

MIKRORAČUNALNIŠKO VODENI TL ANALIZATOR

M.Mihelič, U.Miklavžič, Z.Rupnik, P.Satalić

Institut "Jožef Stefan", Univerza Edvarda Kardelja,
Ljubljana, Jugoslavija

UDK: 681.3.06

POVZETEK: V prispevku so nanizane osnovne zahteve upoštevane pri razvoju termoluminescenčnega analizatorja namenjenega tako rutinskemu določanju doz, kot laboratorijskemu raziskovalnemu delu ter podane rešitve z mikroročunalnikom, ki so privedle do uspešne realizacije naprave.

SUMMARY: In the paper the principal requirements followed in the design of the thermoluminescent analyzer intended for the routine dose readings, as well as for the laboratory research work are described, and an outline of the microcomputer-based solutions which led to successful realization of the device is given.

UVOD

Prodor mikroročunalniške tehnologije posredno povzroča, da tudi v dozimetriji, zlasti v osebni - kjer se obdeluje veliko število dozimetrov, novejša računalniško prilagodljive fizikalne metode dobivajo dodatno težo in izpodrivajo klasične načine merjenja. Taka sodobna metoda je termoluminescenca, ki sloni na lastnosti določenih dielektričnih materialov, da po radiaktivnem obsevu oddajo pri segrevanju del absorbirane energije v obliki vidne svetlobe. Množina izsevane svetlobe je zato zelo linearno merilo prejete doze. Dozimetri, izdelani iz takih materialov imajo več prednosti pred klasičnimi: s svojim linearnim svetlobnim odzivom pokrivajo izjemno široko področje doz (od 10^{-6} Gy do 10^4 Gy), prenesejo ekstremne dozne hitrosti, so ponovno uporabni in so zaradi svoje majhnosti tudi nadvse priročni. Vendar se navzlic svojim izjemnim lastnostim TL dozimetrija v rutinski rabi še ni popolnoma udomačila. Vzroke gre iskati v razmeroma zahtevnem čitanju in interpretaciji rezultatov ter v različnih karakteristikah posameznih vrst materialov. To zahteva dodatno znanje in ustrezno aparaturno opremo.

Sodobne mikroročunalniške metode danes omogočajo elegantno reševanje problemov vodenja merilnih procesov, obdelave rezultatov in njihovega prikaza. Rezultat uporabe takih metod je večnamenski mikroročunalniški termoluminescentni analizator MR-200, ki je bil razvit na IJS in je namenjen tako rutinski dozimetriji kot raziskovalni rabi. Namen tega prispevka je prikazati osnovne poteze mikroročunalniških metod uporabljenih pri koncipiranju in realizaciji merilnika.

MERILNI PROCES

Lastnost termoluminescenčnih materialov, da si "zapomni" sprejeto dozo, je mogoče izkoristiti na več načinov. Postopek, ki je glede na izvedbo morda manj zahteven, je tak, da dozimetrsko tableto, ki je bila predhodno izpostavljena radioaktivnemu sevanju, segrevamo na električnem grelcu po predpisanem programu in merimo oddano svetlobno energijo. Pri tem je časovni potek jakosti izsevane svetlobe (žarilna krivulja) odvisen od časovnega poteka segrevanja. Iz poteka žarilne krivulje in ob upoštevanju lastnosti uporabljenega TL materiala, je mogoče računsko določiti prejeto dozo.

Za realizacijo merilnika, ki bi izpolnjeval zahteve merilnega procesa, zagotavljal reproducibilnost meritev in s tem dajal uporabne rezultate ter hkrati omogočal ovrednotenje izmerjenih vrednosti in prikaz rezultatov, je potrebno izvesti (slika 1):

- Programirano segrevanje dozimetrskih tablete. Ker je časovni potek jakosti izsevane svetlobe, s tem pa tudi evaiuacija svetlobnega signala, odvisen od časovnega poteka temperature dozimetrske tablete, je potrebno zagotoviti dovolj dobro ponovljivost temperaturnega poteka. Hkrati je zaradi različnih lastnosti posameznih TL materialov potrebno omogočiti izbor različnih časovnih potekov segrevanja (n.pr. predogrevne faze, maksimalne temperature itd.).
- Odjemanje svetlobnega signala in pretvarjanje v nape-
tost v izjemno širokem področju linearnih svetlobnih odzivov TL materialov (9 dekad). Uporaba fotopomoževalke kot senzorja daje dobre rezultate, vendar le pri

različnih delovnih režimih in dovolj dobri stabilizaciji le-teh. To zahteva visokostabilni visokonapetostni izvor za napajanje, napetostne preklope in termostatiranje same fotopomoževalke.

- Kalibriranje odjetih vrednosti z referenčnim svetlobnim virom, kar naj bi zagotavljalo neodvisnost rezultatov od morebitnih sprememb režimov delovanja elementov v merilni verigi.
- Upravljanje s celotno merilno aparaturno opremo, ki sega od priprave meritve (izbor parametrov in režimov meritve), sprotne (on-line) vodenja samega merilnega procesa, do obdelave odjetih vrednosti, njihovega ovrednotenja po izbrani metodi ter prikaza rezultatov (slika na monitorju, izpis na printerju).

REALIZACIJA MERILNIKA Z MIKRORAČUNALNIKOM

Pokazalo se je, da lahko mikroračunalnik s svojimi zmogljivostmi pri odjemanju in oddajanju analognih vrednosti, shranjevanju digitalnih podatkov, računski obdelavi in prikazu rezultatov, zadovoljivo opravlja vlogo krmilnega elementa v merilniku in izpolnjuje vse našteje zahteve. Pri izdelavi naprave smo se naslonili na doma razviti mikroračunalniški sistem. Zgrajen je modularno z vsemi potrebnimi vmesniškimi funkcijami (ADC, DAC, paralelni/serijski prenos, paralelni vhodi/izhodi, videoterminal). Preko sistemskih modulov je mogoče priključiti zunanje pomnilniške enote (digitalna kasetna, gibki disk), kar omogoča delo z večjimi količinami podatkov. Te lastnosti dajejo sistemu veliko fleksibilnost in možnost učinkovitega prilagajanja potrebam načrtovalca. V sledečih odstavkih so opisane osnovne poteze rešitev z mikroračunalnikom, ki smo jih vgradili v merilni sistem za termoluminescenčno dozimetrijo izdelan na IJS (slika 2).

Regulacija temperature grelca TL tablet

Zaprtozračni temperaturni regulator grelca je izveden docela programsko. Mikroračunalnik preko A/D pretvornika v konstantnih časovnih intervalih odjema napetost termočlena. Merilni konec termočlena je pritrjen na grelec, referenčni pa na termostatirano ohišje fotopomoževalke. Na podlagi znane temperaturno-napetostne odvisnosti uporabljanega termočlena, mikroračunalnik sproti izračunava trenutno absolutno temperaturo grelca in shranjuje temperaturne vzorce v pomnilnik. Iz predpisanega časovnega temperaturnega poteka in odjetih temperaturnih vzorcev s pomočjo regulacijskega algoritma sproti izračunava vrednosti krmilnih signalov. Preko D/A pretvornika in močnostne stopnje z njimi krmili moč gretja in s tem temperaturo grelca (slika 3).

Odjem svetlobnega signala

Mikroračunalnik odjema vrednosti vzorcev jakosti izsevane svetlobe v fiksnih časovnih intervalih preko 12 bitnega A/D pretvornika z vhodnim območjem 0 - 10 V. Da bi lahko izrabili celotno izjemno široko odzivno področje

TL materialov, ki segajo od normalnih doz v okolju do akcidentnih, smo razvili tokovno-napetostni pretvornik z nastavljivim ojačanjem in visokonapetostni vir za napajanje fotopomoževalke z nastavljivo izhodno napetostjo. Oba nastavljiva parametra sta pod nadzorom mikroračunalnika. Vsakemu merilnemu rangu, ki je določen z ojačanjem I/U pretvornika in napetostjo na fotopomoževalki, pripada koeficient s katerim mikroračunalnik normira napetost, odjeto preko A/D pretvornika v tem rangu. Tako določi izmerjenemu svetlobnemu vzorcu absolutno vrednost v skali celotnega merilnega področja instrumenta. Preklapljanje ojačanja pretvornika in visoke napetosti omogoča odjemanje svetlobnih signalov v željeno širokem področju, ki ustreza dozam od $5 \cdot 10^{-7}$ Gy do 5 Gy (7 dekad).

Sprotna kalibracija merilnika

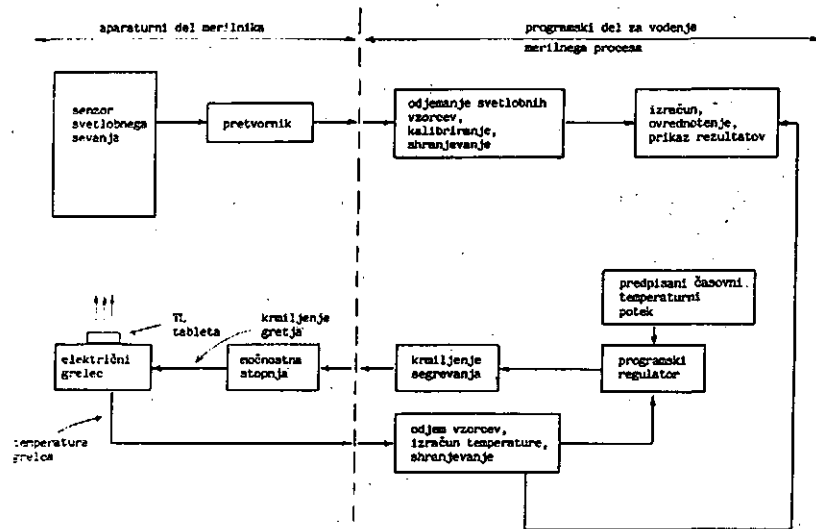
Uporaba mikroračunalnika pri vodenju merilnega procesa omogoča odpravo vplivov sprememb ojačanja in ničle (driftov) v merilni verigi na rezultate meritve. Z uporabo takoimenovane sprotne digitalne kalibracije je mogoče občutno izboljšati karakteristike merilnika brez uvajanja visokokvalitetnih elektronskih komponent.

Bistvo te metode je v tem, da računalnik pred vsakim merilnim procesom izmeri dve referenčni točki, ki nato služita za kalibracijo vsakega odjetega vzorca (slika 4). Pri tem točnost meritve ni več odvisna od časovne stabilnosti posameznih elementov v merilniku (fotopomoževalka, I/U pretvornik, A/D pretvornik), ampak je popolnoma naslonjena na točnost in stabilnost referenčnega svetlobnega vira. Zato je njegovi izdelavi posvečena posebna pozornost. Realiziran je kot precizno termostatirana LE dioda (patentirano).

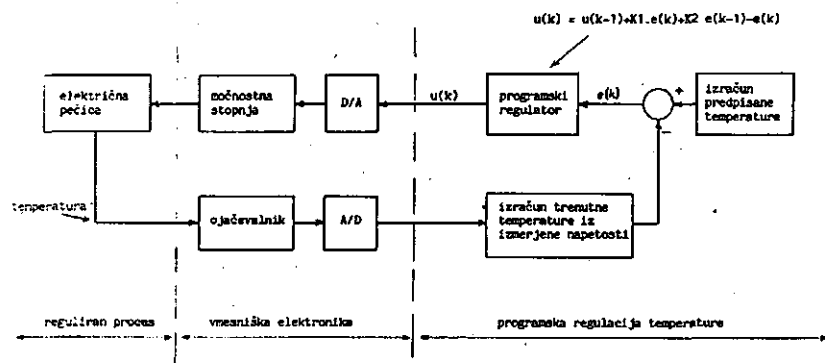
Upravljanje merilnika

Mikroračunalnik preko vgrajene programske opreme vodi celoten proces od izbora željenih parametrov meritve, same meritve, do interpretacije in prikaza rezultatov. Posebej za to izdelan operacijski sistem povezuje posamezne programske enote in skrbi za komunikacijo med operaterjem in aparaturo preko tastature in monitorja. Sestavljajo ga trije nadzorni programi, ki se javljajo vsak preko svojega prikaza na monitorju (slika 5).

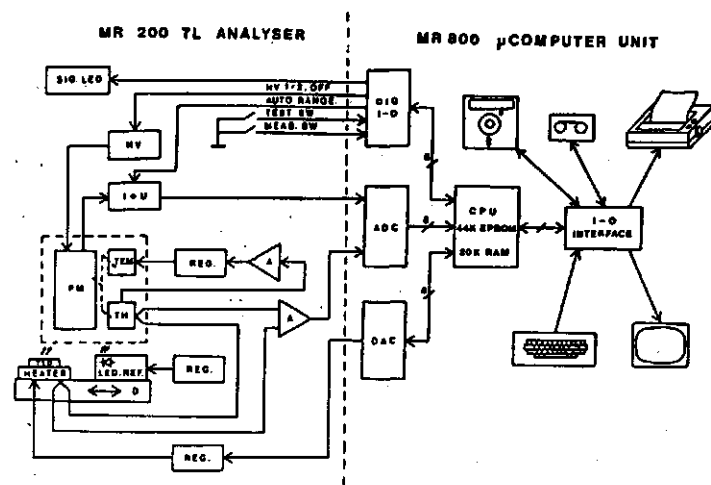
Nadzorni program TLD je osnovni program s pomočjo katerega je mogoč dostop do vseh funkcij sistema. Z njegovimi ukazi je mogoče po želji definirati merilne parametre in startati meritve, iz podatkov v pomnilniku po končani meritvi izrisati graf žarilne krivulje in krivulje poteka temperature, sprožiti izračun doze po izbranem evaluacijskem programu in preslikati sliko z ekrana na papir v tiskalniku. Poleg tega vsebuje nadzorni program TLD ukaze za delo s kartotekami, kar omogoča sistemu izvajanje knjigovodskih funkcij v primeru rutinskega dela z večjo količino dozimetrom. Iz tega pro-



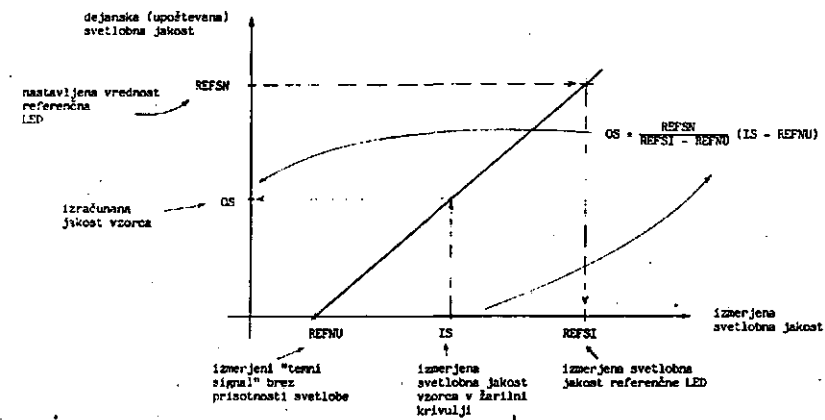
Slika 1: Koncept TLD merilnika



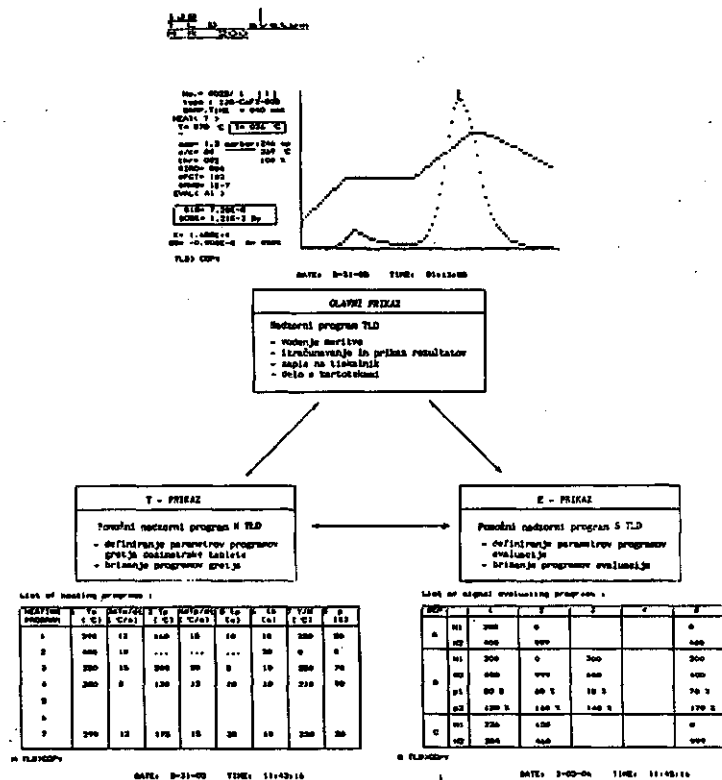
Slika 3: Shema regulacije temperature pečice



Slika 2: Blokova shema termoluminescentnega merilnika MR-800



Slika 4: Princip sprotne kalibracije izmerjenih vzorcev



Slika 5: Shema operacijskega sistema

grama je z ukazom mogoč prehod na oba pomožna nadzorna programa.

Pomožni nadzorni program STLD deluje preko E-prikaza, ki kaže tabelo evaluacijskih programov, po katerih računalnik lahko ovrednoti žarilno krivuljo. Z ukazi pomožnega nadzornega programa STLD je mogoče po želji definirati parametre petnajstih evaluacijskih programov. Preko glavnega prikaza jih lahko nato operater vključuje v obdelavo rezultatov različnih ali ene in iste meritve.

Pomožni nadzorni program HTLD deluje preko T-prikaza, ki prikazuje tabelo temperaturnih programov, po katerih računalnik med meritvijo krmili segrevanje dozimetriške tablete. Parametri temperaturnega programa, ki jih je mogoče nastaviti s pomočjo tastature, določajo časovni potek temperature merjene tablete. Z ukazi nadzornega programa je možno definirati do sedem grelnih programov.

ZAKLJUČEK

Lastnosti, zmožljivosti in možnosti mikroročunalnika pri snovanju in realizaciji opisanega procesno-merilnega sistema so se izkazale kot bistvene. Le z računalniško zmožljivo enoto je bilo mogoče v napravi združiti proce-

sno vodenje merilnega postopka s sprotnim kalibriranjem izmerjenih vzorcev, računsko obdelavo merjenih vrednosti in njihov prikaz. Komunikacija med napravo in uporabnikom preko terminala je učinkovita in preprosta, saj so z ukazi operacijskega sistema hitro dosegljive vse funkcije merilnika. Hkrati daje uporabniku možnost vpliva na široko paleto parametrov meritve, obdelave in ovrednotenja rezultatov ter njihovega prikaza. Zasnova programske opreme daje napravi lastnosti, ki omogočajo tako rutinsko delo brez potrebe po globljem poznavanju principov TL dozimetrije, kot laboratorijsko raziskovalno delo s TL materiali, zlasti z možnostjo analize žarilnih krivulj s pomočjo gibljivega markerja in nastavljanja različnih ključnih parametrov procesa. Brez dvoma bi bile s klasičnimi (neračunalniškimi) pristopi k izgradnji merilnika take karakteristike nedosegljive.

Večmesečno testiranje MR-200 TL analizatorja je pokazalo upravičenost zastavljenega koncepta in potrdilo pričakovanja. Seveda pa se s tem odpirajo nove zahteve, ki jih zasnova naprave podpira. Ena prvih je morda avtomatska menjava merjenih dozimetrom in čitanje imen nosilcev preko identifikacijskih števil vkodiranih na ohišjih dozimetrom (črtasta koda). Delo na teh področjih nas čaka v naslednjem obdobju.