

გემის მთავარი ძრავის საწვავის ხარჯის აღრიცხვის ცდომილების კომპენსაციის მეთოდები

ოთარ ჯიჯავაძე, თეიმურაზ ჩოხარაძე, ჯემალ შარაძე

ბათუმის სახელმწიფო საზღვაო აკადემია

რეზიუმე

შემოთავაზებულია წნევის პიეზოელექტრული გარდამქმნელი, რომელიც სითხის (საწვავის) წნევის ჰიდროდინამიკური ზემოქმედების შედეგად განსაზღვრავს ნაკადის სიჩქარეს და შესაბამისად საწვავის ხარჯს.

საკვანძო სიტყვები: გენერატორი. ბიმორფული გარდამქმნელი. პიეზოელემენტი. პერსექტრონი. გრადიენტული ალგორითმი.

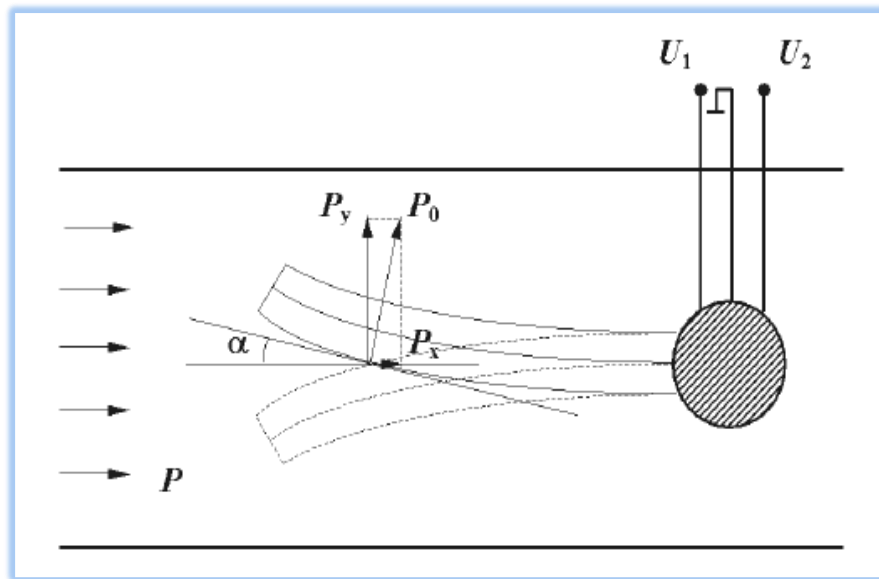
1. შესავალი

საზღვაო ფლოტის განვითარების თანამედროვე ეტაპზე დღის წესრიგში დადგა გემის ენერგეტიკული სისტემების ტექნოლოგიური პროცესების კომპლექსური ავტომატიზაციის საკითხი [2], რაც ითვალისწინებს საწვავის ხარჯის შემცირებით ენერგეტიკული დანადგარის ეკონომიკური და ეკოლოგიური მაჩვენებლების გაუმჯობესებას. ბოლო წლებში საზღვაო გემების ავტომატიზებულ სისტემებში ფართოდ დაინერგა საწვავის წნევისა და ხარჯის პიეზოელექტრული გადამწოდებები, რომლებიც მზადდება პიეზოკერამიკული მასალისაგან. აღნიშნული ტიპის გადამწოდებს ახასიათებს მაღალი საიმედოობა, სიმტკიცე და ქიმიური ნეიტრალობა, რაც განსაზღვრავს მისი გამოყენების მიზანშეწონილობას [3].

მიუხედავად ჩამოთვლილი დადებითი თვისებებისა, პიეზოელემენტებს ახასიათებს მნიშვნელოვანი არაწრფივობა, რომელიც დაკავშირებულია პიეზოელექტრულ ჰისტერეზისთან და ნარჩენ დეფორმაციასთან. ამასთანავე აღნიშნულ გადამწოდებებში არ არსებობს სითხის წნევის გაზომვის სტატიკური და დინამიკური ცდომილების კორექციის ფუნქციები.

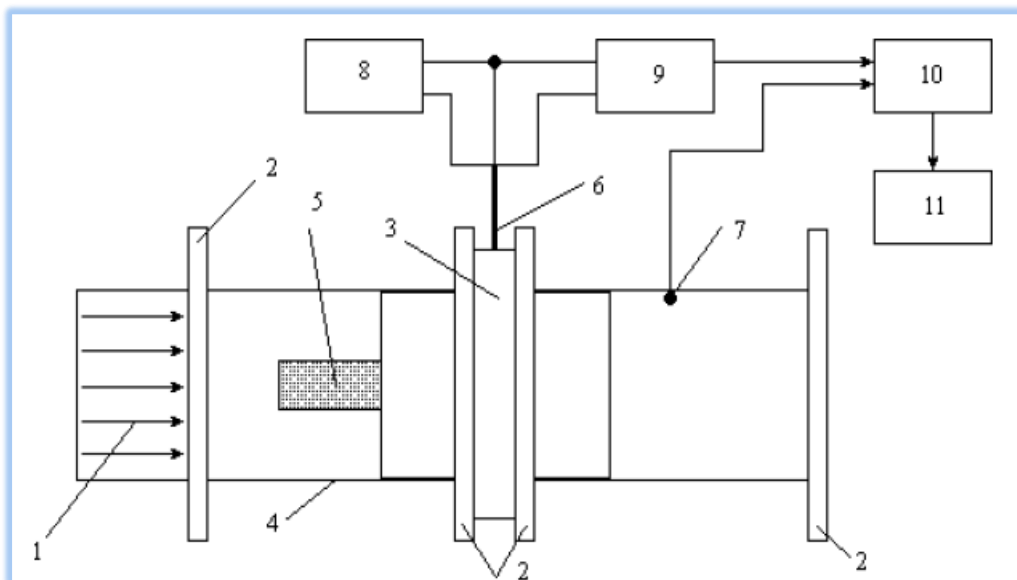
2. ძირითადი ნაწილი

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, შემოთავაზებულია წნევის პიეზოელექტრული გარდამქმნელი, რომელიც სითხის (საწვავის) წნევის ჰიდროდინამიკური ზემოქმედების შედეგად განსაზღვრავს ნაკადის სიჩქარეს და შესაბამისად საწვავის ხარჯს. პიეზოკერამიკული ელემენტის კონსტრუქციის ერთ-ერთი ვარიანტია ბიმორფული პიეზოელექტრული ელემენტი (ბ.პ.ე), რომელიც მოთავსებულია უშუალოდ სითხის ნაკადში და მუშაობს ტრანსფორმატორულ რეჟიმში. ჰიდროდინამიკური წნევის პროპორციული ძაბვის ამპლიტუდა U_2 წარმოადგენს გარდამქმნელის ინფორმაციულ პარამეტრს. (ნახ.1).



ნახ.1. ჰიდროდინამიკური წნევის ზემოქმედება ხარჯის გამზომზე

სითხის ხარჯის გაზომვის ცდომილების ერთ-ერთი ძირითადი წყაროა ნივთიერების (საწვავის) ფიზიკურ-ქიმიური პარამეტრების (ტემპერატურა, სიმკვრივე, სიბლანტე) ცვლილება. ამიტომ, ნაშრომში [1] შემოთავაზებული იყო რამოდენიმე ხერხი, რომლებიც შესაძლებლობას იძლევა გაზარდონ ხარჯის გაზომვის სიზუსტე. ეს მოწყობილება არის ხარჯმზომი სითხის ნაკადის ტემპერატურული კორექციით (ნახ.2).

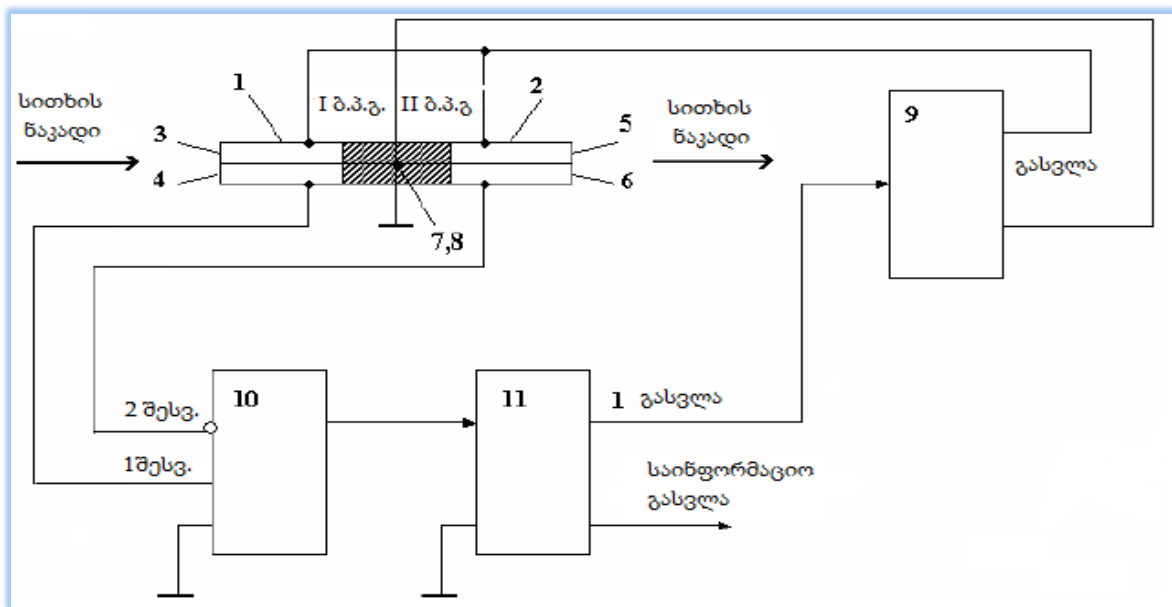


ნახ.2. პიეზოელექტრული ხარჯმზომი სითხის ნაკადის ტემპერატურული კორექციით.

- 1-სითხის ნაკადი; 2-მილტურები; 3-რეზინის შუასადები; 4-კორპუსი;
- 5-ბიმორფული პიეზოელემენტი; 6-საყრდენი; 7-თერმოგადაამწოდები;
- 8-გენერატორი; 9-გამამძიერებელი; 10-ინფორმაციის დამუშავების მიკროპროცესორული მოწყობილობა; 11- არეკვლის მოწყობილობა.

მოცემული ხარჯშომი თავსდება ტექნოლოგიურ მილში, სითხის ნაკადი ურთიერთქმედებს რხევად ბიმორფულ პიეზოელემენტთან, რის შედეგად წარმოიქმნება ტრანსფორმირებული ელექტრული ძაბვა, რომელიც წარმოადგენს სითხის ჰიდროდინამიკური წნევის სიდიდეს. წინასწარ გაძლიერებული სიგნალი მიეწოდება მიკროპროცესორს, სადაც მუშავდება გარკვეული ალგორითმის მიხედვით. ალგორითმში გათვალისწინებულია ტემპერატურის ცვლილების შედეგად ბიმორფულ პიეზოელემენტში სიგნალის ამპლიტუდის ცვლილება.

პიეზოელექტრული ხარჯშომის გაზომვის სიზუსტე საგრძნობლად გაიზრდება, თუკი ტექნოლოგიური მილის ერთ ვერტიკალურ სიბრტყეში სითხის ნაკადის მიმართულებით მოვათავსებთ ორ ბიმორფულ პიეზოელემენტს (ზ.პ.ე) (ნახ.3).



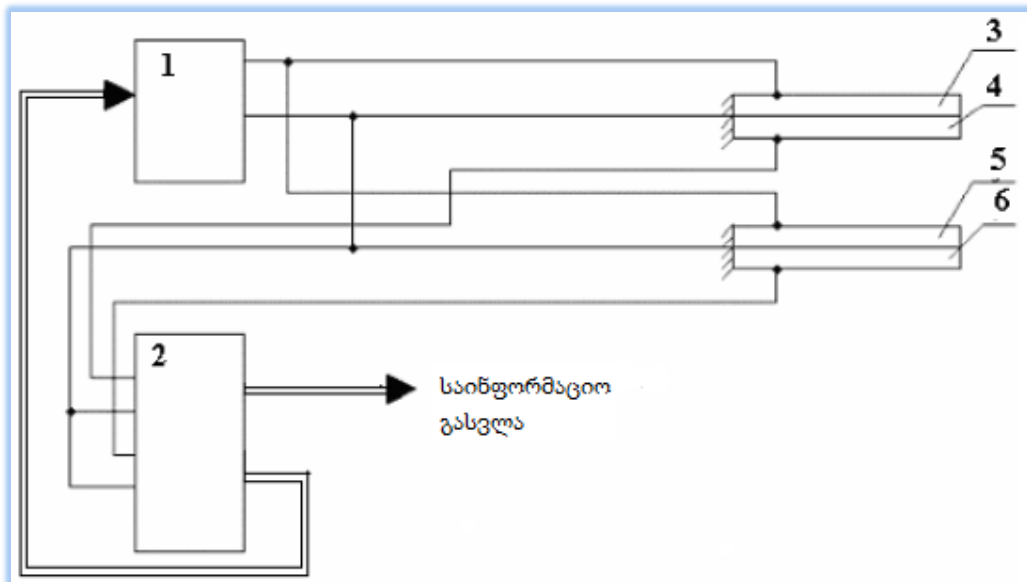
ნახ.3. სითხის პიეზოელექტრონული ხარჯშომი ორი ბიმორფული პიეზოელემენტით.

- 1- პირველი ბიმორფული პიეზოელემენტი; 2 - მეორე ბიმორფული პიეზოელემენტი; 3- პირველი ბიმორფული გარდამქმნელის პირველადი პიეზოელემენტი; 4- პირველი ბიმორფული გარდამქმნელის მეორადი პიეზოელემენტი; 5- მეორე ბიმორფული გარდამქმნელის პირველადი პიეზოელემენტი; 6- მეორე ბიმორფული გარდამქმნელის მეორე პიეზოელემენტი; 7-8- ბიმორფული პიეზოელემენტების ელექტრული საერთო გასვლა; 9- გენერატორი; 10- დიფერენციალური გამაძლიერებელი; 11- ინფორმაციის დამუშავებისა და რეგისტრაციის გამაძლიერებელი.

რადგანაც ბიმორფული პიეზოელემენტის რხევის ამპლიტუდა დამოკიდებულია სითხის ნაკადის გარშემოდინებაზე, ამიტომ პირველი ბიმორფული პიეზოელემენტის გამავალი სიგნალი გაიზრდება, ხოლო მეორის დაიკლებს. დიფერენციალურ მაძლიერებელზე გამოძვარილი სიგნალების მიწოდების შედეგად მცირდება ტემპერატურის ცვლილების ზემოქმედება ხარჯშომის ჩვენებაზე. ამასთან ერთად, სითხის სიმკვრივისა და დინამიკური სიბლანტის ცვლილებები ერთნაირად მოქმედებს ორივე ბიმორფული

პიეზოელექტრონული ელემენტის რხევის პარამეტრებზე, რაც დადებით გავლენას ახდენს ხარჯის გაზომვის სიზუსტეზე.

ნაკადის სიჩქარის არაერთგვაროვანი ველის შემთხვევაში, ორი ბიმორფული პიეზოელექტრონული ელემენტი უნდა მოთავსდეს ორ ერთმანეთის მიმართ პერპენდიკულარულ სიბრტყეში, ამგვარი ტიპის ხარჯმზომის სქემა მოყვანილია მე-4 ნახაზზე.

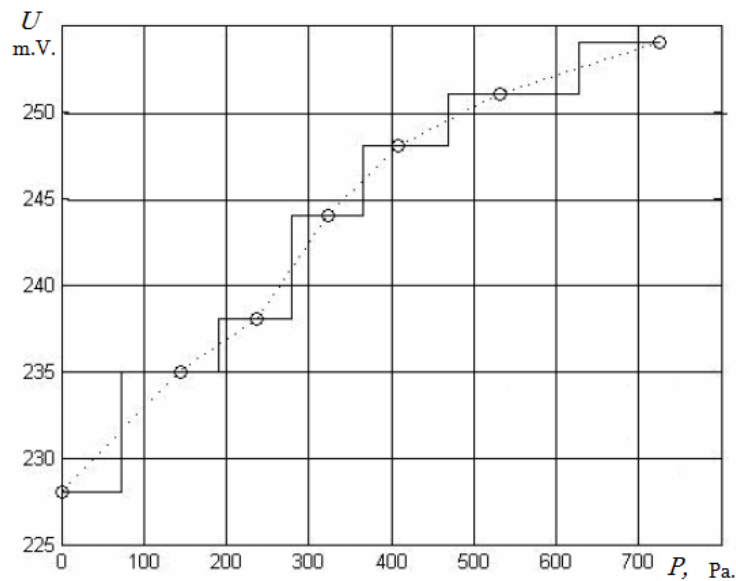


ნახ.4. სითხის ხარჯის პიეზოელექტრონული გამზომი.

1- გენერატორი; 2- ინფორმაციის რეგისტრაციისა და დამუშავების მაპლიერებელი მოწყობილობა; 3-პირველი ბიმორფული გარდამქმნელის პირველადი პიეზოელემენტი; 4-პირველი ბიმორფული გარდამქმნელის მეორადი პიეზოელემენტი; 5-მეორე ბიმორფული გარდამქმნელის პირველადი პიეზოელემენტი; 6- მეორე ბიმორფული გარდამქმნელის მეორე პიეზოელემენტი;

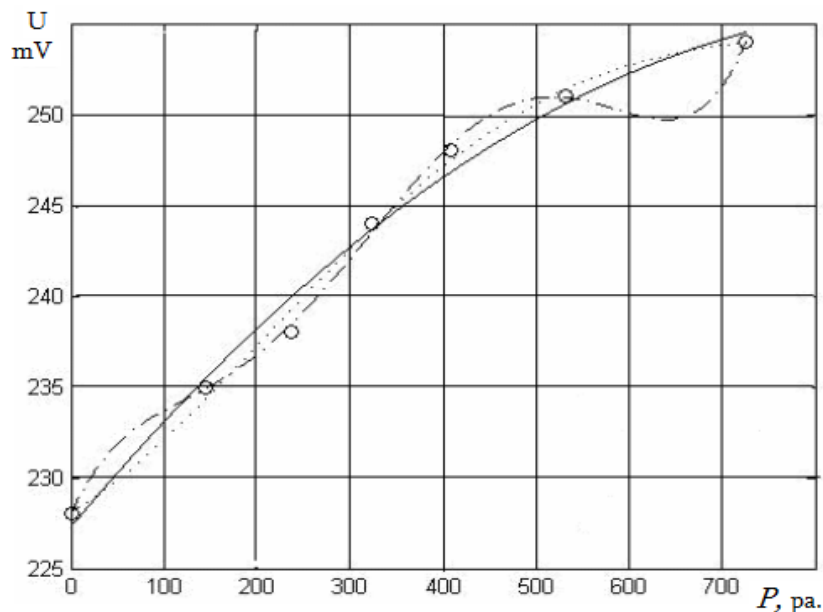
ზემოაღნიშნული მეთოდების შემთხვევაში გაზომვის არაწრფივობის კომპენსაცია ხდება დამატებითი ტექნიკური ხერხებით. მძიმე საწვავის ხარჯის რეგულირების კონტურის ლინეარიზაციისათვის, სადაც გამოიყენება პიეზოელექტრული პირველადი გარდამქმნელები, მართვის კონტურში შეჰყავთ არაწრფივი დამოკიდებულება, რომელიც აკომპენსირებს საწყის არაწრფივობას. ასეთი მეთოდისათვის აუცილებელია მიკროპროცესული აპროქსიმაცია.

საწყის მონაცემებად გამოიყენება ექსპერიმენტულად მიღებული დამოკიდებულება $U = f(P)$. მონაცემთა აპროქსიმაციის უფრო მარტივი მეთოდი არის აპროქსიმაცია, რომლის დროსაც ყველა შუალედური წერტილის მნიშვნელობა მიიღება ცხრილში მოყვანილ მნიშვნელობათა მიახლოებით [2]. როგორც ჩანს (ნახ.5), აპროქსიმაციის ორივე მეთოდი იძლევა მიახლოებულ მნიშვნელობებს.



ნახ. 5. წრფივი აპროქსიმაცია:
 0- ექსპერიმენტული მონაცემები;-წრფივი აპროქსიმაცია;
 — - აპროქსიმაცია შუა წერტილებით

ტრადიციულად, არაწრფივი დამოკიდებულების აპროქსიმაციისათვის გამოიყენება უმცირეს კვადრატთა მეთოდი (ნახ.6), სადაც მოცემულია მეორე, მეოთხე და მეხუთე ხარისხის პოლინომების აპროქსიმაციის შედეგები.

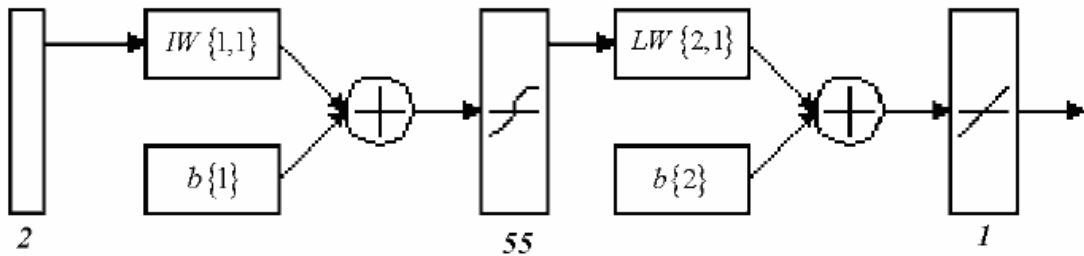


ნახ. 6. პოლინომიალური აპროქსიმაცია:
 0- ექსპერიმენტალური მონაცემები: — — — — - მეხუთე ხარისხის პოლინომიალური აპროქსიმაცია;- მეოთხე ხარისხის პოლინომიალური აპროქსიმაცია; — - მეორე ხარისხის პოლინომიალური აპროქსიმაცია.

აპროქსიმაციის აღნიშნულ მეთოდებს არ მოაქვს სასურველი შედეგი, რადგანაც პოლინომის ხარისხის გაზრდა იწვევს მიახლოების გაუარესებას.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, კვლევაში შემოთავაზებულია მძიმე საწვავის პიეზოელექტრონული გადამწოდების მახასიათებლების აპროქსიმაციის ნეიროქსელური მეთოდი, რომელიც ადრე არ გამოყენებულა პრაქტიკაში. აღნიშნული მეთოდის პრინციპი მდგომარეობს იმაში, რომ ნებისმიერი მრავალცვლადიანი ფუნქცია შესაძლებელია წარმოვადგინოთ როგორც ორფენოვანი ნეირონული ქსელი, რომელიც უშუალო კავშირშია შემავალი ფენის ნეირონებთან n ; ფარული ფენის ნეირონებთან $N = 2n + 1$; და წინასწარ მოცემული აქტივაციის ფუნქციებით f გამომავალი ფენის ნეირონებთან m . აქტივაციის ფუნქციები უნდა იყოს უწყვეტი და დიფერენცირებადი განსაზღვრის არეში.

აღნიშნული ამოცანის გადასაწყვეტად დამზადდა მრავალფენიანი პერსეპტრონი, პირდაპირი კავშირებითა და ერთი ფარული ფენით ($2 - n - 1$). (ნახ.7).



ნახ.7. მრავალფენოვანი პერსეპტრონის სქემა

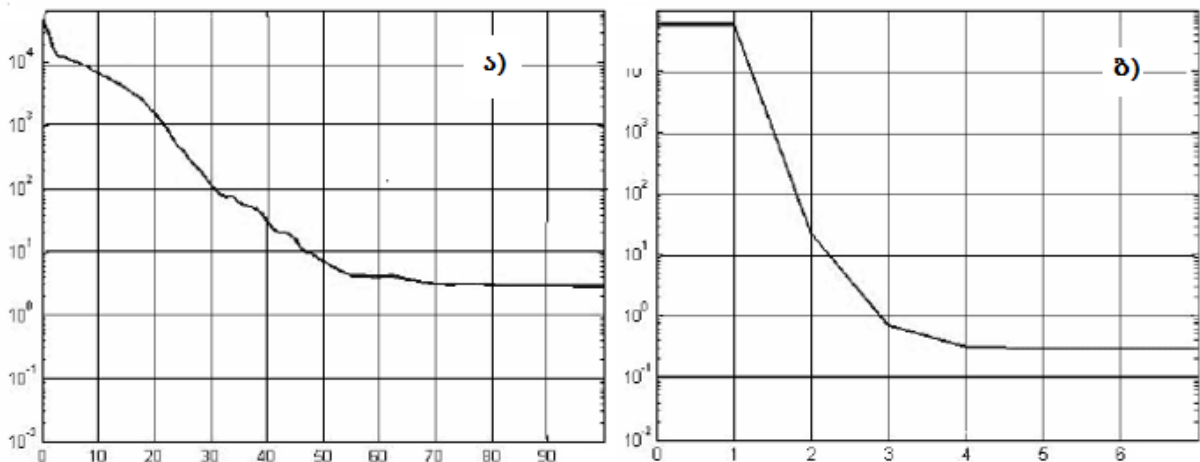
ფარული ფენის აქტივაციისათვის ფუნქციად გამოყენებულია ჰიპერბოლური ტანგენსი, ხოლო გამომავალი ნეირონისათვის კი წრფივი ფუნქცია.

$$tansig(n) = \frac{2}{1 + e^{-2n}} - 1;$$

$$purelin(n) = n.$$

პერსეპტრონი გამოიყენებოდა გრადიენტული და ლავენბერგ-მარკვარდტის ალგორითმი (ნახ.9). ორივე ალგორითმი უზრუნველყოფს აპროქსიმაციის ცდომილების სტაბილურ დადაბლებას, მაგრამ ლავენბერგ-მარკვარდტის ალგორითმი უფრო სწრაფ-მოქმედა.

ნეიროქსელური აპროქსიმაციის შედეგი მოცემულია მე-10 ნახაზზე.



ნახ. 9 მრავალფენოვანი პერსეპტრონის გრაფიკები:

ა) გრადიენტული ალგორითმი; ბ) ლავენბერგ-მარკვარდტის ალგორითმი

აღნიშნული მეთოდების ცდომილების სტატისტიკა: წრფივი- 5.18; პოლინომიალური - 1.61; ნეიროქსელური - 0.24.

3. დასკვნა

ცდომილების მნიშვნელობების ანალიზმა აჩვენა, რომ ნეიროქსელური მეთოდი საგრძნობლად ზრდის გემის მთავარი ძრავის მძიმე საწვავის წნევის პიეზოელექტრული გადამწოდების აპროქსიმაციის სიზუსტეს. პროგრამული მეთოდების კომპლექსური გამოყენების მიზანშეწონილობა მდგომარეობს იმაში, რომ ის იძლევა გემის მთავარი ძრავის მძიმე საწვავის ხარჯის გამზომის ცდომილების დინამიკური კორექციის შესაძლებლობას.

ლიტერატურა - References – Литература:

1. Глазева О.В., Белокопытный А.С., Плавинский Е.Б. (2000). Пьезоэлектронный расходомер газовых потоков. Холодильная техника и технология. -М.,
2. Толшин В.И. (2003). Автоматизация судовых энергетических установок. учебник. – РосКонсульт.
3. Джагупов Р.Г., Ерофеев А.А. (1994). Пьезоэлектронные устройства вычислительной техники, систем контроля и управления: справочник- Политехника.

METHODS OF INDEMNIFICATION OF ERRORS OF MEASUREMENTS THE EXPENSE OF HEAVY FUEL OF THE MARINE ENGINE

Otar Jijavadze, Teimuraz Chokharadze, Jemal Sharadze.
Batumi State Maritime Academy

Summary

In the above article, a piezoelectric pressure transducer is proposed which, under the hydrodynamic action of the fluid, determines the flow rate of the liquid and, accordingly, fuel consumption, which is based on neural network approximation and is used for the first time.

МЕТОДЫ КОМПЕНСАЦИИ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИИ РАСХОДА ТЯЖЕЛОГО ТОПЛИВА ГЛАВНОГО ДВИГАТЕЛЯ СУДНА.

Джиджавадзе О., Чохарадзе Т., Шарадзе Дж.
Батумская Государственная Морская Академия.

Резюме

В представленной работе предложен пьезоэлектрический преобразователь, который под действием гидродинамического давления жидкости (топлива) определяет скорость потока и соответственно расход топлива.