწყობილობა უნდა აკმაყოფილებდეს ადამიანის უსაფრთხოების და ელექტროდანადგარების დაცვის, მუშაობის საექსპლუატაციო რეჟიმების უზრუნველყოფის მოთხოვნებს.

ელექტრომოწყობილობებისა და დანადგარების ლითონის ყველა ნაწილი, რომელიც იზოლაციის დარღვევის შედეგად შეიძლება აღმოჩნდეს ძაბვის ქვეშ, უნდა იყოს ჩამიწებული ან ჩანულებული.

ელექტროგადაცემის ხაზებზე ჩამიწების მოწყობილობის წინააღობის გაზომვა უნდა ხდებოდეს: მონტაჟის, გადაწყობისა და კაპიტალური რემონტის შემდეგ; 110 კვ და მეტი ძაბვის გეარლიან საყრდენებზე ელექტრული რკალით გადაფარვისას ან იზოლატორის რღვევის აღმოჩენისას; 35 კვ ძაბვის ხაზების იმ საყრდენებზე, რომლებზედაც დაყენებულია გამთიშელები, დამცავი შუალედები, მოწყობილია ნულოვანი სადენის განმეორებითი ჩამამიწებელი (6 წელიწადში ერთხელ); დასახლებულ ადგილებში შერჩევით რკინაბეტონისა და ლითონის საყრდენების 2%-ზე; ხაზის ტრასის ყველაზე მეტად აგრესიული, მეწყერული, გამონაქრევი ან ცუდი გამტარობის გრუნტებიან უბნებზე (12 წელიწადში ერთხელ).

გაზომვები უნდა ჩატარდეს იმ დროს, როცა გრუნტი ყველაზე მეტად შშრალა.

6.6 ცხრილში მოცემულია ხაზების საყრდენთა ჩამიწების წინააღობათა საპროექტო მნიშვნელობები გრუნტის ხვედრითი ეკვივალენტური წინააღობისაგან დამოკიდებულებაში. საპროექტო მნიშვნელობიდან ჩამიწების წინააღობის გადახრა დასაშვებია 10%-მდე. თუ ჩამამიწებლის განიკვეთი დარღვეულია 50%-ზე მეტად, იგი უნდა შეიცვალოს.

ცხრილი 6.6 საყრდენთა ჩამიწების წინააღობის
საპროექტო მნიშვნელობები

ჩასამიწებელი ობიექტის დასახელება	გრუნტის ხვედრითი ეკვივალენტური წინააღობა p , ომი.მ	ჩამიწების უდიდესი წინააღობა, ომი
რკინაბეტონის, ლითონის და ხის საყრდენები, რომლებზედაც გაკიდებულია მეხსარიდი გვარლი ან დაყენებულია მეხდაცვის მოწყობილობა. დასახლებულ ადგილებში 35 კვ ძაბვის ხაზების რკინაბეტონისა და ლითონის საყრდენები.	$p < 100$ $100 < p < 500$ $500 < p < 1000$ $1000 < p < 5000$ $p < 5000$	10 15 20 30 $6 \cdot 10^{-3} p$

საყრდენებზე ჩამამიწებლის ჩამოსაშვების განიკვეთი უნდა აღემატებოდეს 35 მმ²-ს, ხოლო მრავალმაეთულიანი ჩამოსაშვების დიამეტრი – 10 მმ-ს. დასაშვებია 6 მმ-ზე მეტი დიამეტრის ერთმავ-
თულიანი მოთუთიებული ჩამოსაშვები სადენის გამოყენება.

ხის საყრდენებზე რეკომენდირებულია ჩამამიწებელი ჩამო-
საშვების ჭინჭიკური შეერთება, ხოლო ლითონისა და რკინაბეტონის
საყრდენებზე შეიძლება შესრულდეს როგორც ჭანჭიკური, ასევე
შედულებითი შეერთება.

სახაზო არმატურა. სადენების იზოლატორებზე და იზოლა-
ტორების საყრდენებზე დასამაგრებლად და, აგრეთვე, ხაზის ნორ-
მალური საექსპლუატაციო პირობების უზრუნველყოფის მიზნით
გამოიყენება დამხმარე ელემენტები, რომლებსაც სახაზო არმატურას

უწოდებენ. სახაზო არმატურა დანიშნულების მიხედვით არის: მომჭერები, შემაერთებლები, განბჯენები, დამცავი და ჩაჭიდების არმატურა.

სახაზო არმატურა დაწუნებული და შეცვლილი უნდა იქნეს თუ: მისი ზედაპირი მთლიანადაა დაფარული კოროზიით და მუშა კვეთი შესუსტებულია 20%-ზე მეტად; არმატურის ადგილებში შეიმჩნევა ბზარები, ფუჭვილა, ნალხობი, ნაღუნი; დეტალების ფორმა და ზომები არ შეესაბამება ნახაზს; სახსრული შეუღლების ღერძსა და სხვა დეტალებს გააჩნიათ მნიშვნელოვანი ცვეთა და მათი ზომები საპროექტოდან 10%-ზე მეტად განსხვავდება.

საპროექტოდან ± 25 მმ-ზე მეტად არ უნდა განსხვავდებოდეს ვიბრაციის ჩამქრობისა და დამჭერი მომჭერის ღერძებს შორის მანძილი.

ასევე საპროექტოდან $\pm 10\%$ -ზე მეტად არ უნდა განსხვავდებოდეს მანძილი სანაპერწყლო შუალედებს შორის.

გახლეჩილი ფაზის საკიდი მომჭერის მხრეულის შემობრუნება დასაშვებია 50-მდე. ამ ფაზებზე დისტანციურ განბჯენთა ჯგუფებს შორის მანძილი საპროექტოდან $\pm 10\%$ -ზე მეტად არ უნდა განსხვავდებოდეს.

სახაზო იზოლაცია. ხაზზე გირლანდაში იზოლატორების ტიპი და რაოდენობა აღებული უნდა იქნეს პროექტის შესაბამისობაში გარემოს გაჭუჭყიანების ადგილობრივი პირობების გათვალისწინებით.

ფაიფურის იზოლატორები დაწუნებული და შეცვლილი უნდა იქნეს, თუ: ადგილი აქვს რადიალურ ბზარებს; ნაღეწი აღმატება ფაიფურის მოცულობის 25%-ს; შეიმჩნევა ჭიქურის შემონალხობი ან სიღამწერე; შეიმჩნევა ფაიფურის ზედაპირის მღეფი დაჭუჭყიანება; გაღუნულია ან გამოცოცებულია იზოლატორის ღერძი; ადგილი აქვს ბზარებს იზოლატორის თუჯის ქულში; 2500 გ ძაბვაზე მეგაომეტრით შემოწმებისას იზოლატორის წინაღობა 300 მეგაომზე ნაკლებია; იზოლატორი გაირღვევა ან გადაიფარება 50 პერცი 50 კვ გამოსაცდელი ძაბვის მოქმედებით 1 წუთის განმავლობაში.

მინის იზოლატორები დაწუნებული და შეცვლილი უნდა იქნეს თუ: მინა დაიმსხვრა; მინის ზედაპირზე შეიმჩნევა ბეწვბზარა და მღეფი დაჭუჭყიანება.

გამოვლენილი დაზიანებული იზოლატორები უნდა შეიცვალოს შემდეგ კალებში:

თუ გირლანდაში დაზიანებული იზოლატორების რაოდენობა 30%-ს აღემატება - სასწრაფოდ;

თუ დაზიანებულ იზოლატორთა რაოდენობა 20-30% ფარგლებშია - უახლოესი სამი თვის განმავლობაში.

თუ დაზიანებულ იზოლატორთა რაოდენობა არ აღემატება 20%-ს - მომდევნო კაპიტალური რემონტისას.

ხაზის გასწვრივ იზოლატორთა დამჭერი გირლანდის გადახრა დასაშვებია, მაგრამ იგი არ უნდა აღემატებოდეს: 35 კვ ძაბვისას - 50 მმ-ს; 110 კვ ძაბვისას - 100 მმ-ს; 150 კვ ძაბვისას - 150 მმ-ს; 220 კვ და მეტ ძაბვისას - 200 მმ-ს.

6.4 ხაზის პროფილაქტიკური დათვალიერებისა და შემოწმების პერიოდულობა

ექსპლუატაციის პროცესში ელექტროგადაცემის ხაზების ელემენტების მდგომარეობის დეტალური და გულდასმითი შემოწმების მიზნით წარმოებს მათი პერიოდული დათვალიერება საქსელო საწარმოს მთავარი ინჟინრის მიერ დამტკიცებული გრაფიკის მიხედვით.

პერიოდული დათვალიერება წარმოებს დღისით: საყრდენზე ასვლის გარეშე; სიმაღლეზე ასვლით (მაღლივი დათვალიერება); მომჭერებსა და დისტანციურ განბჯენებში სადენებისა და გვარლების მდგომარეობის შერჩევითი შემოწმებით.

მაღლივი დათვალიერება წარმოებს იზოლატორთა გირლანდის, სადენების, მეხსარიდი გვარლის, საყრდენთა მაღლივი ნაწილების, ვიბრაციის ჩამქრობების, საჭიმრების დამაგრებისა და გირლანდაში იზოლატორების მდგომარეობის შემოწმებისა და ამ ელემენტებში უწყესივრობის გამოვლენის მიზნით. მომჭერებსა და დისტანციურ განბჯენებში სადენებისა და გვარლების მდგომარეობის მაღლივი დათვალიერება წარმოებს შერჩევით და, ამასთან, სადენის (გვარლის) მომჭერიდან ამოღებით. ასევე შერჩევითი შემოწმებით

წარმოებს იზოლატორების, სადენებისა და გვარლების შეერთებების პერიოდული დათვალიერება.

გარდა პერიოდული დათვალიერება-შემოწმებისა ხაზებზე საჭიროების მიხედვით ტარდება რიგგარეშე დათვალიერება იმ გაუმართაობის გამოსავლენად, რომელიც შეიძლება წარმოიშვას სტიქიური მოვლენების, ყინულსვლის, ზესაანგარიშო ლიპყინულის, ხაზის ახლოს ხანძრის, ზეაგების, მეწყერის, სადენტა როკვისა და სხვათა მიზეზით. რიგგარეშე დათვალიერება ტარდება აგრეთვე რელეური დაცვის მოქმედებით ხაზის ავტომატური გამორთვის შემდეგ.

რიგგარეშე ღამის დათვალიერება ტარდება სადენებზე გვირგვინული განმუხტვების, იზოლაციის შესაძლო გადაფარვისა და გადასასვლელ საყრდენებზე დაყენებული სასიგნალო მანათლებელი ნიშნების გამართულობის კონტროლის მიზნით. იზოლატორებზე ყვითელ-მოთეთრო განმუხტვების არსებობა, რომელიც დროდადრო მოიცავს იზოლატორთა მთელ გირლანდას, წარმოადგენს მოახლოებული გადაფარვის ნიშანს და საჭიროა სასწრაფო ზომების მიღება მათი გაწმენდის ან შეცვლის თვალსაზრისით.

საკმარისად დიდი ღერუნი დატვირთვის პირობებში 35-110 კვ ძაბვის ხაზების ღამის დათვალიერებისას შეიძლება გამოვლენილი იქნეს სადენების კონტაქტური შეერთების უწყისეობა.

ხაზების პერიოდული და რიგგარეშე დათვალიერება წარმოებს ფეხით ან სატრანსპორტო საშუალებათა გამოყენებით, რიგ შემთხვევებში – შვეულმფრენით. დამთვალიერებელი პირები ვალდებული არიან მიიღონ ყველა შესაძლო ზომა შემჩნეული დარღვევების აღმოსაფხვრელად – დაუყოვნებლივ მოახსენონ საქსელო საწარმოს ხელმძღვანელობას ან მორიგე დისპეტჩერს აღმოჩენილი იმ უწყისეობის შესახებ, რომლებმაც შესაძლოა გამოიწვიოს ხაზის დაზიანება.

ტექნიკური მომსახურებისას ელექტროგადაცემის ხაზების დათვალიერება, პროფილაქტიკური გამოცდები და გაზომვების ჩატარება წარმოებს გარკვეული მიზნითა და დადგენილი პერიოდულობით. კერძოდ:

- ხის საყრდენების ნაწილების ღებობის ხარისხის შემოწმება დაწუნებული მერქნის გამოცვლის აუცილებლობის დადგენის მიზნით – 3 წელიწადში ერთხელ;

- ლითონის საყრდენებისა და რკინაბეტონის და ხის საყრდენების ლითონის ტრავერსების მდგომარეობისა და დაჟანგვის ხარისხის შემოწმება - 3 წელიწადში ერთხელ;
- საყრდენთა ლითონის საფეხურის დაჟანგვის ხარისხის შემოწმება გრუნტის შერჩევითი გახსნით - 6 წელიწადში ერთხელ;
- რკინაბეტონის საყრდენებისა და ნაჯღების ბეტონში გაჩენილი ბზარების არსებობისა და მათი ზომების შემოწმება გრუნტის შერჩევითი გახსნით - ექსპლუატაციის პირველი 3 წლის შემდეგ და შემდგომში ყოველ მომდევნო 6 წელიწადში ერთხელ;
- იზოლატორთა მდგომარეობის შემოწმება 35 კვ-მდე ჩათვლით ძაბვის ხაზებზე - 3 წელიწადში ერთხელ, ხოლო 110 კვ და მეტი ძაბვის ხაზებზე კი - 6 წელიწადში ერთხელ;
- პირველი კლასის ხაზებზე სადენთა შემოჭერისა და დაწნევის მეთოდით შესრულებული შეერთებების წინააღობის გაზომვა - მაღლებში 6 წელიწადში ერთხელ, შლექიფებში - 3 წელიწადში ერთხელ და გადასასვლელებზე - ყოველწლიურად;
- საყრდენებისა და გეარლების ჩამიწების წინააღობის გაზომვა - ექსპლუატაციის პირველი 9 წლის შემდეგ და შემდგომში ყოველ 6 წელიწადში ერთხელ;
- სადენებიდან საყრდენამდე, გეარლამდე, მიწის ზედაპირამდე და სხვა ობიექტებთან მიახლოების ან მათი გადაკვეთის ადგილებში გაბარიტული მანძილის შემოწმება - აუცილებლობის მიხედვით;
- საყრდენთა საჭიმრებში ჭიმვის გაზომვა - ექსპლუატაციის პირველ ორ წელს ყოველწლიურად და შემდგომში ყოველ 3 წელიწადში ერთხელ;
- ლითონისა და რკინაბეტონის საყრდენების საანკერო ქანჩების და ჭანჭიკური შეერთებების შემოწმება და მოჭიმვა - ექსპლუატაციის პირველ ორ წელს ყოველწლიურად და შემდგომში აუცილებლობის მიხედვით;
- ხის საყრდენების ჭანჭიკური შეერთებების შემოწმება და მოჭიმვა - აუცილებლობის მიხედვით.

ხაზებზე პროფილაქტიკური შემოწმებები და გაზომვები ტარდება ცალკეული ელემენტების მდგომარეობის დადგენისა და იმ დეფექტების გამოვლენის მიზნით, რაც შეიძლება ვერ აღმოვაჩინოთ უბრალო დათვალიერების დროს. პროფილაქტიკური შემოწმებისა და გაზომვების პერიოდულობა მოცემულია 6.7 ცხრილში.

ცხრილი 6.7 ხაზის ტექნიკური მომსახურებისას შესასრულებელი სამუშაოები და მათი ჩატარების პერიოდულობა

სამუშაოთა დასახელება	ჩატარების პერიოდულობა	შენიშვნა
1	2	3
დათვალიერება		
პერიოდული დათვალიერება დღისით:	---	საქსელო საწარმოს მთავარი ინჟინრის მიერ სამტკიცებელი გრაფიკის მიხედვით.
საყრდენზე ასელის გარეშე	6 თვეში ერთხელ	-----
მალლივი დათვალიერება მომჭერებსა და განბჯენებში სადენებისა და გვარლების მდგომარეობის შერჩევითი შემოწმებით	6 თვეში ერთხელ	ვიბრაციისაგან სადენის დაზიანების გამოვლენისას წარმოებს სადენის სრული შემოწმება დამჭერი მომჭერებიდან ამოღებით
შერჩევითი შემოწმება ინჟინერ-ტექნიკური პერსონალის მიერ.	წელიწადში ერთხელ	-----
შემოწმება ხაზებისა, რომლებზედაც ჩატარდა კაპიტალური რემონტი.	ყოველი კაპიტალური რემონტის შემდეგ	-----
რიგგარეშე დათვალიერებები: - ყველა სტიქიური და სხვა საგანგებო მოვლენების შემდეგ - რელეური დაცვის მოქმედებით ხაზის ავტომატური ამორთვის შემდეგ		საქსელო საწარმოს მთავარი ინჟინრის, დისპეტჩერის ან ხაზების სამსახურის

- ხაზის წარმატებული განშეორებითი ჩართვის შემდეგ - დათვალიერება ღამით	აუცილებლობის მიხედვით იგივე	უფროსის გადაწყვეტილებით
პროფილაქტიკური შემოწმება და გაზომვები		
ხანძრის შესაძლო ზონაში ტრასის ხანძარსაწინააღმდეგო მდგომარეობის შემოწმება	ხაზის დათვალიერებისას	_____
სადენებიდან მიწის ზედაპირამდე ან გადაკვეთის ობიექტამდე გაბარიტული მანძილის შემოწმება	აუცილებლობის მიხედვით	_____
საყრდენთა მდგომარეობის შემოწმება	იგივე	_____
საყრდენთა ტანჭიკური შეერთებების, საანკერო ტანჭიკების, ქანჩების, არტახების შემოწმება და მოჭიმვა	იგივე	_____
საყრდენთა საძირკვლების და საჭიმრებზე უ-სებრი ტანჭიკების შერჩევითი შემოწმება გრუნტის ამოთხრით	6 წელიწადში ერთხელ	_____
რკინაბეტონის საყრდენებისა და ნაჯღების შემოწმება	იგივე	_____
ლითონის საყრდენებისა და ტრავერსების ანტიკოროზიული საფარის მდგომარეობის შემოწმება	იგივე	ხაზის მაღლივ დათვალიერებასთან ერთად
ხის საყრდენთა დეტალების ლპობის შემოწმება	ხაზის ექსპლუატაცია-ციაში შეყვანიდან 3-6 წელიწადში, შემდეგ	ექსპლუატაციის გამოცდილებიდან გამომდინარე შემოწმების ვადები
საყრდენთა საჭიმრების მოჭიმვის შემოწმება	3 წელიწადში ერთხელ; საყრდენზე ასვლის ან რაიბი	შეიძლება შეიცვალოს საქსელო საწარმოს მთავარი ინჟინრის მიერ

სადენების, გეარლების და კონტაქტური შეერთებების მდგომარეობის შემოწმება	დეტალის შეცვლის წინ.	_____
სადენთა ჭანჭიკური შეერთებების მდგომარეობის შემოწმება და ელექტრული გაზომვები	აუცილებლობის მიხედვით	ახალი შეერთების დაყენების შემდეგ გაზო-მლი უნდა იქნეს მათი გეომეტრიული ზომები
იზოლატორების შემოწმება: იზოლატორების ვიზუალური დათვალიერება	ხაზების დათვალიერებისას, ახალი შე-ერთებების მონტაჟის შემდეგ	თუ გაზომვებმა არადა-მაკმაყოფილებელი მდგომარეობა გვიჩვენა, უნდა ჩატარდეს ჭან-ჭიკური შეერთების რე-ვიზია.
საკიდი ფაიფურის იზოლატორების ელექტრული სიმტკიცის შემოწმება	6 წელიწადში ერთ-ხელ	_____
საყრდენთა ჩამიწების მოწყობი-ლობის შემოწმება	ხაზების დათვალი-ერებისას	ვიზუალური შემოწმება
მეხსარიდი გეარლებიანი 110 კვ და მეტი ძაბვის ხაზების ჩამიწების წინააღობის გაზომა	ექსპლუატაციის პირ-ველ წელს, შემდეგ 6 წელიწადში ერთხელ	_____
დასახლებულ ადგილებში შეწყვერუ-ლი, გამოქრევის, ცუდი გამტარობისა და შედარებით აგრესიული გრუნტების ადგილებში რკინაბეტონისა და ლითონის საყრდენთა ჩამიწების მოწყობილობის წინააღობის გაზომა	ხაზების დათვალიე-რებისას, კაპიტა-ლური რემონტისა და ჩამიწების მოწყობი-ლობის რემონტის შე-მდეგ	გაზომვები ტარდება გრუნტის მაქსიმალური გამომშობის პერიოდში საყრდენთა 2%-ზე გრუნ-ტის ამოღებით ჩამიწების ელემენტების დათვა-
მილოვანი განმუხტველისა და დამცავი შუალედების შემოწმება	გადაფარვის კვალის აღმოჩენისას ან ელექტრული რკა-ლით იზოლატორის გარღვევის შემდეგ	ლიერების მიზნით.

	10 წელიწადში ერთ-ხელ ხაზის დათვალიერებისას	შემოწმების მიზნით მიღოვანი განმუხტვე- ლები საყრდენიდან მოხსნილი უნდა იქნეს ყოველ 3 წელიწადში ერთხელ
ცალკეული საშუაოები		
ცალკეული ხეების მოჭრა, ტოტების ჩამოჭრა	აუცილებლობის მიხედვით	-----
ცალკეულ საყრდენზე მარვენებული ნიშნებისა და პლაკატების აღდგენა	იგივე	-----
ხაზების ცალკეული ელემენტების შეცვლა, საყრდენთა გასწორება, ტანკიური შეერთებების მოჭიმვა	იგივე	-----
ხაზის მშენებლობის საშუაოთა შესრულების ტექნიკური ზედამხედველობა	ახალი ხაზების მშე- ნებლობისას	ტექნიკური ზედამხედველობა უნდა ტარდებოდეს ხაზის ექსპლუ- ატაციის ტიპური ინსტრუქციის დებულების შე- საბამისად
ლიყინულის წარმოქმნის მეთ- კალყურება	ლიყინულის წარმო- ქმნის ხელშეწყობი ატმოსფერული პი- რობებისას	-----
ხაზის დაცვა	აუცილებლობის მიხ- ედვით	-----

6.5 ხაზების მდგომარეობის კონტროლის მეთოდები

6.5.1 საყრდენთა მდგომარეობის კონტროლი

საყრდენთა მდგომარეობის კონტროლი წარმოებს შემდეგი უწყესივრობებისა და დეფექტების გამოვლენის მიზნით: ხის საყრ-
დენების მერქნის ლაობის ხარისხი; საყრდენის ელემენტების დეფორ-

მაცია; შეღულების ნაკერების დეფექტები; ლითონკონსტრუქციების კოროზიულობის ხარისხი; ელემენტების შეერთებებისა და დამაგრების მდგომარეობის ხარისხი; შეღებისა და მოთუთიების დაზიანების ხარისხი; კონსტრუქციების დაზიანება და სხვა.

საყრდენების კონსტრუქციული ელემენტების დეტალური გამოკვლევა უნდა დაეიწყოთ ძირიდან თანდათანობითი გადაადგილებით ზევით საყრდენის ტანის გასწვრივ. ამავე დროს მიმდინარეობს კონსტრუქციული ელემენტების მტერის, ჭუჭყისა და კოროზიის პროდუქტებისაგან გასუფთავება და წარმოებს აუცილებელი გაზომვები.

ხის საყრდენების მერქნის სიღრმის ლპობის არსებობის დადგენა მიზანშეწონილია ჩატარდეს გარე დათვალიერებისა და დაკაკუნების გზით, რადგანაც საცეცით ან ბურღით შემოწმება არღვევს მერქნის ზედა ფენების მთლიანობას, რაც ხელ უწყობს ლპობის შემდგომ პროგრესირებას. დაკაკუნებით შეიძლება აღმოვაჩინოთ შიგა ლპობის არსებობა. კერძოდ, სუფთა წკრიალა ხმა ახასიათებს საღ მერქანს, ხოლო ყრუ ხმა კი ლპობის არსებობას მის სიღრმეში. დაკაკუნების მეთოდი რეკომენდირებულია ვაწარმოოთ მშრალ ამინდში ჰაერის დადებითი ტემპერატურისას, რადგანაც ტენიანი, გაყინული მერქნის ხმა დაკაკუნებისას დამახინჯებულია. დაკაკუნება წარმოებს 0,4-0,5 კგ მასის ჩაქუჩით.

მერქნის სიღრმისეული ლპობის ხარისხის დადგენა უნდა მოხდეს მას შემდეგ, როცა დათვალიერებისა და დაკაკუნების გზით გამოვლინდა ლპობის კერები მერქნის სიღრმეში.

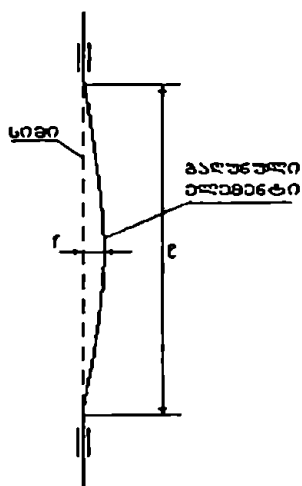
ვერტიკალურად და დახრილად განთავსებული მერქნის სიღრმისეული ლპობის გაზომვები უნდა ვაწარმოოთ მერქნის წრეზე სამ წერტილში 120^0 -იანი კუთხის დაშორებით, ხოლო ჰორიზონტალურად განთავსებული მერქნის შემთხვევაში კი ორ წერტილში – ზევით და ქვევით. სიღრმისეული ლპობის ზომების დადგენა წარმოებს საცეცით ან ბურღით.

ხის საყრდენის ნაჯღის ლპობის სიღრმის გაზომვა მიწის დონეზე და მის ქვევით უნდა მოხდეს მიწის სრული გამოშრობის შემდეგ. მიწაში ჩასმული ნაჯღის ნაწილის ლპობის სიღრმის დასადგენად ნაჯღის გარშემო ამოთხრიან 30-40 სმ სიღრმის ორმოს.

მერქნის ლპობის გაზომვასთან ერთად შეამოწმებენ მავთულის არტახის მოჭერის ხარისხს და ყველა ლითონური ნაწილების კოროზიულ მდგომარეობას.

საყრდენის ვერტიკალური ნაწილების გადახრა ნორმალური მდგომარეობიდან განისაზღვრება შვეულის ან გეოდეზიური ინსტრუმენტის დახმარებით, ხოლო პორიზონტალური ნაწილების მდგომარეობას შეამოწმებენ თვალით ან გეოდეზიური ინსტრუმენტით.

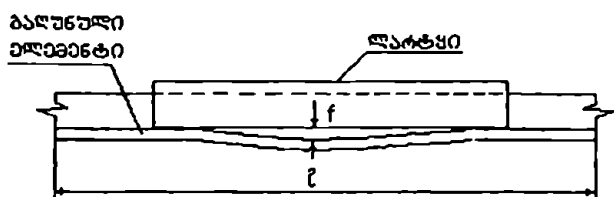
ექსპლუატაციის პროცესში რიგი მიზეზების გამო ადგილი აქვს საყრდენთა ლითონკონსტრუქციების, კერძოდ, კუთხოვანების დეფორმაციას (გაღუნვას), რომლის შემოწმება ხდება 1 მმ დიამეტრის მქონე გაჭიმული სიმით, რომელიც გაიჭიმება შესამოწმებელი ელემენტის გასწვრივ (ნახ. 6.1). სიმის ნაცვლად შეიძლება გამოვიყენოთ ხეში სწორი ღერო. გაღუნული ელემენტის ტექნიკური მდგომარეობა განისაზღვრება f/l (l -შესამოწმებელი ელემენტის სიგრძე, f - ელემენტის გაღუნვის სიდიდე) ფარდობის შედარებით ნორმატიულ-ტექნიკურ დოკუმენტში აღნიშნული ზღვრული დასაშვები გაღუნვის მნიშვნელობასთან. ლითონის კუთხოვანების ადგილობრივი გაღუნვის ხარისხი შეიძლება დადგინდეს სიმით ან ლარტყით, რომელსაც დაადებენ გაღუნულ კუთხოვანს (ნახ. 6.2).



ნახ. 6.1 სიმის გამოყენებით კუთხოვანების დეფორმაციის შემოწმება

საყრდენებზე საკმარისად დიდი რაოდენობის ჭანჭიკური შეერთებებია, განსაკუთრებით ლითონის საყრდენებზე. დაუშვებელია ჭანჭიკური შეერთების შესუსტება. შესუსტებული ჭანჭიკური შეერთების გამოსავლენად გამოიყენება 0,2-0,5 კგ მასის ჩაქუჩი, რომლის

ქანჩზე დარტყმისას გამოიცემა ყრუ ზრიალი, ხოლო ხელით შეხებისას კი შეიმჩნევა რხევა.



ნახ. 6.2 ლარტყის გამოყენებით კუთხოვანების ადგილობრივი გაღუნვის ხარისხის შემოწმება

ლითონის ზედაპირების ანტიკოროზიული საფარის მდგომარეობის შემოწმებით გამოვლინდება მეტალის კოროზიის ხარისხი. პირველ რიგში შემოწმებას ექვემდებარება კვანძები და საყრდენის ჰორიზონტალური ელემენტები, აგრეთვე, ფუნდამენტთან საყრდენის დამაგრების ადგილები.

განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მივაქციოთ ზღვის სანაპიროსთან და ქიმიური და მეტალურგიული ქარხნების მახლობლობაში მდგომ საყრდენებს.

საყრდენის ლითონის მდგომარეობის განსაზღვრისთვის დაზიანებულ ადგილს ჟანგისაგან გაწმენდენ, რის შემდეგ შტანგენფარგლით გაზომავენ დეტალის დარჩენილ კვეთს, რომლის საპროექტო კვეთთან შედარებით დაადგენენ ცვეთის სიდიდეს.

რკინაბეტონის საყრდენებისა და ნაჯღების კონტროლი ითვალისწინებს შემდეგი უწყესიერობებისა და დეფექტების გამოვლენას: ხაზის მიმართ გრძივი და განივი დაზიანება; დგარების გაღუნვა; გრუნტში ჩაწევა ან გრუნტიდან ამოწევა; არასრული ჩაღრმავება გრუნტში; სილაგამოქრევისა და აგრესიული წყლების ზემოქმედებისაგან დაცვის არარსებობა; ცალკეული ნაწილების დეფორმაცია; ფუჭვილის, ხვრელების, ბზარების, ამონატეხის, რღვევის, ნაფშენის, ბეტონის გამოტუტვის, არმატურის გაშიშვლების არსებობა და ჰიდროიზოლაციის არარსებობა; ლითონური ნაწილების დაზიანება.

დათვალიერების შედეგების საფუძველზე დადგინდება უწყესიერობისა და დეფექტის რაოდენობრივი მხარე და შემუშავდება საყრდენების (ნაჯღების) აღდგენისა და შემდგომი ექსპლუატაციის

რეკომენდაციები.

დათვალიერება შეიძლება ვაწარმოოთ საყრდენის ღვარზე, ნაჯღზე ასვლით ან ამწეკოშკურის დახმარებით. პირველ შემთხვევაში წინასწარ უნდა დავრწმუნდეთ ღვარის საკმარის მდგრადობასა და სიმტკიცეში.

ბზარების, ხვრელების, ფუჭვილების და სხვათა ზომები უნდა დავადგინოთ მიკროსკოპის, ლუპის ან 1 მმ დანაყოფის მქონე სახაზავის გამოყენებით. მათი სიღრმე შეიძლება გავზომოთ საცეცით ან სახაზავით.

ღვარის გამრუდების გაზომვა წარმოებს 1 მმ დიამეტრის ფოლადის სიმიტით, რომელიც გაიჭიმება გალუნული ღვარის გასწვრივ გალუნვის სიბრტყეში 6.1 ნახაზის შესაბამისად. ღვარის სიმრუდე შეფასდება არსებულ ნორმებთან შედარებით.

თავისუფლად მდგომი საყრდენის ვერტიკალური ღერძიდან გადახრისას, საყრდენის მიწაში ჩასმის ადგილას გრუნტის დაწევისას, ღვარსა და ქვაბულის კედელს შროის ღრწოს არსებობისას მოწმდება საყრდენის მიწაში ჩასმის ხარისხი, ქვაბულში ჩაყრილი გრუნტის სიმკვრივე, რიგელების არსებობა. შემოწმება სრულდება 10-20 მმ დიამეტრისა და 2,5 მ სიგრძის ფოლადის წაწვეტებული ზონდის საშუალებით, რომელსაც სამ-ოთხ ადგილზე 1,5-2,0 მ სიღრმეზე ჩაასობენ გრუნტში. საყრდენის ღვარის მახლობლობაში სხვადასხვა სიმაღლეზე ზონდის ჩასობის ძალის მიხედვით განისაზღვრება გრუნტის სიმკვრივე. ამასთან ერთად მოისინჯება რიგელების არსებობაც, თუ იგი პროექტით გათვალისწინებული იყო.

რკინაბეტონის კონსტრუქციის გაშიშვლებული არმატურის მდგომარეობის კონტროლი ტარდება მისი კოროზიის ხარისხის დადგენის თვალსაზრისით, რისთვისაც გაშიშვლებულ არმატურას ჟანგისაგან გაასუფთაებენ ლითონის ჯაგრისით და შტანგენფარგლით კოროზიით დაზიანებულ კვეთის სამ წერტილში გაზომავენ კოროზიის სიღრმეს. გაზომვით მიღებული სიდიდის მიხედვით შეგვიძლია ვიმსჯელოთ კოროზიის ხარისხი შესახებ.

6.5.2 საყრდენის საჭიმრების დაჭიმვის კონტროლი

საჭიმრების დაჭიმვის შეცვლას შეუძლია დაარღვიოს საყრდენის მუშაობის საანგარიშო სქემა და შეამციროს მისი საანგარიშო სიმტკიცე. გრუნტის დეფორმაციისა და დაწევის შედეგად

შეიძლება შეიცვალოს საჭიმრის დაჭიმვა. ამიტომ ხაზის ექსპლუ-
ატაციის პირველი ორი წლის განმავლობაში საჭიმრის დაჭიმვის
შემოწმება წარმოებს ყოველწლიურად, ხოლო შემდეგ – ყოველ სამ
წელიწადში ერთხელ.

საჭიმრის დაჭიმვის გაზომვის ერთერთი მეთოდი
დაფუძნებულია საჭიმრის თავისუფალი ნახევარტალღიანი განივი
რხევების τ (წმ) პერიოდსა და მასში დაჭიმვის T ძალის (6)
სიდიდეს შორის დამოკიდებულებაზე

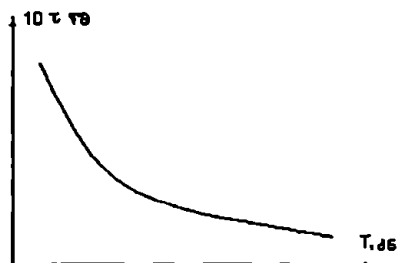
$$\tau = 2 \sqrt{G l / T},$$

სადაც: l - საჭიმრის სიგრძე (მ) - მანძილი საჭიმრის დამაგრების ზედა
კავიდან საანკერო ჭანჭიკთან დამაგრების წერტილამდე; G - საჭიმრის
მასა გაპოხვის გათვალისწინებით (კგ). საორიენტაციოდ გაპოხვის
ხარჯი შეიძლება ავიღოთ 15 გრამი ყოველ გრძივ ერთ მეტრზე.

საანკერო ქანჩები და საჭიმრის დამაგრების დეტალები
ანგარიშებში არ მიიღება. აღნიშნული სახის გამოსახულება მაღალი
სიზუსტის შედეგებს იძლევა, თუ საჭიმრის დიამეტრი არ აღემატება
50 მმ-ს, ხოლო სიგრძე კი – 15-35 მეტრის ფარგლებშია.

გაზომვების ჩატარებამდე ააგებენ $\tau=f(T)$ დამოკიდებულების
გრაფიკს (ნახ.6.3) ან შეადგენენ შესაბამის ცხრილს, რომელიც
გამოხატავს საჭიმრის რხევის ათმაგი პერიოდსა და მისი დაჭიმვის
ძალას შორის დამოკიდებულებას.

გრაფიკის ასაგებად (ცხრილის შესადგენად) საჭიმრის
დაჭიმვის მნიშვნელობებს ვიღებთ ნებისმიერად $T = 10 \div 50$ კს
კნ ინტერვალთ.



ნახ. 6.3 $\tau=f(T)$ დამოკიდებულების გრაფიკი

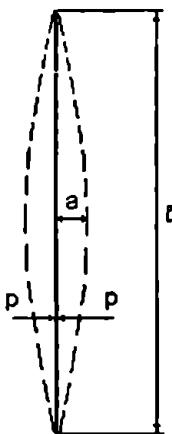
დაჭიმვის სიდიდის დასადგენად საჭიმარში აღებრავთ თავი-
სუფალ ნახევარტალღიან რხევებს და წამზომით გაეზომავთ ათი

სრული რხევის ზანგრძლივობას, რომლის მიხედვით წინასწარ აგებული $\tau=f(T)$ ფუნქციის გრაფიკიდან განესაზღვრათ დაჭიმვის ძალას.

საჭიმრის თავისუფალი ნახევარტალღიანი რხევა ეს ის რხევაა, რომელსაც დროის ნებისმიერ მომენტში გააჩნია ნახევარ-სინუსოიდის ფორმა (ნახ. 6.4). მასში ასეთი რხევების აღძერა მარტივია, თუ დამაგრების წერტილიდან 1,0-1,5 მ მანძილზე ვიმოქმედებთ მისდამი პერპენდიკულარული ჰორიზონტალური ძალით და მოვახდენთ მის გაქანებ-გამოქანებას.

რეკომენდირებულია საჭიმრის გაქან-გამოქანებისას, დამყარდება რა თავისუფალი ნახევარტალღიანი რხევა, იგი მსუბუქად გვეჭიროს. წინააღმდეგ შემთხვევაში ნახევარტალღიან რხევებთან ერთად მოსალოდნელია აღიძრას მაღალსიხშირიანი რხევებიც, რაც ართულებს თავისუფალი ნახევარტალღიანი რხევების პერიოდის დადგენას.

ათი სრული რხევის დროის ინტერვალის დადგენისთვის რეკომენდირებულია თვლა დაეიწყოს ნულიდან ხმაბალა საჭიმრის ერთ-ერთ კიდურა მდგომარეობაში ყოფნის მომენტიდან. ერთი სრული რხევა შესრულდება, როცა საჭიმარი დაბრუნდება იმავე მდგომარეობაში და ა.შ.



ნახ. 6.4 საყრდენის საჭიმარში დაჭიმვის ძალის განსაზღვრის სქემა

„ნულის“ წარმოთქმისას ჩავრთოთ წამზომი და გამოვრთოთ „ათის“ წარმოთქმისას.

გაზომვის პროცედურა შეუძლია ჩაატაროს ერთმა ადამიანმა, რომელიც ერთი ხელით მსუბუქად იჭერს საჭიმარს და მეორე ხელში უჭირავს წამზომი.

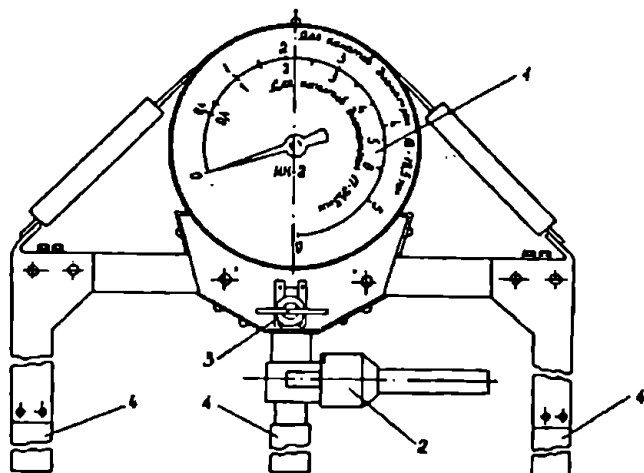
როგორც პრაქტიკა გვიჩვენებს გაზომვების ცდომილება არ აღემატება $\pm 10\%$ -ს და იგი მოიცავს შემდეგ კომპონენტებს:

- ცდომილება გამოწვეული ათმაგი რხევის დროსა და დაჭიმვის ძალას შორის თეორიულ და ფაქტიურ დამოკიდებულებათა არათანხვედრას;
- ცდომილება, რომელიც დაკავშირებულია საჭიმრის მექანიკური პარამეტრების (G , l) გაზომვის სიზუსტესთან;
- ცდომილება, რომელიც დაკავშირებულია ათმაგი რხევის დროის ინტერვალის დადგენის სიზუსტესთან.

საყრდენთა საჭიმრების დაჭიმვის კონტროლი როგორც მშენებლობისას, ასევე ექსპლუატაციისას შეიძლება სპეციალური ინდიკატორის საშუალებით (ნახ. 6.5).

ინდიკატორის მოქმედების პრინციპი დამყარებულია გაჭიმული ბაგირის დრეკადობის გაზომვაზე. თუ საჭიმრის უბანს რაიმე P ძალის მოქმედებით გავლუნავთ რაიმე მუდმივ f სიდილეზე, მაშინ შეიცვლება საჭიმრის დაჭიმვის T ძალა, რომელიც პირდაპირ დამოკიდებულებაშია P ძალასთან.

ინდიკატორის სატაციები საშუალებას გვაძლევს გაზომვები ჩაატაროთ როგორც ერთბაგირიანი ფოლადის საჭიმარზე, ასევე ორმაგ ჩახვეულბაგირიან საჭიმარზეც, რომელთა დიამეტრი 17,0-25,5 მმ ფარგლებშია. ინდიკატორის გაზომვის დიაპაზონი 4000-60000 ნ ფარგლებშია.



ნახ. 6.5 საყრდენთა საჭიმრების დაჭიმვის კონტროლი ინდიკატორის საშუალებით: 1-ДПУ-0,2/2 – დინამომეტრი; 2-ხრატუნა; 3-საწერი; 4-სატაცი

ინდიკატორით გაზომვები შეიძლება აწარმოოს ერთმა ელექტრომონტიორმა, რომელსაც ცალ ხელში უჭირავს ინდიკატორი, ხოლო მეორე ხელით ხრატუნათი და საჩერის სახელურით აწარმოებს მანიპულაციას.

გაზომვისას შეარჩევენ საჭიმრის წრფივ, სუფთა და დაუზიანებელ უბანს, სადაც კიდურა სატაცებით დააყენებენ ინდიკატორს. საჩერის სახელურის მობრუნებით თავისუფლდება საჩერი. ხრატუნას სახელურის მობრუნებით მიმართულებით „ჩვენგან“ შუა სატაცი გადაადგილდება მოდუნებამდე – წარმოებს ბაგირის ე.წ. „დაკალიბრება“, რაც განისაზღვრება დინამომეტრის ისრის რხევით. სახელურის მობრუნებით საჩერი ადგილზე მიმაგრდება. შემოვებრუნებთ დინამომეტრის შკალას და ისარს დაეყენებთ „0“-ზე. ინდიკატორი მზადაა გაზომვების ჩასატარებლად.

ხრატუნას სახელურს გადაეადგილებთ მიმართულებით „ჩვენგან“ მანამ, სანამ შუა სატაცი არ მიეყრდნობა საჩერს. ამ დროს დინამომეტრის ისარი გვიჩვენებს საჭიმრის ბაგირის დაჭიმვის სიდიდეს.

ინდიკატორის მოსახსნელად ხრატუნას გადაერთავთ უკუ სვლაზე და სახელურის საშუალებით გადმოგაადგილებთ „ჩვენსკენ“. ამით ინდიკატორი განთავისუფლდება დატვირთვისაგან და მოხსნიათ მას ბაგირიდან.

საჭიმრის დაჭიმვის კონტროლი წარმოებს მაშინ, როცა იგი თავისუფალია ლიპყინულისაგან და ქარის სიჩქარე არ აღემატება 5 მ/წმ-ს.

გაზომვების ჩატარებისას აუცილებელია ყურადღება მიექცეს იმას, რომ ინდიკატორის სატაცები მთლიანად არ იყოს წამოცმული საჭიმრის ბაგირზე.

6.5.3 სადენებისა და მეხსარიდი გვარლების მდგომარეობის კონტროლი

სადენებისა და გვარლების მდგომარეობის კონტროლი წარმოებს: ვიზუალური დათვალიერებით საყრდენზე ასვლის გარეშე; მალლივი დათვალიერებით მომჭერებსა და დისტანციურ განბჯენებში სადენებისა და გვარლების მდგომარეობის შერჩევითი შემოწმებით;

სადენტა შეერთების ხარისხის შემოწმებით შესაბამისი ინდიკატორის საშუალებით.

შეუიარაღებელი თვალთ ვიზუალური ან ბინოკლის გამოყენებით დათვალიერებისას გამოვლენილი იქნება შემდეგი უწყესივრობანი: გაწყვეტილი ან გადამწვარი მავთულები; გადაფარვის კვალები; სადენტის გარე ნახვევების შემონალზობი ან ამობურცვები; ფიქსირდება გაწყვეტილი ან გადამწვარი მავთულების რიცხვი და მათი გაწყვეტის ხასიათი; მოწმდება სადენტის ფოლადის ნაწილისა და გვარლების კოროზიის ხარისხი.

მალლივი დათვალიერება შეიძლება ჩავატაროთ როგორც ამორთულ, ასევე ძაბვის ქვეშ მყოფ ხაზზე. ამ უკანასკნელ შემთხვევაში გამოყენებული უნდა იქნეს სპეციალური მაიზოლირებული მოწყობილობა.

მალლივი დათვალიერების დროს მომჭერებიდან სადენტებისა და გვარლების შერჩევითი ამოღებისას განისაზღვრება მათი დაზიანება ვიბრაციის, როკვის, დატვირთვისა და მოკლე შერთვის დენტების ზემოქმედებისაგან, ასევე, მომჭერის გარესაზრახნისის ცვეთის ხარისხი. დაზიანების აღმოჩენის შემთხვევაში სადენტებისა და გვარლების მდგომარეობა უნდა შემოწმდეს ხაზის ყველა საყრდენზე ან დაზიანებული ადგილის მიმდებარე უბნის საყრდენებზე.

მალში სადენტები (გვარლები) შეიძლება შემოწმდეს სადენტის გასწვრივ ურიკის დახმარებით გადაადგილებისას, ან სამად და მეტად გახლეჩილ ფაზებზე, პერსონალის უშუალო გადაადგილებით.

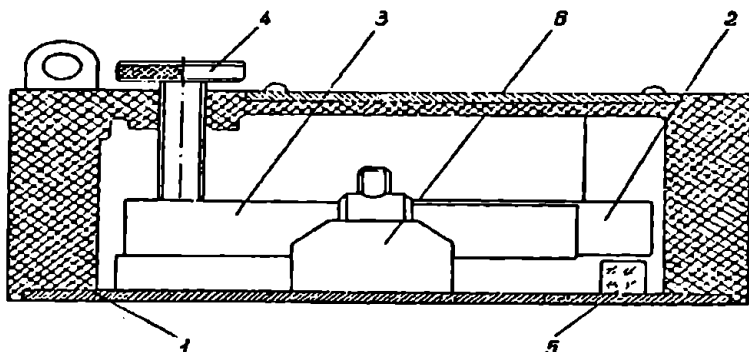
სადენტა ჭინჭიკური შეერთებების ხარისხი დადგენილი უნდა იქნეს მისი ელექტრული წინააღობის შედარებით იმავე სიგრძის მთელი სადენტის წინააღობასთან ან, ასევე, ძაბვის ვარდნათა შედარებით. ძაბვის ვარდნა მთელ სადენტზე უნდა გავზომოთ შეერთების ადგილიდან 1 მეტრზე მეტად დაშორებულ მონაკვეთზე. წინააღობის გაზომვა უნდა ჩავატაროთ გამორთულ ხაზზე, ხოლო ძაბვის ვარდნისა კი — ჩართულზე.

ძაბვის ვარდნის გაზომვა შეიძლება ჩავატაროთ უშუალოდ საყრდენიდან, ამწეკოშკურიდან ან სპეციალური სამარჯვი მოწყობილობის დახმარებით. ძაბვის ვარდნის გაზომვას ახდენენ გამზომი შტანგით, რომელსაც ბოლოში აქვს მილივოლტმეტრი და მასთან მიერთებული ლითონის ორი ელექტროდი. გასაზომი ობიექტის ბო-

ლოებზე ელექტროდების დადებით გაეზომავეთ ძაბვის ვარდნის მნიშვნელობას.

შემაერთებელზე ძაბვის ვარდნის ფარდობას იმავე სიგრძის მთლიან სადენში ძაბვის ვარდნასთან დეფექტობის კოეფიციენტი ეწოდება. ჭინჭიკური შეერთება დაწუნებული უნდა იქნეს, თუ აღნიშნული კოეფიციენტი ორზე მეტია და ამ შემთხვევაში ეს შეერთება უნდა შეიცვალოს ან შეკეთდეს.

გამორთულ ხაზზე 240 მმ² და მეტი განიკვეთის ფოლად-ალუმინის სადენტა შეერთებების ხარისხის კონტროლი ტარდება ИПС ინდიკატორით (ნახ. 6.6) [11], რომლის საშუალებით ხდება დაწნეხით შემაერთებელი მომჭერის ფოლადის გულარის მდებარეობის განსაზღვრა.



ნახ. 6.6 სადენტა შემაერთებლების მდგომარეობის კონტროლის ინდიკატორი ИПС:

1-კორპუსი; 2-ფოლადის ისარი- მაჩვენებელი; 3-მაგნიტი; 4-მაფიქსირებელი ხრახნი; 5-მინის ზერელი; 6-მაგნიტის დამაგრების კვანძის ფუძე.

ინდიკატორის კორპუსი დამზადებულია კაპრალონისაგან, ხოლო ფუძე კი - ალუმინისაგან. კორპუსს გააჩნია მინით დაფარული ორი გვერდითი საჭერეტი ზერელი ჩვენებების დასამზერად. კორპუსის შიგნით ცილინდრულ ბრინჯაოს რგოლში სახსრულად ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში ჩამაგრებულია ცილინდრული მაგნიტი, რომელზეც ზემოდან მიმაგრებულია წითლად შეღებილი ფოლადის ისარი-მაჩვენებელი. მაგნიტის ბრუნვის ღერძი გადის მისი სიმძიმის ცენტრზე.

ინდიკატორის მუშაობა დაფუძნებულია მუდმივი მეგნიტის მაგნიტური ველის ცვლილებაზე იმ ადგილას, სადაც შემაერთებული ფოლად-ალუმინის სადენების ფოლადის გულარზე დასმულია შემაერთებული მომჭერის ფოლადის გულარი.

მუშაობის დაწყების წინ მაფიქსირებული ზრახნის ამოხრახნით გაანთავისუფლებენ მაგნიტს. ინდიკატორს მჭიდროდ დაადებენ მომჭერის ალუმინის კორპუსს ისე, რომ მისი გრძივი ღერძი ემთხვეოდეს მომჭერის ღერძს. გადაადგილებენ მას მომჭერის გასწვრივ წინ და უკან მთელ სიგრძეზე. ფოლადის მასრის ტორსული ზედაპირის გადაკვეთისას ინდიკატორის მაგნიტი მიიზიდება და გადაკეტავს საჭვრეტ ხერგლს. ოპერაციას გაიმეორებენ ორ-სამჯერ მომჭერის ორივე მხარეს და ყოველი ოპერაციისას მომჭერის ზედაპირზე მოინიშნავენ ინდიკატორის ამუშავების მაჩვენებელ ადგილებს, რომელთა საშუალებით დავადგენთ ფოლადის მასრის ტორსული ზედაპირის ადგილმდებარეობას.

თუ შემაერთებლის ფოლადის გულარი ალუმინის კორპუსის მიმართ არასიმეტრიულადაა განლაგებული, მაშინ ის ჩაითვლება როგორც დეფექტური და დაწუნებული უნდა იქნეს.

ამ გაზომვების დროს უნდა გაიზომოს აგრეთვე მომჭერის სიგრძე და დიამეტრიც, რომლებიც უნდა შეესაბამებოდეს ტექნიკურ მოთხოვნებს.

6.5.4 სადენის ჩალუნვის ისრის და ხაზის გაბარიტული ზომების კონტროლი

სადენებისა და გვარლების ჩალუნვის ისრის, მიწამდე და გადაკვეთის ობიექტებამდე გაბარიტების გაზომვა წარმოებს: 1) ხაზის ექსპლუატაციაში მიღებისას სწორად შესრულებული მონტაჟის შემოწმების მიზნით და 2) ექსპლუატაციის პროცესში, რადგანაც მოსალოდნელია მათი ცვლილება სხვადასხვა ტექნიკური თუ ბუნებრივი მიზეზების გამო (სადენის გამოჭიმვა, ჭანჭიკურ მომჭერებში გასრიალების გამო, დეფექტური იზოლატორის შეცვლის გამო გირლანდის სიგრძის შეცვლა, საყრდენის კონსტრუქციის შეცვლა ხაზზე სარემონტო სამუშაოთა შესრულებისას).

ჩალუნვის ისრისა და გაბარიტების გაზომვების დროს უნდა გაითვალისწინოთ ჰაერის ფაქტიური ტემპერატურა და გაზომვის შედეგები შევადაროთ სამონტაჟო გრაფიკების (ცხრილების) შესაბამის მნიშვნელობებს.

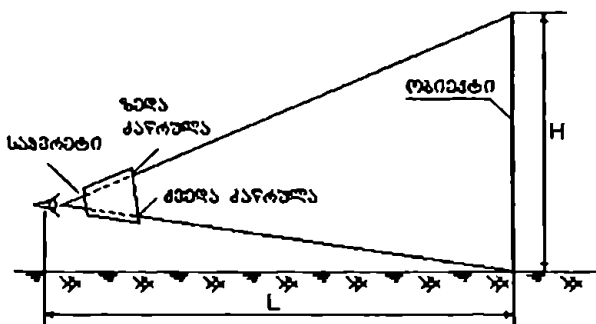
არსებობს სადენის ჩალუნვის ისრისა და ხაზის გაბარიტების გაზომვის სხვადასხვა მეთოდები და ხერხები.

გამორთულ ხაზზე გაბარიტი შეიძლება გაიზომოს თოკით ან რულეტით. ელექტრომონტიორი, რომელიც იმყოფება ამწეკოშკურის კალათში თოკის (რულეტის) ერთ ბოლოს მიაბჯენს სადენს, ხოლო მეორე მონტიორი ჩამოშვებულ თოკზე (რულეტზე) მოინიშნავს მიწის დონეს და ამით დაადგენენ სადენის გაბარიტს მიწამდე. ძაბვის ქვეშ მყოფ ხაზზე კი გამოიყენება მაიზოლირებული შტანგა, რომლის ერთი ბოლო მიბჯენილია სადენზე და გაზომავენ მანძილს მისი მეორე ბოლოდან მიწამდე. ამ მანძილისა და შტანგის სიგრძის ჯამი წარმოადგენს გაბარიტულ მანძილს მიწამდე.

ხაზების ურთიერთ გადაკვეთისას მათი შორის გაბარიტი დადგენილი იქნება თითოეული ხაზის მიწამდე გაბარიტის მანძილებს შორის სხვაობით.

ხაზის გაბარიტებისა და სადენის ჩალუნვის ისრის გაზომვა შეიძლება მარტივი და მოხერხებული ხელსაწყოთა – სიმაღლემზომის საშუალებით. იგი წარმოადგენს ტრაპეციის ფორმისა და გარკვეული ზომების მქონე ბრტყელ კოლოფს, რომლის მინის დიდ ფუძეზე გაკეთებულია ორი კაწრულა, ხოლო მეორე ფუძეზე კი ორი ხვრელი, საიდანაც ვახდენთ განჭვრეტას [11].

რაიმე ობიექტის (ხე, შენობა, საყრდენი, საყრდენზე სადენის დაკიდების წერტილი და სხვა) სიმაღლის გაზომვისთვის დამკვირვებელი ობიექტს დაშორდება ისეთ მანძილზე, რომ ხელსაწყოში განჭვრეტისას ზედა კაწრულა ემთხვეოდეს ობიექტის წვერს, ხოლო ქვედა კაწრულა კი მის ფუძეს (ნახ. 6.7). გაზომავენ მანძილს დამკვირვებელიდან ობიექტის ფუძემდე და ხელსაწყოს გეომეტრიული ზომებიდან გამომდინარე ამ მანძილის ნახევარს შეადგენს ობიექტის სიმაღლე.



ნახ. 6.7 ობიექტის სიმაღლის გაზომვა სიმაღლეზომის საშუალებით

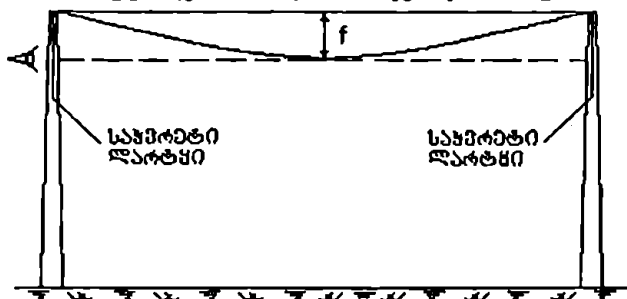
სადენიდან მიწამდე მანძილის გასაზომად სადენის ქვეშ ჩაასობენ პალოს და დამკვირვებელი დაშორდება პალოს ზაზის ტრასისადმი პერპენდიკულარული მიმართულებით ისეთ მანძილზე, რომ განჭვრეტისას ხელსაწყოს ფუძის ზედა კაწრულა ემთხვეოდეს სადენს, ხოლო ქვედა კი – პალოს, მაშინ სადენებიდან მიწამდე გაბარიტი პალოდან დამკვირვებელამდე მანძილის ნახვეარია.

სწორ ტრასაზე სადენის ჩაღუნვის ისრის გასაზომად იმავე წესით ჯერ ზომავენ სადენის საყრდენზე დაკიდების წერტილის სიმაღლეს და შემდეგ უმჯირეს მანძილს მიწიდან სადენამდე. მათი სხვაობა წარმოადგენს ჩაღუნვის ისრის სიდიდეს.

აღნიშნული ხელსაწყოს გაზომვის ცდომილება, 50 მეტრამდე ობიექტების სიმაღლის გაზომვისას, არ აღემატება 4%-ს.

სადენის ჩაღუნვის ისრის გაზომვა შეიძლება შევასრულოთ ორი ლარტყის დახმარებით. საყრდენებზე სადენის დაკიდების წერტილიდან გადმოზომავენ მოცემული მალისა და პერის ტემპერატურის პირობების შესაბამისი ჩაღუნვის ისრის საანგარიშო მნიშვნელობას და ამ წერტილებში დაამაგრებენ ჰორიზონტალურ ლარტყებს (ნახ. 6.8). ერთი ლარტყის დამაგრების წერტილიდან დამკვირვებელი (ელექტრომონტიორი) გასცქერის მეორე ლარტყს. თუ ჩაღუნვის ფაქტორი ისარი საანგარიშოს ტოლია, მაშინ სადენის უდაბლესი წერტილი აღმოჩნდება ლარტყებს შორის განჭვრეტის წრფეზე. წინააღმდეგ შემთხვევაში ერთ-ერთ ლარტყს სადენზე გადააადგილებთ ქვევით ან ზევით ისე, რომ სადენის უდაბლესი წერტილი მოხვდეს განჭვრეტის წრფეზე. ამ შემთხვევაში ჩაღუნვის

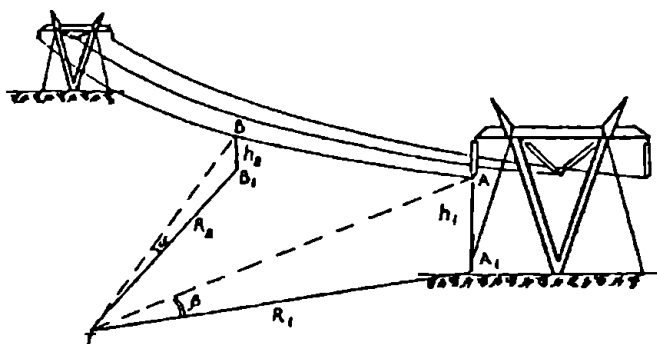
ისრის ფაქტიური სიდიდე საყრდენზე სადენტა დაკიდების წერტილიდან ლარტყამდე მანძილთა ნახევარჯამის ტოლია.



ნახ. 6.8 სადენის ჩაღუნვის ისრის გაზომვა ორი ლარტყის დანმარებით

სადენის ჩაღუნვის ისრის უფრო ზუსტი გაზომვა შეიძლება თეოდოლიტის საშუალებით. იგი საყრდენზე სადენის დაკიდების წერტილისა და სადენის უდაბლესი წერტილის მიწაზე პროექციის წერტილიდან დაშორებული უნდა იყოს 50-60 მ მანძილზე (ნახ. 6.9). მისი განჭვრეტის ვერტიკალური ღერძი მიემართოთ საყრდენზე სადენის დაკიდების წერტილზე და ავთვალთ ამ წერტილის ამალლების სიმაღლე ხელსაწყოს ჰორიზონტალური ღერძიდან (კუთხე β). ანალოგიურად გამოვთვალოთ სადენის უდაბლესი წერტილის მიწიდან ამალლების სიმაღლე (კუთხე α). ათვლების საფუძველზე განვსაზღვრავთ ჩაღუნვის ისრის სიდიდეს (ნახ. იგივე)

$$f = h_1 - h_2 = R_1 \operatorname{tg} \beta - R_2 \operatorname{tg} \alpha.$$



ნახ. 6.9 სადენის ჩაღუნვის ისრის გაზომვა თეოდოლიტის საშუალებით

6.5.5 იზოლატორთა გირლანდისა და სახაზო არმატურის კონტროლი

იზოლატორთა გირლანდის კონტროლი ხორციელდება გარე დათვალიერებით და ფაიფურის იზოლატორების ელექტრული სიმტკიცის შემოწმებით.

საკიდი ფაიფურის იზოლატორების შემოწმებისას დადგინდება იზოლაციის შიგა დაზიანებები და, აგრეთვე, ზედაპირული დაზიანებები, რომლებიც კერ გამოვლინდა გარე დათვალიერებით. შემოწმება წარმოებს: ძაბვის ქვეში ცვლადი ან მუდმივი სანაპერ-წყლო შუალედის მქონე გამზომი შტანგის, კილოვოლტმეტრისა და სხვა გამზომი ხელსაწყოების გამოყენებით; მოხსნილი ძაბვის პირობებში მეგაომეტრის ან სპეციალური გამოსაცდელი მოწყობილობის გამოყენებით.

გამზომი შტანგის გამოყენებით იზოლატორთა თევშების შემოწმება უნდა დავიწყოთ ტრავერსასთან მიმდებარე პირველი იზოლატორიდან. გირლანდაში 50%-ზე მეტი უწყესივრო იზოლატორის გამოვლენის შემთხვევაში, შემდგომი გაზომვები აღარ გაგრძელდება, გირლანდა შესაცვლელია.

ხაზიდან მოხსნილი იზოლატორი, რა მეთოდით გაზომვებისასაც არ უნდა იქნეს ისინი დაწუნებული, რეკომენდირებულია გაიგზავნოს ლაბორატორიაში საკონტროლო შემოწმებისათვის და დადგენილი უნდა იქნეს მათი უწყესივრობის მიზეზი. ლაბორატორიაში გასაგზავნ იზოლატორებს გაუკეთებენ საჭდეს, სადაც მითითებული იქნება: ელექტროგადაცემის ხაზის დასახელება; გირლანდის სახე (დამჭერი, დამჭიმი); გირლანდაში იზოლატორის ნომერი ათვლილი ტრავერსიდან; იზოლატორის დაყენების წელი.

გირლანდაში გამზომი შტანგის გამოყენებით იზოლატორთა შემოწმებას, უსაფრთხოების ტექნიკის თანახმად, უნდა აწარმოებდეს არანაკლებ ორი პიროვნება. მათგან ერთი უნდა იყოს IV ჯგუფის, ხოლო დანარჩენი III ჯგუფის. საყრდენზე ან ტელესკოპურ ანძაზე ასვლა ან ჩამოსვლა უნდა ხდებოდეს შტანგის გარეშე.

შტანგა ატანილი უნდა იქნეს ბაგირის ან თოკის საშუალებით ვერტიკალურ მდგომარეობაში თავით ზევით. ამასთან ყურადღება უნდა მიექცეს მას, რომ ის არ მოხვდეს ლითონკონსტრუქციას. დასაშვებია შტანგის ატანა ხელიდან ხელში გადაცემით.

6.5.6 საყრდენთა ჩამიწების მოწყობილობათა შემოწმება

საყრდენთა ჩამიწების მოწყობილობის შემოწმება ხორციელდება ეიზუალური დათვალიერებებითა და ჩამიწების წინააღობის გაზომვით.

ეიზუალური დათვალიერებისას ხორციელდება ჭანჭიკური შეერთებების შემოწმება, რომლებიც უნდა იყოს საიმედოდ მოჭერილი, კონტრქანჩისა და ზამბარული საყელურის გამოყენებით. კონტაქტების წინააღობა არ ნორმირდება, მაგრამ პრაქტიკით დადგენილია, რომ ჩამამიწებელთა ხარისხიანი მიერთება უზრუნველყოფილი იქნება თუ კონტაქტის გარდამავალი წინააღობა არ აღემატება 0,05 ომს.

ეიზუალური დათვალიერებისას გამოვლინდება ჩამიწებული სადენების ლოკალური კოროზიული დაზიანებები. კოროზიული ცვეთის ხარისხის რაოდენობრივი შეფასება წარმოებს ჩამიწების მოწყობილობის საკონტროლო ელემენტის უბნებზე შერჩევით სახასიათო ზომების გაზომვის გზით. ეს ზომები განისაზღვრება ელემენტის ზედაპირიდან კოროზიის პროდუქტების მოცილების შემდეგ.

სრული ზედაპირული კოროზიულობის შემთხვევაში სახასიათო ზომებად მიჩნეულია სადენის განივი კვეთის ხაზოვანი ზომები (დიამეტრი, სისქე, სიგანე). ეს ზომები გაიზომება შტანგენფარგლით.

ჩამიწების ელემენტი შეცვლილი უნდა იქნეს, თუ მისი განიკვეთი 50%-ზე მეტადაა დაზიანებული.

ჩამიწების წინააღობის გაზომვა შეიძლება ჩატარდეს ხაზიდან ძაბვის მოხსნით ან მის გარეშე და საყრდენის ტანიდან მეხსარიდი გვარლის წინასწარი განრთვით, თუ იგი საყრდენზე ჩამოკიდებულია იზოლატორის გარეშე.

6.5.7 ხაზებზე ლიპყინულის წარმოქმნის კონტროლი

სადენებზე, გვარლებსა და საყრდენებზე ლიპყინულის წარმოქმნა მოსალოდნელია ცივ ამინდში, თუ ამ დროს ჰაერში არის გადაცივებული წყლის მოლეკულები ნისლის, ჭირხლის, სველი თოვლისა ან წვიმის სახით. ლიპყინულის წარმოქმნა შეიძლება მიმდინარეობდეს ინტენსიურად დროის მცირე მონაკვეთში.

ზაზისთვის საშიში ლიპინულის დროული გამოვლენისთვის, საჭიროა ვაწარმოოთ სპეციალური მეთვალყურეობა თვით ზაზზე ან სპეციალური საგუშაგოების გზით.

საგუშაგო, რომელიც შეიცავს ორ საექსპერიმენტო მალს, განთავსებული უნდა იყოს ღია სივრცეში მასივებისა და შენობებისაგან მოშორებით. ლიპინულის წარმოქმანზე დაკვირვებას ვახდენთ სამეთვალყურეო უბანზე ლიპინულის ფაქტიური წარმოქმნის მომენტიდან ან ენერგოსისტემის დისპეტჩერის მითითების მიხედვით, რომელმაც მეტეოროლოგიური სადგურიდან მიიღო შესაბამისი გაფრთხილება.

დაკვირვებისას ჩატარებული გაზომვები უნდა ტარდებოდეს დროის ყოველი მცირე მონაკვეთების შემდეგ იმისდა მიხედვით, თუ როგორია ლიპინულის წარმოქმნის ინტენსივობის სიჩქარე. გაზომვის შედეგები დაუყოვნებლივ უნდა ეცნობოს რაიონულ ან ცენტრალურ სადისპეტჩეროს შესაბამისი ღონისძიებების მიღების მიზნით.

თაში 7 საჰაერო ხაზების კაპიტალური რემონტი

7.1 კაპიტალური რემონტის სამუშაოთა სახეები და ზოგადი მოთხოვნები

ხაზების კაპიტალური რემონტის მოცულობა განისაზღვრება ტექნიკური მომსახურების დროს ხაზის ცალკეული ელემენტების მდგომარეობის შემოწმების საფუძველზე. კაპიტალური რემონტისას სრულდება შემდეგი სახის სამუშაოები:

სამუშაოები ტრასაზე. ტყიან ადგილებში ხაზის განაკაფის სათანადო ზომებში შენარჩუნების მიზნით ტრასა პერიოდულად უნდა გაიწმინდოს ხეებისა და ბუჩქების წამონაზარდებისაგან. მწვანე ნარგავების (ნაკრძალი, პარკი, რკინიგზისა და საავტომობილო გზების დამცავი ზოლი, დასახლებული პუნქტების მიმდებარე მწვანე ზონა) ადგილებში პერიოდულად უნდა ხდებოდეს ტრასის ნაპირზე ხის ნაწიბურების ჩამოჭრა, ისე რომ სადენის მაქსიმალური გადახრისას ნაწიბურებამდე გაბარიტული მანძილი შეადგენდეს არანაკლებ: 3 მ 35-110 კვ ხაზებისთვის, 4 მ 150-220 კვ ხაზებისთვის და 5 მ 330-750 კვ ხაზებისთვის. ხეები, რომლებიც წაქცევისას შეიძლება დაეცეს სადენებს, უნდა მოიჭრას.

საყრდენიდან ორი მეტრის რადიუსში ბუჩქნარი და ბალახი შეიძლება მოცილებული იქნეს ქიმიური დამუშავების მეთოდით.

რკინაბეტონის საყრდენების რემონტი. რკინაბეტონის კონსტრუქციების რემონტის მოცულობა დადგინდება როგორც პროფილაქტიკური დათვალიერების, ასევე საყრდენთა მიწისქვეშა ნაწილის 0,5-0,7 მეტრამდე შერჩევით ამოთხრის გზით. არააგრესიულ გარემოში განთავსებული რკინაბეტონის საყრდენების ღეფექტების კლასიფიკაცია და რემონტების სახეები ნაჩვენებია 7.1 ცხრილში. აგრესიულ გარემოში განთავსებული საყრდენების რემონტი, ღეფექტების ხარისხისა და ზომების მიუხედავად, უნდა ჩატარდეს ქიმიურად მდგრადი ანტიკოროზიული საფარის გამოყენებით.

რემონტის დრო სრულდება ბზარებისა და ამონაგლეჯების შევსება, ცალკეული საყრდენების შეცვლა, საჭიმრებისა და მათი დამაგრების კვანძების რემონტი ან შეცვლა, საყრდენების გასწორება,

ლითონური კვანძებისა და ნაწილების შეღებვა, გრუნტში საყრდენის ჩასმის გაძლიერება და სხვ.

ლითონის საყრდენების რემონტი. კაპიტალური რემონტისას სრულდება საყრდენის შეღებვა, შესუსტებული ცალკეული ნაწილის შეცვლა ან მათი გაძლიერება, ცალკეული საყრდენების შეცვლა ან მათი გასწორება, საჭიმრებისა და მათი დამაგრების კვანძების რემონტი ან შეცვლა. გადახრილი საყრდენის გასწორება სრულდება საყრდენის ქუსლში საფენის დადებით, რომლის ჯამური სისქე არ უნდა აღემატებოდეს 40 მმ-ს.

ცხრ. 7.1 არააგრესიულ გარემოში განლაგებული რკინაბეტონის საყრდენების ღეფექტები და მათი ჩაკეთების, რემონტის სახეები

საყრდენის კონსტრუქცია	ღეფექტის დახასიათება	რემონტის სახე
1	2	3
ცენტრიფუგირებული და ვიბრირებული საყრდენი დამაბული და არადა-მაბული ღეროვანი არმატურით	განივი ბზარები 0,3 მმ-ზე ნაკლები სიგანით იგივე 0,3-0,6 მმ სიგანით იგივე 0,6 მმ-ზე მეტი სიგანით იგივე ბეტონის მთელ ზედაპირზე	რემონტი არ არის საჭირო ბზარის ზონაში ბეტონის ზედაპირის შეღებვა ან მისი ჩაკეთება პოლიმერცემენტის ზსნარით. არტახის დაყენება საყრდენის შეცვლა
მაღალსიმტკიციანი მა-ეთულის დამაბული არ-მატურის მქონე ცენტრი-ფუგირებული და ვიბრირებული საყრდენი	განივი ბზარები 0,05 მმ-დე სიგანით იგივე 0,05-0,3 მმ სიგანით იგივე 0,3 მმ-ზე მეტი სიგანით იგივე ბეტონის მთელ ზედაპირზე	რემონტი საჭირო არ არის. ბზარის ზონაში ბეტონის ზედაპირის შეღებვა. არტახის დაყენება. საყრდენის შეცვლა.
ნებისმიერი კონსტრუქციის ცენტრიფუგირებული და ვიბრირებული საყრდენი	გრძივი ბზარები 0,05 მმ-მდე სიგანის მიუხედავად იგივე 0,05-0,3 მმ სიგანით	რემონტი არ არის საჭირო ბზარის ზონაში ბეტონის ზედაპირის შეღებვა.

ნებისმიერი კონსტრუქციის ცენტრიფუგირებული და ვიბრირებული საყრდენი	იგივე 0,3-0,6 მმ სიგანით, მაგრამ არაუმეტეს ორი ბზარისა ერთ კვეთში	ბზარის შეკეთება პოლი-მერცეპენტის ხსნარით
	იგივე 0,3 მმ-ზე მეტი სიგანით და ერთ კვეთში ორზე მეტი ბზარის შემთხვევაში	არტახის დაყენება
	იგივე ბზარის 3 მ-ზე მეტი სიგრძისას	საყრდენის გამოცვლა
	განივი არმატურის ხეიების გასწვრივ განლაგებულია მუქი ზოლები	მუქი ზოლების ზონაში საყრდენის ზედაპირის შეცვლა
	საყრდენის გასწვრივ 1,5-2მ სიგრძეზე გაშიშვლებულია განივი არმატურა.	არმატურის გაწმენდა ფანგისაგან და მისი შეღებვა.
	ფორიანი ბეტონი ან ვიწრო ზერელი დგარის გასწვრივ. უანგის ფერის ჩამონადენი და ლაქა.	პოლიმერცეპენტის ხსნარით ჩაკეთება. ბეტონის ზედაპირის შეღებვა დეფექტის ზონაში.
	ფუჭვილი 10X10X10 მმ ზომები	პოლიმერცეპენტის ხსნარით ჩაკეთება.
	ფუჭვილი ან ზერელი 25 სმ²-მდე ფართობით (საყრდენზე არაუმეტეს ერთი ფუჭვილი ან ერთი ზერელი)	არტახის დაყენება
	ერთზე მეტი ფუჭვილი ან ზერელი 25 სმ²-მდე ფართობით	საყრდენის შეცვლა
	ფუჭვილი ან ზერელი 5 სმ²-ზე მეტი ფართობით	საყრდენის შეცვლა
	ერთდგარიანი თავისფულად მდგომი საყრდენის დგარის კერტიკალური მდგომარეობიდან ნორმაზე მეტად გადახრა	საყრდენის გასწორება

საჭიმრებიანი ერთდგარიანი საყრდენის ღვარის ევრტიკალური მდგომარეობიდან გადა-ხრა	საყრდენის გასწორება საჭიმრების დაჭიმულობის რეგულირებით
საჭიმრების დაჭიმულობის შესუსტება	საჭიმრების დაჭიმულობის რეგულირება. დამაგრებისა და მარჯვლი-რებელ მოწყობილობათა რემონტი
საჭიმრებიანი პორტალური საყრდენის გეომეტრიული ფორმის დამახინჯება	საყრდენის გასწორება საჭიმრების დაჭიმულობის რეგულირებით
ერთდგარიანი თავისუფლად მდგომი საყრდენის ღვარის გამრუდება	საყრდენის გასწორება გადაღუნვის საწინააღმდეგო მზარეს საჭიმრის მოწყობით

ზის საყრდენების რემონტი. საყრდენის დაწუნებული დეტალები უნდა შეიცვალოს ახლით ან მოხდეს მათი გაძლიერება ზედსადებით. ნაჯღის ან თვით საყრდენის შეცვლის შემთხვევაში რეკომენდირებულია შეიცვალოს ისინი რკინაბეტონის ნაჯღით ან რკინაბეტონის საყრდენით.

ექსპლუატაციის პროცესში რეკომენდირებულია მასიური ლპობის დაწყებამდე შესრულდეს მერქნის დამატებითი გაუღენტვა ლპობის საწინააღმდეგო ანტისეპტიკით. დამატებითი გაუღენტვის სამუშაოები უნდა შესრულდეს თბილ პერიოდში, შესაძლებლობის შემთხვევაში გაზაფხულის წყალდიდობის დამთავრებისთანავე, ზოლო ჭაობიან გრუნტების შემთხვევაში – ზაფხულში, როცა გრუნტის წყლების დონე მნიშვნელოვნად დაბალია.

დამატებით გაუღენტვას ექვემდებარება საყრდენთა შემდეგი დეტალები: საყრდენის მიწისქვეშა ნაწილი 0,5-0,6 მ-ს სიღრმეზე; მიწისზედა ნაწილი 0,1-0,2 მ სიმაღლეზე; საყრდენის ღვარისა და ნაჯღის წვეროები; ბზარები ყველა დეტალზე; საყრდენის ცალკეული დეტალების შეწყვილების ადგილები.

კაპიტალური რემონტის დროს უნდა შესრულდეს გადახრილი საყრდენის გასწორება, საყრდენის დეტალების ჭანჭიკური შეერთებისა და არტახების შეღებვა ან თუ საჭიროა - შეცვლა.

ერთი კაპიტალური რემონტისას ხაზის ყველა საყრდენის შეცვლა დაუშვებელია. ცალკეულ შემთხვევებში ხის საყრდენებიან ხაზებზე და ხაზებზე, რომლებიც მუშაობენ არახელსაყრელ პირობებში (დაჭაობებული ადგილები და სხვ.) დასაშვებია საყრდენთა სრული შეცვლა ცალკეულ უბნებზე, რომლის სიგრძე არ უნდა აღემატებოდეს ხაზის სიგრძის 15%-ს. შეცვლილი ხის საყრდენების რაოდენობა არ უდა აღემატებოდეს საერთო რაოდენობის 30%-ს.

სადენებისა და გვარლების რემონტი. დამჭერ მომჭერში სადენის ორი-სამი მავთულის გაწყვეტის შემთხვევაში ისინი ამოვჭრათ მომჭერიდან ორივე მხარეს 0,5 მ სიგრძეზე. გამოთავისუფლებულ ადგილზე ჩავდეთ 1 მ სიგრძის მავთულები და ბოლოებში ისინი დავმაგრეთ მავთულის არტახით. დამჭერ მომჭერში დამაგრების ადგილებში კოროზიის ან ვიბრაციის შედეგად მავთულთა მასიური დაზიანების შემთხვევაში რეკომენდირებულია მოხდეს სადენის გადამონტაჟება (წანაცვლება) მთელ საანკერო მალში, ისე რომ დაზიანებული ადგილი გამოვიდეს დამჭერი მომჭერიდან. დისტანციურ განბჯენებში სადენთა მასიური დაზიანებისას საჭიროა დაზიანებული ადგილის რემონტი, განბჯენის ადგილის შეცვლა.

თუ სადენის (გვარლის) ჩაღუნვის ისარი საანგარიშოზე მეტია უნდა შესრულდეს სადენის (გვარლის) დამატებითი დაჭიმვა. როცა საანკერო მალში ჩაღუნვის ისრის გაზრდისა ან შემცირებისთვის საჭირო ხდება მოვახდინოთ შესაბამისად სადენის (გვარლის) მონაკვეთის ჩასმა ან ამოჭრა, მაშინ ამ მონაკვეთის სიგრძე იანგარიშება ფორმულით

$$\alpha = (8n/3\ell_{\text{დავ.}}) \cdot (\ell_{\text{საგ}}^2 - \ell^2), \text{ მ}$$

სადაც n – საანკერო მალში შუალედური მალეების რაოდენობა;

$\ell_{\text{დავ.}}$ – დაყვანილი მალის სიგრძე, მ

$$\ell_{\text{დავ.}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \ell_i^3 / \sum_{i=1}^n \ell_i}$$

$\ell_{\text{საგ}}, \ell$ – ჩაღუნვის ისრის საანგარიშო და ფაქტიური მნიშვნელობა, მ.

საზაზო იზოლატორების რემონტი. იზოლატორთა გირლანდის რემონტისას წარმოებს: დაზიანებული იზოლატორის გამოცვლა; გირ-

ლანდაში იზოლატორთა რიცხვის გაზრდა; იზოლატორების გაწმენდა; ჩამორეცხვა ან ერთი ტიპის იზოლატორის მეორეთი შეცვლა; მაიზოლირებული საკიდრის არმატურის რემონტი.

მაიზოლირებული საკიდრის იზოლატორების ინტენსიური გაჭუჭყიანებისას რეკომენდირებულია მათი პერიოდული გაწმენდა. გაწმენდის პერიოდულობა დამოკიდებულია ატმოსფერულ პირობებზე, იზოლატორების გაჭუჭყიანების ინტენსივობასა და ხარისხზე და დადგინდება საქსელო საწარმოს მთავარი ინჟინრის მიერ.

იზოლატორების გაწმენდა შეიძლება ეაწარმოოთ ხელით ხაზიდან მოხსნილი ძაბვის პირობებში ან ჩამორეცხვით ძაბვის ქვეშ ან მოხსნილი ძაბვისას.

იზოლატორების ჩამორეცხვა წარმოებს წყლის უწყვეტი ჭავლით, რომლის ზედრითი წინაღობა უნდა აღემატებოდეს 700 ომ.სმ.-ს (ზედრითი გამტარობა არა უმეტეს $1,43 \cdot 10^{-3}$ სიმ/სმ). ჩამორეცხვა უნდა წარმოებდეს დანადგარით, რომელიც უზრუნველყოფს წყლის ჭავლს იმ პარამეტრებით, რაც მითითებულია შესაბამის ტიპიურ ინსტრუქციაში.

საზაზო არმატურის რემონტი. არმატურის რემონტი გულისხმობს დაზიანებული ელემენტების ახლით შეცვლას, ვიბრაციის ჩამქრობის დაყენებას, დამჭიმი და დამჭერი მომჭერებისა და განბჯენების შეცვლას.

ჩამიწების მოწყობილობის რემონტი. ჩამიწების მოწყობილობის რემონტი ითვალისწინებს: ჩამიწების კონტურების რემონტს ცალკეული კონტურის შეცვლის ჩათვლით; ჩამიწების წინააღობის შემცირებას; ჩამიწების ჩამოსაშვების და ჩამიწების კონტურთან მისი მიერთების ადგილის რემონტს ან შეცვლას.

საპეციალური სამუშაოები. ხაზის კაპიტალური რემონტის დროს შეიძლება საჭირო გახდეს ისეთი საპეციალური სამუშაოების შესრულება, როგორიცაა გადასასვლელების, გადაკვეთების და ქვესადგურთან მისასვლელების გადაწყობა, საყრდენებზე სასიგნალო და მაჩვენებელი ნიშნების რემონტი.

დამთავრებული კაპიტალური რემონტი მიღებული უნდა იქნეს საქსელო საწარმოს ტექნიკური ხელმძღვანელობის მიერ, რის შესახებაც ხდება ჩაწერა საწარმოს საგეგმო განყოფილებაში არსებულ გეგმა-გრაფიკში. ამავე გრაფიკში შეტანილი უნდა იქნეს აღნიშვნა იმ

შესრულებული დამატებითი სამუშაოების შესახებ, რომლებიც გევმით გათვალისწინებული არ იყო.

ხაზზე შესრულებული ყველა ძირითადი სამუშაოების (საყრდენის, სადენის, გვარლის შეცვლა, ახალი გადაკეთები და სხვა) ასხვა უნდა ზღვოდეს ხაზის პასპორტში ყოველწლიურად. ხაზის ტრასაზე კაპიტალური რემონტისა და სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოების შეასრულებლად დროებითი სარგებლობისათვის გამოიყოფა მიწის ნაკვეთის საჭირო ფართობი (ცხრ. 7.2)

ცხრილი 7.2 უნიფიცირებული და ტიპური საყრდენის მონტაჟის ან კაპიტალური რემონტისთვის დროებით სარგებლობაში გამოყოფილი მიწის ნაკვეთის საჭირო ფართობი

ე.გ. ხაზის საყრდენი	მიწის ნაკვეთის ფართობი (მ ²) ნომინალური ძაბვის (კვ) მიხედვით				
	35	110- 150	220	330	500
რკინაბეტონის ლითონის:	150/800	150/800	150/800	250/600	300/900
თავისუფლად მდგომი	300	400	550	450	650
საჭიმრებიანი	-	3700	5500	4000	1300
ხის	450	450	450	-	-

შენიშვნა: 1. რკინაბეტონის საყრდენისთვის მრიცხველი გვირგენებს მიწის საჭირო ფართობს, როცა საყრდენს აყენებენ გაბურღულ ცილინდრულ ქვაბულში, ხოლო მნიშვნელი კი, როცა საყრდენს აყენებენ ამოთხრილ ქვაბულში;

2. 500კვ ძაბვის თავისუფლად მდგომი ანკერულ-კუთხური ლითონის საყრდენის მონტაჟისთვის დროებით გამოყოფილი საჭირო მიწის ფართობი არ უნდა აღემატებოდეს 1500 მ² -ს.

7.2 ელექტროგადაცემის ხაზზე გირლანდის (იზოლატორის) შეცვლა

7.2.1 საერთო მოთხოვნები

საყრდენზე დამკერი და დამკიმი მაიზოლირებული გირლანდის (იზოლატორის) შეცვლის სამუშაოები სრულდება სადენის გირლანდასთან ერთად მიწაზე ჩამოშვებით ან ჩამოშვების გარეშე. რადგანაც გირლანდის წონა და მასზე მოქმედი მექანიკური დატვირთვა მნიშვნელოვნად დიდია, სამუშაოების შესასრულებლად საჭიროა გამოყენებული იქნეს სპეციალური სამარჯვები.

ელექტროგადაცემის ხაზზე იზოლატორთა გირლანდის ან ცალკეული იზოლატორის შეცვლის ესა თუ ის მეთოდი განპირობებულია მთელი რიგი ფაქტორებით. კერძოდ: სარემონტო ბრიგადის შემადგენლობა და მისი წევრების მომზადების დონე; ბრიგადის აღჭურვილობა მექანიზმებითა და სამარჯვი მოწყობილობებით; ხაზის ნომინალური ძაბვის კლასი; საყრდენის ტიპი; სადენის მარკა; მალის სიგრძე; მალში გადასასვლელებისა და გადაკეთების არსებობა და სხვა.

გირლანდის (იზოლატორის) შეცვლისას გამოიყენება მომწვევი მოწყობილობა, მომწვევი ჭანჭიკი (ხრახნი), პოლისპასტი ან ხელის ჯალამბარი. გირლანდისა და ცალკეული იზოლატორის შეცვლის ყველაზე უფრო გავრცელებული მეთოდები მოცემულია 7.3 ცხრილში.

ცხრ. 7.3 გირლანდის (იზოლატორის) შეცვლის მეთოდები

მეთოდის სახე	35 კვ-მდე ძაბვის ხაზებზე	110 კვ და მეტი ძაბვის ხაზებზე
სადენის მიწაზე ჩამოშვებულად ჯალამბრიანი ავტომატის ან სხვა გაშვები მექანიზმის გამოყენებით*	ანკერულ-კუთხურ და შუალედურ საყრდენებზე	ანკერულ-კუთხურ და შუალედურ საყრდენებზე
იგივე სადენის მიწაზე ჩამოშვებით მომწვევი მექანიზმების გამოყენებით*	შუალედურ სადენებზე. უპირატესად კუთხურ-ანკერულ საყრდენებზე	შუალედურ სადენებზე. უპირატესად კუთხურ-ანკერულ საყრდენებზე

ტელესკოპური ავტოკოშკურის გამოყენებით	შუალედურ სადენებზე	შუალედურ საყრდენებზე 110 კვ ძაბვის ხაზზე
მომწვევი მექანიზმისა და ტელესკოპური ავტოკოშკურის გამოყენებით	ანკერულ-კუთხურ და შუალედურ საყრდენებზე	ანკერულ-კუთხურ და შუალედურ საყრდენებზე
მომწვევი მექანიზმის, ჯალამბრიანი ან სახაზო ავტომანქანის, ტრაპისა და სამონტაჟო ისრის გამოყენებით		ოგოვე
მომწვევი მექანიზმის, ჯალამბრიანი ავტომანქანისა და ტელესკოპური ავტოკოშკურის გამოყენებით		ოგოვე
ჯალამბრიანი ავტომანქანის, მეორე ავტომანქანის, ტრაპის (კიბის) და სამონტაჟო ისრის გამოყენებით		ოგოვე

* 35 კვ-მდე ძაბვის ხაზებზე ტრაპის (კიბის) გარეშე, 110 კვ და მეტი ძაბვის ხაზებზე სპეციალური ტრაპის ან კიბის გამოყენებით

გირლანდის (იზოლატორის) შეცვლის სამუშაოები სრულდება განაწესით გამორთულ და ჩამოწეულ ხაზზე. სამუშაოს დაწყების წინ სამუშაოს მწარმოებელი უნდა დარწმუნდეს გამოსაყენებელი მექანიზმის, სამარჯვის, ტაკელაჟის, ინსტრუმენტებისა და დამცავი საშუალებების ვარგისიანობაში. მან ბრიგადის წევრები ისე უნდა განალაგოს, რომ ტვირთის ჩამოვარდნისას, სადენის ან ბაგირის გაწყვეტისას მათ არ შეექმნათ საფრთხე.

გამწვევი მექანიზმის გამოყენებისას ამ მექანიზმის მოქმედება უნდა მიმდინარეობდეს სამუშაოს მწარმოებლის ბრძანებით.

აკრძალულია ადამინის ან სამარჯვის მიახლოება ჩაუმიწებელ მეხდამცავ გეარლთან ერთ მეტრზე უფრო ახლოს.

გირლანდაზე ელექტრომონტიორების გადაადგილებისას გამოყენებული უნდა იქნეს 2 დამზღვევი ბაგირი. აკრძალულია დამცავი სარტყლის ჯამბარის მიმაგრება გირლანდაზე.

თუ აღმოჩენილი იქნა დეფექტი, რომელმაც შეიძლება გამოიწვიოს გირლანდის გაწყვეტა, მაშინ გირლანდაზე გადაადგილება აკრძალულია.

უსასრულო ბაგირად გამოყენებული უნდა იქნეს არაფოლადის ბაგირი.

სამუშაოს დამთავრებას აფორმებს სამუშაოს მწარმოებელი აქტით.

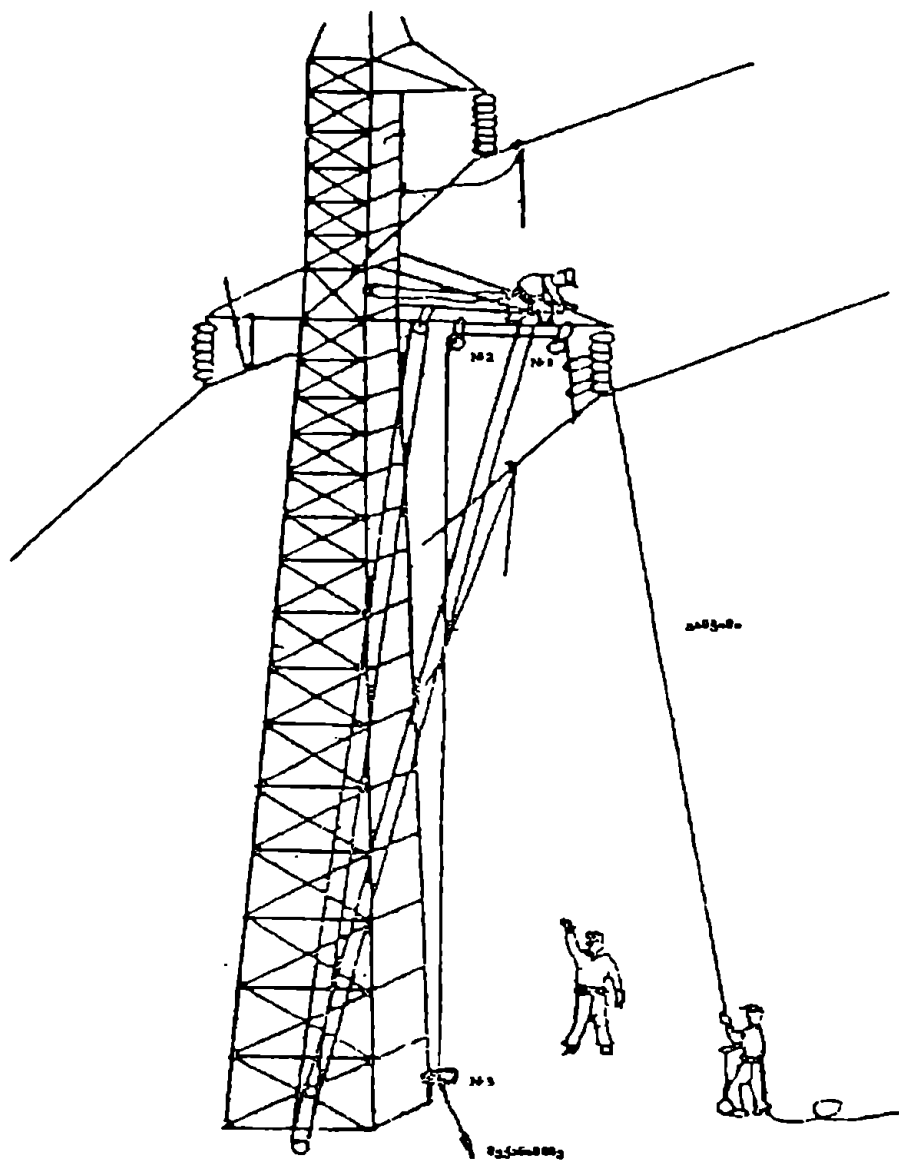
7.2.2 დამჭერი გირლანდის (იზოლატორის) შეცვლა 220 კვ ძაბვის ლითონის შუალედურ საყრდენზე

მუშაობის დაწყების წინ სამუშაოს მწარმოებელი ამოწმებს საყრდენის კოროზიულობის მდგომარეობასა და მისი ფუნდამენტზე დამაგრების საიმედოობას. ატარებს სათანადო ინსტრუქტაჟს და ელექტრომონტიორთან ერთად ადის საყრდენზე და ააქვს უსასრულო ბაგირი. ისინი მაგრდებიან საყრდენზე სარტყლით და უსასრულო ბაგირის ერთ ბლოკს ამაგრებენ ტრავერსაზე შესაცვლელი გირლანდის მხარეს. ამავე ბაგირის მეორე ბლოკი მაგრდება ღუზით მიწაზე ხაზის ღერძის გასწვრივ.

უსასრულო ბაგირით საყრდენზე მიეწოდება შტანგა გადასატან ჩამიწებასა და ძაბვის მაჩვენებელთან ერთად. შემოწმდება ძაბვის არარსებობა და ჩამიწდება ხაზის სამივე ფაზა, რომლის შემდეგ სამუშაოს მწარმოებელი ეშვება მიწაზე.

თუ საყრდენის მომიჯნავე ძალებში ადგილი არა აქვს რაიმე საინჟინრო ნაგებობის გადაკეუთას, გირლანდის (იზოლატორის) შეცვლა წარმოებს გირლანდასთან ერთად სადენის მიწაზე ჩამოშვებით (ნახ. 7.1).

საყრდენზე მყოფ ელექტრომონტიორს უსასრულო ბაგირის ბლოკი გადააქვს გირლანდასთან ახლოს და ამაგრებს. ამ ბაგირით საყრდენზე ააქვს ინსტრუმენტები და ორი ბლოკი, რომელთაგანაც ერთს ამაგრებს ტრავერსაზე გირლანდასთან ახლოს, ხოლო მეორეს კი – საყრდენის ტანთან ახლოს. ამ ბლოკებში და საყრდენის ძირში დამაგრებულ კიდევ მესამე ბლოკში ატარებენ უსასრულო ბლოკით მიწოდებულ გამწვევ ბაგირს, რომლის ზედა ბოლოზე მიმაგრებული სატაცი წამოედება სადენს, ხოლო ქვედა ბოლო მიმაგრდება გამწვევ მექანიზმზე.



ნახ.7.1 220 კვ ძაბვის ლითონის შუალედურ საყრდენზე გირლანდის (იზოლატორის) შეცვლა სადენის მიწაზე ჩამოშვებით

ბაშბის ბაგირით გირლანდას დამაგრებენ გამწვევ ბაგირზე. თავის მხრივ გირლანდაზე მიამაგრებენ კიდევ გამჭიმ ბაგირს, რომლის მეორე ბოლო ხელში უჭირავს მიწაზე მდგომ ელექტრომონტიორს.

საყრდენისაკენ პირით მდგომი გამწვევი მექანიზმის ნელი უკუსვლით გამწვევი ბაგირი ისე უნდა გაიჭიმოს, რომ გირლანდა განთავისუფლდეს დატვირთვისაგან. ეს საშუალებას მოგვცემს გავხსნათ გირლანდის ტრავერსაზე დამაგრების კვანძი. ამის შემდეგ გამწვევი მექანიზმის ნელი წინსვლით გირლანდა სადენთან ერთად ეშვება მიწაზე, რომლის უსაფრთხო ჩამოშვებას ხელს უწყობს გამჭიმ ბაგირი.

მიწაზე შეიცვლება იზოლატორი ან მთლიანად გირლანდა. გარემონტებულ (შეცვლილ) გირლანდაზე მიებმება გამწვევი და გამჭიმ ბაგირები და გამწვევი მექანიზმის ნელი უკუსვლით გირლანდა სადენთან ერთად აიწვეა საყრდენზე და მიმაგრდება ტრავერსაზე. ამის შემდეგ მოიხსნება ყველა გამოყენებული სამარჯვები და ჩამოიშვება მიწაზე.

ფაზებიდან მოხსნიან გადასატან ჩამიწებას და ელექტრომონტიორი ეშვება მიწაზე.

იმ შემთხვევაში, როცა საყრდენის მომიჯნავე ერთ-ერთ მალში ადგილი აქვს რაიმე საინჟინრო ნაგებობის გადაკვეთას (ან საყრდენი დგას ძნელად მისადგომ ადგილზე), მაშინ გირლანდა (იზოლატორი) უნდა შეიცვალოს სადენის მიწაზე ჩამოშვების გარეშე (ნახ. 7.2).

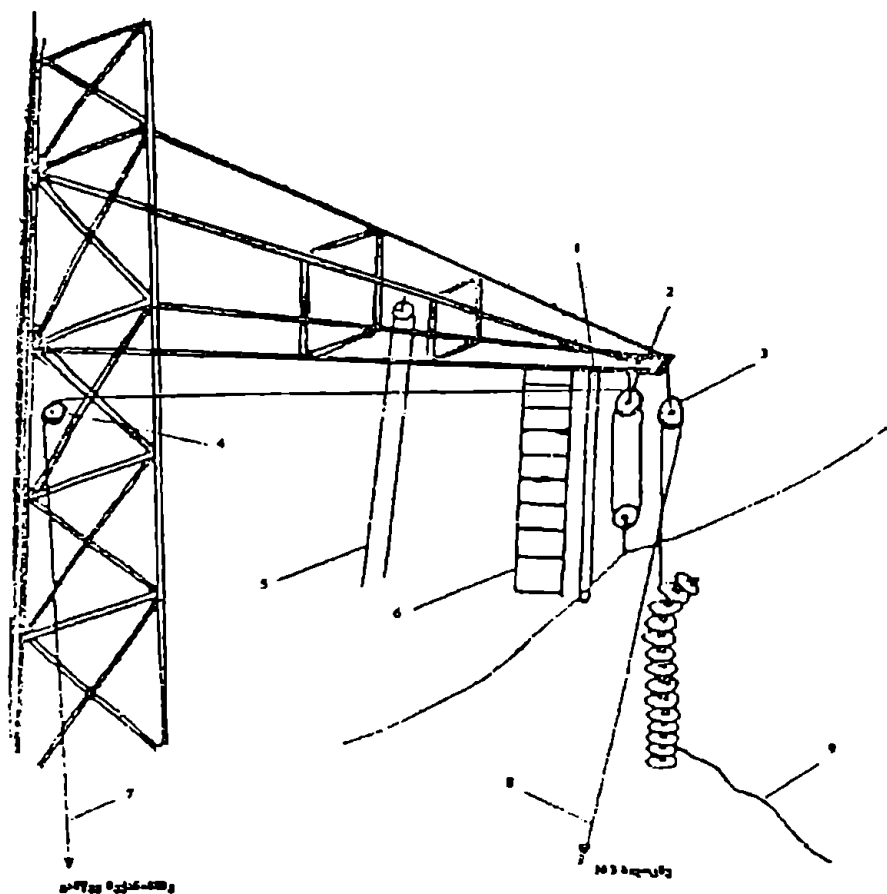
როცა მალში ხდება ძაბვის ქვეშ მყოფი ხაზის გადაკვეთა, მაშინ უნდა შემოწმდეს მალის მეორე საყრდენზე გირლანდის სიმართლე და მისი დამაგრების საიმედოობა.

მას შემდეგ რაც ჩატარება სამუშაოს უსაფრთხო შესრულებისთვის საჭირო ყველა ოპერაცია, საყრდენის ტრავერსაზე აღის ორი ელექტრომონტიორი. მაგრდებიან დამცავი სარტყლით და წინა შემთხვევისაგან განსხვავებით საყრდენზე დამატებით ააქვთ პოლისპასტი, კიბე (ტრაპი). დამზღვევი მარყუჟი და კაპრონის ბაგირი.

კიბეს ამაგრებენ ტრავერსაზე სარემონტო გირლანდის პარალელურად. დამზღვევი მარყუჟი და პოლისპასტი მიმაგრდება ტრავერსაზე. კაპრონის ბაგირს გაატარებენ გირლანდასთან ახლოს ტრავერსაზე დამაგრებულ ბლოკში, რომლის ერთი ბოლო მიმაგრდება გირლანდაზე ტრავერსიდან მეორე და მესამე იზოლატორს შორის, ხოლო მეორე ბოლო ეშვება მიწაზე და მაგრდება გამწვევ მექანიზმზე.

ელექტრომონტიორი ეშვება კიბეზე და დამზღვევ მარყუჟსა და პოლისპასტის მეორე ბოლოს მიამაგრებს სადენზე. პოლისპასტის თავი

ვისუფალი ბოლო გადის საყრდენზე დამაგრებულ ბლოკში და მიმაგრდება გამწვევ მექანიზმზე, რომლის უკუსვლით პოლისპასტის ბაგირი დაიჭიმება ისე, რომ გირლანდა განთავისუფლდება დატვირთვისგან. გირლანდას გადახსნიან სადენიდან და ტრაპერსიდან, რომლის შემდეგ კაპრონის გვარლის გამოყენებით მას ჩამოუსვებენ მიწაზე.



ნახ. 7.2 220 კვ ქაბის ლითონის შუალედურ საყრდენზე გირლანდის (იზოლატორის) შეცვლა სადენის მიწაზე ჩამოშვები გარეშე: 1-დამზღვევი მარყუევი; 2-პოლისპასტი; 3-ბლოკი №1; 4-ბლოკი №2; 5-უსასრულო ბაგირი; 6-კიბე; 7-პოლისპასტის მოძრავი ბაგირი; 8-გამწვევი ბაგირი; 9-დამჭიმი

გარემონტებულ გირლანდას კაპრონის გვარლით გამჭიმში ბამბის გვარლთან ერთად აწევენ საყრდენზე. მიამაგრებენ მას ჯერ ტრავერსაზე და შემდეგ სადენზე, რომლის შემდეგ მოხსნიან გამოყენებულ სამარჯელებს, გადასატან დაშიწებას და ჩამოუშვებენ მიწაზე. ელექტრომონტიორები ეშვებიან მიწაზე.

7.2.3 დამჭერი გირლანდის (იზოლატორის) შეცვლა 500 კვ ძაბვის ლითონის შუალედურ საყრდენზე

500 კვ ძაბვის ხაზზე გირლანდის (იზოლატორის) შეცვლა წარმოებს სადენის მიწაზე ჩამოუშვებლად. სამუშაოთა ჩასატარებლად დამატებით იყენებენ ისეთ სამარჯვ მექანიზმებს, როგორიცაა: მომწვევი ჭანჭიკი: მომწვევი მოწყობილობა: ბერკეტიანი ჯალამბარი და სხვ. როგორც წესი, საყრდენზე მუშაობს ბრიგადის სამი წევრი – სამი ელექტრომონტიორი.

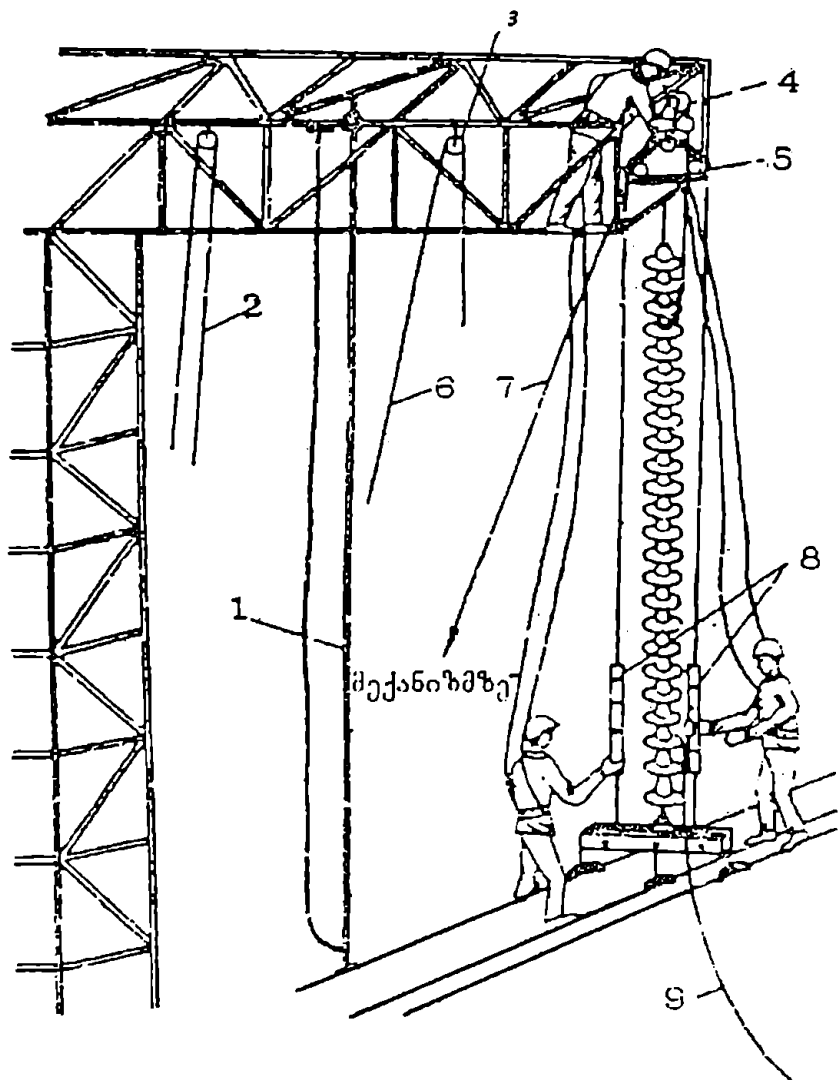
სამუშაოთა უსაფრთხო შესრულებისთვის საჭირო ყველა ოპერაციებისა და ინსტრუქტაჟის ჩატარების შემდეგ იწყება დაზიანებული გირლანდის (იზოლატორის) მოხსნის სამუშაოები.

ორი მომწვევი ჭანჭიკით სარგებლობის შემთხვევაში ხაზზე გირლანდის შეცვლის სამუშაოები სრულდება ქვემოთ მოყვანილი თანმიმდევრობით.

ორი ელექტრომონტიორი გირლანდის საშუალებით ტრავერსიდან ჩადის სადენებზე (ნახ. 7.3) და დემონტაჟს უკეთებენ დამცავ რგოლს. მომწვევი ჭანჭიკები ზედა ბოლოებით მაგრდება ტრავერსაზე, ხოლო ქვედა ბოლოებით კი – მხრეულზე. მათი საშუალებით ასუსტებენ დატვირთვას გირლანდაზე და გადახსნიან გირლანდას მხრეულიდან. ტრავერსიდან გირლანდის მესამე და მეოთხე იზოლატორებს შორის მიამაგრებულია ბაგირის ერთი ბოლო. ბაგირი გადის ტრავერსაზე დამაგრებულ ბლოკზე და მეორე ბოლოთი მიამაგრებულია გამწვევ მექანიზმზე. ამ უკანასკნელის ნელი სვლით, წარმოებს გირლანდის აწევა ტრავერსისკენ, რაც საშუალებას გვაძლევს გადავხსნათ გირლანდა ტრავერსიდან და ჩამოუშვათ მიწაზე.

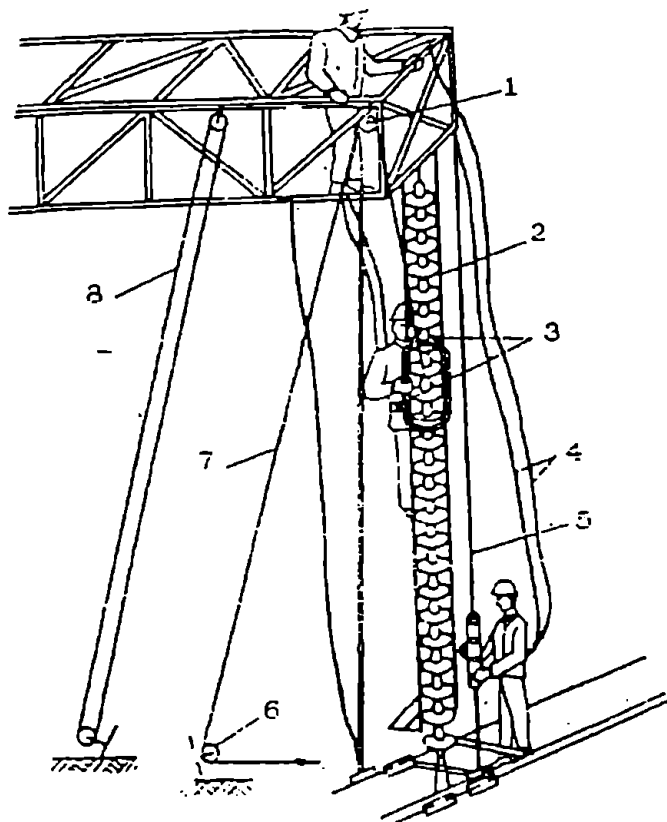
გარემონტებულ გირლანდას აწევენ საყრდენზე და დაამაგრებენ. დანარჩენ ოპერაციათა ჩატარება მიმდინარეობს უკუმიმდევრობით.

გირლანდაში დაზიანებული იზოლატორის შესაცვლელად გა-
მოიყენება მომწვევი მოწყობილობა და ერთი მომწვევი ტანჭიკი. ამ სა-
მუშაოს შესასრულებლად საჭიროა ჩამოსასვლელი კიბე.

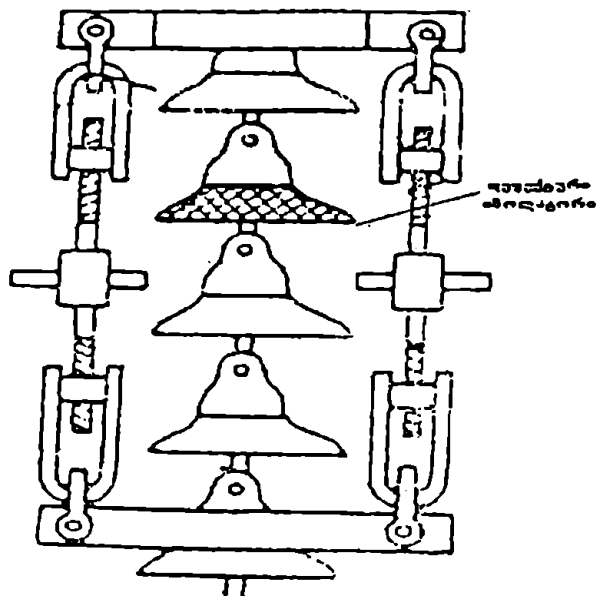


ნახ. 7.3 დამჭერი გირლანდის შეცვლა 500კვ ძაბვის ლითონის შუალედურ
საყრდენზე 1-გადასატანი დამიწება; 2-უსასრულო ბაგირი; 3-ბლოკი №1;
4-ბლოკი №2; 5-უღელი; 6-კაპრონის ბგირი; 7-ფოლადის ბაგირი; 8-მომ-
წვევი ტანჭიკები; 9-გამჭიმი.

ერთი ელექტრომონტორი ჩადის სადენებზე და მომწვევი ჭანჭიკის ქვედა ბოლოს ამაგრებს მხრეულზე (ნახ. 7.4). ამ ჭანჭიკით ელექტრომონტორი ასუსტებს გირლანდაზე მოდებულ მექანიკურ დატვირთვას და შემდეგ გირლანდის საშუალებით ადის შესაცვლელ იზოლატორამდე. ამავე იზოლატორამდე ჩამოდის მეორე ელექტრომონტორიც. ისინი კაპრონის ბაგირით მიწოდებულ მომწვევ მოწყობილობას აყენებენ გირლანდის სარემონტო ნაწილზე (ნახ. 7.5), ზოლო დაზიანებულ იზოლატორზე კი მიამაგრებენ კაპრონის ბაგირს.



ნახ. 7.4 500 კვ ძაბვის ლითონის შეაღებურ საყრდენზე დაზიანებული იზოლატორის შეცვლა: 1, 6- ბლოკები; 2- კაბე; 3- მომწვევი მოწყობილობა; 4- დამკვიბი ჭანჭიკი; 5- კაპრონის ბაგირი; 7- უსასრულო ბაგირი

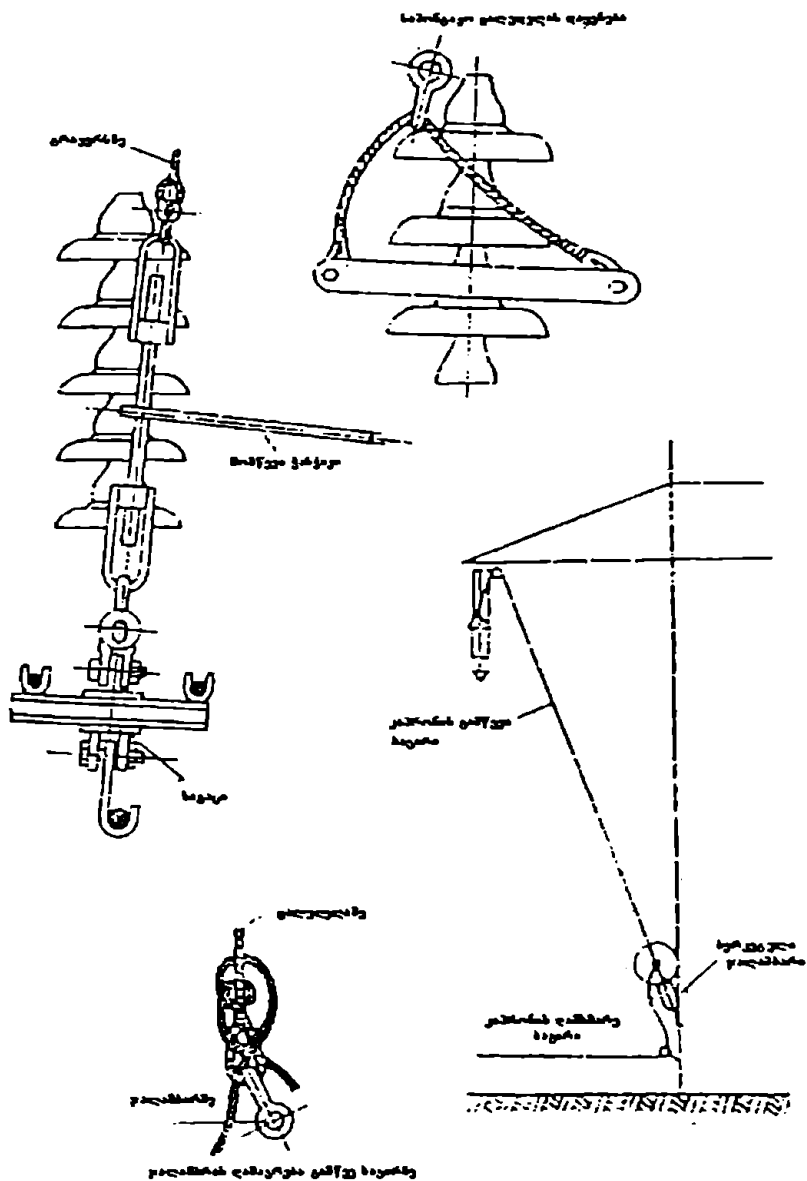


ნახ. 7.5 მომწვევი მოწყობილობის დაყენების სქემა

მომწვევი მოწყობილობით ასუსტებენ გირლანდის დაზიანებული ნაწილის დაჭიმულობას, ხსნიან დაზიანებულ იზოლატორს და უშვებენ მიწაზე.

მიწაზე დაზიანებული იზოლატორის საღით შეცვლის შემდეგ სამუშაოს წარმოება მიმდინარეობს ზემოთ აღნიშნულ ოპერაციათა უკუმიმდევრობით.

გირლანდის შეცვლა შეიძლება ჩაეტარათ ერთი მომწვევი ჭანჭიკის, ბერკეტიანი ჯალაბრისა და ცალუღელას დახმარებით. ამ შემთხვევაში გირლანდა მიწაზე ჩამოაქვთ ნაწილ-ნაწილ და ასევე ნაწილ-ნაწილ ააქვთ ახალი გირლანდა და ამაგრებენ ტრავერსაზე. ამ ზერხით დაზიანებული გირლანდის შეცვლის სახასიათო ოპერაციები ნაჩვენებია 7.6 ნახაზზე.



ნახ. 7.6 გირლანდის შეცვლა ცალუღელას დახმარებით

7.2.4 დამჭიმი გირლანდის (იზოლატორის) შეცვლა 220 კვ ძაბვის ლითონის ანკერულ საყრდენზე

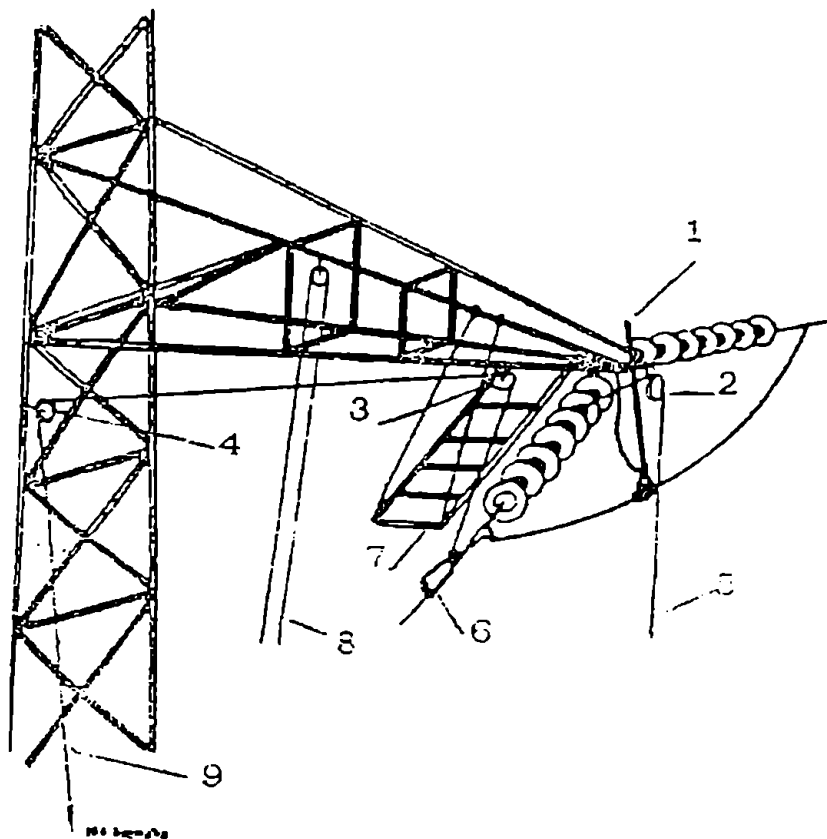
სამუშაოს მწარმოებელი ელექტრომონტიორთან ერთად ადის საყრდენზე და ააქვთ უსასრულო ბაგირი, სამი ბლოკი და გადასატანი ჩამიწება. ამიწებენ სარემონტო გირლანდის ფაზის შლექსს (ნახ. 7.7).

უსასრულო ბაგირის ერთი ბლოკი მაგრდება ტრავერსაზე, მეორე კი მიწაზე ღუზით. ორი ბლოკი (№1, №2) მაგრდება ტრავერსაზე და მესამე (№3) კი საყრდენის ტანზე. ერთი (№4) ბლოკი მაგრდება საყრდენის ძირზე.

უსასრულო ბაგირით ზემოთ ააქვთ ფოლადისა და კაპრონის ბაგირები. ფოლადის ბაგირს ატარებენ № 2, 3, 4 ბლოკებში, რომლის საშუალებით ზემოთ ააქვთ კიბე და ამაგრებენ მას შესაცვლელი გირლანდის პარალელურად. ელექტრომონტიორი ჩადის კიბეზე და ფოლადის ბაგირის ბოლოს სამონტაჟო მომჭერის გამოყენებით ამაგრებს სადენზე დამჭერი მომჭერიდან მალის მხარეს. ფოლადის ბაგირის მეორე ბოლო მიმაგრებულია გამწვევ მექანიზმზე, რომლის ნელი უკუსვლით გირლანდა განთავისუფლდება დატვირთვისგან.

კაპრონის ბაგირს გაატარებენ №1 ბლოკში და მის ერთ ბოლოს მიამაგრებენ გირლანდაზე ტრავერსიდან მეორე და მესამე იზოლატორებს შორის, ხოლო მეორე ბოლოს ჩამოუშვებენ მიწაზე. გირლანდას მოხსნიან დამჭიმი მომჭერიდან და ტრავერსიდან, რომელსაც ჩამოუშვებენ მიწაზე კაპრონის ბაგირის დახმარებით. შეცვლიან მას (ან დაზიანებულ იზოლატორს) და ისევ ასწევენ ზემოთ. სამუშაოს დაამთავრებენ ოპერაციათა უკუმიმდევრობით შესრულების გზით.

შესაძლებელია დაზიანებული იზოლატორი შევცვალოთ ადგილზე გირლანდის მიწაზე ჩამოუშვებლად. ამ შემთხვევაში ფოლადის ბაგირი უნდა მივამაგროთ გირლანდაზე მოხერხებულ ადგილას, ხოლო კაპრონის ბაგირი კი – დაზიანებულ იზოლატორზე.



ნახ. 7.7 დამჭიში გირლანდის (იზოლატორის) შეცვლა 220 კვ ძაბვის ლითონის ანკერულ საყრდენზე: 1-გადასატანი დამიწება; 2-ბლოკი №1; 3-ბლოკი №2; 4-ბლოკი №3; 5-კაპრონის ბაგირი; 6-სამონტაჟო დამჭიში მომჭერი; 7-ტრაპი; 8-უსასრულო ბაგირი; 9-გამწევი ბაგირი.

7.2.5 500 კვ ძაბვის ლითონის ანკერულ საყრდენზე დამჭიმ გირლანდაში დაზიანებული იზოლატორის შეცვლა

დამჭიმ გირლანდაში დაზიანებული იზოლატორის შეცვლა შეიძლება ჩატარდეს სამი ზერხით: ა) მომწვევი ჭანჭიკის; ბ) მომწვევი მოწყობილობის; გ) მომწვევი მოწყობილობისა და ტელესკოპური ავტოკოშკურას გამოყენებით.

მომწვევი ჭანჭიკის გამოყენებისას იგი (ჭანჭიკი) მაგრდება ტრავერსის ზედა კუთხოვანაზე და დაზიანებული იზოლატორის გირლანდის სადენზე სოლური მომჭერით. გირლანდას შესაცვლელი იზოლატორის ორივე მხარეს ბამბის ბაგირით მიამაგრებენ მომწვევ ჭანჭიკზე, აქვე მიმაგრებულია ერთი ბლოკი (ნახ. 7.8), რომელშიც გატარებულია კაპრონის ბაგირი და რომლის ერთი ბოლო მიმაგრებულია დაზიანებულ იზოლატორზე, მეორე კი ჩამოშვებულია მიწაზე. მომწვევი ჭანჭიკის დახმარებით შეასუსტებენ გირლანდის დაჭიმულობას, ჩახსნიან დაზიანებულ იზოლატორს და ჩამოუშვებენ მიწაზე.

მომწვევი მოწყობილობის გამოყენებისას მას ამაგრებენ გირლანდის სარემონტო მონაკვეთზე (ნახ. 7.9). აქვე ახლოს მეორე გირლანდაზე ამაგრებენ ბლოკს, რომელშიც გატარებულია კაპრონის ბაგირი, რომლის ერთი ბოლო დამაგრებულია დაზიანებულ იზოლატორზე და მეორე კი ჩამოშვებულია მიწაზე. მომწვევი მოწყობილობის დახმარებით შეასუსტებენ გირლანდის დაზიანებული ნაწილის დაჭიმულობას, ჩახსნიან დაზიანებულ იზოლატორს და ჩამოუშვებენ მიწაზე.

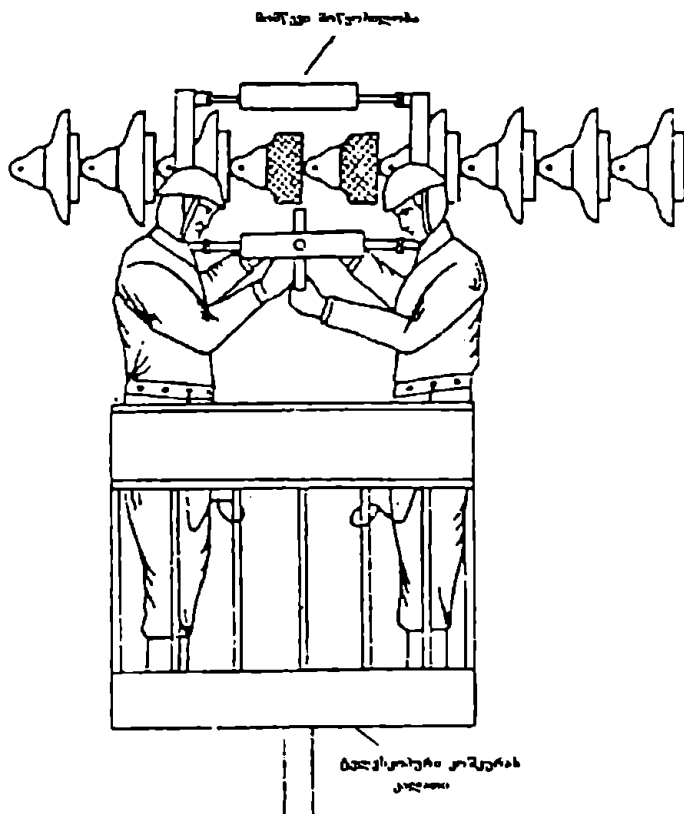
მომწვევი მოწყობილობისა და ტელესკოპური ავტოკოშკურას გამოყენებისას ავტოკოშკურას აყენებენ სარემონტო მაიზოლირებელი საკიდრის ქვეშ. ავტოკოშკურას შასს ჩაამიწებენ.

ავტოკოშკურაში ადის სამუშაოს მწარმოებელი ელექტრომონტიორთან ერთად. მათ ააქვთ გადასატანი ჩამიწება, მომწვევი მოწყობილობა, იზოლატორები, მონტიორის ინსტრუმენტები და მაგრდებიან დამცავი სარტყლით.

ავტოკოშკურას კალათას აწვევენ ზემოთ ისე, რომ იგი სადენის ყულფის მიახლოვდეს არანაკლებ 4,5 მეტრზე. გადასატანი დამიწებით ჩაამიწებენ სარემონტო ფაზის ყულფს ავტოკოშკურაზე. ამის შემდეგ კალათას ასწვენ საჭირო სიმაღლეზე (ნახ. 7.10).

მომწევ მოწყობილობას აყენებენ გირლანდის სარემონტო ნაწილზე და მისი დახმარებით ამცირებენ დაზიანებული იზოლატორის დაჭიმულობას, ხსნიან მას და აყენებენ ახალს. შემდგომი ოპერაციები მიმდინარეობს ჩატარებული ოპერაციების უკუმიმდევრობით.

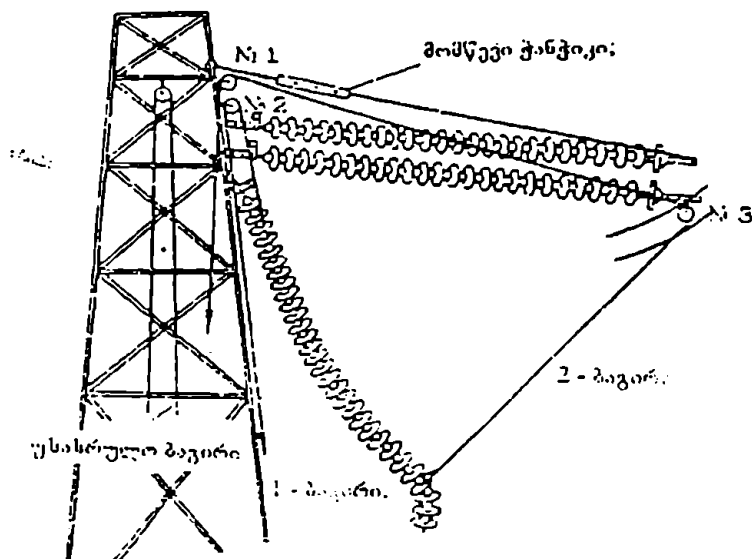
უნდა აღინიშნოს, რომ დაზიანებული იზოლატორის შესაცვლელად პირველი და მეორე ხერხის გამოყენებისას ელექტრომონტიორებს უწევთ გირლანდის გასწვრივ გადაადგილება, ხოლო მესამე ხერხის გამოყენებისას კი ამის აუცილებლობა არ არის.



ნახ. 7.10 მომჭიმი მოწყობილობის დაყენება ტელესკოპური კოშკურას გამოყენებით

7.2.6 გირლანდის შეცვლა 500 კვ ძაბვის ლითონის ანკერულ საყრდენზე

სარემონტო გირლანდის ფაზის ჩამოწების შემდეგ საყრდენზე ააქეთ სამი ბლოკი, რომელთაგანაც პირველ ორს დაამაგრებენ ტრავერსის ზედა მხარეს, ხოლო მესამეს შესაცვლელი გირლანდის პარალელურ გირლანდაზე მის ბოლოში (ნახ. 7.11). საყრდენის ძირზე ამაგრებენ ორ ბლოკს.



ნახ. 7.11 გირლანდის შეცვლა 500 კვ ძაბვის ლითონის ანკერულ საყრდენზე

გამწვევი ფოლადის ერთ ბაგირს გაატარებენ №2 ბლოკში და დაამაგრებენ შესაცვლელ გირლანდაზე ტრავერსიდან მეორე და მესამე იზოლატორებს შორის. ამ ბაგირის მეორე ბოლოს გაატარებენ საყრდენის ძირზე დამაგრებულ ერთ-ერთ ბლოკში და მიამაგრებენ გამწვევ შექანიზმზე. ფოლადის მეორე ბაგირს გაატარებენ №1 და №3 ბლოკებში და მიამაგრებენ შესაცვლელ გირლანდაზე სადენიდან მესამე და მეოთხე იზოლატორებს შორის. ამ ბაგირის ბოლოს გაატარე-

ბენ საყრდენის ძირზე მიმაგრებულ მეორე ბლოკში და მიამაგრებენ გამწვევ მექანიზმზე.

გამწვევ ჭანჭიკს შესაცვლელი გირლანდის პარალელურად ერთი ბოლოთი ამაგრებენ საყრდენზე, ხოლო მეორე ბოლოთი კი სახაზო არმატურაზე დამჭიმვი მომჭერის წინ (ან სადენზე ორი სოლური მომჭერის საშუალებით). ამ ჭანჭიკის დახმარებით ასუსტებენ გირლანდის დაჭიმულობას და შესაძლებელი გახდება საკიდი არმატურიდან გადაეხსნათ შესაცვლელი გირლანდა.

გამწვევი მექანიზმის ნელი სვლით ასუსტებენ მეორე ბაგირის დაჭიმულობას, რის გამოც გირლანდა სადენის მხრიდან გარკვეულ დონეზე ჩამოეშვება.

ფოლადის პირველი ბაგირის დაჭიმვით შესაძლებელი ხდება გირლანდა განვითავისუფლოდ ტრავერსიდან და შემდეგ გამწვევი მექანიზმის ნელი სვლით ასუსტებენ ორივე ბაგირის დაჭიმულობას და გირლანდა ჩამოეშვება მიწაზე.

ახალ გირლანდაზე მიამაგრებენ ფოლადის ორივე ბაგირს და ოპერაციათა უკუმძიდევრობით ჩატარების გზით გირლანდას დაამაგრებენ თავის ადგილზე.

ანკერულ საყრდენზე გირლანდის შეცვლა შეიძლება შევასრულოთ პოლისპასტის გამოყენებით.

შესაცვლელი გირლანდის ფაზის შლეიფის ჩამიწების შემდეგ უსასრულო ბაგირით საყრდენზე ააქვთ სამი ბლოკი, რომელთაც ამაგრებენ საყრდენზე. ამათგან ორ ბლოკს (№2, №3) ამაგრებენ შესაცვლელი გირლანდის სხვადასხვა მხარეს (ნახ. 7.12). ასევე სამ ბლოკს (№4, 5, 6) ამაგრებენ საყრდენის ძირზე.

უსასრულო ბაგირით საყრდენზე ააქვთ ფოლადის ბაგირი 1, რომელსაც ატარებენ №4 ბლოკში და დაამაგრებენ მეორე გამწვევ მექანიზმზე. ამ ბაგირით საყრდენზე ააქვთ პოლისპასტი, სოლური სამონტაჟო მომჭერი და ფოლადის ბაგირი 2.

პოლისპასტის ერთ ბლოკს დაამაგრებენ საყრდენზე გირლანდასთან ახლოს.

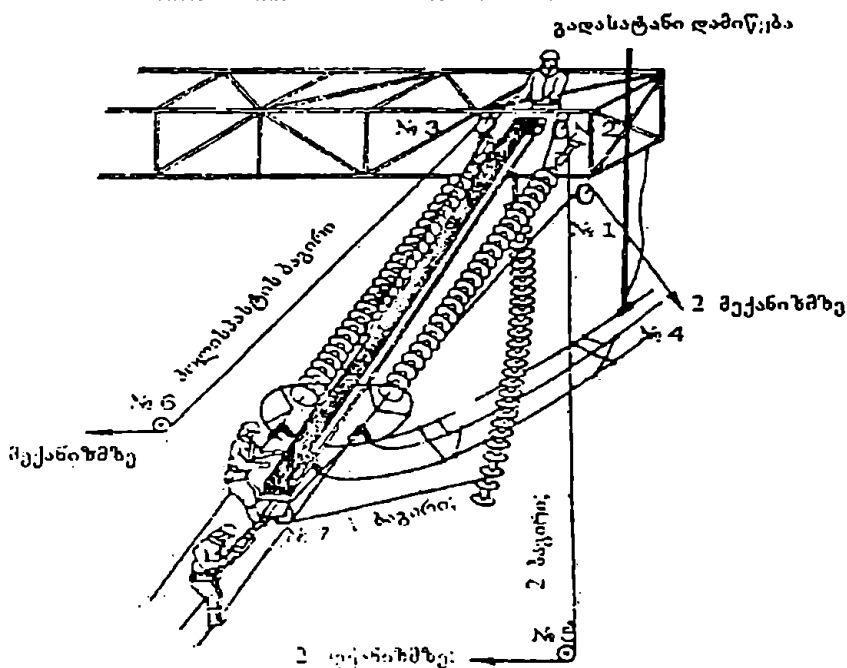
ფოლადის მეორე ბაგირს გაატარებენ №2 ბლოკში და მიამაგრებენ შესაცვლელ გირლანდაზე საყრდენიდან მეორე და მესამე იზოლატორებს შორის. ამ გვარლის მეორე ბოლოს გაატარებენ საყრდენის ძირზე მიმაგრებულ №5 ბლოკში.

ორი ელექტრომონტიორი გადადის გირლანდის ბოლოში, ხსნიან დამცავ რგოლს და სოლური სამონტაჟო მომჭერით სადენზე

ამაგრებენ პოლისტასტს. ფოლადის პირველ ბაგირს გაატარებენ პოლისტასტის დამატებით №7 ბლოკში და დაამაგრებენ შესაცვლელ გირლანდაზე სადენიდან მეორე და მესამე იზოლატორებს შორის. პოლისტასტის ბაგირს გაატარებენ საყრდენზე დამაგრებულ №3 და საყრდენის ძირზე დამაგრებულ №6 ბლოკებში და მიამაგრებენ პირველ მექანიზმზე.

პირველი გამწვევი მექანიზმის ნელი უკუსვლით გირლანდაზე მოდებული დატვირთვა გადადის პოლისტასტზე. მეორე გამწვევი მექანიზმის უკუსვლით ჭიმავენ შესაცვლელ გირლანდას სადენისაკენ და გადახსნიან გირლანდას დამჭიმო მომჭერიდან. ამავე მექანიზმის ნელი წინსვლით გირლანდა გადადის ვერტიკალური მდგომარეობისაკენ. მექანიზმიდან ჩახსნიან ამ ბაგირს და დაამაგრებენ მეორე ბაგირს. ამის შემდეგ გამწვევი მექანიზმის ნელი უკუსვლით საშუალება გვეძლევა გადავხსნათ გირლანდა დამაგრების კვანძიდან და შემდეგ მექანიზმის წინ სვლით გირლანდას დაუშვებენ მიწაზე.

ახალ გირლანდას (ან გარემონტებულ გირლანდას) ამაგრებენ ოპერაციების უკუმიმდგომი ჩატარების გზით.



ნახ. 7.12 500 კვ ძაბვის ლითონის ანკერულ საყრდენზე გირლანდის შეცვლა პოლისტასტის გამოყენებით

7.3 დასაწესი მომჭერების მონტაჟი

7.3.1 საერთო მოთხოვნები

საკაპრო ხაზების პროფილაქტიკური დათვალიერებისა და შემოწმების შემდეგ დაწუნებული შემაერთებლები, დამჭიმი და დამჭერი მომჭერები, რომლებიც ვერ აკმაყოფილებენ მათდამი წაყენებულ მოთხოვნებს, უნდა შეიცვალოს ახლით.

ახლად დასამონტაჟებელი მომჭერები უნდა ინახებოდეს მათთვის განკუთვნილ ყუთებში ან კონტეინერებში. მომჭერი შერჩეული უნდა იქნეს სადენის მარკის შესაბამისად. მას არ უნდა გააჩნდეს ბზარები, არ უნდა ჰქონდეს ჩაჭყლელი ადგილები და კოროზია. მომჭერის ზომები უნდა შეესაბამებოდეს ცხრილებში არსებულ მონაცემებს.

მომჭერის დასამონტაჟებლად საჭირო ჰიდრაულიკური წნეხის მატრიცების შერჩევა უნდა მოხდეს მკაცრად სადენისა და მომჭერის ტიპების მიხედვით. წნეხი უნდა იყოს გამართული და შემოწმებული.

სადენის შეერთებისას საიმედო მექანიკური და ელექტრული კონტაქტების უზრუნველსაყოფად აუცილებელია:

ა) მომჭერის ფოლადის ნაწილი გასუფლადეს ჭუჭყისაგან, შიგა ღრუ გამოვრეცხოთ ბენზინით, გავამშრალეთ მშრალი, სუფთა ნაჭრით და წაუსვათ ტექნიკური ვაზელინი;

ბ) მომჭერის ალუმინის ნაწილი გასუფლადეს ჭუჭყისაგან, შიგა ღრუ გამოვრეცხოთ ბენზინით, გავამშრალეთ მშრალი, სუფთა ნაჭრით და წაუსვათ ნეიტრალური ტექნიკური ვაზელინი. ვაზელინის ფენის ქვეშ მომჭერის შიგა ზედაპირი კარგად გავაპრიალოთ რკინის ფხურით ან ჯაგრისით. გაპრიალების შემდეგ ვაზელინი არ მოვაცილოთ. თუ წასმული დარჩა ვაზელინის დიდი ფენა, მაშინ ზედმეტი ნაწილი ფრთხილად მოვაცილოთ ჩერის საშუალებით;

გ) შესაერთებელი სადენების ბოლოები გავასწოროთ, დავადოთ ბანდაჟები, სწორად გადავჭრათ და გადაჭრის ზედაპირი დავამუშაოთ ქლიბით. გავრეცხოთ ბენზინით, გავამშრალეთ მშრალი, სუფთა ნაჭრით და წაუსვათ ნეიტრალური ტექნიკური ვაზელინი.

დაწნეხვის შემდეგ უნდა მოხდეს მომჭერის ზედაპირის გულდასმითი დათვალიერება. ბზარის არსებობის შემთხვევაში მომჭერი დაწუნებული უნდა იქნეს.

მონტაჟის (შეცვლის) სამუშაოები სრულდება გამორთულ ხაზზე განწესით. სამუშაოები უნდა შეასრულოს იმ პირებმა, რომლებიც კარგად ფლობენ მომჭერების შეცვლის მეთოდებს და იციან ჰიდრაულიკურ წნეხზე მუშაობის წესები.

გასარეცხად გამოსაყენებელი ბენზინი მოთავსებული უნდა იყოს პერმეტულ, არამსხვრევად ჭურჭელში. ეთილირებული ბენზინის გამოყენება აკრძალულია.

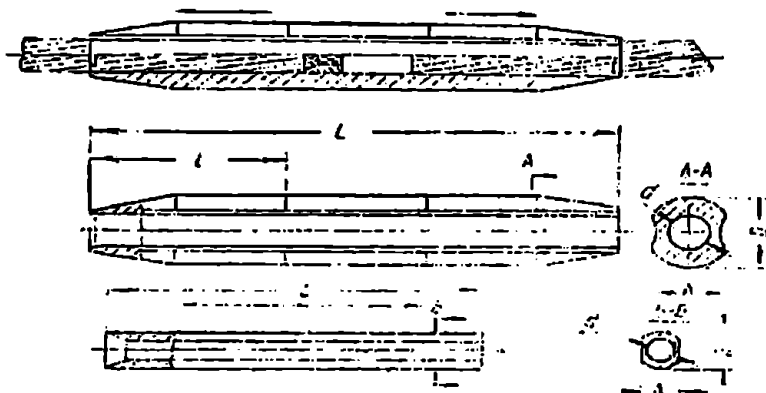
სამუშაოს წარმოების დროს ბრიგადის წევრებისათვის სიგარეტის მოწვევა აკრძალულია. სამუშაო ადგილას აკრძალულია უცხო პირთა ყოფნა.

7.3.2 შემადგენელი დასაწნეხი მომჭერის მონტაჟი

240 – 600 მმ² განიკვეთის ფოლად-ალუმინის სადენების შეერთება ხდება CAC ტიპის დასაწნეხი მომჭერით (ნახ. 7.13, ცხრ. 7.4). დასაწნეხი მომჭერი შედგება კორპუსისგან, რომელიც წარმოადგენს ალუმინის ოვალური პროფილის მილს, და ასევე ოვალური პროფილის გულარისგან. გულარი განკუთვნილია სადენის ფოლადის მავთულების შესაერთებლად.

ცხრილი 7.4 შემადგენელი დასაწნეხი მომჭერები

მომჭერის მარკა	სადენის მარკა	მომჭ. ღებ.	მატრიცა		ზომები, მმ.					გარანტი- სიმტკი- უნა კნ
			ღიამ.	მარკა	d	D	A	ℓ	L	
CAC-300 PIY	AC-300/48	კორპ.	40,5	A-40,5	27	47	39,5	195	500	83
		გულარი	24	C-24	15,5	28	23,5	-	80	92
CAC-300 P2 Y	AC-300/67	კორპ.	40,5	A-40,5	27	47	39,5	205	220	103
		გულარი	24	C-24	17,0	28	23,5	-	80	
CAC-400 PIY	AC-400/51	კორპ.	46	A-46	28,5	52	44	205	520	107
		გულარი	28	C-28	14,5	28	23,5	-	80	
CAC-400 P2Y	AC-400/93	კორპ.	51	A-51	31,5	58	50	215	550	138
		გულარი	28	C-28	20	36	27,5	-	90	
CAC-500 PIY	AC-400/51	კორპ.	51	A-51	31,5	58	50	220	560	122
	AC-500/64		52	A-52						
	AC-400/22 AC-500/26	გულარი	28	C28	17	32	26	-	90	131
CAC-240 PIY	AC-300/39	კორპ.	40,5	A-40,5	27	47	39,5	135	380	73
		გულარი	24	A-24	13,5	28	23,5	-	80	



ნახ. 7.13 CAC —ტიპის შემაერთებელი
დასაწნეხი მომჭერი

შესაერთებელი სადენების ბოლოებზე აყენებენ მავთულის ბან-
დაუებს (ნახ. 7.14ა). შემდეგ სადენებზე ბოლოებიდან ± 20 მმ მანძილ-
ზე (ნახ. 7.14ბ) აყენებენ მეორე ბანდაუს და ბოლოებიდან $\pm$ მანძილზე
სადენს აკლიან ალუმიანის მავთულებს. სხვადასხვა სადენისთვის აღ-
ნიშნული მანძილები მოცემულია 7.5 ცხრილში.

ცხრილი 7.5 შესაერთებელ სადენებზე
ბანდაუსის დაყენების ზომები

მომჭერის ტიპი	სადენის მარკა	ზომები მმ.	
		l	l_1
CAC-240 PIY	AC-240/39	110	135
	AC-300/39		
CAC-300 PIY	AC-300/48	110	195
CAC-300 PIY	AC-300/67	120	200
CAC-400 PIY	AC-400/22	110	205
CAC-400 P2P	AC-400/93	120	215
CAC-500 PIY	AC-400/51	120	220
	AC-500/26		
CAC-600 PIY	AC-600/72	120	255

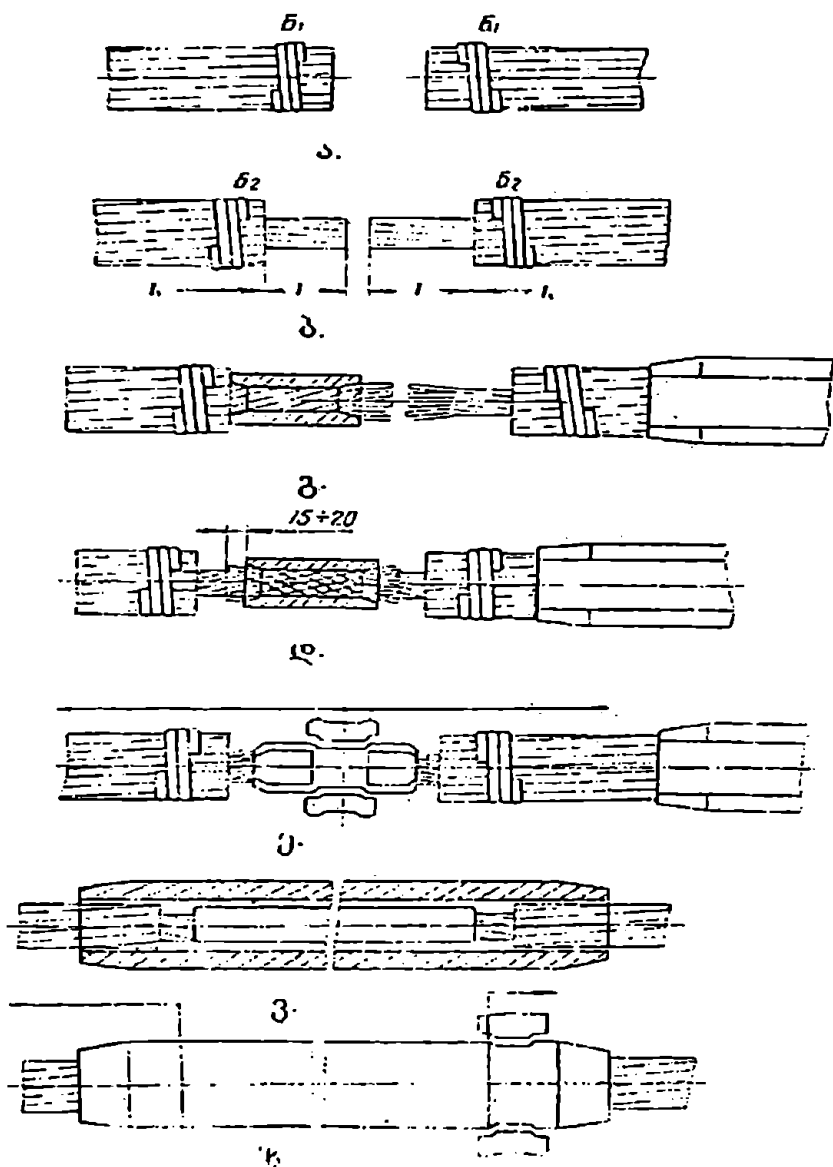
ალუმინმოცილებული ფოლადის გულარის მავთულები იწმინ-
დება ბენზინში დასველებული ჩვრით. შემდეგ ცალკეული ბოლუნული

ფოლადის მავთული სწორდება. სადენის ალუმინის ზედაპირი ლი სიგრძეზე (მოცემულია ცხრილი 7.5) იწმინდება ბენზინში დასველებული ჩერით და რკინის ჯაგრისით. ერთ რომელიმე შესაერთებელ სადენს ჩამოეცმება მომჭერის ალუმინის კორპუსი (ნახ. 7.14გ), ხოლო სადენის ფოლადის გულარის მავთულებს ჩამოეცმება შემაერთებელი მომჭერის ფოლადის გულარი. მეორე სადენის ფოლადის მავთულები შეყავთ შემაერთებლის გულარში (ნახ. 7.14დ) ისე, რომ ფოლადის სადენები გამოვიდნენ შემაერთებლის გულარიდან 15 ± 20 მმ-ით. შემდეგ შერჩეული მარტივით ხდება შემაერთებლის გულარის დაწნეხვა (ნახ. 7.14ე). დაწნეხვა ხდება შემაერთებლის გულარის შუაგულ ბოლოებისაკენ.

დაწნეხვისას ყურადღება უნდა მიექცეს შემაერთებლის კორიზონტალურ მდგომარეობას მატრიცაში. დაწნეხვის შემდეგ უნდა დათვალიერდეს შემაერთებელი. ბზარების არარსებობის შემთხვევაში შემაერთებელს ქლიბით სცილდება ხიწვი და უსვამენ ტექნიკურ ვაზელინს. კორპუსზე ბზარების არსებობის შემთხვევაში უნდა მოხდეს ახალი შემაერთებლის მონტაჟი.

შემაერთებელი მომჭერის გულარზე ჩამოეცმება შემაერთებლის ალუმინის კორპუსი (ნახ. 7.14ე) ისე, რომ გულარი მოთავსდეს ალუმინის კორპუსზე არსებულ აღნიშვნებს შორის. ხდება შემაერთებლის ალუმინის კორპუსის დაწნეხვა. დაწნეხვა ხდება კორპუსზე გაკეთებული აღნიშვნებიდან ბოლოებისაკენ (ნახ. 7.14ზ). მატრიცა შერჩეული უნდა იყოს ცხრილის მიხედვით.

თუ დაწნეხვის დროს მომჭერი გაიღუნა, მისი გასწორება უნდა მოხდეს პრესის საშუალებით იმავე მატრიცით, და ამასთან, ქველა მატრიცის შემობრუნებით სიბრტყით ზემოთ და მომჭერის მოღუნულ ნაწილზე ზედა მატრიცის დაჭერით.



ნახ. 7.14 სადენტა შეერთება
დასაწნეხი პომპერით

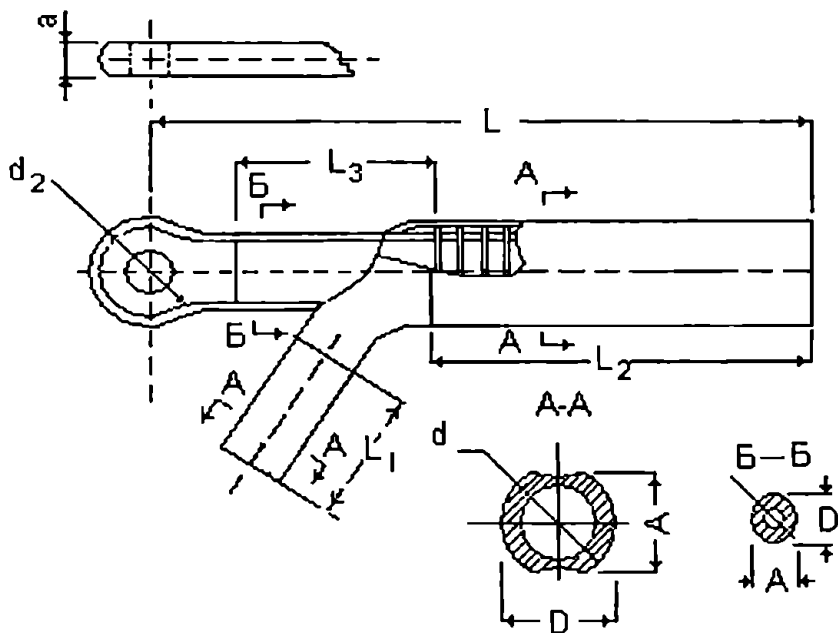
მოღუნული მომჭერის გასწორება უროს ან ჩაქუნის დარტყმით კატეგორიულად აკრძალულია.

მომჭერის დაწნევის შემდეგ უნდა დათვალიერდეს მომჭერის ზედაპირი, ბზარების არარსებობის შემთხვევაში, მომჭერს სცილდება ხიწვი. ბზარის არსებობის შემთხვევაში უნდა მოხდეს ახალი შემაერთებული მომჭერის მონტაჟი.

7.3.3 დამჭიმი დასაწნეხი მომჭერის მონტაჟი

ხაზებზე 240 მმ² და ზევით განიკვეთის ფოლად-ალუმინის სადენების მონტაჟის დროს გამოიყენება HAC ტიპის დამჭიმი დასაწნეხი მომჭერი.

დამჭიმი დასაწნეხი მომჭერი (HAC) (ნახ.7.15, ცხრილი 7.6) შედგება ფოლადის ანკერისგან, რომელშიც იწნეხება სადენის ფოლადის გულარის მავთულები და ალუმინის კორპუსისგან, რომელიც მონტაჟდება დაწნეხით. იგი უზრუნველყოფს კარგ ელექტრულ კონტაქტსა და მექანიკურ შეერთებას სადენებს შორის.



ნახ. 7.15 HAC ტიპის დამჭიმი დასაწნეხი მომჭერი

ცხრილი 7.6 დამჭიში დასაწნეხი მომჭერები

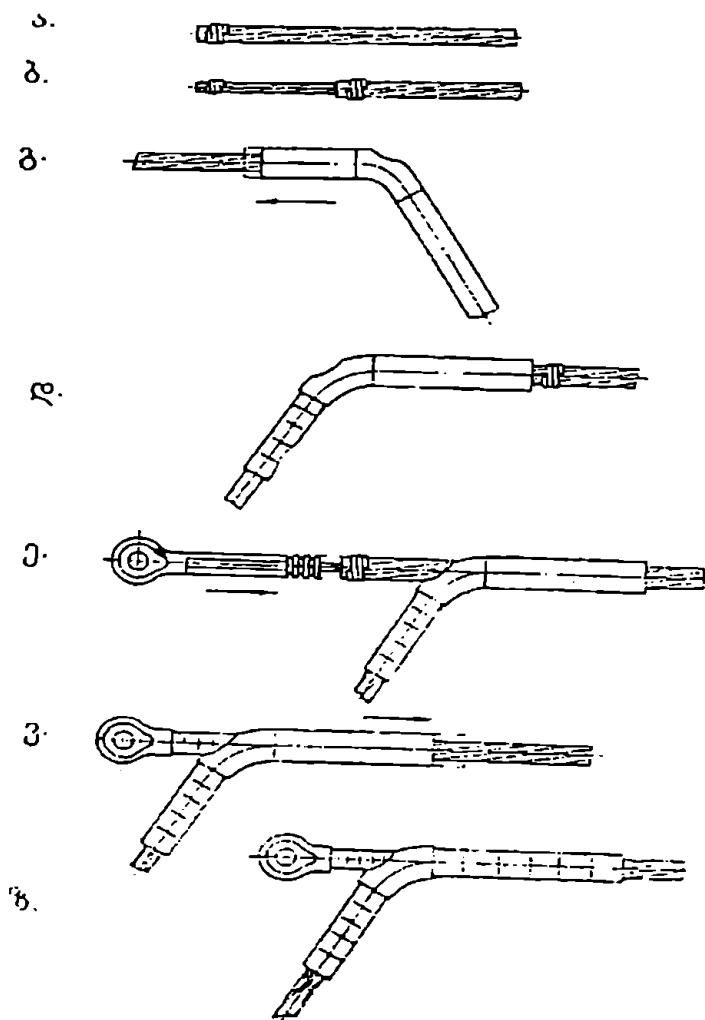
შემა- ერთე- ბულის მარკა	სადე- ნის მარკა	მოძვ. ღებ.	მატრიცა		ზოგები										გარანტი- ის სიგრძე
			დამ.	მარ- კა	d	D	A	d ₁	α	L ₁	L ₂	L ₃	L		
HAC - 240 P1	AC- 300/39	კორპ. აქ.	40,5 23	A-40,5 C - 23	27 9	47 28	39,5 22	- 23	- 22	100 -	- 113	185 -	345 345	80	
HAC- 300 P1	AC- 300/48	კორპ. აქ.	40,5 23	A-40,5 C - 23	27 10	47 28	39,5 22	- 23	- 22	100 -	- 113	195 -	360	92	
HAC- 300 P2	AC- 300/48	კორპ. აქ.	40,5 26	A-40,5 C - 26	27 11,5	47 32	39,5 25	- 26	- 25	100 -	- 135	205 -	385	103	
HAC- 400 P1	AC- 400/22	კორპ. აქ.	46 26	A-46 C - 26	28,5 10	52 32	44 25	- 26	- 25	120 -	- 135	225 -	410	107	
HAC- 400 P2	AC- 400/93	კორპ. აქ.	51 27	A-51 C - 27	31,5 13,5	58 32	50 26,5	- 29	- 28	120 -	- 150	250 -	450		
HAC- 500 P1	AC- 400/51	კორპან ქ.	51 27	A-51 A - 27	31,5 11,5	58 32	50 26,5	- 29	- 28	120 -	- 135	250 -	435	122	

სადენების ბოლოებზე აყენებენ მავთულის ბანდაჟებს (ნახ.7.16ა). შემდეგ გადაიტყრება სადენები ჰიდრაულიკური წნეხის სპეციალური საჭრელი მარტიცით. შემდეგ სადენზე აყენებენ მეორე ბანდაჟს და აცლიან ალუმინის მავთულებს დასაწნეხი ანკერის სიგრძის 1,2 ტოლ მონაკვეთზე. ფოლადის მავთულებზე აყენებენ მავთულის ბანდაჟს (ნახ. 7.16ბ). სადენების ზედაპირი იწმინდება ბენზინში დასველებული ჩვრით და რკინის ჯაგრისით.

მარყუეთისათვის განკუთვნილი სადენი შეყავთ დამჭიმავე მომჭერის ალუმინის კორპუსის მოკლე ნაწილში (ნახ. 7.16გ,დ) და იწნეხება. დაწნეხვის შემდეგ ათვალიერებენ მომჭერის კორპუსს, ბზარების არარსებობის შემთხვევაში მარყუეთს მხარე მზადაა.

მეორე სადენი შეყავთ მომჭერის კორპუსში (ნახ. 7.16ე). სადენის ფოლადის მავთულები შეყავთ ანკერში და იწნეხება (ნახ. 7.16ვ). დაწნეხვის მიმართულება უნდა იყოს ანკერის სამაგრიდან სადენის მხარეს. დათვალიერდება ანკერის კორპუსი, ბზარების არარსებობის შემთხვევაში მომჭერის ალუმინის კორპუსში შეყავთ ანკერი და მიყავთ საბრჯენამდე (ნახ. 7.16ზ). შემდეგ ხდება მომჭერის ალუმინის კორპუსის დაწნეხვა. დაწნეხვა უნდა მოხდეს ცხრილით შერჩე-

ული მატრიცებით. დასაწნეხი მომჭერის დიამეტრი არ უნდა აღემატებოდეს მატრიცის დიამეტრს 0,3 მმ-ზე მეტად. მომჭერებს შორის მანძილი არ უნდა აღემატებოდეს 5 მმ-ს. ათვალიერებენ მომჭერის ზედაპირს. ბზარების არარსებობის შემთხვევაში ხიწვები შორდება ქლიბით. ბზარის არსებობის შემთხვევაში ხდება მომჭერის დაწუნება და მონტაჟდება ახალი მომჭერი.

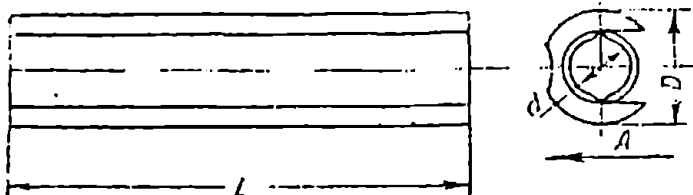


ნახ. 7.16 დამჭიში დასაწნეხი მომჭერის მონტაჟის სქემა

7.3.4 სარემონტო მომჭერის მონტაჟი

ხაზზე ფოლად-ალუმინის სადენების დაზიანების ადგილას ხდება PAC ტიპის სარემონტო მომჭერის დაყენება. სარემონტო მომჭერი 300÷700 მმ² კვეთის სადენებისთვის წარმოადგენს ღარის ფორმის მქონე ორ პროფილს, რომელთა ერთმანეთთან დაკავშირება იძლევა ოვალურ კვეთს (ნახ. 7.17, ცხრილი 7.7).

სარემონტო მომჭერის დაყენება ხდება სადენებზე, თუ ალუმინის მავთულების გაწყვეტა ან დაზიანება სადენის მთელი კვეთის 17%-დან 34%-მდეა. სარემონტო მომჭერებს შორის მანძილი არ უნდა იყოს 30 მ-ზე ნაკლები. წინააღმდეგ შემთხვევაში უნდა მოხდეს დაზიანებული სადენის ამოჭრა და ახალი სადენის ჩასმა.



ნახ. 7.17 PAC – ტიპის სარემონტო დასაწნები მომჭერი

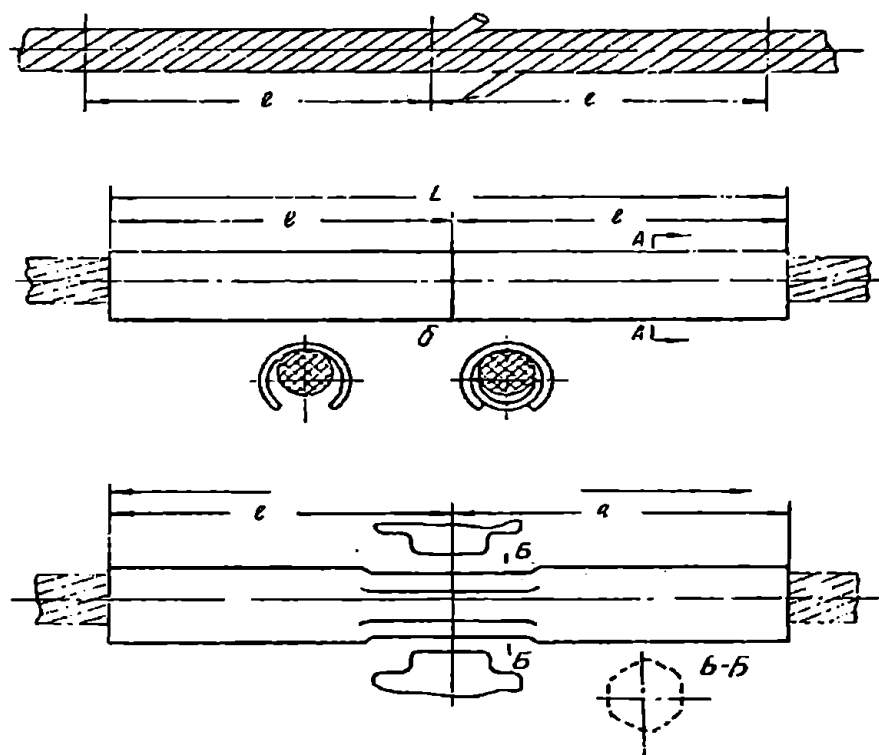
ცხრილი 7.7 სარემონტო დასაწნები მომჭერები

მომჭერის მარკა	სადენის მარკა	მატრიცა		ზომები				მასა, კგ
		ღიაშ. მმ	მარკა	A	D	d	L	
PAC-300-2	AC-300/48	45	A-45	44	52	27	300	1,1
PAC-300-3	AC-300/39 AC-300/67						500	1,8
PAC-400-2	AC-400/52 AC-400/22	51	A-51	50	58	31,5	300	1,2
PAC-400-3	AC-400/93 AC-500/26	51	A-51	50	58	31,5	500	2,0

სარემონტო მომჭერის დამონტაჟებამდე ბენზინში დასველებული ჩერით სადენი იწმინდება დაზიანებული ადგილის ორივე მხარეს. იწმინდება როგორც ზედა მავთულები, ასევე დახვევის შემდეგი ფენის მავთულები. გაწყვეტილი მავთულები ლაგდება თავის ადგილზე

(ნახ. 7.18). სადენი იდება სარემონტო მომჭერის დიდ ღარში. შემდეგ გვერდიდან მომჭერის დიდ ღარში შეყავთ პატარა ღარი (ნახ. 7.18). შერჩეული მატრიცით ხდება სარემონტო მომჭერის დაწნევა მომჭერის შუა ადგილიდან ბოლოებისაკენ (ნახ.7.18), რითაც უზრუნველყოფილია საიმედო ელექტრული კონტაქტი და შეერთების პერმეტიულობა.

დაწნევის შემდეგ უნდა მოხდეს სარემონტო მომჭერის კორპუსის დათვალიერება. ბზარების არარსებობის შემთხვევაში ხიწვი სცილდება ქლიბით.



ნახ. 7.18 PAC – ტიპის სარემონტო დასაწნეხი მომჭერის დაყენების სქემა

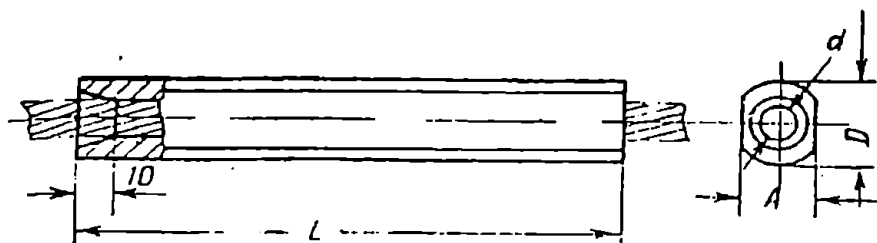
7.3.5 ფოლადის გვარლის შემაერთებელი დასაწნები მომჭერის მონტაჟი

CBC ტიპის შემაერთებელი დასაწნები მომჭერი განკუთვნილია ფოლადის გვარლის შესაერთებლად (ნახ. 7.19, ცხრილი 7.8).

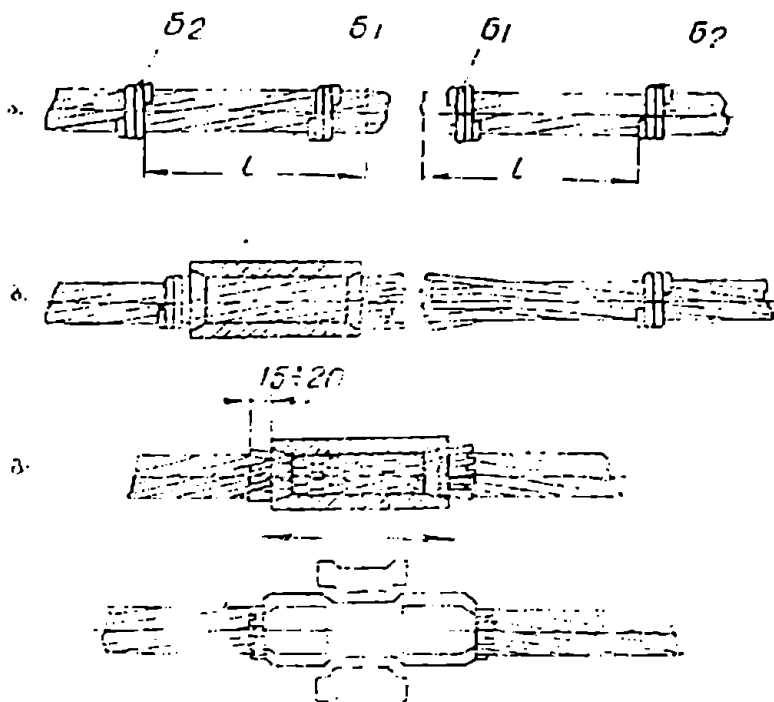
ცხრილი 7.8 ფოლადის გვარლების შემაერთებელი დასაწნები მომჭერები

მომჭერის მარკა	ფოლად. გვარლი			სიმტ- კოცე კ	მატრიცა		ზომები მმ.			
	კვეთი მმ ²	დიამ. მმ	ალ- ნიშ- ენა		დი- ამ. მმ	მარკა	d	D	A	L
CBC-50-1	48,26	9,0	C-50	49	26	C-26	14,6	30	25	80
CBC-70-1	72,2	11,0	C-70	70	28	C-28	17,6	34	27,5	85
CBC-100-1	94,27	13,0	C-95	97,5	31,5	C-31,5	20,8	36	31	90

მომჭერი წარმოადგენს ფოლადის ოვალური პროფილის მილს. გვარლის მავთულების მომჭერში შეყვანის შემდეგ ზდება მისი დაწნეხვა. ასეთი მომჭერი მარტივია დასამონტაჟებლად და საიმედოა ექსპლუატაციაში.



ნახ. 7.19 ფოლადის გვარლის
CBC – ტიპის დასაწნები მომჭერი



ნახ. 7.20 ფოლადის გვარლის CBC – ტიპის დასაწნეში მომჭერის დაყენების ქსემა

შესაერთებელი გვარლის ბოლოებზე დავადოთ ბანდაჟები (ნახ. 7.20ა). გავასწოროთ გვარლის მავთულის ბოლოები. ბოლოებიდან l დაშორებით დავადოთ მეორე ბანდაჟი (ნახ. 7.20ა) და მოვხსნათ პირველად დადებული ბანდაჟები. შესაერთებელი გვარლის მავთულები გავწმინდოთ ბენზინში დასველებული ჩვრით. ერთ-ერთი გვარლის ბოლოზე ჩამოვაცვათ შემაერთებული მომჭერი (ნახ. 7.20ბ). მეორე შესაერთებელი გვარლის მავთულები შევიყვანოთ მომჭერებში ისე, რომ ორივე გვარლის მავთულები გამოვიდეს მომჭერიდან 15-20 მმ-ით (ნახ. 7.20გ). ცხრილიდან შერჩეული მატრიცით ზდება დაწნეხვა, მომჭერის შუადან ბოლოსაკენ (ნახ. 7.20დ). დაწნეხვის შემდეგ ზდება მომჭერის კორპუსის დათვალიერება ბზარების არარსებობაზე.

7.3.6 ჩამამიწებელი დასაწნეხი მომჭერის მონტაჟი

ЗПС ტიპის ჩამამიწებელი დასაწნეხი მომჭერი (ნახ. 7.21 ა.ბ., ცხრილი 7.9) განკუთვნილია გვარლის მისაერთებლად საყრდენის ჩამიწების კონტურთან.

ცხრილი 7.9 ЗПС ტიპის ჩამამიწებელი დასაწნეხი მომჭერები

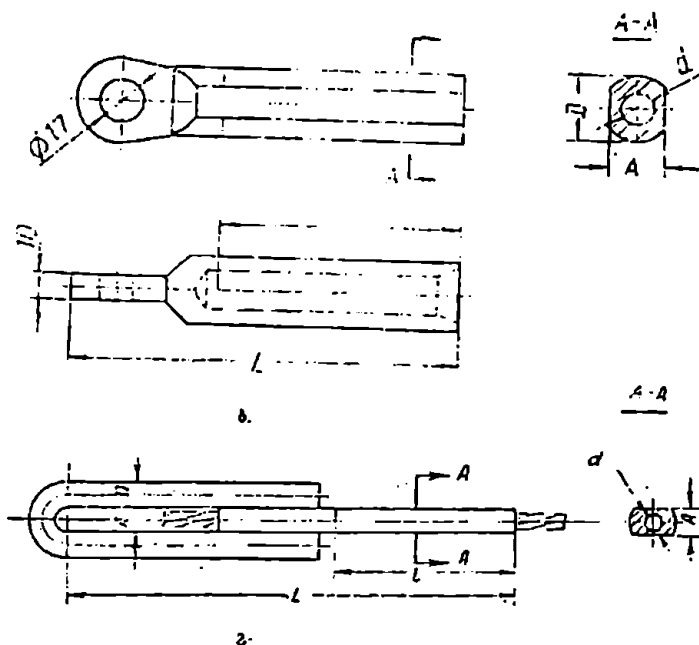
მომჭერის მარკა	ფოლადის გვარლის კვეთი	ზომები მმ					მატრიცა	
		D	d	A	L	l	ლიამ. მმ	მარკა
ЗПС -I	49,9	22	9,5	18	108	50	19	C -19
ЗПС-70-1	72,2	28	11,5	23	120	60	24	C -24
ЗПС -100-1	94,27	30	13,5	25	132	70	26	C -26

გვარლის ბოლოზე დაეადოთ მავთულის ბანდაჟი. გადაჭრის ზედაპირი დაეამუშაოთ. მეორე ბანდაჟი დაეადოთ ბოლოდან *l*-ის დაშორებით. გვარლის ზედაპირი გაეწმინდოთ ბენზინში დასველებული ჩვრით.

გვარლის ბოლოზე ჩამოეაცვათ დასაწნეხი მომჭერი. ცხრილის მიხედვით შერჩეული მატრიცით მოვახდინოთ მომჭერის დაწნეხვა. დაწნეხვის შემდეგ მოვახდინოთ მომჭერის ზედაპირის დათვალიერება ბზარების არარსებობაზე. ბზარების შემთხვევაში ხდება მომჭერის დაწუნება.

7.3.7 საჭიმარი გვარლების მომჭიმავი დასაწნეხი მომჭერის მონტაჟი

ხაზებზე საყრდენების საჭიმარ გვარლებად ხშირად გამოიყენება ТК ტიპის ფოლადის გვარლი. მის დასამონტაჟებლად გამოიყენება HC ტიპის მომჭიმავი დასაწნეხი მომჭერი (ნახ. 7.21გ, ცხრილი 7.10)



ნახ. 7. 21 ფოლადის გვარლის დასაწნეხი მომჭერი

ცხრილი 7.10 საჭიშარი გვარლების
მომჭიშაეი დასაწნეხი მომჭერეი

მომჭერის მარკა	გვარლი			მატრიკა		ზომეი				
	აღნი- შენა	კეეი მმ².	ღამ. მმ.	ღამ. მმ.	მარკა	L	I	D	A	d
HC-50-1	C-50	49,49	9,0	19	C-19	314	110	16	18	9,5
HC-70-2	C-70	72,2	11,0	24	C-24	350	135	20	23	11,5
HC-100-2	C-95	94,27	13,0	26	C-26	380	165	20	25	13,5

გვარლის ბოლოზე დავადოთ მავთულის ბანდაეი. გადაჭრის ზედაპირი დავამუშაოთ. გვარლზე ჩამოვაცვათ მომჭერი. ცხრილის მი-
ზედვით შერჩეული მატრიციტ მოვახდინოთ მომჭერის დაწნეხვა. დაწ-
ნეხვის შემდეგ ხდება მომჭერის ზედაპირის დათვალიერება. ბზარის
არსებობის შემთხვევაში იგი დაწუნებული უნდა იქნეს.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Александров Г. Н. Иванов В. Л. Изоляция эл.аппаратов высоко напряжения, Л. Энергоиздат, 1984
2. Бабунашвили З.В. Влияние оттяжек на грозоупорность ЛЭП, Труды МЭИ, 1972
3. Базуткин В.В. Ларионов Д. П. Пинтель Ю. С. – Техника высоких напряжений. М. Энергоатомиздат. 1986
4. Долгинов А. И. Техника высоких напряжений в электроэнергетике Москва Энергоатомиздат 1968.
5. თხელიძე თ. ბაბუნაშვილი ზ. გადაცემის ხაზების უკუარლო მონაკვეთზე მესმედგობის გაზრდა გადაძაბვის შემზღუდველების საშუალებით. ენერგია, 1 (1) 2002. თბილისი
6. Крюков К.П. Новгородцев Б.П. Конструкции и механический расчет линий электропередачи, Л. Энергия, 1979. 309 с.
7. მახარაძე გ. სულაძე მ. გოცირიძე მ. საპაერო ელექტროგადაცემის ხაზების მუშაობის მექანიკური და ელექტრული რეჟიმები. თბ. სტუ, 2004. 320 გვ.
8. Мельников Н. А., Рокотян С.С., Шеренцис А.Н. Проектирование электрической части воздушных линий электропередачи 330-500 кв. М. Энергия. 1974.
9. Объем и нормы испытаний электрооборудования. Под общей редакцией Б. А. Алексеева. Ф. Л. Когана, Л. Г. Мамиконянца – 6-е изд. М. Изд-во НЦ ЭНЭС 2000 – 256 с.
10. Разевиг Д. В. Атмосферные перенапряжения на линиях электропередач М. Госэнергоиздат. 1959
11. Сборник методических пособий по контролю состояния электрооборудования. Под. Ред. Ф. Л. Когана. М. АО «фирма ОРГРЭС», 1998. 496 с.
12. Справочник по ремонту и техническому обслуживанию электрических сетей. Под ред. К.М. Антипова, И.Е. Баиндулова. М. Энергоатомиздат, 1987, 560 с.
13. Справочник по электрическим установкам высокого напряжения. Под. ред. И. А. Баумштейна и М. В. Хомякова. М. «Энергия», 1981, 656 с.
14. ქერდიანი ი. რელეური დაცვა, დენური დაცვები. სპი, თბილისი, 1980

15. ქურდიანი ი. რელეური დაცვა. ელექტროგადაცემის ხაზების სწრაფმოქმედი დაცვები. სპი, თბილისი, 1974
16. Электрические системы. т.2.Электрические сети. М. Высшая школа, 1971. 437 с.
17. Электротехнический справочник, т.3. кн. 1. Производство и распределение электрической энергии М. Энергоатомиздат, 1988, 880 с.
18. Statistic analysis of lightning performance of 110kv and 220kv overhead networks' in Ireland. J. Corbett M. Val Escudero (ESRI), T. Gallagher, I. Dudurych (University College Dublin), Ireland, 1999

სარჩევი

წინათქმა	3
თავი 1. საპაერო ელექტროგადაცემის ხაზების კონსტრუქციული ნაწილი	5
1.1 შესავალი	5
1.2 საპაერო ხაზების სადენები და მეხსარიდი გვარლები	8
1.3 საპაერო ხაზების საყრდენები	15
1.4 საპაერო ხაზების იზოლატორები და სახაზო არმატურა	23
1.5 ხაზების საიზოლაციო მახასიათებლები	28
1.6 საყრდენთა საძირკვლები	40
თავი 2. საპაერო ხაზების საანგარიშო პარამეტრები	42
2.1 ელექტროგადაცემის ნომინალური ძაბვა	42
2.2 გვირგვინული განმუხტვები საპაერო ელექტროგადაცემის ხაზებზე	45
2.3 სიმძლავრისა და ენერგიის დანაკარგები გვირგვინულ გამუხტვაზე	51
2.4 გვირგვინული განმუხტვის გავლენა რადიო და ტელეარხების მუშაობაზე	57
2.5 საპაერო ხაზების ელექტრული პარამეტრები	58
2.6 ხაზების მიერ გენერირებული რეაქტიული სიმძლავრე	62
2.7 ელექტროგადაცემის ნატურალური სიმძლავრე	64
თავი 3. საპაერო ხაზების რეჟიმის პარამეტრები	67
3.1 ხაზების ჩანაცვლების სქემა	67
3.2 ელექტროგადაცემის ხაზების რეჟიმის ანგარიში	69
3.3 შორ მანძილზე ენერგიის გადაცემის თავისებურებანი	74
3.4 გრძელი ხაზის გადაცემის განტოლებები და რეჟიმის არამეტრების ანგარიში	77
3.5 გრძელი ხაზის კუთხური მახასიათებლები და რეჟიმის პარამეტრების გაანგარიშების ალგორითმი	78

3.6 მუშა ძაბვა გრძელი ხაზის გასწვრივ	81
თავი 4. ელექტროგადაცემის ხაზების რელეური დაცვა	84
4.1 მაქსიმალური დენური დაცვა	84
4.2 მომკვეთი დენური დაცვა	98
4.3 საპაერო ხაზების სწრაფმოქმედი დაცვები	108
თავი 5. ელექტროგადაცემის ხაზების მეხდაცვა	125
5.1 ზოგადი ცნობები	125
5.2 ელვის პირდაპირი დარტყმა უგვარლო ხაზებზე	127
5.3 ელვის პირდაპირი დარტყმა გვარლიან ხაზებზე	132
5.4 გადამეტების ანალიზი ხაზის ავტომატური განმეორებითი ჩართვის დროს	143
თავი 6. საპაერო ელექტროგადაცემის ხაზების ექსპლუატაცია	149
6.1 საერთო მოთხოვნები	149
6.2 ხაზის ექსპლუატაციაში მიღება	155
6.3 ხაზის ელემენტებისადმი წაყენებული მოთხოვნები	158
6.4 ხაზის პროფილაქტიკური დათვალიერებისა და შემოწმების პერიოდულობა	166
6.5 ხაზების მდგომარეობის კონტროლის მეთოდები	172
თავი 7. საპაერო ხაზების კაპიტალური რემონტი	190
7.1 კაპიტალური რემონტის საბუშაოთა სახეები და ზოგადი მოთხოვნები	190
7.2 ელექტროგადაცემის ხაზებზე გირლანდის (იზოლატორის) შეცვლა	197
7.3 დასაწნები მომჭერების მონტაჟი	216
7.4 გამოყენებული ლიტერატურა	230



გამომცემლობა „უნივერსალი“

თბილისი, 0128, ი. ჯავახიშვილის გზა. 1, ☎: 29 09 60, 8(99) 17 22 30

E-mail: universal@posta.ge