

БИБЛИОТЕКА МАТИЦЕ СРПСКЕ

БМС



IV 7894/2



000364497

COBISS 0

# ZBORNIK RADOVA

V JUGOSLAVENSKOG SIMPOZIJA O ELEKTRIČNIM MJERENJIMA  
I MJERNOJ OPREMI

SVEZAK II

ZAGREB, 4.-5. studenog 1971.

S a d r Ź a j

str.

I OPĆI DIO

- B e g o V.: Račun izjednačenja pogrešaka pri mjeranju faznih i linijskih napona trofaznog sistema 9
- D u d u k o v i ć P.: Pogled na razvoj merenja kroz evoluciju definicija jedinica osnovnih fizičkih veličina 16

II METROLOGIJA

- B e g o V.: Uredjaj za usporedbu etalonskih otpornika 24
- B r e z i n š ć a k M.: O suvremenim metodama pohranjivanja napona 32
- K o v a č e v i ć B.: Distribucija tačnog vremena i frekvencije u našoj zemlji sa posebnim osvrtom na mogućnosti i način korišćenja u elektroprivredi 42
- M i l a š B.: Rezultati poredjenja etalonskih otpora 49
- M i l a š B.: Rezultati poredjenja normalnih elemenata grupnog etalona volta 53.
- M i l a š B.: Metode poredjenja EMS-a etalonskih elemenata 61
- Š k u n d r i ć S.: Etalon FMS u Institutu "Nikola Tesla" 68
- V u j e v i ć D.: Usporedba Westonovih etalona napona u Jugoslaviji 76

III LABORATORIJSKA MJERENJA I INSTRUMENTI

- B e g o V.: Vektormetar s upravljanim poluvodičkim ispravljačima 83
- B o j k o v i ć S.: Električno rešenje automata za selekciju otpornih pločica 93
- D u d u k o v i ć P.: O merenju kapaciteta i sačinitelja gubitaka 99
- K n e Ź e v i ć V.: Uredjaj za brzu kontrolu instrumenata 104
- K o v a č e v i ć B.: Merač vremena pregorevanja topljivih osigurača 112
- M a r i n č i ć A.: Temperaturna kompenzacija rezonantne šupljine za vrlo visoke učestanosti 119
- Š a n t i ć A.: Linearizacija amplitudno-frekvencijske karakteristike pisača 128
- T o n k o v i ć S.: Uredjaj za analogno i digitalno mjerenje srčanog ritma 135
- V o r g u č i ć A.: Reaktanski most kao strujni generator 143
- V u j e v i ć D.: Oprema za laboratorijske vježbe iz elektrotehnike 149
- Z o v k o - C i h l a r B.: Mjerenje faktora šuma 155
- K o s V., Z o v k o - C i h l a r B.: Izvori šuma u niskošumnim nabojski osjetljivim pretpojačalima i tehnika mjerenja 161

Slobodan Bojković

ELEKTRIČNO REŠENJE AUTOMATA ZA SELEKCIJU OTPORNIH  
PLOČICA

U radu se daje električno rešenje automata za selekciju otpornih pločica u serijskoj proizvodnji. Osnovno merno kolo je jednosmerni most, gde se uravnotežavanje mosta vrši automatski menjanjem vrednosti odnosne grane mosta. Ovo se postiže sukcesivnim uključenjem odnosne grane na izvor napajanja preko tranzistora, koji u ovom slučaju služi kao prekidač. Brzina selekcije ograničena je samo mehaničkim delom automata. Greška merenja manja je od 0,5%.

Electrical Solution of Device for Automatic Selection  
of Potentiometric Resistance

This paper is concerned with a solution for automatic selection of potentiometric resistance in a series production. The basic measuring circuit is Wheatstone bridge automatically balanced by adequate resistance change in ratio arms. This is enabled through successive switching of the ratio arms to the power supply via a transistor switch. Rate of selection is limited solely by mechanical part of the device. Accuracy of measurement is greater than 0,5%.

Uvod

Pri serijskoj proizvodnji potencimetara potrebno je brzo, jednostavno, pouzdano i tačno sortirati potencimetarske otporne pločice u grupe nominalnih vrednosti zavisno od tolerancija. Za uspešno obavljanje tog zadatka najčešće se automatizuje proces merenja-sortiranja /1/, /2/.

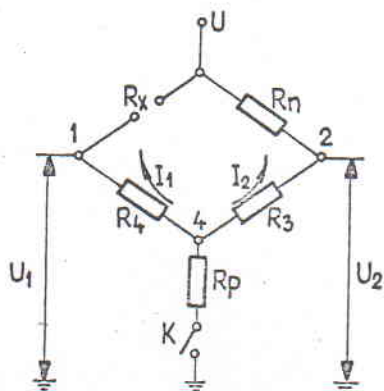
Prema IEC propisima merenje otpora se vrši jednosmernom strujom, sa greškom merenja manjom od 1%. Za te uslove merenja uobičajena je primena mostne metode. Zbog merenja jednosmernom strujom u mnogome se komplikuje automatizovani proces merenja, jer se usled uticaja drifta kod pojačavača indikatora smanjuje njegova osetljivost. Da bi se izbeglo ovo i obuhvatio što veći opseg merenja, kod postojećih automatizovanih mostova, za indikaciju neravnoteže mosta koriste se pojačavači jednosmerne struje sa pretvaračima (čoperi). U poslednje vreme postoje ne tako skupi jednosmerni diferencijalni pojačavači sa velikom ulaznom otpornošću i relativno velikom osetljivošću, pa se uspešno mogu koristiti kao indikatori. U tom slučaju je moguće izvršiti izvesna uprošćenja šeme mosta, tj. umesto elektromehaničkih ili

poluprovodničkih prekidača upotrebiti tranzistore za automatsko menjanje otpornosti pri uravnotežavanju mosta.

U radu se razmatra mogućnost primene tranzistora za automatsko menjanje otpornosti uravnotežavanja u mernom delu automata za sortiranje. Zatim se daje šema mernog mosta i funkcionalna šema električnog dela automata. Automat je predviđen za sortiranje potenciometerskih otpornih pločica u opsegu od 10 oma - 10 Moma. Sortiranje u grupe se vrši prema odstupanjima od nominalnih vrednosti otpora, tako da osim grupe u koje spadaju otpornosti sa tolerancijama od  $\pm 10\%$ , postoje i grupe u koje spadaju otpornici čije su tolerancije pomerene prema višim, odnosno, nižim vrednostima sa toleranciskim pomakom od  $10\%$ .

### 1. Opis metode

Na sl. 1, prikazana je mostna šema koja koristi diferencijalni indikator neravnoteže mosta, a može se upotrebiti za sortiranje otpornika, gde su  $R_n$  - otpornici nominalnih vrednosti otpornosti,  $R_3$  i  $R_4$  - otpornici grana odnosa,  $R_x$  - nepoznata otpornost koju treba sortirati,



Sl. 1.

i  $R_p$  - otpornost prekidača u zatvorenom stanju. Pri sortiranju otpornika ne vrši se merenje u pravom smislu jer se ne određuje tačna vrednost otpornosti, već pripadnost određenoj grupi otpornih vrednosti. Sam postupak se sastoji u sledećem: upoređuju se nepoznate otpornosti  $R_x$  sa otpornostima uravnoteženja mosta  $R_u$ . Otpornosti uravnoteženja  $R_u = R_n \frac{R_4}{R_3}$  odgovaraju granicama grupa i za određenu nominalnu vrednost menjaju se promenom odnosa grana  $R_4/R_3$  pomoću poluprovodničkih ili elektromehaničkih prekidača. U trenutku prolaska kroz ravnotežu menja se karakter neravnoteže mosta, a samim tim i smer napona u indikatorskoj dijagonali 1 - 2, pa se ta promena koristi za indikaciju prolaska. Dalja promena otpornosti uravnoteženja se ne vrši, jer se nepoznata otpornost nalazi u intervalu otpornosti koji čine dve poslednje otpornosti uravnoteženja, odnosno, grupa za sortiranje.

### 2. Uticaj otpornosti prekidača

Potrebno je razmotriti uticaj otpornosti prekidača  $R_p$  na most u ravnoteži, tj. videti da li je u ovom slučaju moguća upotreba tranzistora kao prekidača. Pod pretpostavkom da je ulazna otpornost indikatora znatno veća od  $R_3$ , odnosno,  $R_4$ , što se lako ostvaruje. Za šemu mosta na sl. 1, u svakom trenutku važi da je,

$$I_1 = \frac{U - R_p(I_1 + I_2)}{R_x + R_4} \quad \text{i} \quad I_2 = \frac{U - R_p(I_1 + I_2)}{R_n + R_3}$$

odnosno, za most u ravnoteži,

$$I_1 R_4 - I_2 R_3 = 0$$

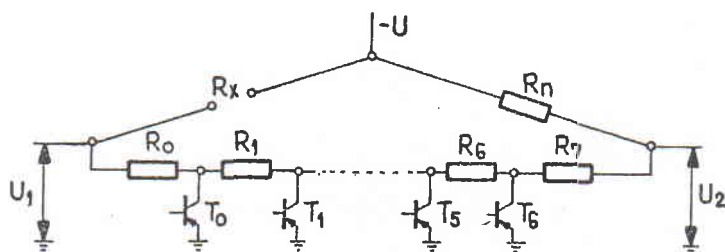
Korišćenjem odnosa struja iz prvog sistema jednačina i druge jednačine dobija se poznati izraz za ravnotežu mosta,

$$R_x = R_n \frac{R_4}{R_3} ,$$

iz koga se vidi da prekidač (tranzistor) ne utiče direktno na tačnost mosta, tj. ne unosi grešku za most u ravnoteži. Medjutim, pad napona na tranzistoru u zasićenju ( $U_{ce}$  tranzistora u zasićenju se razlikuje od nule i iznosi od 10 mV - 400 mV) ipak utiče na tačnost merenja, jer se smanjuje napon neravnoteže (napon u indikatorskoj dijagonali 1 - 2), odnosno, osetljivost kod nižih napona napajanja mosta. Zavisnost  $U_{1-2} = f/R_t$  data je u radu /3/. Pravilnim izborom elemenata mostne šeme taj uticaj može dovoljno da se smanji, i postaje zanemarljiv za zahtevanu tačnost od 1%.

### 3. Mostna šema automata

Na osnovu napred iznetog može se zaključiti da je u automatskom mernom mostu moguće korišćenje tranzistora kao prekidača, i na sl. 2, data je šema mosta automata za sortiranje potenciometarskih pločica.



Sl. 2.

Na šemi  $R_0 - R_7$  su otpornici grana odnosa  $R_4$  i  $R_3$ . Uključivanjem tranzistora  $T_0 - T_6$  menja se njihov odnos. Na primer, ako vodi tranzistor  $T_1$  odnos otpornika  $R_0 + R_1/R_3 + R_4 \dots R_7$  odgovara odnosu  $R_4/R_3$  sa šeme na sl. 1. Ovde se predpostavlja da su otpornosti tranzistora, pri nevodjenju, znatno veće od otpornosti  $R_0 - R_7$ .

Menjanjem odnosa grana otpornosti  $R_4/R_3$  menjaju se otpornosti uravnoteženja  $R_u$  koje odgovaraju granicama grupa, a koje su od nominalnih vrednosti otpornika pomerene prema višim, odnosno, nižim vrednostima sa toleranciskim pomakom od 10%. U datom slučaju za pokrivanje celog opsega merenja od 10 oma do 10 Moma odnos otpornosti  $R_4/R_3$  se kreće od 0,7 - 1,4. To je dovoljno, jer sledeća toleranciska oblast od + 50% zadire u oblast tolerancija od -40% prve veće nominalne vrednosti za dati standardni niz 10, 22, 47 ... itd. Za postizanje potrebne osetljivosti mostne šeme u celom opsegu merenja za standardizovano napajanje, potrebno je upotrebiti dva niza grana otpornosti  $R_3$  i  $R_4$ . Jedan za merenje u opsegu od 10 oma do 70 koma, a drugi za merenje u opsegu 70 koma do 14 Moma. Pri tome greška merenja otpornosti nije veća od 0,4%. To je postignuto korišćenjem diferencijalnog pojačavača sa ulaznom otpornošću od 10 M i osetljivošću od 140  $\mu$ V (što ne predstavlja tehničke teškoće) i upotrebom otpornika u mostu sa tolerancijom od 0,1%.

### 4. Rešenje električnog dela automata

Funkcionalna šema električnog dela automata data je na sl. 3. Automat se sastoji iz sledećih osnovnih delova: mernog kola u kome se promena otpornosti odnosnih grana ostvaruje korišćenjem svojstva tranzistora kao prekidača, trostepenog binarnog brojača  $T_{0-2}$ , dekoderske matrice, generatora impulsa GI, jednosmernog diferencijalnog pojačavača JDP, upravljačkog trigera  $T_u$ , uređaja za otvaranje kasete za smeštaj potenciometarskih pločica  $K_{u0}, K_{u1} \dots K_{u7}$  i izvora jednosmernog napona za napajanje mosta.

Sortiranje potenciometarskih pločica vrši se na sledeći način. Izabere se odgovarajuća nominalna vrednost  $R_n$  (maksimum nagomilavanja otpornih vrednosti pločica). Postavljanjem pločice na merno mesto obrazuje se impuls koji vraća automat u početni položaj, u kome se napon javlja na nultoj šini dekoderske matrice. Istovremeno i upravljački

triger  $T_u$  prelazi u početni položaj i pri tome omogućuje zatvaranje kontakta  $K$ , time se uključuje napon napajanja generatora impulsa  $GI$  i on počinje rad.

U polaznom položaju uključen je tranzistor  $T_0$ . Ako pri tome most prodje kroz ravnotežu, napon neravnoteže mosta promeni polaritet u odnosu na napon napajanja. Što znači da je merena otpornost manja od najmanje otpornosti grupa izabrane nominalne vrednosti. Napon neravnoteže se pojačava jednosmernim diferencijalnim pojačavačem na čijem izlazu se javlja impuls za napone neravnoteže veće od praga osetljivosti. Zatim se okida upravljački triger  $T_u$  koji po prelasku u drugo stanje omogućuje otvaranje kontakta  $K$  i generisanje impulsa za sukcesivno uključivanje tranzistora se prekida, tj. raskida se veza između mosta i potenciometarske pločice, pa se pločica razvodi u kasete. Za ovaj slučaj nijedan uređaj za otvaranje kasete ne radi i pločica pada u kasetu sa oznakom "manje".

Ukoliko je otpornost pločice veća od najveće vrednosti najmanje tolerancijske grupe (u posmatranom slučaju veća od  $0,7 R_n$ ) impulsi iz generatora  $GI$  preko brojača i dekoderske matrice postepeno će se pojavljivati na izlaznim šinama i sukcesivno će zatvarati tranzistorske prekidače  $T_1 - T_6$ . Predpostavimo da je pri uključenom tranzistoru  $T_5$  most prošao kroz ravnotežu. Ukoliko je napon neravnoteže veći od praga osetljivosti diferencijalnog pojačavača izlazni impuls iz JDP menja stanje trigeru  $T_u$ , tj. otvaraju se kontakti  $K$  i zaustavlja se rad generatora impulsa. Da bi se otvorila odgovarajuća kasete treba istovremeno dovesti dva signala na uređaj za otvaranje kasete  $K_u$ . U datom slučaju napon se nalazi na petoj šini dekoderske matrice, i na pojavu impulsa sa upravljačkog trigeru  $T_u$  reaguje uređaj za otvaranje kasete  $K_{u5}$ , pa pločica pada u kasetu koja odgovara toj tolerancijskoj grupi.

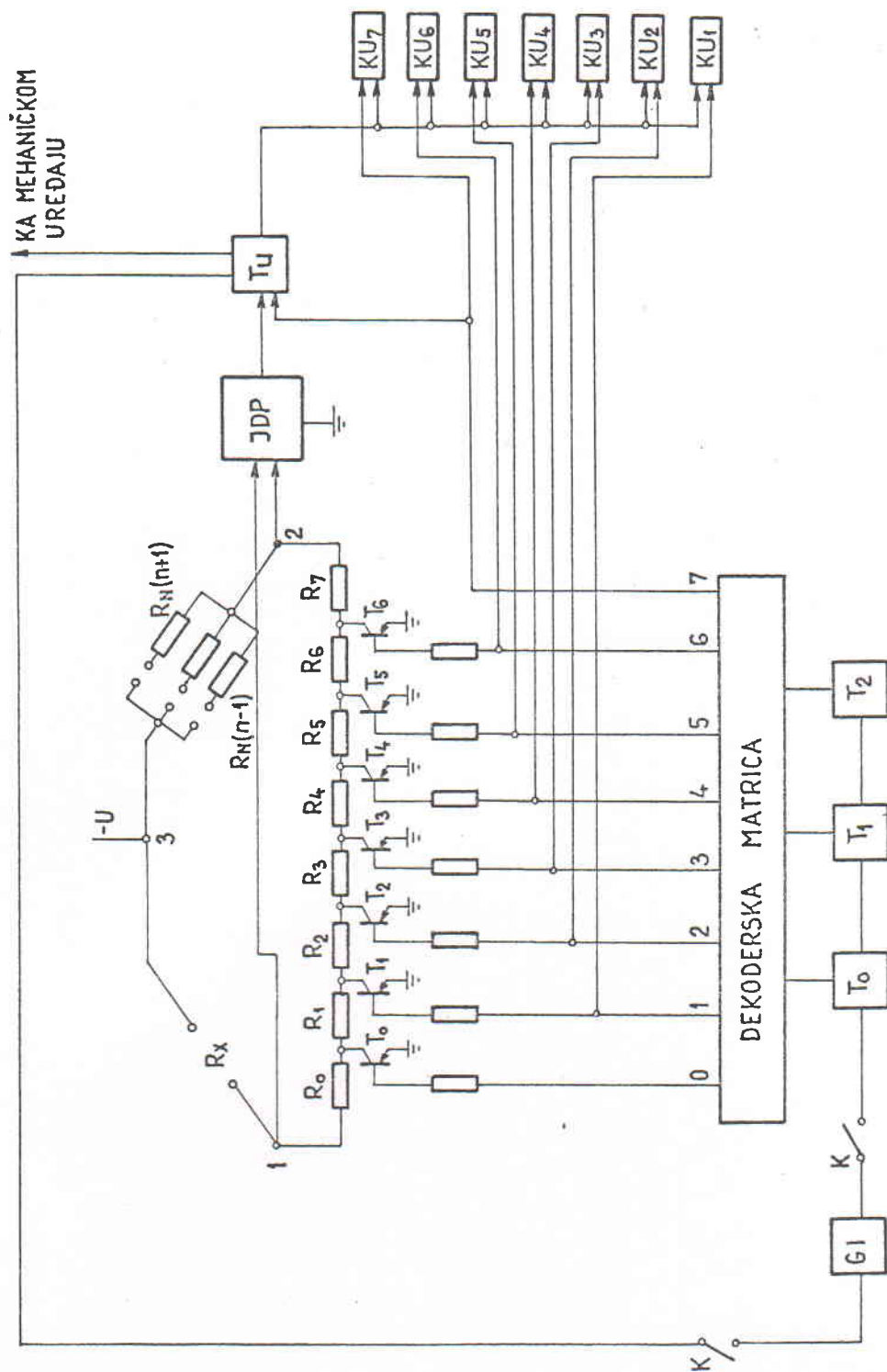
U slučaju da je otpornost pločice veća od najvećih mogućih odstupanja (veća od  $1,4 R_n$ ) impuls sa sedme šine dekoderske matrice okida upravljački triger  $T_u$ . Generator impulsa prestaje sa radom, a naponi sa  $T_u$  i sa sedme šine omogućuju pokretanje uređaja za otvaranje sedme kasete koja nosi oznaku "veće" i potenciometarska pločica pada u nju.

Ukoliko se veliki procenat od ukupnog broja pločica nalazi u kasetama sa oznakama "veće", odnosno, "manje", a ne želi se njihova dorada, jer su potrebne i pločice sa višom, odnosno, nižom nominalnom vrednošću, ponavljanjem postupka merenja za te vrednosti može se odrediti pripadnost potenciometarskih pločica određenim tolerancijskim grupama.

## 5. Zaključak

Primena tranzistora kao prekidača u automatskim mernim mostovima jednosmerne struje je sasvim moguća, čime se postiže znatno uprošćenje šeme. Predloženim rešenjem automata u kome se u mernom delu koriste, diferencijalni pojačavač za indikaciju prolaska kroz ravnotežu i tranzistori za menjanje otpornosti odnosa uravnotežavana, može se postići zadovoljavajuća tačnost i brzina merenja. Bez nekih velikih tehničkih teškoća, u opsegu od 10 oma do 14 Moma, moguće je realizovati automat da greška merenja otpornosti ne prelazi 0,5%. Brzina merenja se može mnogostruko povećati ali se to u automatu ne čini jer je ograničenje u pogledu brzine unosi nesavršenost mehaničkog dela automata.

Ukoliko postoji potreba za korišćenjem potenciometarskih pločica i okolnih nominalnih vrednosti, a rasipanje otpornosti pločica je veliko, neznatnom modifikacijom moguće je ostvariti automatsko prebacivanje na prvu višu, odnosno, prvu nižu nominalnu vrednost čime se postiže povećanje ekonomičnosti automata. Treba napomenuti da je



Sl. 3. Razrađjena funkcionalna šema automata

ovakvo rešenje električnog dela automata veoma pogodno za korišćenje i pri selekciji otpornika.

Rad je radjen u laboratoriji za električna merenja Elektronskog fakulteta u Nišu.

Koristim ovu priliku da se zahvalim Prof.Dr Bogosavu Kovačeviću na pokazanom strpljenju pruženoj pomoći i podržci pri izradi ovog rada.

Literatura:

1. Hlistunov, V.N.: Cifroviye elektroizmeritelnie pribor, Energija, Moskva 67
2. Aleksejev, A.N.: Simpozijum Automatska kontrola i električne metode merenja, Novosibirsk, 1965 godine
3. Bojković S.: Automatsko merenje - sortiranje potencijometarskih pločica, Diplomski rad, Elektronski fakultet, Niš, 1970 godine

ADRESA AUTORA:

Slobodan Bojković, dipl.ing.,

Elektronski fakultet,

Niš