

ლაბორატორიათაშორისი გამოცდები მსგავსების თეორიის გამოყენებით

ზაალ აზმაიფარაშვილი – საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,
ნიკა აბელაშვილი – ავსტრიული საინჟინრო საკონსულტაციო ბიურო
“ILF beratende Ingenieure GmbH”

რეზიუმე

ნაშრომში განიხილება დამცავი დამიწების სერტიფიცირებული საკონტროლო ნიმუშის გაანგარიშების, პროექტირებისა და დამზადების საკითხები დამცავი დამიწების ლაბორატორიათაშორისი გამოცდების (ლშგ) ჩატარებისათვის. გადმოცემულია სერტიფიცირებული ნიმუშის ელექტრული და გეომეტრული პარამეტრების გაანგარიშების მეთოდიკა მსგავსების თეორიის გამოყენებით, რომელიც საშუალებას იძლევა შეიქმნას ორიგინალის პარამეტრების შესაბამისი ადექვატური, მოქმედი ფიზიკური მოდელი ლშგ-ს კვალიფიციურ დონეზე ჩასატარებლად.

საკვანძო სიტყვები: ლაბორატორიათაშორისი გამოცდები, ორიგინალისა და მოდელის ადექვატურობა, სერტიფიცირებული საკონტროლო ნიმუში, მსგავსების თეორია, მსგავსების კრიტერიუმი.

1. შესავალი

საგამოცდო და კალიბრების ლაბორატორიების შესაბამისობის შეფასება ISO 17025 საერთაშორისო სტანდარტის მოთხოვნებთან, დღეისათვის მათ კომპეტენციას დამატებით მოითხოვებს უყენებს. კერძოდ საუბარია საქართველოში 2016 წლიდან აუცილებელ შესასრულებლად შემოღებულ ახალ რეგულაციაზე – ლაბორატორიათაშორისი გამოცდებზე, რომელიც ISO 17043 “შესაბამისობის შეფასება – საერთო მოთხოვნები საკვალიფიკაციო გამოცდების მიმართ” სტანდარტის მოთხოვნებით რეგულირდება.

ლშგ-ს ჩატარების ზოგადი ალგორითმის მიხედვით ლაბორატორიების კვალიფიკაციის დასადგენად გამოიყენება ერთი და იგივე სტანდარტული სერტიფიცირებული ნიმუში, რომელიც ლშგ-ს მიზნის, ამოცანის, ნიმუშის სახეობის, მონაწილეთა რაოდენობისა და სხვა ფაქტორების გათვალისწინებით საზომი ექსპერიმენტის ჩასატარებლად გადაეცემათ ლაბორატორიებს მიმდევრობითი, წრიული, ვარსკვლავური, ერთდროული, ინდივიდუალური ან ჯგუფური შემოწმებისათვის. უდავოა, რომ ნიმუშისადმი წაყენებული მოთხოვნები ყველა შემთხვევაში უნდა აკმაყოფილებდეს უმაღლეს სტანდარტებს დროში სტაბილურობის, სატრანსპორტო გადაადგილებისა და გარე ზემოქმედების ფაქტორებისადმი მდგრადობის, ერთგვაროვნების, აღწარმოებადობის, განმეორებადობის და ზოგადად სანდოობის თვალსაზრისით.

2. ძირითადი ნაწილი

ცნობილია, რომ მოდელირების არსი მჭიდროდ არის დაკავშირებული სისტემაზე ან მის ცალკეულ ელემენტებზე სხვა ფაქტორების ზემოქმედების ხასიათზე და მისი გავლენით სისტემის მდგომარეობის ცვლილებაზე, რომელიც ადექვატურად უნდა იყოს განსაზღვრული სივრცეში და დროში.

მსგავსებისა და მოდელირების თეორიის საერთო ამოცანაა ობიექტის შესახებ ინფორმაციისა და მონაცემთა დამუშავების მიმართული და მოწესრიგებული მეთოდოლოგიის გამომუშავება.

ელექტრული პარამეტრების მოდელირების თვალსაზრისით შესაბამისად განარჩევენ ველის თეორიაზე (მაქსველის განტოლებები) და წრედების თეორიაზე (კირხგოფის განტოლებები) დაფუძნებულ მოდელებს. ასეთი მიდგომა არ გამოირიცხავს მოდელირებისა და ხერხების ერთ მთლიანობაში გამოყენებას, რაც გულისხმობს, რომ მოდელისათვის შეყურსულ პარამეტრებიანი ჩანაცვლების სქემის აგება ხორციელდება წრედების თეორიაზე დაყრდნობით (წრედული მოდელები), ამასთან თვით ამ პარამეტრების მნიშვნელობები შესაძლებელია საკმაოდ მაღალი სიზუსტით გამოითვალოს მხოლოდ ველის თეორიაზე დაფუძნებული მოდელით.

მსგავსების პირობების რეალიზაციისას მისი სახეობის დასადგენად, პრაქტიკულად ხელმძღვანელობენ გადასაწყვეტი ამოცანის პირობებისა და მსგავსების კლასიფიკაციის სქემით. მსგავსების თეორიის გამოყენების პრაქტიკა ყურადღებას ამახვილებს მსგავსების სრულ, არასრულ და მიახლოებითი კატეგორიებზე.

ნაშრომის მიზნისა და ამოცანებიდან გამომდინარე, რაც გულისხმობს ლაბორატორიათაშორისი გამოცდების ჩატარებისათვის საკონტროლო ნიმუშის შექმნას ანუ ფიზიკური ობიექტის არსებობას, ამასთან ისეთი თვისებების ფიზიკურ ობიექტის არსებობას, რომელსაც შენარჩუნებული ექნება რეალური ობიექტის ყველა ძირითადი თვისება, მაგრამ შესაძლებელი იქნება ამ თვისებათა რეგულირება წინასწარ განსაზღვრული პირობების მიხედვით, მიზანშეწონილია მსგავსებისა და მოდელირების კლასიფიკაციიდან გამომდინარე შევირჩიოთ მსგავსების ფიზიკურ-სივრცული მოდელი. ასეთი ტიპის მოდელის დანიშნულებაა ისეთი პროცესების შესწავლა, რომელთა მოქმედება დროის პარამეტრთან მიმართებაში არ განიხილება, ანუ შეისწავლება პროცესების დამყარებული რეჟიმები, ასეთი პროცესების მაგალითად შეიძლება მოვიყვანოთ ელექტრული დენის, ან მაგნიტური და ელექტრული ველის განაწილების მსგავსების საკითხები რეალურ ობიექტსა და მოდელს შორის ელექტრულ მანქანებში და ქსელებში, ზოგადად გამტარ გარემოსა და საჰაერო ღრეჩოში, ელექტრული ველის სივრცული სურათის ასახვა დენიანი გამტარის გარშემო და სხვა.

დამამიწებლების მოდელირება, მსგავსების თეორიის საშუალებით, დაიყვანება გეომეტრიული მსგავსების ძირითადი კრიტერიუმების პირობებისა და პრინციპების შენარჩუნებაზე,

მატერიალური სისტემების მსგავსების კრიტერიუმის გეომეტრიული შესაბამისობა ნიშნავს, რომ ერთი სისტემის ყველა სივრცითი კოორდინატი პროპორციულია მეორე სისტემის შესაბამისი სივრცული კოორდინატების. მათემატიკურად ეს პირობა დეკარტეს კოორდინატთა სისტემაში შემდეგნაირად ჩაიწერება

$$x_i/X_i = m_x; \quad y_i/Y_i = m_y; \quad z_i/Z_i = m_z; \quad (1)$$

სადაც x_i , y_i , z_i , X_i , Y_i , Z_i განსახილველი სისტემების ურთიერთ შესაბამისი წერტილების კოორდინატებია. m_x , m_y , m_z მსგავსების ანუ მასშტაბის კოეფიციენტებია.

განსახილველ რეალურ მოდელში ელექტრომაგნიტური პროცესების ძირითადი კრიტერიუმების პირობებისა და პრინციპების გათვალისწინებით მნიშვნელოვანი და დომინანტურია რომ შენარჩუნებული იქნას მათ მნიშვნელობების მსგავსება მოდელირების ყველა ეტაპზე. მხედველობაში გვაქვს ძირითადი ფუნქციური დამოკიდებულებების მსგავსება, რომელიც განსახილველი პროცესისათვის გამტარი გარემოს მაგნიტურ შეღწევადაობას, კუთრ ელექტრულ გამტარობასა, დიელექტრიკულ შეღწევადაობას და მის სიგრძეს (გეომეტრულ პარამეტრებს) ითვალისწინებენ.

$$\mu\gamma l^2 / t = idem; \quad \varepsilon / \gamma t = idem. \quad (2)$$

სადაც:

μ - გამტარი გარემოს მაგნიტური შეღწევადაობაა ის გარემოს თვისებებზე დამყარებული კოეფიციენტი, რომელიც ახასიათებს ნივთიერებაში მაგნიტურ ინდუქციასა და მაგნიტურ ველის დაძაბულობას შორის კავშირს;

γ - გარემოს კუთრი ელექტრული გამტარობაა;

ε - ელექტრული მუდმივა - დიელექტრიკული შეღწევადაობა.

l^2 - გამტარი გარემოს გეომეტრიული პარამეტრი.

t - პროცესის დროითი პარამეტრი.

აღნიშვნა *idem* - გვიჩვენებს, რომ „შესაბამისად ერთნაირია ყველა განსახილველი პროცესისათვის“, ანუ ზემოთ მოყვანილი თანაფარდობები შეიძლება განვიხილოთ მსგავსების კრიტერიუმად, რაც მსგავსების თეორიის პირველი თეორემის მიხედვით მსგავსების გამოვლინების საკმარის პირობას წარმოადგენს.

ამას გარდა მნიშვნელოვანია აღინიშნოს, რომ დიელექტრიკული და გამტარობის მუდმივას მასშტაბირების კოეფიციენტები, მოდელირების მთელი სივრცის ფარგლებში, უნდა იყვნენ მუდმივები, რაც მოდელირებული გარემოს ერთგვაროვნების პირობას წარმოადგენს.

2.1. დამცავი დამიწების ლშგ-სათვის ლაბორატორიული დანადგარის შექმნა

ლაბორატორიათაშორისი საკვალიფიკაციო გამოცდების ჩატარებისას, როგორც აღნიშნული იყო, მნიშვნელოვანი როლი ენიჭება საკონტროლო ნიმუშის მახასიათებელი პარამეტრების სტაბილურობას, ერთგვაროვნებას და განმეორებადობას, რადგან ამ მონაცემთა ცვლილებებმა შეიძლება პირდაპირი გავლენა მოახდინოს ცალკეული ლაბორატორიების შედეგებზე და დაამახინჯოს საერთო სურათი.

მოყვანილი წინააღმდეგობის დაძაბვის მიზნით შემოთავაზებულია დამცავი დამიწების ფიზიკური მოდელი - ლაბორატორიული დანადგარი, ლაბორატორიათაშორისი შედარების საკონტროლო კალიბრებული ნიმუშის სახით. საკონტროლო ნიმუშის პარამეტრების სტაბილურობის, ერთგვაროვნების და განმეორებადობის მაჩვენებლების შენარჩუნება, დროის გონივრულ შუალედში, დაუძლეველი ამოცანაა ბუნებრივ პირობებში მოწყობილი საკონტროლო ნიმუშის გამოყენებისას ე.ი. როდესაც გამოიყენება არსებული ან თუნდაც ამ მიზნისათვის ღია გრუნტში სპეციალურად მოწყობილი დამცავი დამიწების კონტური. გარე ზემოქმედების ფაქტორები ისეთები როგორცაა ნალექი, გრუნტისა და გარემოს ტემპერატურა, ტენიანობა, გრუნტის შემადგენლობის არაერთგვაროვნება, ელექტრული ველების გავლენა ახლომდებარე ძალოვანი

გაყვანილობიდან და სხვა მრავალი ფაქტორი კონტურის ელექტრული მახასიათებლების მნიშვნელოვან ცვლილებების იწვევენ. ამავ მიზეზითაა გართულებული დამცავი დამიწების კონტურისათვის წინააღმდეგობის საყრდენი მნიშვნელობის მინიჭება, რაც ასეთ პირობებში მის გამოყენებას კალიბრებული, მითუმეტეს სერტიფიცირებული ნიმუშის სახით თითქმის დაუძლეველი ხასიათის წინააღმდეგობას უქმნის.

ფიზიკური მოდელის ლაბორატორიული დანადგარის საბაზისო ნიმუშად შეიძლება გამოყენებული იქნეს გამტარი მასალისაგან დამზადებული ავზი, სადაც ელექტრომაგნიტური ველის გავრცელების არეც შეიძლება გამოვიყენოთ ჩვეულებრივი სასმელი წყლის გარემო.

მოდელში, მსგავსების (2)კრიტერიუმიდან გამომდინარე უნდა შენარჩუნებული იყოს მისი ადექვატურობა, მეტიც იდენტურობა, ელექტრული პარამეტრების - დიელექტრიკული და მაგნიტური შეღწევადობის, ელექტრული გამტარობისა გრუნტის შესაბამის პარამეტრებთან, რომელთა მნიშვნელობები ორივე გარემოსთვის მოცემულია 1-ელ ცხრილში (მონაცემები მოძიებულია საცნობარო ლიტერატურიდან).

ცხრ.1

პარამეტრი	გამტარი გარემო	გრუნტი	ავზი (წყალი)
გამტარი გარემოს მაგნიტური შეღწევადობა - μ		$1,256 \cdot 10^{-6}$ [ჰენრი/მეტრი]	$1,256 \cdot 10^{-6}$ [ჰენრი/მეტრი]
გარემოს კუთრი გამტარობა γ		სველი გრუნტი 10^{-2} [სიმენსი/სმ.]	გამოხდილი წყალი 10^{-4} ზღვის წყალი ~ 3 [სიმენსი/სმ.]
დიელექტრიკული შეღწევადობა - ϵ		გრუნტი ტენიანობის მიხედვით 10 – 50 [ფარადი/მეტრი]	გამოხდილი წყალი 81 [ფარადი/მეტრი]

მსგავსების ელექტრული პარამეტრების კრიტერიუმიდან (2), გეომეტრიული პარამეტრების მსგავსებისათვის განვსაზღვროთ კრიტერიუმში შემავალი გეომეტრიული (l^2) პარამეტრის მნიშვნელობა, როგორც რეალური (გრუნტი) ასევე ფიზიკური (ავზი) მოდელისთვის. უნდა შევნიშნოთ, რომ ფიზიკური პროცესის ბუნებიდან გამომდინარე, ჩვენ განვიხილავთ დამყარებულ პროცესებს, ამიტომ დროითი პარამეტრის t -ს მნიშვნელობა შეიძლება ერთეულის ტოლად იქნეს მიღებული და შესაბამისად l^2 -ის მნიშვნელობა (მსგავსების გეომეტრიული კრიტერიუმის პარამეტრი) გრუნტისა და წყლიანი ავზისთვის ცხრილი 1-ს მონაცემების მიხედვით იქნება:

$$\text{გრუნტისთვის} - l_{gr}^2 = 1/\mu\gamma = 1/1,256 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-2} = 79617834;$$

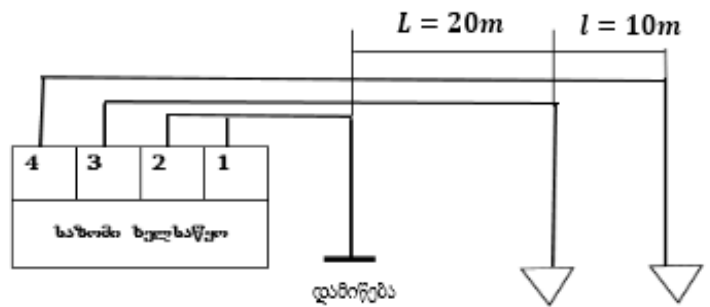
წყლიანი ავზისთვის – წყლის ელექტროგამტარობის მნიშვნელობა შევირჩიოთ 0,5 სიმენსი/სმ.

$$l_w^2 = 1/\mu\gamma = 1/1,256 \cdot 10^{-6} \cdot 0.5 = 1592356;$$

გეომეტრიული პარამეტრების ფარდობის მიხედვით მოცემული ელექტრული პარამეტრების იდენტურობის შენარჩუნება შესაძლებელი იქნება მასსტაბირების შესაბამისი კოეფიციენტის გამოყენებით, რომელიც მსგავსების გეომეტრიული კრიტერიუმის პარამეტრების ფარდობის ტოლია

$$M = l_{gr}^2 / l_w^2 = 79617834 / 1592356 = 50; \tag{3}$$

რეალურ პირობებში დამიწების წინააღმდეგობის საზომი ხელსაწყოები გაზომვებს ე.წ. სამელექტროდიანი სქემის გამოყენებით ახორციელებენ (სურ.1) ისე, რომ გასაზომი წინააღმდეგობის ელექტროდიდან, სადაც მიერთებულია საზომი ხელსაწყო 1 და 2 ტერმინალი, მე-3 ტერმინალთან მიერთებულ ელექტროდამდე 20 მეტრი მანძილია გადაზომილი, ხოლო მე-3 და მე-4 ელექტროდებს შორის 10 მეტრი მანძილი. ანუ იმ სივრცის არე სადაც დამიწების გაზომვის პროცესი ტარდება 30 მეტრით შემოიფარგლება.



ნახ.1. დამცავი დამიწების წინააღმდეგობის გაზომვის სამელექტროდიანი სქემა

რეალური დამიწების ელექტროდები გრუნტში ჩაშვებულია ტოლგვერდა სამკუთხედის სქემით ისე, რომ ელექტროდების ჩაშვების სიღრმე 2 მეტრია, ასევე 2 მეტრია სამკუთხედის გვერდის სიგრძეებიც.

მსგავსების თეორიაზე დამყარებული ფიზიკური მოდელის შექმნისას, გასათვალისწინებელია დანადგარის გეომეტრული ზომები, რომელმაც ერთი მხრივ (1) ტოლობით მოცემული პირობა უნდა დააკმაყოფილოს თან ამავე დროს უზრუნველყოს რეალური ობიექტის დამამიწებელი ელექტროდების მსგავსება მოდელის ელექტროდების შესაბამის პარამეტრებთან ტოლობა (2) მიხედვით.

ყველა ზემოთქმულის გათვალისწინებით გეომეტრული ზომებისათვის მასშტაბირების კოეფიციენტად შერჩეული მნიშვნელობა $M=50$ მოდელის მაქსიმალურ გაზომვის 0,6 მეტრის ფარგლებში მოქცევას გულისხმობს ($30მ:50=0,6$ მ). მოდელის ფორმას მსგავსების პირობების განსახორციელებლად გადამწყვეტი მნიშვნელობა არ ენიჭება რადგან რეალური ობიექტი შესაძლებელია განვიხილოთ როგორც მართკუთხა პარალელეპიპედის მსგავსი არე ასევე ცილინდრული ფორმისაც. ორივე შემთხვევაში ელექტრული ტალღების გავრცელების სურათი მნიშვნელოვნად არ შიცვლება. შევირჩიოთ მოდელის მართკუთხა პარალელეპიპედის ფორმა და მისი წახნაგების სიგრძე 0,6 მ, ხოლო სიმაღლე მინიმუმ 0,04 მ იქნება (რეალური ელექტროდის სიმაღლიდან გამომდინარე. მასშტაბი 1:50). მოდელის კონსტრუქციული და საექსპლუატაციო თავისებურებებიდან გამომდინარე ავზის ზომები შევირჩიოთ $(0,6 \times 0,8 \times 0,2)$ მ, ხოლო მასალა ელექტროგამტარობის მქონე ნებისმიერი კოროზიამედეგი ლითონი (ალუმინი, სპილენძი, მოთუთიებული ფოლადი და სხვა).

მოდელში ელექტრომაგნიტური ველის გავრცელების არედი ვიყენებთ წყალს, რომლის ელექტრული პარამეტრების მსგავსებით გრუნტთან სრულად განისაზღვრება ყველა მსგავსების კრიტერიუმი, რაც საბოლოო ჯამში წყლის ელექტროგამტარობის ცვლილებით მიიღწევა. მისი განხორციელების უმარტივესი გზა წყლის თავისუფალი რადიკალებით გაჯერებაა.

3. დასკვნა

ნაშრომში განხილული დამცავი დამიწების სერტიფიცირებული საკონტროლო ნიმუშის გაანგარიშების, პროექტირებისა და დამზადების საკითხები, მსგავსების თეორიის გამოყენებით, დაიყვანება მოდელის ელექტროგამტარი გარემოს კუთრი ელექტრული გამტარობის რეგულირებაზე. თეორიულად დასაბუთებულია, შემოთავაზებული მიდგომით ლაბორატორიული დანადგარისს შექმნის შესაძლებლობა, რომლსაც საკონტროლო პარამეტრების ერთგვაროვნების, სტაბილურობისა და მაღალი სანდოობის გამო, ექსპერიმენტული კვლევითი ამოცანებისათვის, სრულად შეუძლია ჩაენაცვლოს რეალურ ობიექტს.

ლიტერატურა - References - Литература:

1. Веников В.А., Веников Г.В. (2014). Теория подобия и моделирования (применительно к задачам электроэнергетики). Уч., изд.4-е, -М.
2. Алексеева Л.И., Сверчинская С.А. (2011). Моделирование электрического поля. Метод. рекомендации. Иркутск
3. აბელაშვილი ნ., აბელაშვილი ნ. (2015). საკონტროლო ნიმუშის მომზადება ლაბორატორიათაშორისი გამოცდების ჩატარებისათვის. სტუ. მართვის ავტომატიზებული სისტემები №1(19), თბ.
4. ISO/IEC 17043: (2010). Conformity assessment -- General requirements for proficiency testing.

INTER-LABORATORY COMPARISONS USING THE THEORY SIMILARITY

Azmaiparashvili Zaal - Georgian Technical University,
Abelashvili Nika - Austrian engineering consultative bureau
"ILF consulting Ingenieure GmbH"

Summary

The work discusses the calculation, design, development of a certified protective grounding control sample for conducting inter-laboratory comparisons. A method for calculating electrical and geometric parameters for a certified sample using the theory of similarity has been issued, which opens the possibility of creating an adequate, original model-like working prototype, for proceeding inter-laboratory comparative tests and inter-laboratory comparisons at a highly skilled level.

МЕЖЛАБОРАТОРНЫЕ СЛИЧЕНИЯ С ИСПОЛЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ ПОДОБИЯ

Азмайпарашвили З. - Грузинский Технический Университет,
Абелашвили Н.- Австрийское инженерное консультативное бюро
"ILF consulting Ingenieure GmbH"

Резюме

Обсуждаются вопросы расчета, проектирования, разработки сертифицированного контрольного образца защитного заземления для проведения межлабораторных сличений. Выдан метод расчета электрических и геометрических параметров для сертифицированного образца с использованием теории подобия, который открывает возможность создания адекватного, подобного параметрам оригинальному образцу, действующей рабочей физической модели для проведения межлабораторных сравнительных испытаний и межлабораторных сличений на высококвалифицированном уровне.