

ქანების წანაცვლების კონტროლი ინდუქციური

¹ტოლია კილასონია, აკაკი გიგინეიშვილი², მარეხ მაზანაშვილი³

¹ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ინფორმატიკის და მართვის სისტემების ფაკულტეტის საინჟინრო ფიზიკის დეპარტამენტის დოქტორანტი, tkilasonia1989@gmail.com

² საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ინფორმატიკის და მართვის სისტემების ფაკულტეტის საინჟინრო ფიზიკის დეპარტამენტის უფროსი, პროფესორი, gigineishviliakaki08@gtu.ge

³ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ინფორმატიკის და მართვის სისტემების ფაკულტეტის საინჟინრო ფიზიკის დეპარტამენტის დოქტორანტი, marekhi1978@gmail.com

აბსტრაქტი

მოცემული დოკუმენტი წარმოადგენს სიღრმისეულ ანალიზს ინტელექტუალური სისტემის შემუშავებისა, რომელიც მიზნად ისახავს მეწყერსაშიში ზონების მონიტორინგს და პრევენციას. ნაშრომი ხაზს უსვამს ინფორმაციის გადამუშავების მნიშვნელობას თანამედროვე ტექნოლოგიებში, განსაკუთრებით ანალიტიკური ტექნოლოგიების როლს გადაწყვეტილების მიღების პროცესში, რაც კრიტიკულია ისეთი სისტემებისთვის, როგორიცაა უსაფრთხოების სისტემები.

კვლევა ფოკუსირებულია სამი ინოვაციური სენსორის შექმნაზე, რომლებიც სპეციალურად მეწყერსაშიში ზონების მონიტორინგისთვის არის განკუთვნილი. ესენია:

- ჰოლის ეფექტზე მომუშავე სისტემა: ეს სისტემა ზომავს გრუნტის წანაცვლებას და დეფორმაციას, რაც უზრუნველყოფს მეწყრის მოახლოების ადრეულ გამოვლენას.
- ახალი ტიპის დახრილობის მზომი სენსორი: ეს სენსორი იყენებს სითხეში ელექტროდების ჩაშვების პრინციპს და ზომავს ქანების დახრილობის ცვლილებებს მაღალი სიზუსტით.
- ახალი ტიპის სენსორი ნალექიანობის გასაზომად: ეს სენსორი იყენებს ვერცხლისწყლის სენსორს და ზომავს ნალექების რაოდენობას, რაც მნიშვნელოვანი ფაქტორია მეწყრული პროცესების გააქტიურებისთვის.

დოკუმენტში დეტალურად არის განხილული არსებული მონიტორინგის სისტემების შედარებითი ანალიზი, როგორიცაა GPS სენსორები, ინკლინომეტრები, ლაზერული დისტანციომეტრები და სხვა. თითოეული სისტემის დადებითი და უარყოფითი მხარეების გაანალიზების შემდეგ, კვლევა წარმოადგენს ახალ ინდუქციურ მეთოდს ქანების წანაცვლების კონტროლისთვის, რომელიც ეფუძნება ელექტრომაგნიტურ ინდუქციას და იყენებს ბრტყელ კოჭებს. ეს მეთოდი უზრუნველყოფს ქანების გადაადგილების მიმართულებისა და სიდიდის ზუსტ განსაზღვრას.

კვლევის შედეგები ხაზს უსვამს შექმნილი სისტემის სიზუსტეს, ეფექტურობასა და საიმედოობას, რაც მას ღირებულ ინსტრუმენტად აქცევს მეწყერული პროცესების მონიტორინგისა და პრევენციისთვის. სისტემის გამოყენება ხელს შეუწყობს ბუნებრივი კატასტროფების რისკის შემცირებას და ადამიანების სიცოცხლის დაცვას.

საკვანძო სიტყვები: მეწყერსაშიში ზონები, მართვის სისტემა, კონტროლის სისტემა, მეწყერის წარმოშობა, მეწყერის აღმოჩენა, ადრეული შეტყობინების სისტემა, ჰოლის სენსორი, ჰოლის ეფექტი.

შესავალი

ინფორმაციის გადამუშავების მთავარი ამოცანა არსებული გამოცდილების საფუძველზე მომავლის პროგნოზირებაა, რაც იმთავითვე ინტელექტუალური სისტემების გამოყენებით ხორციელდება. აღნიშნული სისტემები საზოგადოებასთან და იმ ამოცანებთან ერთად ვითარდება, რომლებიც ამ საზოგადოების წინაშე კონკრეტულ ვითარებაში წამოიჭრება. ინტელექტუალური ტექნოლოგიები, ინფორმაციული ტექნოლოგიების მეტად მნიშვნელოვან შემადგენელ ნაწილს წარმოადგენენ და მათ გარეშე ინფორმაციზაცია აზრს დაკარგავდა. ინტელექტუალური სისტემები ფუნქციებს ადამიანის პროგრამულ-გამომთვლელი და აპარატიული კომპლექსის ძალისხმევით ასრულებენ. ინტელექტუალური ტექნოლოგიები შეიძლება ინტელექტუალური სისტემების შემადგენელ ნაწილად იქნას განხილული. ისინი, არსებითად, მეთოდებისა და ტექნიკური საშუალებების იმ ერთობლიობას წარმოადგენენ, რომელთა მეშვეობითაც, სათანადო ალგორითმისა და პროგრამების საფუძველზე, ავტონომიურ რეჟიმში ადამიანის ინტელექტის მოდელირება ხდება. ინტელექტუალური ტექნოლოგიები ანალიტიკური ტექნოლოგიების განვითარების ერთ-ერთი ბოლო ეტაპია. ანალიტიკურ ტექნოლოგიებს უწოდებენ მეთოდიკებს, რომლებიც ცნობილ მონაცემებზე დაყრდნობით უცნობი მახასიათებლებისა და პარამეტრების მნიშვნელობის განსაზღვრის შესაძლებლობას მოძიების, ალგორითმებისა და მათემატიკური თეორემების საფუძველზე იძლევიან. ანალიტიკური ტექნოლოგიები, პირველ რიგში, იმ ადამიანებს ესაჭიროებათ, რომლებიც გადაწყვეტილებებს იღებენ: ხელმძღვანელებს, ანალიტიკოსებს, ექსპერტებს, კონსულტანტებს. შედეგებს დიდად განაპირობებს გადაწყვეტილების ხარისხი - პროგნოზების სიზუსტე, ამორჩეული სტრატეგიის ოპტიმალურობა. თანამედროვე ანალიტიკური ტექნოლოგიების საშუალებით აგებული სისტემები გადაწყვეტილებების ეფექტიანობას არსებითად ამაღლებენ. გავანალიზოთ სხვადასხვა პრაქტიკული შემთხვევისათვის ინტელექტუალური ტექნოლოგიებისადმი წაყენებული მოთხოვნები. შევჩედეთ რამდენიმე შემთხვევაზე. მაგალითად, უსაფრთხოების სისტემები. რომლებიც ტექნოგენური, ეკოლოგიური, ეპიდემიოლოგიური და სხვა ანალოგიური ფაქტორებისგან გვიცავენ, უკიდურეს შემთხვევაში, ასეთი ფაქტორების ზემოქმედების მინიმიზაციას ახდენენ. ასეთი უსაფრთხოების სისტემების ფუნქციონირება დაკავშირებულია მართვის მრავალი მიზნის ანალიზთან, მხარდაჭერის სისტემების სტრუქტურულ-ფუნქციურ სინთეზთან, გადაწყვეტილებების მიღებასთან, უკუკავშირთან, ადაპტაციასა და ოპტიმიზაციასთან, ფუნქციონირებასა და გარე პირობების ინტელექტუალურ

მონიტორინგთან, მართვის სისტემის რესტრუქტურისაგან, მის სრულ რეინჟინერინგამდე.

იმისათვის, რომ შეგვექმნა სისტემა, მოწყობილობა, რომელიც გააკონტროლებდა და მეწყერსაშიშ ზონებს, აუცილებელი იყო ამ სფეროში ცოდნის ამოღება ექსპერტებისაგან. კერძოდ, ექსპერტული სისტემის შემუშავებისთვის აუცილებლობას წარმოადგენს დარგში ცოდნის მიღება, მოცემული სფეროს ექსპერტებთან ერთად მუშაობა, პრობლემის იდენტიფიცირება, ცოდნის ინჟინერიაზე მუშაობის გაწევა, საკითხის ფორმულირება. რის შემდეგ ხდება პროტოტიპირ რეალიზაცია, პროგრამისტების ჩართვა, ტესტირება და სხვა მნიშვნელოვანი ეტაპების რეალიზაცია იმისათვის რომ გამზადებული პროექტი მომხმარებელამდე მივიტანოთ.

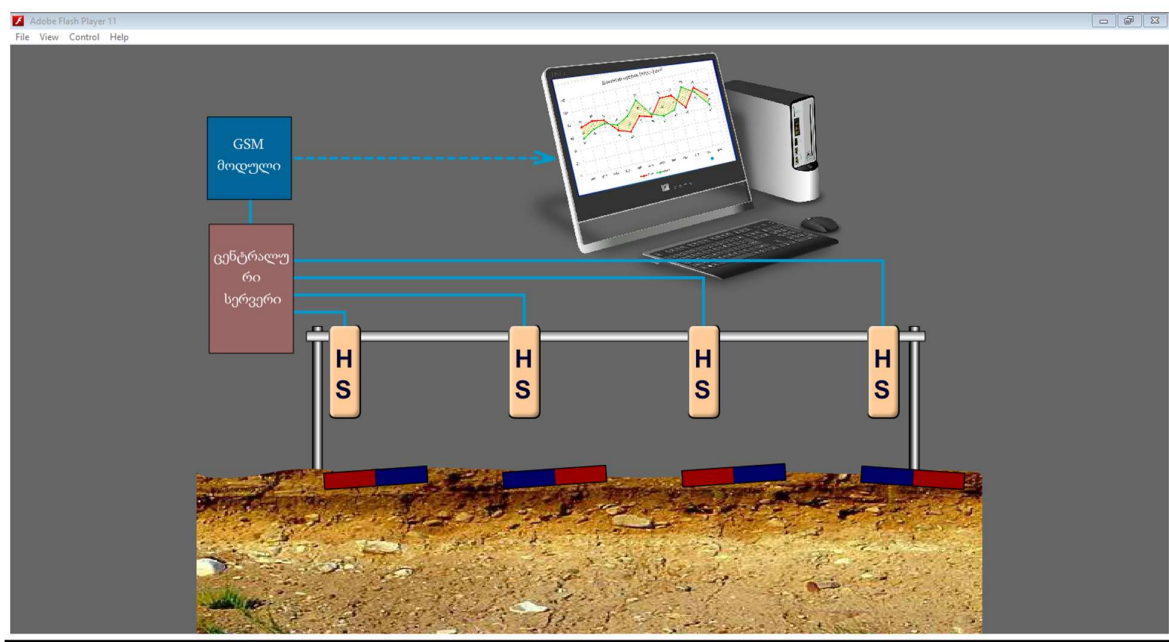
მეწყერსაშიში ზონის მონიტორინგისთვის ჩვენ შევექმენით რამოდენიმე სისტემა რომელიც უზრუნველყოფს მეწყერსაშიში ზონის უწყვეტ მონიტორინგს და თავსებადია ნებისმიერი ტიპის რელიეფისთვის

1. ჰოლის ეფექტზე მომუშავე სისტემა

ჩვენ მიერ შემუშავებული შეტყობინების სისტემა მეწყერსაშიში ზონებისათვის უზრუნველყოფს:

1. გრუნტის წანაცვლების ამ ფარდობითი დახრილობის გაზომვას;
2. კონსტრუქციის დეფორმაციის ამ ამოზურცვის გაზომვას;
3. ინფორმაციის ცენტრში გადაცემას ამ ვიზუალიზაციას.

სენსორების გრუნტში დამონტაჟებისას მათი ჩვენება მიიღება საწყისად (საყრდენად). სხვაგვარად, რომ ვთქვათ, ჩვენ გვინტერესებს ცვლილება საწყისი მდგომარეობის მიმართ. სადაც X_0 საწყისი მნიშვნელობებია. ხოლო X , მიმდინარე მნიშვნელობები, ხოლო dx , მათი ცვლილების აბსოლუტური მნიშვნელობებია. პროგრამაში გათვალისწინებულია ცვლილებების მაქსიმალური ზღვრული მნიშვნელობის რეგულირება. რადგან ნიადაგში ყოველთვის შეინიშნება ფლუქტუაციები, უგულებელყოფილი უნდა იყოს სისტემის მიერ, ხოლო თუ ცვლილება გადააჭარბებს დადგენილ საზღვარს, სისტემა ამ შემთხვევაში იძლევა საგანგაშო შეტყობინებას, რომელსაც, მიიღებს როგორც ცენტრალური სერვერი, ასევე მიმდებარე ტერიტორიაზე დარეგისტრირებული მოსახლეობა. ინფორმაცია გადაიცემა სისტემის საშუალებით. აღნიშნული შეტყობინების სისტემა მოითხოვს ძალიან მცირე ენერგიას. გრუნტის ზედაპირზე (მცირე სიღრმის თხრილში) განლაგებულია მაგნიტები. მაგნიტების ზემოთ რამოდენიმე მილიმეტრის დაშორებით მაგრდება ჰოლის სენსორები. გრუნტის ზედაპირის ცვლილება იწვევს მაგნიტური ველის ცვლილებას რასაც აღითქვამს სენსორი. ჰოლის სენსორი თავისუფალია ყოველგვარი მავნე ფლუქტუაციებისაგან, გამოირჩევა მაღალი საიმედოობით და სიზუსტით. თუ გარკვეული ინდუქციის მაგნიტურ ველში მოვათავსებთ ნახევარგამტარის ან გამტარის ფირიტას, რომელშიც გადის დენი, მაშინ მოძრავი დამუხტული ნაწილაკები, ლორენცის ძალის გავლენით გადაადგილდებიან მოძრაობის მართობულად, რის შედეგადაც ფირფიტის მართობულ ბოლოებზე გაჩნდება ძაბვა.



სურათი 1. მოწყობილობის დამონტაჟება მეწყერსაშიშ უბანზე

2. ახალი ტიპის დახრილობის მზომი სენსორი

მნიშვნელოვანია აღინიშნოს, რომ მიუხედავად იმისა, რომ ბევრი კლდე შეიცავს მაგნიტური თვისებების მქონე მინერალებს, კლდის საერთო მაგნიტური ქცევა დამოკიდებულია სხვადასხვა ფაქტორებზე, მათ შორის მაგნიტური მინერალების ტიპებსა და რაოდენობაზე, მინერალის მარცვლის ზომაზე და კლდის ტემპერატურისა და წნევის პირობებზე. მოკლედ, ქანებს, რომლებიც შეიცავს მაგნიტიტს და სხვა მაგნიტურ მინერალებს, შეუძლიათ გამოიჩინონ მაგნიტური თვისებები.

სწორედ ამ კვლევებმა მიმიყვანა სრულიად ახალი მიდგომით შეგვექმნა ახალი ტიპის დახრილობის სენსორი, რომელიც იქნებოდა ბევრად უფრო მოქნილი და ზუსტი. ამ ეტაპზე ვანხორციელებ აღნიშნული სენსორის კვლევას ლაბორატორიულ პირობებში. მიმდინარე კვლევები მაძლევს იმის თქმის შესაძლებლობას რომ ეს სენსორი ჩვენს მიერ უკვე დანერგილ სენსორთან ერთად ბევრად საიმედოს გახდის სისტემას.

სენსორის მუშაობის პრინციპი:

სენსორი წარმოადგენს სითხიან ჭურჭელს რომელშიც ჩაშვებულია ოთხი წყვილი ელექტროდი წყვილებს შორის წრედი იკვრება სითხის საშუალებით, წრედის შეკვრისას წარმოიქმნება ელექტრული იმპულსი, რომლის რაოდენობრივი მნიშვნელობა დამოკიდებულია იმაზე თუ ელექტროდის რა ფართობია მოთავსებული სითხეში. სითხეში ჩაშვებული ელექტროდზე შემხები ფართობი იცვლება დახრილობის მიხედვით და ოთხი წყვილი ელექტროდიდან ხდება ინფორმაციის მიღება და დამუშავება და ეს ყველაფერი გვაძლევს დახრილობის მიმართულებას და კუთხეს.

3. ახალი ტიპის სენსორი ნალექიანობის გასაზომად

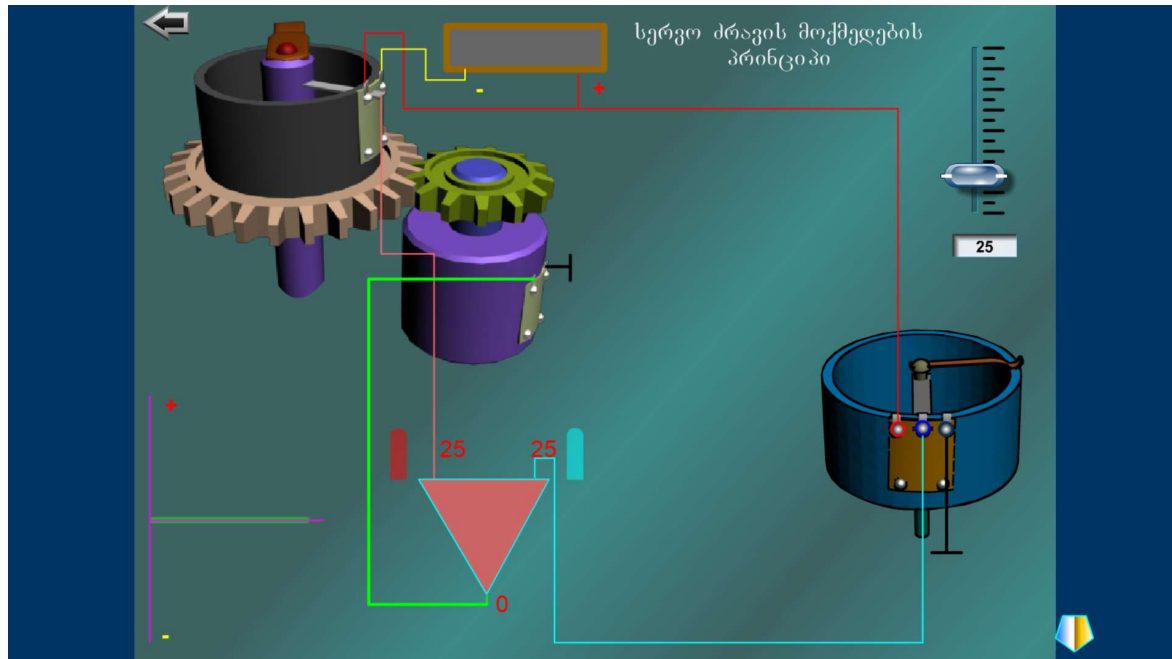
ატმოსფერული ნალექი არის წყალი თხევადი და მყარი სახით, რომელიც ღრუბლებიდან ცვივა ან პირდაპირ ჰაერიდან ჩამოდის. ღრუბლებიდან ჩამოვარდნილ ნალექებს შორის ყველაზე გავრცელებულია: წვიმა, თოვლი, ყინულის მარცვლები, თოვლის მარცვლები, სეტყვა, მოყინული წვიმა .

მეწყურულ პროცესებსა და ნალექიანობას შორის არის მჭიდრო კავშირი.ნალექს შეუძლია იყოს მეწყერის გააქტიურების პირველადი გამომწვევი ფაქტორი, რაც გავლენას მოახდენს ფერდობების როგორც უშუალო, ისე გრძელვადიან სტაბილურობაზე.

ჩვენ გნვიხილეთ სხვადასხვა ტიპის ნალექიანობის მზომი მოწყობილობები, რომლებიც დღეისთვის არსებობს, მაგრამ გამოიკვეთა, რომ თითქმის ყველას აქვს ნაკლოვანება, როგორიცაა მტვერი ამ ნარჩენების მიმართ ნაკლები მედეგობა ან ფასის და ინსტალაციის გამოწვევები.

მივიღე გადაწყვეტილება შემექმნა სრულიად ახალი ტიპის ნალექიანობის მზომი, რომელიც არსებულ მოწყობილობებში წარმოდგენილ გამოწვევებს მოაგვარებდა იქნებოდა უფრო მოქნილი და იაფი .

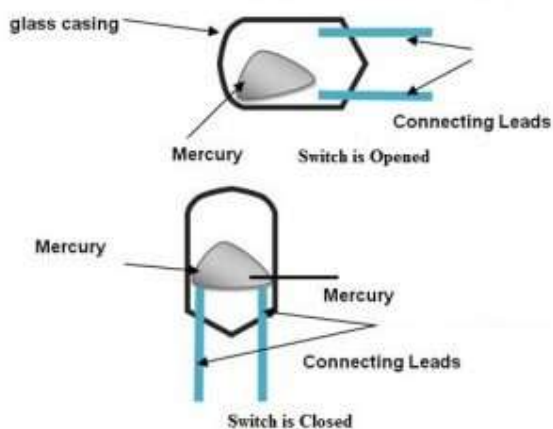
ჩვენი მოწყობილობა წარმოადგენს მართკუთხა ჭურჭელს, დამაგრებულს სპეციალურ ღერძზე და ღერძი თავის მხრივ დაკავშირებულია სერვო ძრავთან, სერვო ძრავი თავის მხრივ დაკავშირებულია მიკროკონტროლერთან, რომელიც წარმოადგენს მოწყობილობის მართვის ნაწილს ვერცხლისწყლიანი სენსორიდან მიღებული ინფორმაციის საფუძველზე.



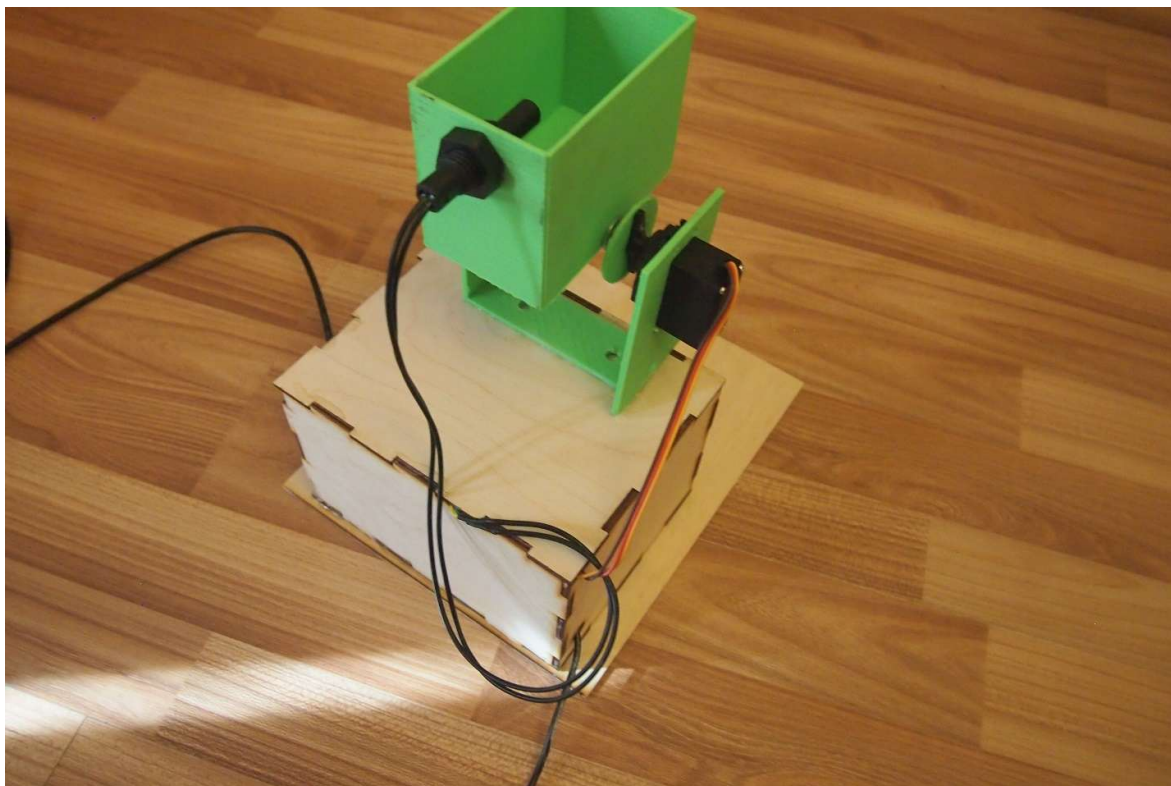
სურათი 2 სერვო ძრავის მუშაობის პრინციპი

ვერცხილსწყლის სენსორი არის გადამრთველი, რომელიც გამოიყენება ელექტრული წრედის გასახსნელად და დახურვისთვის ვერცხილსწყლის მცირე რაოდენობით.

გადამრთველს ასევე უწოდებენ ვერცხლისწყლის დახრის შეცვლას. ვერცხლისწყლის გადამრთველი ნახაზი ნაჩვენებია ქვემოთ.



სურათი 3: ვერცხლისწყლის სენსორი

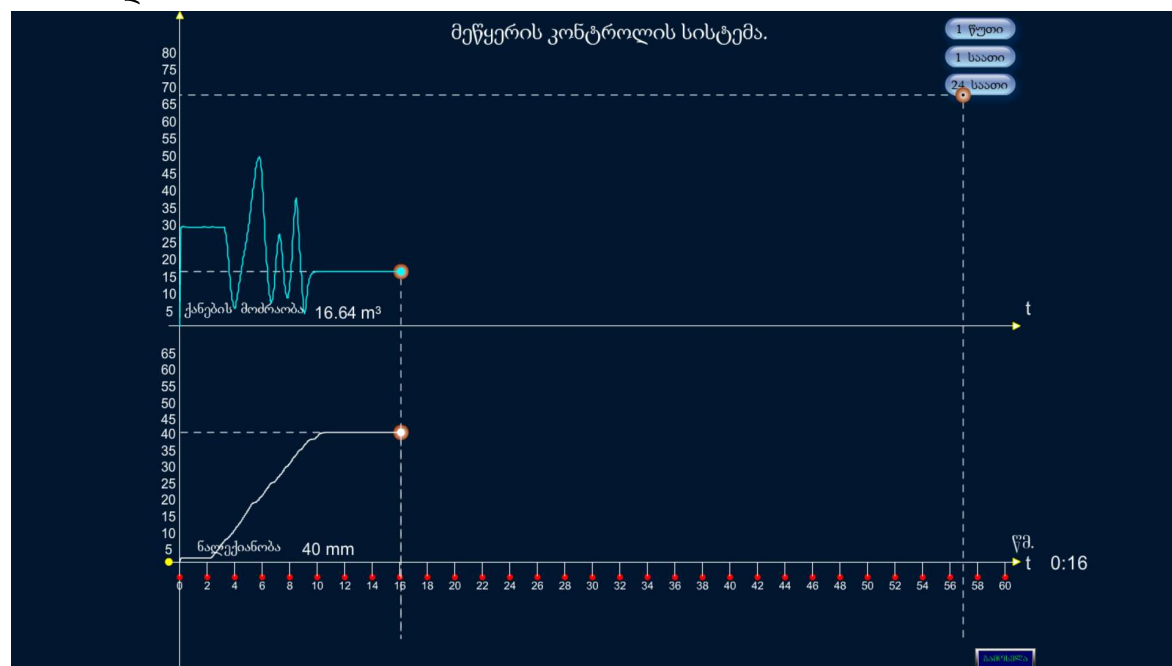


სურათი 4:პროექტის ფოტო სურათი

მოწყობილობა უნდა დამონტაჟდეს ღია სივრცეში, სადაც მოხდება ნალექიანობის გაზომვა. მოწყობილობა ინფორმაციას ნალექიანობის შესახებ აგზავნის სერვერთან სადაც მიღებული ინფორმაციის საფუძველზე ხდება დიაგრამის აგება.

კიდევ ერთი დიდი სიახლე აღნიშნულ პროექტში არის ის, რომ ხდება დაკვირვება და ანალიზი ნიადაგში მიმდინარე პროცესების დამოკიდებულებაზე ნალექიანობასთან, ვინაიდან ეს ორი

პროცესი ერთმანეთთან მჭიდროდ არის დაკავშირებული. ჭარბი ნალექიანობა არის მთავარი გამომწვევი მიზეზი მეწყრული პროცესების გააქტიურებისა და ჩვენი მოწყობილობა ახდენს ამის ანალიზს.



სურათი 5: ნალექიანობის და ქანების გადაადგილების ურთიერთკავშირი

ჩვენს მიერ შექმნილ მოწყობილობებზე ჩატარებული კვლევის შედეგად გამოიკვეთა, რომ ჩვენი სისტემა ბევრად უფრო მოქნილი იქნებოდა, თუ მასში დავამატებდით ქანების დახრილობის შესახებ ზუსტ ინფორმაციას. კერძოდ, უფრო დეტალურად მოვახდენდით ქანების დახრილობის განსაზღვრას და შევქმნიდით ისეთ მოწყობილობას, რომელიც დიდი სიზუსტით მოახდენდა დახრილობის დადგენას. სწორედ აქედან გამომდინარე, ჩვენს სისტემას დავამატეთ ახალი ტიპის ქანების დახრილობის მონიტორინგის სენსორი, რომელიც არის კიდევ უფრო ინოვაციური, ვიდრე არსებული ქანების დახრილობის მზომი სენსორები. ეს ახალი ტიპის სენსორი კიდევ უფრო მოქნილს გახდის ერთიანობაში ჩვენს სისტემას.

საწყის ეტაპზე მიმოვიხილოთ მსოფლიოში არსებული მსგავსი სისტემები და განვიხილოთ მათი დადებითი და უარყოფითი თვისებები:

1. გეოდეზიური GPS სენსორები

ეს სენსორები იყენებენ გლობალურ პოზიციონირების სისტემას (GPS) ქანების გადაადგილების მონიტორინგისთვის.

დადებითი მხარეები:

- უზრუნველყოფს ქანების გადაადგილების ფართომასშტაბიან მონიტორინგს.
- მაღალი სიზუსტე (<1 სმ).
- რეალურ დროში მონაცემების მიწოდების შესაძლებლობა.
- არ საჭიროებს ადგილობრივი სენსორების ქსელს.

უარყოფითი მხარეები:

- დამოკიდებულია GPS სიგნალზე, რაც შეიძლება შეიზღუდოს მთიან ან ტყიან რეგიონებში.
- შედარებით მაღალი ფასი.
- მოითხოვს რეგულარულ ტექნიკურ მომსახურებას.

2. ინკლინომეტრები (დახრილობის სენსორები)

ინკლინომეტრები გამოიყენება ქანების გადაადგილებისგან გამოწვეული დახრილობის ცვლილებების დასაფიქსირებლად.

დადებითი მხარეები:

- მაღალი მგრძნობელობა დახრილობის მცირე ცვლილებების მიმართ.
- კომპაქტური და მარტივი მონტაჟი.
- დაბალი ენერგომოხმარება.

უარყოფითი მხარეები:

- შეზღუდულია მხოლოდ დახრილობის მონიტორინგით, ქანების მთლიან გადაადგილებას არ განსაზღვრავს.
- მგრძნობიარეა ვიბრაციისა და ელექტრომაგნიტური ინტერფერენციის მიმართ.

3. სტრენგეიჯები (Strain gauge) (მაბვის გაზომვის სენსორები)

ეს სენსორები ზომავენ ქანებში ან სტრუქტურებში არსებული მექანიკური სტრესის ცვლილებებს.

დადებითი მხარეები:

- მაღალი სიზუსტე მცირე გადაადგილებების დასაფიქსირებლად.
- გამძლეა გარემო პირობების მიმართ.
- იძლევა დეტალურ ინფორმაციას სტრუქტურაში სტრესის შესახებ.

უარყოფითი მხარეები:

- მხოლოდ ლოკალური მონიტორინგისთვის გამოდგება.
- რთული მონტაჟი და ტექნიკური მომსახურება.
- საჭიროებს სპეციალურ კალიბრაციას.

4. ლაზერული დისტანციომეტრები

ლაზერული სენსორები ზომავენ ქანების გადაადგილებას მანძილის ცვლილების მიხედვით. ლაზერული დისტანციომეტრი უშვებს ლაზერის სხივს მიზნისკენ და ზომავს ლაზერის დაბრუნების დროს ან ფაზას, რათა დადგინდეს მანძილი.

დადებითი მხარეები:

- უმაღლესი სიზუსტე (<0.01 მმ).
- საშუალებას იძლევა დიდ დისტანციებზე მონიტორინგისთვის.
- მარტივი მონაცემების აღქმა და ანალიზი.

უარყოფითი მხარეები:

- შედარებით მაღალი ფასი.
- მგრძნობიარეა მტვრის, ტენიანობის და სხვა გარემო პირობების მიმართ.

- საჭიროებს ზუსტ დამონტაჟებას და რეგულირებას.

5. აკუსტიკური სენსორები

აკუსტიკური სენსორები იყენებენ ხმის ტალღებს ქანების გადაადგილების დასაფიქსირებლად. დადებითი მხარეები:

- სწრაფი რეაგირება გადაადგილებაზე.
- გარემოს პირობებზე ნაკლებად მგრძნობიარე.
- ეფექტურია მიწისქვეშა მონიტორინგისთვის.

უარყოფითი მხარეები:

- შედარებით დაბალი სიზუსტე.
- მოითხოვს რთულ დამონტაჟებას და ქსელის ინფრასტრუქტურას.
- შეზღუდულია გამოყენება მცირე მასშტაბის მონიტორინგში.

6. რადარული სენსორები (InSAR)

ეს სენსორები იყენებენ სარადარო სიგნალებს ქანების გადაადგილების დასაფიქსირებლად. დადებითი მხარეები:

- საშუალებას იძლევა ფართო ტერიტორიების მონიტორინგისთვის (სატელიტებიდან).
- ძალიან მაღალი სიზუსტე (<1 მმ).
- მუშაობს ყველა ტიპის გარემო პირობებში.

უარყოფითი მხარეები:

- ძალიან მაღალი ღირებულება.
- მონაცემების დამუშავებისთვის საჭიროა კომპლექსური პროგრამული უზრუნველყოფა.
- შეზღუდული რეალურ დროში მონიტორინგისთვის.

ჩვენი მოწყობილობის მუშაობის პრინციპი ეფუძნება ელექტრომაგნიტურ ინდუქციის მოვლენას. ეს არის ფიზიკური მოვლენა, როდესაც ცვლადი მაგნიტური ველი გამტარში (მაგალითად, კოჭაში) წარმოქმნის ელექტრულ დენს, სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, როდესაც მაგნიტური ველი, რომელიც კოჭის ირგვლივაა, იცვლება, კოჭაში წარმოიქმნება ელექტრული დენი. ამ დენს ინდუქციური დენი ეწოდება.

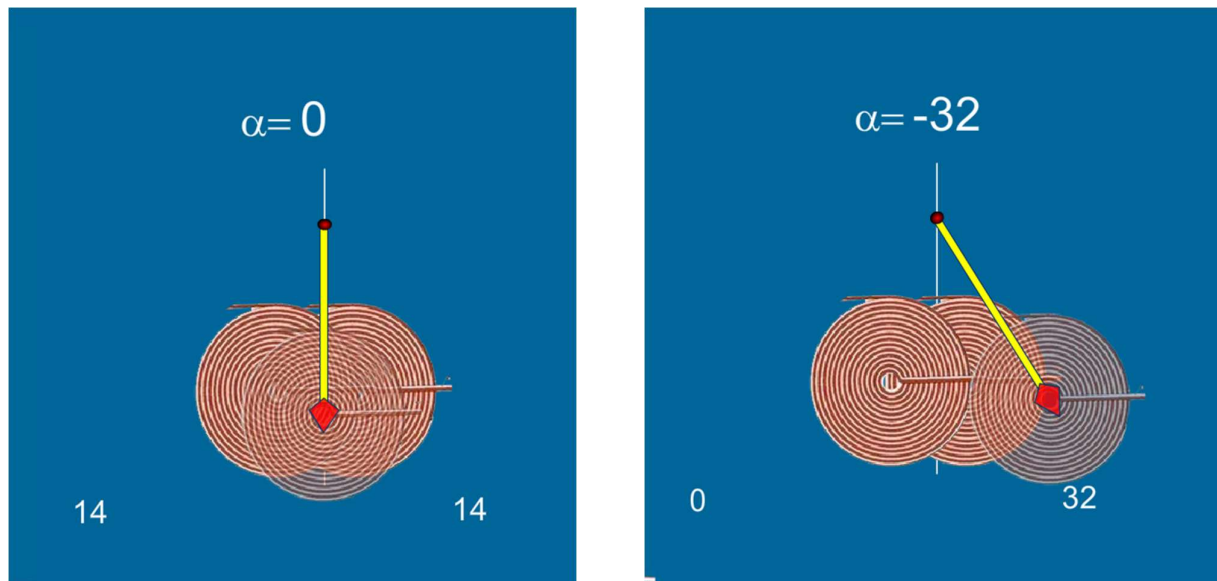
კოჭა არის ლითონის ხვია. ელექტრომაგნიტური ინდუქცია ყველაზე ეფექტურად სწორედ კოჭაში ხდება, რადგან ხვია აძლიერებს მაგნიტურ ველს. როდესაც მაგნიტური ველი იცვლება კოჭის შიგნით ან მის გარშემო, კოჭაში წარმოიქმნება ელექტრული დენი - ეს არის ინდუქციის შედეგი. ამრიგად, კოჭა არის ინდუქციის პროცესის განხორციელების ძირითადი ელემენტი.

წარმოდგენილი მოწყობილობა იყენებს სამ ბრტყელ კოჭას. ერთი კოჭა, რომელიც მაგნიტური ველის წყაროა, ჰორიზონტალურად მოძრაობს ორი მიმღები კოჭის ზემოთ. მიმღები კოჭები განლაგებულია ისე, რომ ერთის რადიუსის ბოლო ემთხვევა მეორის ცენტრს და პირიქით, ანუ ცენტრებს შორის მანძილი ტოლია კოჭის რადიუსის. მაგნიტურველიანი კოჭის

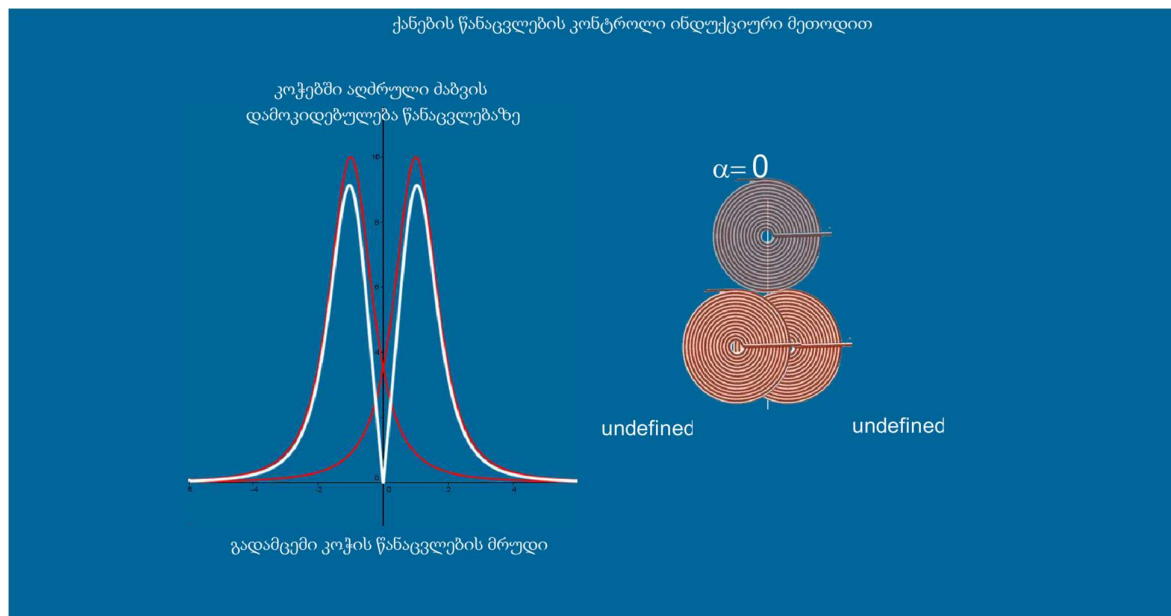
მოდრაობისას, მიმღებ კოჭებზე ინდუცირდება ცვლადი დენი მუდმივი სიხშირით 100 კილოჰერცი. ამ დენის სიდიდე დამოკიდებულია :

- კოჭებს შორის მანძილზე (რაც უფრო ახლოსაა გადამცემი კოჭა მიმღებებთან, მით უფრო ძლიერია ინდუცირებული დენი)
- ხვიათა რიცხვზე (რაც მეტია ხვიათა რიცხვი, მით უფრო ძლიერია ინდუცირებული დენი)
- კოჭების ურთიერთგანლაგებაზე (მიმღები კოჭების კონკრეტული განლაგება განსაზღვრავს მაგნიტური ველის ურთიერთქმედების ეფექტურობას).

ეს მოწყობილობა განთავსებულია მეწყერსაშიშ ზონაში, ნიადაგის სიღრმეში. მიმღები კოჭები მოთავსებულია ყუთში და სპეციალური სამაგრით უძრავადაა დაფიქსირებული, ხოლო გამომსხივებელი კოჭა მოთავსებულია ცალკე ყუთში და მოთავსებულია მიმღები კოჭების ზემოთ ქანებში ისე, რომ შეუძლია თავისუფლად გადაადგილება მიმღები კოჭების მიმართ ჰორიზონტალურად. ქანების გადაადგილება აუცილებლად გამოიწვევს გადამცემი კოჭის გადაადგილებას მიმღები კოჭების მიმართ გარკვეული კუთხით, რაც თავის მხრივ წარმოქმნის ძაბვათა სხვაობას მიმღებ კოჭებზე, ამ გადაადგილების შესაბამისად. სწორედ ამ ძაბვათა სხვაობის ანალიზის საფუძველზეა შესაძლებელი ქანების გადაადგილების მიმართულების დადგენა საწყისი წერტილიდან.



სურათი 6: ქანების წანაცვლების კონტროლი ინდუქციური მეთოდით, კოჭების ურთიერთქმედება.



სურათი 7: ქანების წანაცვლების კონტროლი ინდუქციური მეთოდით(დიაგრამა)

ნახაზზე წარმოდგენილია კოჭების ურთიერთდამოკიდებულება ქანების გადაადგილებისას სადაც α წარმოადგენს წანაცვლების კუთხეს ხოლო რიცხვითი მნიშვნელობები გვიჩვენებს წანაცვლების დონეს, მათ შორის სხვაობის ვიზუალიზაცია ხდება დიაგრამით, რომელიც გვიჩვენებს გადამცემი კოჭის ჰორიზონტალურ წანაცვლებას და აღწერს ძაბვის ამპლიტუდური მნიშვნელობის დამოკიდებულებას წანაცვლებაზე. დიაგრამაზე წითელი მრუდი წარმოადგენს თითოეული კოჭის რეზონანსულ მრუდებს, ხოლო თეთრი ფერის მრუდი წარმოადგენს რეზულტირებულ მრუდს. ნახაზზე ჩანს, რომ როცა სხვაობა, კოჭის ორ მნიშვნელობას შორის არის ნულის ტოლი, გრაფიკული მნიშვნელობა ემთხვევა კოორდინატთა ღერძის სათავეს. სხვა შემთხვევაში ვეჭვებით ან მარჯვენა(დადებითი ნახევარი) რეზულტირებული მრუდის არეში, ან მარცხენა(უარყოფითი ნახევარი) რეზულტირებული მრუდის არეში.

ეს ყველაფერი დაფუძნებულია შემდეგ საკითხებზე:

1. კოჭის ინდუქტივობის (L) გამოთვლა

$$L = \frac{\mu_0 N^2 S}{l_{\text{eff}}}$$

სურათი 8: კოჭის ინდუქტივობის (L) გამოთვლის ფორმულა

ეს ფორმულა გამოიყენება სოლენოიდის ინდუქტივობის განსასაზღვრად. ინდუქტივობა (L) ზომავს, რამდენად კარგად შეუძლია კოჭს ელექტრომაგნიტური ენერგიის დაგროვება, რაც დამოკიდებულია ზემოთ აღნიშნულ პარამეტრებზე.

2. ტრანსფორმატორების კოეფიციენტი k

$$\begin{array}{l}
 L_1 \quad L_2 \\
 \text{ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი} \quad k = \frac{M}{L_1 L_2} \\
 \text{კავშირის კოეფიციენტი} \quad 0 \leq k_c \leq 1 \\
 \text{ურთიერთ ინდუქცია} \\
 M = k_c \sqrt{L_1 L_2}
 \end{array}$$

სურათი 9: კოჭის ინდუქტივობის (L) გამოთვლის ფორმულა

K კოეფიციენტი გვიჩვენებს, რამდენად კარგად არის დაკავშირებული ორი კოჭა ერთმანეთთან. იგი გამოითვლება ურთიერთინდუქტიურობის M და კოჭების ინდივიდუალური ინდუქტიურობის (L_1 და L_2) მიხედვით.

K_c არის კავშირი, რომელიც აღწერს კოჭებს შორის მაგნიტური კავშირის ხარისხს.

- თუ $K_c = 1$ ეს ნიშნავს, რომ კოჭები სრულად არის დაკავშირებული (იდეალური კავშირი).
- თუ $K_c = 0$, ეს ნიშნავს, რომ კოჭებს შორის კავშირი არ არსებობს.
- რეალურ ტრანსფორმატორებში ეს კოეფიციენტი 0-დან 1-მდეა.

ურთიერთ ინდუქტივობა M გვიჩვენებს, რომ ორი კოჭის ურთიერთ ინდუქტიურობა დამოკიდებულია მათ ინდივიდუალურ ინდუქტიურობაზე L_1 და L_2 , ასევე კავშირის კოეფიციენტზე K_c .

ეს ფორმულები მნიშვნელოვანია ტრანსფორმატორების, ელექტრომაგნიტური კავშირების და რეზონანსული წრედების ანალიზისთვის.

- მაღალი K_c ნიშნავს შესაძლო მაქსიმალური ენერგიის გადაცემას.
- ურთიერთ ინდუქტივობა M გვიჩვენებს, რამდენად ძლიერია ინდუქციური კავშირი ორ კოჭს შორის.

$$\begin{array}{l}
 \text{გრაფიკის აგება} \\
 R \text{ რადიუსი} \\
 x \text{ მანძილი} \\
 M(x) = \mu_0 \frac{\pi R^4}{(R^2 + x^2)^{3/2}} \\
 E(x) = \frac{C}{(R^2 + x^2)^{3/2}}
 \end{array}$$

სურათი 10: მაგნიტური მომენტი გარკვეულ წერტილში (გრაფიკის აგება)

ეს ფორმულა გამოხატავს მაგნიტურ მომენტს გარკვეულ X წერტილში:

- μ_0 ვაკუუმის მაგნიტური განვლადობა
- R – რადიუსი
- X – მანძილი

- მრიცხველში არის πR^4 , რაც მიუთითებს, რომ რადიუსის გაზრდა მნიშვნელოვნად ზრდის მაგნიტურ მომენტს.
- მნიშვნელში არის $(R^2 + X^2)^{3/2}$ რაც ნიშნავს, რომ მაგნიტური ველი სწრაფად იკლებს მანძილის გაზრდასთან ერთად

მაღალი სიხშირის (100 კ.ჰც) გენერატორის გამოსასვლელზე მიერთებულია გადამცემი კოჭა, რომლის მაგნიტური ველი ახდენს გავლენას მიმღებ კოჭებზე, ხოლო მიმღები კოჭების გამოსული მიერთებულია ცვლადი დენის გამმართველთან, ცვლადი დენის გამმართველიდან გამოსული სიგნალები მიეწოდება მიკროპროცესორს, მიკროპროცესორის პროგრამა გამოიმუშავებს ინფორმაციას კოჭებზე ძაბვის შესახებ.

კვლევა:

თავდაპირველად ქანების მიმართულების დასადგენად გამოვიყენეთ ცილინდრული კოჭები. რომელიც ზომავდა გადაადგილებას მხოლოდ ერთი მიმართულებით. ამიტომ გადაწყვიტეთ გამოგვეყენებინა ბრტყელი კოჭა რომლის გადაადგილება არც ერთი მართულებით არ არის შეზღუდული, სწორედ ეს მიდგომა დაედო საფუძვლად ჩვენს სენსორს. ყველა სხვა მოწყობილობებში გამოყენებულია კოჭის და გულანის ურთიერთქმედება ჩვენ კი ვიყენებთ ბრტყელი კოჭების ურთიერთქმედებას რომელიც გვაძლევს შესაძლებლობას დავაფიქსიროთ ქანების გადაადგილება ნებისმიერი მიმართულებით და დიდი სიზუსტით.

დასკვნა:

წარმოდგენილი მოწყობილობა ეფუძნება ელექტრომაგნიტურ ინდუქციას და გამოიყენება მეწყერსაშიში ზონების მონიტორინგისთვის. მისი ძირითადი ელემენტები მოიცავს სამ კოჭას: ერთ გადამცემსა და ორ მიმღებს. გადამცემი კოჭა ჰორიზონტალურად გადაადგილდება მიმღებ კოჭებთან მიმართებაში, რაც იწვევს ინდუქციური დენის ცვლილებას.

ქანების გადაადგილებისას, გადამცემი კოჭის პოზიციის ცვლილება იწვევს ძაბვითა სხვაობას მიმღებ კოჭებზე. ეს სიგნალი მუშავდება მიკროპროცესორის მიერ, რაც საშუალებას იძლევა განისაზღვროს ქანების წანაცვლების მიმართულება და სიდიდე.

აღნიშნული მეთოდი ეფუძნება ინდუქტივობისა და ურთიერთინდუქციურობის პრინციპებს, რაც უზრუნველყოფს მოწყობილობის მაღალ სიზუსტეს. მიღებული მონაცემების ანალიზი შესაძლებელია მიკროპროცესორში ჩატვირთული პროგრამული უზრუნველყოფის საშუალებით, რაც ზრდის სისტემის ეფექტურობას და სანდოობას.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Fraden, Jacob. *Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications*. 5th ed. Cham: Springer, 2016.
2. Abelashvili, N., Otkhazia, N., Otkhazia, V., & Akhlouri, E. (2024). Diagnosing the stability of large-scale processes using fractal structure analysis of time series. *International Science Journal of Engineering & Agriculture*, 3(4), 30–37. <https://doi.org/10.46299/j.isjea.20240304.03>
3. Nona Otkhazia, Vano Otkhazia, & Shorena Khorava. (2022). Search for an extremum using the steepest descent method under the conditions of experimental errors. World Science, (2(74). https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/28022022/7785
4. Nona Otkhazia, Nino Tsiklauri, Vano Otkhazia. (2024) Selection of Mathematical Optimization Methods for Solving Engineering Practice Problems . *Georgian Scientists*, 6(2), 286–293. <https://doi.org/10.52340/gi.2024.06.02.30>

Rock displacement control

Abstract:

This paper presents an in-depth analysis of the development of an intelligent system aimed at monitoring and preventing landslide-prone areas. The paper highlights the importance of information processing in modern technologies, especially the role of analytical technologies in decision-making, which is critical for systems such as security systems.

The research focuses on the development of three innovative sensors specifically designed for monitoring landslide-prone areas. These are:

- Hall effect sensor: This system measures ground displacement and deformation, which provides early detection of approaching landslides.
- New type of tilt sensor: This sensor uses the principle of immersing electrodes in a liquid and measures changes in the tilt of rocks with high accuracy.
- A new type of sensor for measuring precipitation: This sensor uses a mercury sensor and measures the amount of precipitation, which is an important factor in the activation of landslide processes.

The document discusses in detail a comparative analysis of existing monitoring systems, such as GPS sensors, inclinometers, laser rangefinders, etc. After analyzing the advantages and disadvantages of each system, the study presents a new inductive method for controlling rock displacement, which is based on electromagnetic induction and uses flat coils. This method provides accurate determination of the direction and magnitude of rock movement.

The results of the study highlight the accuracy, efficiency and reliability of the created system, which makes it a valuable tool for monitoring and preventing landslide processes. The use of the system will contribute to reducing the risk of natural disasters and protecting human lives.

Keywords: landslide-prone zones, management system, control system, landslide occurrence, landslide detection, early warning system, Hall sensor, Hall effect.