

გაზომვითი პროცესების ელემენტების და მეთოდურ-ჯამური ცდომილებების ასაქმები მატროლოგიურ კვლევებში

იზოლდა გარსევანიშვილი, ვლადიმერ ფადიურაშვილი, ზაზა ფადიურაშვილი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

განიხილება გაზომვითი ელემენტების და მეთოდურ-ჯამური ცდომილებების ასპექტები მეტროლოგიურ კვლევებში. გაზომვებისა და კონტროლის შემთხვევაში გამოცდად მოიხსენიება ობიექტის თვისებების თვისობრივი და რაოდენობრივი მა-ხასიათებლების ექსპერიმენტალური გაზომვები სპეციალური საშუალებებით. აღსანიშნავია, რომ გამოცდის რეალური პირობები ყოველთვის განსხვავდება ნომინალურისაგან, ამიტომ აბსოლუ-ტურად ზუსტი მონაცემების მიღება ყოველთვის შეუძლებელია. განხილულია ცდომილებების სახეები და მათი მახასია-თებლები, ცდომილებების გასაანგარიშებელი მეთოდები და აუ-ცილებელი მოთხოვნები მონაცემთა შეჯამების დროს.

საკვანძო სიტყვები: ელექტრული გაზომვა. მაგნიტური გაზომვა. აკუსტიკური გაზომვა. ოპტიკური გაზომვა. მექანიკური გაზომვა. სისტემური ცდომილება. შემთხვევითი ცდომილება.

1. შესავალი

გაზომვა რთული პროცესია, რომელიც ითვალისწინებს მთე-ლი რიგი სტრუქტურული ელემენტების ურთიერთქმედებას. მათ მიეკუთვნება: გასაზომი დავალება, გაზომვის ობიექტი, გაზომვის პრინციპი, გაზომვის მეთოდი და საშუალება, გაზომვის მოდელი, გაზომვის პირობები, შედეგები და გაზომვის ცდომილება.

გაზომვის პროცესი მიმდინარეობს ორი მიმართულებით, რომლებიც უკავშირდება და ავსებს ერთმეორეს „რეალურობა-მოდელი“ ფორმით. გაზომვის ობიექტის მოდელი უნდა აკმაყოფილებდეს მოთხოვნებს - ცდომილება არ უნდა აღემატებოდეს დასაშვები ნორმებიდან 10 %-ს. თუ ასეთი გაზომვის მოდელი ვერ აკმაყოფილებს დადგენილ მოთხოვნებს, საჭიროა გაზომვის ობიექტის შეცვლა მეტად ეფექტური მოდელით, რომელიც დააკმაყოფილებს საჭირო ფიზიკური მონაცემების მოთხოვნებს.

გაზომვის ობიექტი ახორციელებს პრინციპის შერჩევას, გაზომვის მეთოდს და საშუალობას. გაზომვის პრინციპში იგულისხმება ფიზიკური პრინციპების ერთობლიობა, რასაც ეფუძნება გაზომვა. მაგალითად, როდესაც ვზომავთ ელექტრულ ძაბვას, ან გაზომვის სიჩქარეს. გაზომვის მეთოდი არის ხერხი ან გასაზომი სიდიდეების ერთობლიობა და ურთიერთშედადება.

მეტროლოგიური ანალიზისათვის აუცილებელია ტრადიციუ-ლი კლასიფიკაცია დაფუძნებული ფიზიკურ პრინციპებზე. აქედან გამომდინარე გაზომვების სახეებია: ელექტრული, მაგნიტური, აკუსტიკური, ოპტიკური, მექანიკური და ა.შ. ყველაზე მატრივ მეთოდად ითვლება მაგნიტოელექტრული სისტემების ძაბვის გაზომვა ელექტრომექანიკური ვოლტმეტრებით, სადაც ვიყენებთ დიფერენციალურ და ნულოვან მეთოდებს. დიფერენციალურის დროს გაზომილი სიდიდის შედარებას ვანდენთ წინასწარ მოთხოვნად სიდიდესთან, ხოლო ნულოვანი მეთოდის დროს მათ შორის სხვაობა უნდა უტოლდებოდეს ნულს.

გაზომვის პროცესში აუცილებელია გაზომვის საშუალების სწორად შერჩევა, სადაც გასათვალისწინებელია გარემოს ტემპერატურა, ტენიანობა, წნევა და ა.შ. მოქმედი სიდიდეები, რომელთა გავლენაც აისახება შედეგებზე. ასეთ დროს აუცილებელია დამატებითი ცდომილებების გათვალისწინებაც, რის შემდეგაც გაზომვის სიზუსტე ითვლება დადებითად, როდესაც გაანგარიშე-ბული ცდომილებები მიახლოებულია ნულთან. აუცილებელია ერთიდაიგივე ობიექტზე გაზომვა ჩატარდეს რამოდენიმეჯერ ერთიდაიგივე საშუალებით და სათანადო პირობებით. შემდეგ ხდება

შედეგების შედარება, სადაც აუცილებელია მათი მონაცემების თანხვედრა, რაც ითვლება გაზომვის ხარისხის მაჩვენებლად. გაზომვის შედეგი და ცდომილების შეფასება იწოდება გაზომვის სუბიექტად, რაც აერთიანებს გაზომვის პროცესში რეალურ და მოთხოვნად შედეგებს, რის მიხედვითაც ხორციელდება თანმიმდევრობა, რაც გამოიხატება შემდგომში გასაზომი დავალების დასმით, ობიექტზე ინფორმაციის მოძიება და ანალიზი, ობიექტის გასაზომი მოდელის შერჩევა და მიღებული შედეგების დამუშავება.

გაზომვის მეტროლოგიური გაზომვებიდან გამომდინარე გაზომვები იყოფა ტექნიკურ და მეტროლოგიურ მიმართულებად.

ტექნიკური გაზომვები მიმდინარეობს სპეციალური ტექნიკური საშუალებებით და მიღებულ შედეგებზე დაყრდნობით. ხოლო მეტროლოგიური გაზომვები სრულდება ეტალონების საშუალებით და შედარებით ეტალონურ და პრაქტიკულ-რეალურად მიღებულ მონაცემებს შორის.

2. ძირითადი ნაწილი

გამოცდისა და კონტროლის შემთხვევაში გამოცდად მოიხსენიება ობიექტის თვისებების თვისობრივი და რაოდენობრივი მახასიათებლების ექსპერიმენტალური გაზომვები სპეციალური საშუალებებით. მახასიათებლების ექსპერიმენტალური განსაზღვრა მიმდინარეობს გაზომვებით, შეფასებებით და კონტროლით.

გამოცდის მიზანს შეადგენს აქტიური პარამეტრების მონაცემები და მახასიათებლები გამოცდების მსვლელობის დროს, ვინაიდან გამოცდის რეალური პირობები ყოველთვის განსხვავდება ნომინალურისაგან, ამიტომ აბსოლუტურად ზუსტი მონაცემების მიღება ყოველთვის შეუძლებელია. ამიტომ გამოცდის შედეგად ყოველთვის მოიხსენიება ობიექტის თვისებების მახასიათებლები, როდესაც დასმული დავალება შეესაბამება ობიექტის მოთხოვნებს და შედეგები ხასიათდება სიზუსტით.

გაზომვებსა და გამოცდებს შორის არსებობს თვალსაჩინო მსგავსება. ჯერ ერთი, შედეგები ორივე ოპერაციის დროს გამოიხატება რიცხობრივად და მეორეც, ცდომილებები ორივე შემთხვევაში დამოუკიდებელია გაზომვისა და გამოცდის შედეგებზე. მაგრამ მეტროლოგიის თვალსაზრისით არის მათ შორის განსხვავებაც, რაც გამოიხატება ცდომილებების განსაზღვრის დროს. ასე, რომ გამოცდა ეს არის ზოგადი ინფორმაცია ობიექტის შესახებ, ხოლო გაზომვა ინფორმაცია რეალური შედეგების შესახებ. გაზომვა და კონტროლი მკვეთრად არიან ერთიმეორესთან დაკავშირებული ინფორმაციული მომაცემებით და გამოირჩევიან საერთო ოპერაციებით, როგორცაა შედარებები და გასაზომი გარდამქმნელები. ამავე დროს მათი პროცედურები ბევრად განსხვავდება:

- გაზომვის შედეგად ითვლება რაოდენობრივი მახასიათებელი, ხოლო კონტროლის - თვისობრივი;

- გაზომვა მიმდინარეობს მონაცემთა ფართო დიაპაზონით, ხოლო კონტროლი - მცირე რიცხოვანი მონაცემებით შესაძლებლობების ფარგლებში;

- მაკონტროლებელი ხელსაწყოები, გამოზომი ხელსაწყოებისაგან განსხვავებით, იხმარება ნაწარმის მდგომარეობის გასაკონტროლებლად, რისი პარამეტრებიც ცნობილია და იცვლება ვიწრო ზღვრებში;

- პროდუქციის ძირითად მახასიათებლად გაზომვისას ითვლება სიზუსტე, ხოლო კონტროლის შემთხვევაში - ჭეშმარიტება.

პროდუქციის გაზომვის შედეგად მიღებული ხარისხი განისაზღვრება მისი ცდომილებით. ცნება „ცდომილება“ ემყარება სამ ძირითად მოთხოვნას: გაზომილი ფიზიკური სიდიდეების მოსალოდნელი და რეალური მნიშვნელობები და გაზომვის შედეგები.

ფიზიკური სიდიდეების მოსალოდნელი მნიშვნელობები არის იდეალური პირობების შედეგად მისაღები მონაცემები აღებულ ობიექტზე, რომელიც ეხება როგორც რაოდენობრივ, ასევე თვისობრივ მონაცემებს. ფიზიკური სიდიდეების რეალური მნიშვნელობები არის ექსპერიმენტალურად მიღებული შედეგები, რაც სასურველია უახლოვდებოდეს მოსალოდნელ მონაცემებს.

გაზომვის შედეგები მიახლოებითი ანგარიშებია და უახლოვდება მოსალოდნელ შედეგებს.

განმარტება „ცლომილება“ არის მეტროლოგიის ერთ-ერთი ცენტრალური მოთხოვნადი მნიშვნელობა და ასახავს გაზომილი შედეგების ცლომილებას. ეს არის სხვაობა გაზომვის შედეგად მიღებულ რეალურ მონაცემებსა და მოსალოდნელ თეორიულ შედეგებს შორის

$$\Delta = X - Q$$

ე.ი. ეს არის სხვაობა გაზომვის საშუალებების მონაცემებსა და მიღებულ ფიზიკურ სიდიდეებს შორის.

პრაქტიკულად ცლომილება შეიძლება დავყოთ შემთხვევით ცლომილებად, სისტემურ ცლომილებად, პროგრესირებად და „უხეშ“ ცლომილებად. შემთხვევით ცლომილებას მიეკუთვნება გაზომვების დროს გაუთვალისწინებელი შედეგის მიღება, რომელიც გამოიწვია ან გასაზომი საშუალების გაუმართაობამ, ან კიდევ შემსრულებლის გამო. სისტემატიური ცლომილების დროს საქმე გვაქვს მუდმივად დაკანონებულ ცლომილებასთან, რომელიც მცირდება ყოველთვის გაზომვების გამეორადობის დროს. პროგრესირებული ცლომილება არის არაპროგნოზირებადი ცლომილება, რომელიც დროის მთელ მონაკვეთში ნელ-ნელა იცვლის მდგომარეობას და არის სპეციფიკური არასტაციონალურ-რი პროცესებისათვის. უხეშში ცლომილება არის შემთხვევითი შედეგები ცალკეული დაკვირვებების დროს, რომელიც ვლინდება ძირითადად ან გარე-შეფაქტორების გავლენით, ან კიდევ ოპერატორ-ლაბორანტის არა სწორი მოქმედებით.

არსებობს შედარებითი ცლომილება, როდესაც აბსოლუტური ცლომილება ეფარდება რეალურად მიღებულ ცლომილებას:

$$B = \frac{\Delta}{Q} = \frac{(x - a)}{Q}$$

აქ მოცემული ცლომილება გაიგივებული შედარებით ცლომილება-სთან განიხილება საზომი სისტემების აბსოლუტურ ცლომილებად და ითვლება მუდმივ ცლომილებად გაზომვების დროს.

აქედან გამომდინარე, გაზომვების დროს მიღებული შედეგების სიზუსტე ხასიათდება მიღებული ცლომილებების საფუძველზე.

განგარიშებით მიღებული შედეგობრივ ცლომილებებს უწოდებენ ჯამურ ცლომილებებს, სადაც მთავარ პრობლემად ითვლება ის, რომ ცლომილებების შეჯამებისას შედეგები უნდა ჩავთვალოთ შემთხვევით ცლომილებად. ნამდვილობის თეორიის თანახმად შედეგების ორიენტირება უნდა ხდებოდეს მრავალჯერადი გაზომვების და ცლომილებების შედეგების საფუძველზე.

უნდა გავითვალისწინოთ, რომ ცალკეული შემადგენელი ცლომილებები უნდა იყოს ერთიმეორესთან შეხამებული; ამ დროს ჯამის კანონიერების ფორმა შეიძლება მკვეთრად განსხვავდებოდეს შემადგენლობის განაწილების მოთხოვნებისაგან.

ცლომილებების დაჯამება ეფუძნება კანონ მოთხოვნას, რომ ცლომილების აბსოლუტური მნიშვნელობა ყოველთვის უნდა იყოს გაზომილ შედეგებზე ბევრად ნაკლები.

პრაქტიკული მოთხოვნები ჯამური ცლომილებების მისაღებად მდგომარეობს მასში, რომ

1. ჯამური მნიშვნელობების მისაღებად გასათვალისწინებელია კავშირი სხვადასხვა ცლომილებების შემადგენლობისა;
2. თითოეული შემადგენლობა უნდა მონახოს ცალკე განგარიშებით და მოთხოვნადი კანონების გათვალისწინებით;

3. ყველა ჯამური შედეგების მიღებისათვის აუცილებელია ცალკეული ცდომილებების ცალ-ცალკე გაანგარიშება;

4. შემადგენლობების შეჯამებიდან გამოყოფენ მკვეთრად ურთიერთდამოკიდებულ ცდომილებებს და მათ შეფასებებს, რის შემდეგაც ახდენენ მათ გეომეტრიულ შეჯამებას.

ცდომილებათა შეჯამების მეთოდიკა მდგომარეობს იმაში, რომ პროცესები განხორციელდეს რაც შეიძლება მარტივად და მოხერხებულად, რომელიც მკვეთრად ამარტივებს შრომას და ზრდის მის ნაყოფიერებას.

სისტემატური ცდომილებების გამოსაკვლევად ფასდება მათი შემადგენლობების მიხედვით და უწოდებენ ელემენტალურ სისტემურ ცდომილებებს და ნახულობენ მათი გამოსწორების მეთოდებს ცდომილებების აღსაკვეთად, რისთვისაც საჭიროა დავიცვათ შემდეგი მოთხოვნები:

- თუ ცნობილია ცდომილებათა ზღვრების შეფასება, მაშინ მათი განაწილება შეიძლება განხორციელდეს თანასწორად.

- თუ ცნობილია პროცესის შეფასება, მაშინ ცდომილებათა განაწილება ითვლება ნორმალურად, რომელიც იძლევა საშუალებას შევავსოთ ელემენტარული სისტემური ცდომილებები.

რაც შეეხება შემთხვევითი ცდომილებების შეჯამებას, იგი დაფუძნებულია მდგომარეობის ალბათობის თეორიასთან და ემყარება რეალურობის შემთხვევაში მის მათემატიკურ გაანგარიშებებს. მაგრამ აღსანიშნავია, რომ სისტემური და შემთხვევითი ცდომილებების შეჯამების მექანიზმი მკვეთრად განსხვავდება ცალკე აღებული შემთხვევითი ცდომილებების მექანიზმისაგან, ვინაიდან სისტემაში მრავალჯერადი გაზომვების დროს შემთხვევითი ცდომილებების რაოდენობაც მკვეთრად მცირდება და შეიძლება მათემატიკური გაანგარიშებების დრო მათი გამორიცხვაც.

3. დასკვნა

დასასრულს უნდა აღინიშნოს, რომ სისტემური გაზომვების დროს აუცილებელია განხორციელდეს გაზომილი შედეგების დამუშავება და წინააღმდეგობა ჯამური ცდომილებების გაანგარიშება, რომლის დროსაც გაზომვის ჯამური ცდომილება მიიღება შემთხვევითი და სისტემური ცდომილებების შეჯამებით, რომელიც შედგება გაზომილი შედეგების ძირითადი და დამატებითი ცდომილებებისაგან, სადაც მიღებული შედეგებიდან აუცილებლად გამოიკვეთება შედეგი, რომ სისტემური ცდომილება მკვეთრად უნდა აღემატებოდეს შემთხვევით ცდომილებებს.

ლიტერატურა:

1. Сергеев, В.В. Крохин-“Метрология”, Москва, Логос,2001 г.
2. Номицкий П.В., Зогросф И.А.- “Оценка погрешностей результатов измерений” – Москва, Энергоатомиздат 1985 г.
3. Рабинович С.Г. – “Погрешности измерений” – Ленинград, Энергия, 1978 г.
4. Земельман М.А. – “Метрологические основы технических измерений” – М., Изд. Стандартов, 1991 г.

**ASPECTS OF MEASURING ELEMENTS AND METODO-TOTAL ERRORS
IN METROLOGICAL RESEARCHES**

Garsevanishvili Izolda, Padiurashvili Vladimer,
Padiurashvili Zaza

The Georgian Technical University

Summary

Analyzed are aspects of measuring elements and those of method-summarized errors in metrological researches. In case of measurements and control, a test is considered as experimental measurements of quantitative and qualitative factors of properties of an object that are conducted by means of specific instruments. It has to be mentioned, that real test conditions are always different from the nominal ones, thus acquisition of absolutely accurate data is often involving great difficulties. Reviewed are types of errors and their factors, as well as methods of calculating errors and conditions required for data summarizing.

**АСПЕКТЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И МЕТОДО-СУММАРНЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ
В МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**

Гарсеванишвили И., Падиурашвили В., Падиурашвили З.
Грузинский Технический Университет

Резюме

Рассматриваются аспекты измерительных элементов и методо-суммарных погрешностей в метрологических исследованиях. В случае измерений и контроля под испытанием подразумевают экспериментальные измерения специальными средствами качественных и количественных показателей свойств объекта. Надо отметить, что реальные условия испытаний всегда отличаются от номинальных, поэтому получение абсолютно точных данных всегда связано с большими трудностями. Рассмотрены виды погрешностей и их показателей, методы расчёта погрешностей и обязательные условия при суммировании данных.