

1. Uvod

Mjerila visine stupca tekućine danas se često koriste kao samostalni sustavi ili kao sastavni dio nekog složenijeg sustava. Postoje različite izvedbe mjerila visine stupca tekućine čiji se principi rada temelje na različitim fizikalnim zakonima. Zadatak ovog diplomskog rada bio je istražiti mogućnost mjerenja debljine vodljivog sloja elektrolita mjerenjem otpora između parova planarnih elektroda u višeelektrodnom sustavu. Specifična vodljivost elektrolita pritom nije poznata i može varirati u širokom rasponu vrijednosti. Moguće primjene takve mjerne metode su brojne, a posebno je zanimljiva primjena u sustavima za povećanje sigurnosti cestovnog prometa.

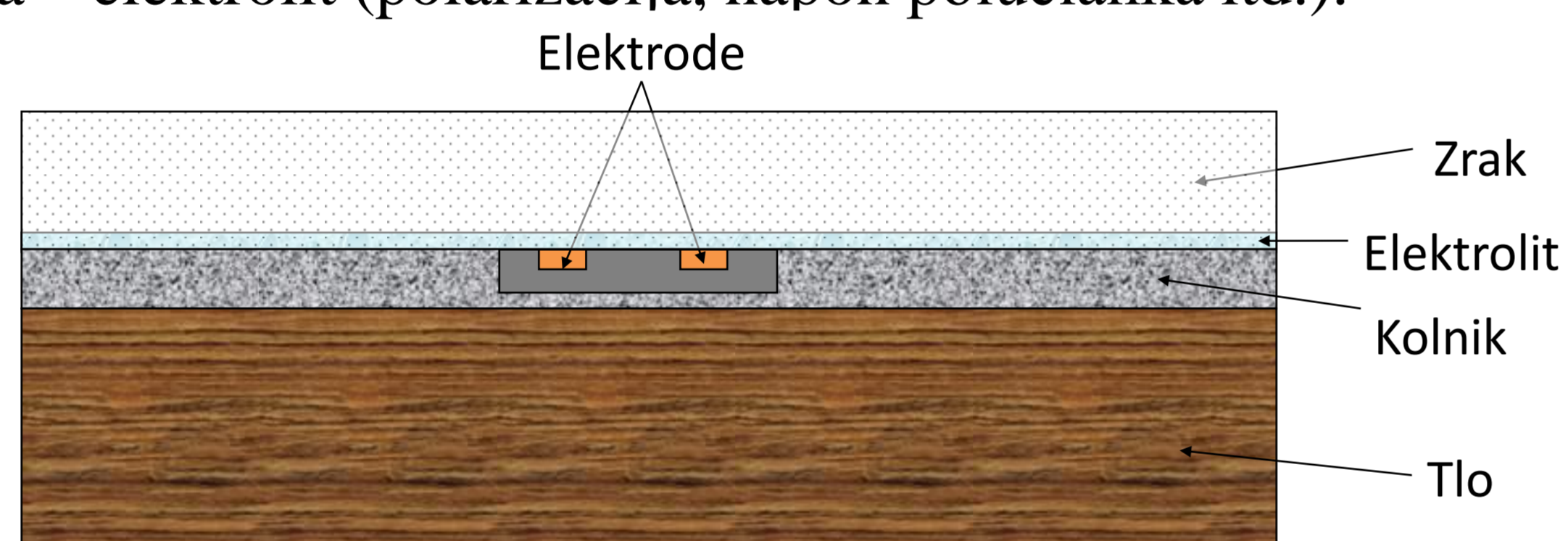
2. Opis problema

Tražena veličina, visina stupca tekućine, određuje se posredno mjerenjem otpora elektrolita između više parova planarnih elektroda. Zbog načina ugradnje mjerila u kolnik, elektrode su izložene:

- velikim mehaničkim naprezanjima,
- velikim temperaturnim naprezanjima,
- utjecaju agresivnih kemijskih spojeva.

Zbog toga je potrebno pažljivo odabrati materijal za izradu elektroda.

S obzirom na činjenicu da su elektrode u neposrednom kontaktu s elektrolitom, potrebno je uzeti u obzir efekte koji se javljaju na spoju elektroda – elektrolit (polarizacija, napon polučlanka itd.).



Način ugradnje mjerila u kolnik

3. Princip rada

Za jednostavnije shvaćanje principa rada razvijenog mjerila, dovoljno je promotriti model za proračun otpora ravnog vodiča:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

Vidljivo je kako iznos otpora ovisi o geometrijskim svojstvima modela te o svojstvima materijala od kojih je model izrađen.

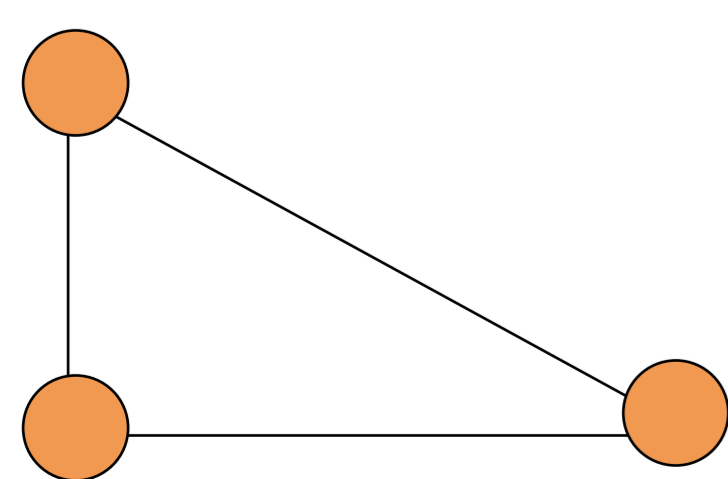
Slično razmatranje moguće je primijeniti i na model mjerila s planarnim elektrodama. Otpor izmjeren između dviju elektroda ovisi o:

- visini stupca elektrolita,
- geometrijskim značajkama modela,
- specifičnoj vodljivosti elektrolita.

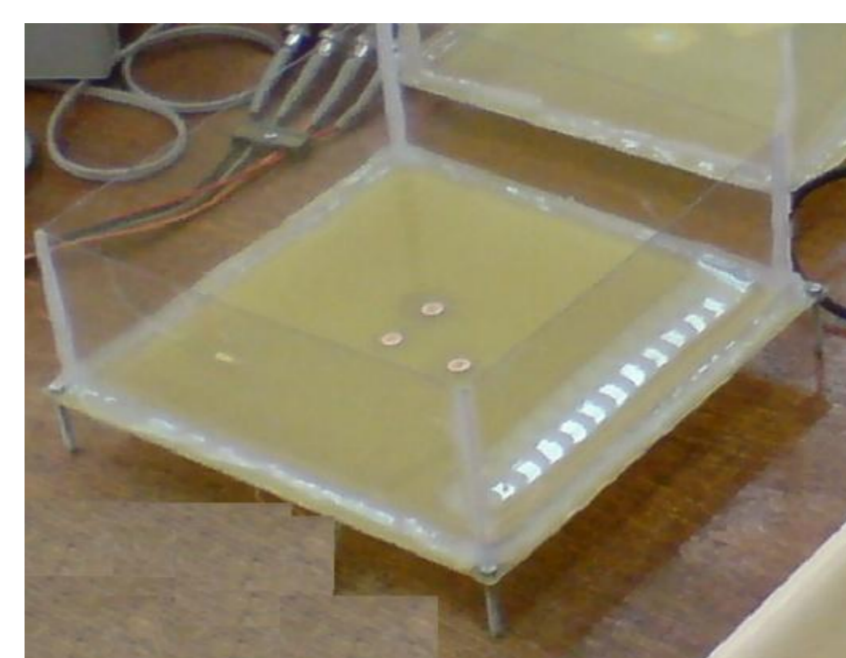
Kako je geometrija elektroda konstantna, otpor između dviju elektroda ovisi o specifičnoj vodljivosti elektrolita i visini stupca te se može opisati funkcijom dviju varijabli, tj.

$$R = f(\sigma, d)$$

Da bi se odredio iznos visine stupca tekućine i iznos specifične vodljivosti, potrebna su najmanje dva različita mjerenja, tj. tri elektrode.



Ako se tri elektrode postave na odgovarajući način, moguće je provesti i tri različita mjerenja. Zbog toga su elektrode postavljene u vrhove pravokutnog trokuta.

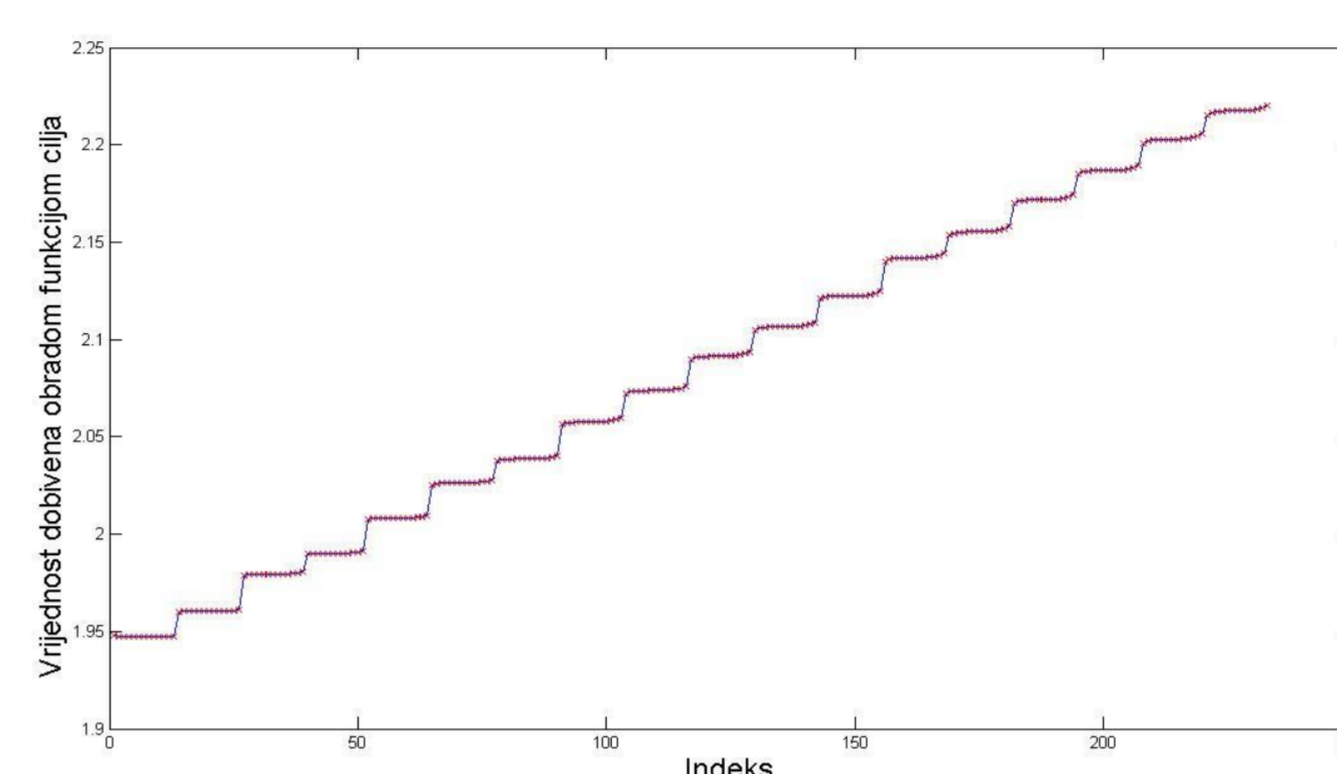


Izgled mjerila

Za obradu rezultata dobivenih mjerenjem otpora između različitih parova elektroda koristi se funkcija cilja. Funkcija cilja u obzir uzima omjere izmjerenih otpora, a ne apsolutne vrijednosti otpora.

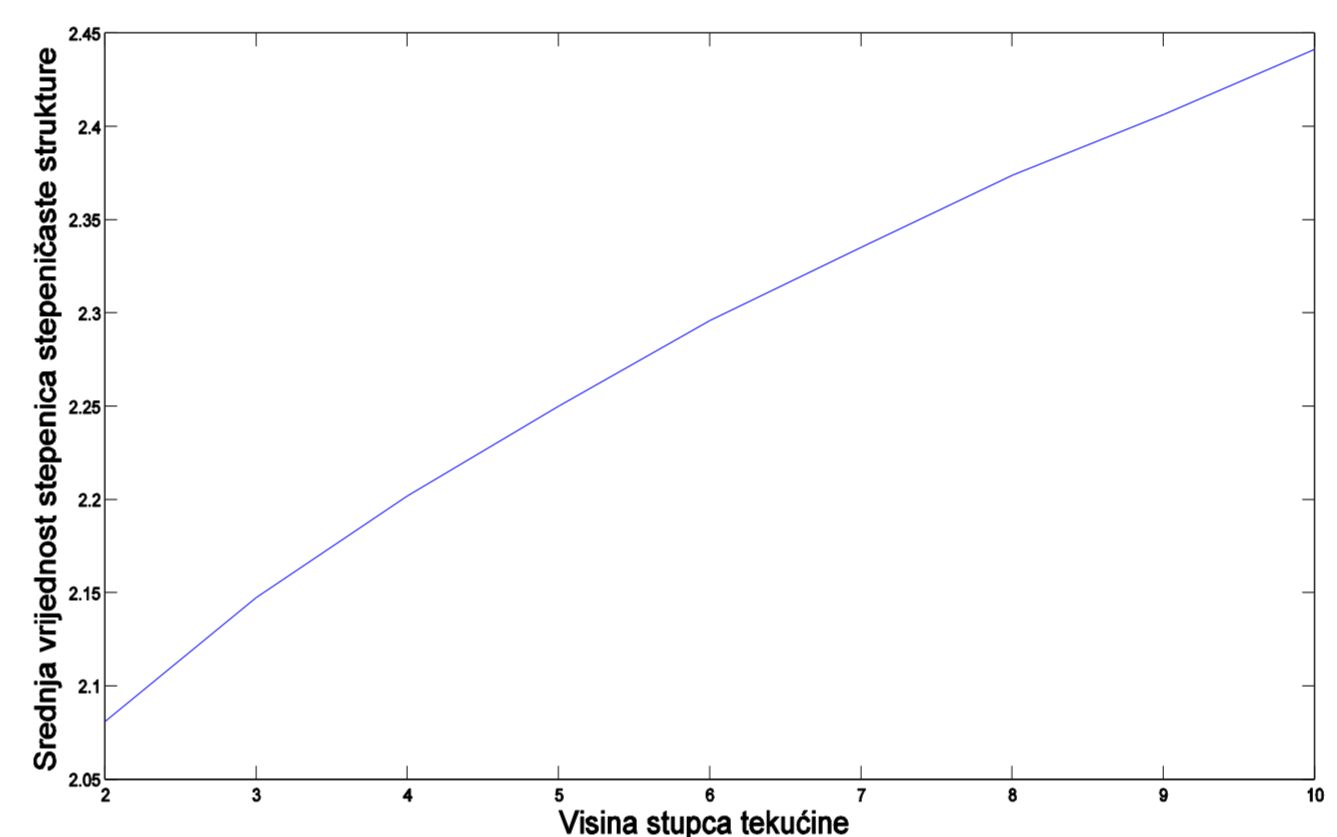
Uz to, vrijednost dobivena obradom pomoću funkcije cilja ovisi prvenstveno o visini stupca tekućine, dok je ovisnost o specifičnoj vodljivosti zanemariva.

Probna mjerenja provedena su za visine stupaca od 2 do 10 mm. Za svaku visinu stupca, provedeno je mjerenje uz 10 različitih vrijednosti specifičnih vodljivosti.



Rezultati dobiveni funkcijom cilja

Svaka stepenica predstavlja određenu visinu stupca tekućine. Stepenice se sastoje od 10 točaka, a svaka točka predstavlja jednu vrijednost specifične vodljivosti za koju je provedeno mjerenje.



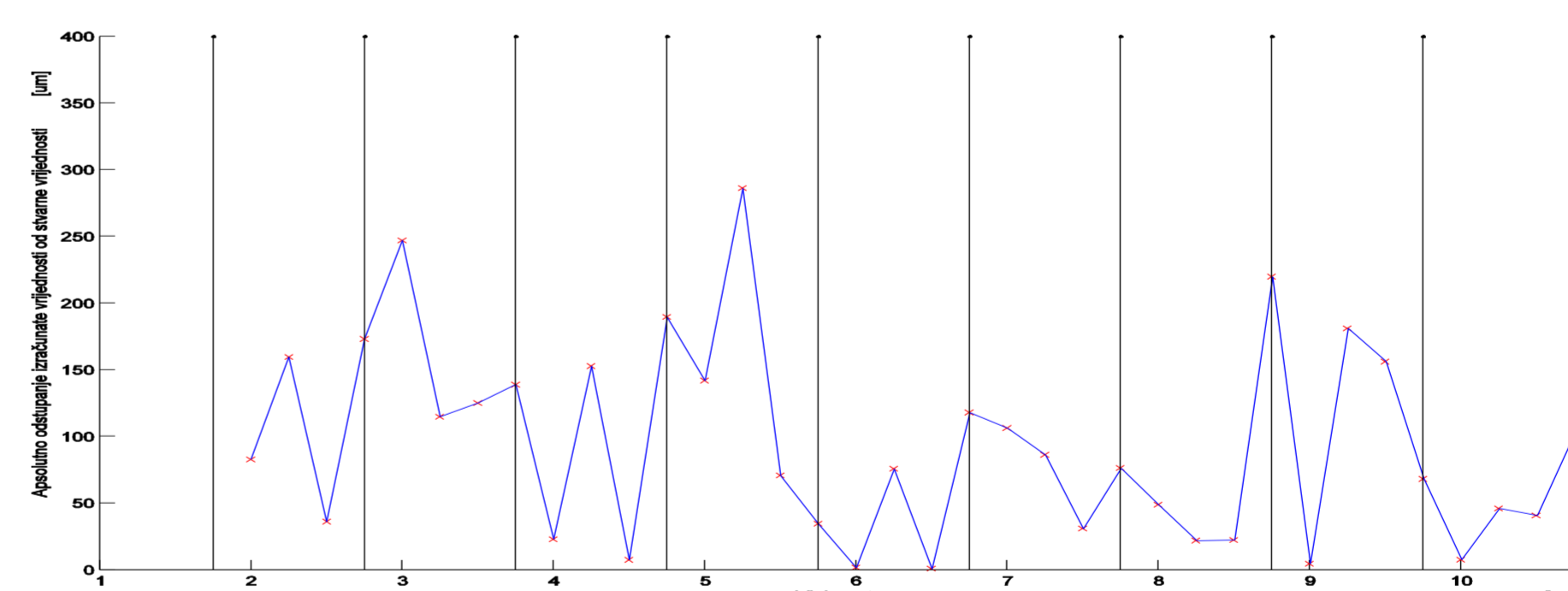
Kalibracijska krivulja

Računanjem srednje vrijednosti svake stepenice i povezivanjem s odgovarajućom visinom stupca tekućine dolazimo do kalibracijske krivulje mjerila, koju je moguće zadovoljavajuće dobro aproksimirati polinomom trećeg reda.

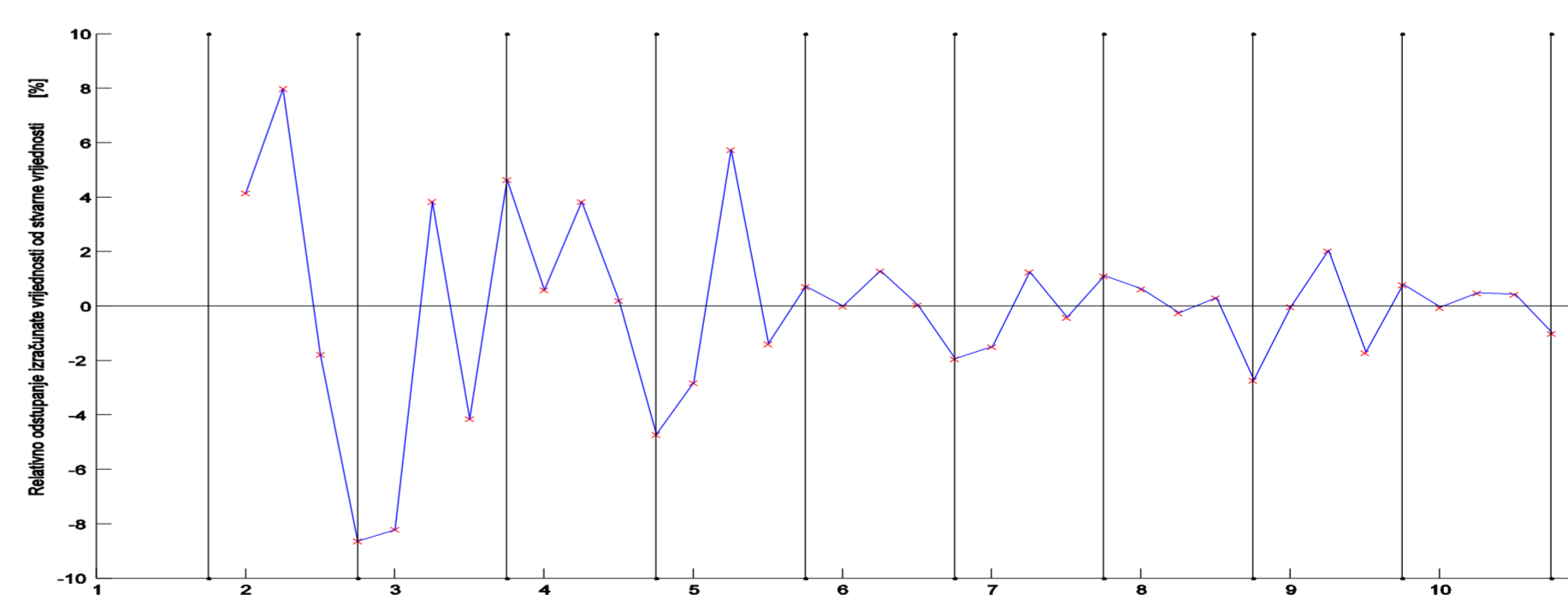
Kada je poznat analitički izraz za polinom koji aproksimira kalibracijsku krivulju, mjerena vrijednost visine stupca tekućine određuje se jednostavnim rješavanjem jednadžbe s jednom nepoznicom.

4. Rezultati

U nastavku su prikazana apsolutna i relativna odstupanja stvarnih vrijednosti visina stupca tekućine od izračunatih vrijednosti.



Apsolutno odstupanje



Relativno odstupanje

Za svaku visinu stupca provedeno je mjerenje uz četiri različite vrijednosti specifične vodljivosti. Dobiveni rezultati za pojedine iznose specifičnih vodljivosti predstavljeni su crvenim križićima unutar intervala s konstantnom visinom stupca tekućine.

5. Zaključak

Uspješno je realizirano mjerilo visine stupca tekućine mjerenjem otpora između više parova elektroda. Analizom rezultata utvrđeno je da je najveće apsolutno odstupanje razvijenog mjerila 0,3 mm u rasponu mjerenja od 1 do 10 mm, što ga čini usporedivim s ostalim mjerilima slične namjene dostupnim na tržištu. Razvijena mjerna metoda u kombinaciji s jednostavnom geometrijom elektroda čini ovo mjerilo jeftinim i prikladnim za masovnu proizvodnju.