

Arh. hig. rada, 14 (1963) 193

BROJAČKI SISTEMI JEDNOLIČNE PROSTORNE OSJETLJIVOSTI

P. GUGIĆ

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

(Primljeno 15. XI 1963)

Nejednolika prostorna osjetljivost brojačkih sistema otežava mjerenje jakosti radioaktivnih izvora. Kad bi pošlo za rukom realizirati homogeno polje, vremenska promjena prostorne raspodjele radionuklida ne bi utjecala na tačnost mjerenja. Ovdje je iznesen pokušaj da se takvo polje postigne GM brojačima i opisano je nekoliko uspješnijih modela. Pomoću najboljeg među njima, može se postići maksimalna relativna razlika od 5% između tačaka najmanje i najveće osjetljivosti.

Prostorni odnosi ili tehnički rečeno »geometrija« (1) brojačkog uređaja je jedno od središnjih pitanja kod mjerenja radioaktivnosti. To dolazi odatle što će, zbog opadanja intenziteta zračenja s kvadratom udaljenosti, reproduktivnosti mjernih rezultata biti osigurana samo u slučaju tačno ponovljenih fizičkih uvjeta mjerenja. Ako radioaktivni nuklidi u toku mjerenja zadržavaju stalni prostorni raspored u odnosu na mjerni sistem, konstantnost »geometrije« će, uz stabilni mjerni uređaj, biti dovoljna da osigura reproduktivnost mjerenja. U tim okolnostima je *Berne* (2) vršio proračune za brojač s prozorom. Ali ako se konstantni prostorni raspored radionuklida iz bilo kojih razloga (sedimentacija, metabolizam i slično) ne može ispuniti, onda konstantna »geometrija« nije dovoljna, i za osiguranje reproduktivnosti mjerenja nužno je homogenizirati mjerno polje, tj. izvesti uređaj sa što jednoličnijom osjetljivošću u svakoj tački mjernog prostora.

Pri rješavanju tog problema nameću se dva alternativna rješenja:

1. povećati udaljenost brojač-izvor do te mjere da relativna razlika između tačaka najmanje i najveće osjetljivosti uređaja bude po volji malena, i

2. to isto postići prikladnim oblikovanjem brojačkog tijela.

Što se prve alternative tiče, ona se može lako prikazati analitički.

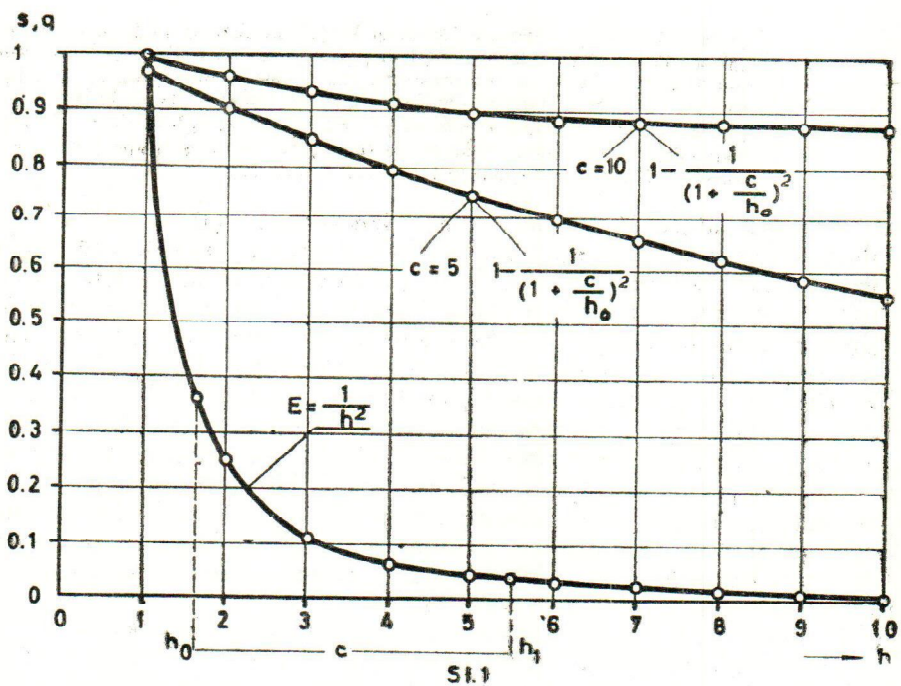
Označi li se osjetljivost brojača u tačkama a_0 i a_1 na udaljenosti h_0 i h_1 sa A_0 i A_1 , onda izlazi da je

$$A_0 = \frac{\Lambda}{h_0^2} \quad (1)$$

$$A_1 = \frac{\Lambda}{h_1^2} \quad (2)$$

gdje je Λ osjetljivost u impulsima na jedinicu vremena, kojom brojač reagira na određeni radioaktivni izvor smješten simetrično na jediničnoj udaljenosti. Primjenom definiranih simbola dobivamo da je relativna razlika osjetljivosti između dviju tačaka polja:

$$q = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \quad (3)$$



Sl. 1 - Promjene efikasnosti brojača (E) i relativne razlike osjetljivosti (q) u zavisnosti od udaljenosti brojač-izvor

Uvrstimo li (1) i (2) u (3), dobijemo:

$$q = 1 - \left(\frac{h_0}{h_1}\right)^2 \quad (4)$$

a ako je $h_1 - h_0 = c$,

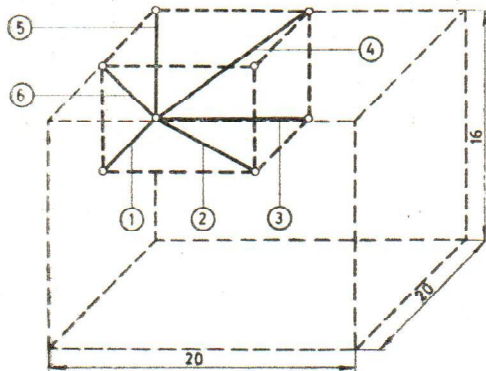
$$q = 1 - \frac{1}{\left(1 + \frac{c}{h_0}\right)^2} \quad (5)$$

Iz dobivenog izraza se vidi da će uz $c = \text{konstanta}$ q biti to manja što je h_0 veći, i da dosljedno tome dovoljnim smanjenjem udaljenosti h_0 možemo relativnu razliku osjetljivosti između dviju tačaka učiniti po volji malenom.

Ali takvo rješenje ima samo relativno praktično značenje, jer se povećanjem udaljenosti izvor-detektor mnogo brže smanjuje efikasnost »E« nego relativna razlika »q« (slika 1). Ono će zato doći u obzir samo u slučaju vrlo jakih izvora ili vrlo osjetljivih detektora, gdje smanjenje osjetljivosti neće biti od presudnog značenja. Čim je riječ o slabijim izvorima i manje osjetljivim detektorima, kao što su GM-brojači, takvo rješenje ne dolazi u obzir.

Računom se da pokazati da bi se zahtjev od 5% maksimalne relativne razlike osjetljivosti (MRR) dao postići uz rastojanje brojač-izvor od 800 cm. To donosi sa sobom smanjenje efikasnosti za oko milijun i pol puta, pa se takvo rješenje očigledno ne može primijeniti kod brojanja slabijih radioaktivnih izvora.

Da bi se izbjeglo tako veliko smanjenje efikasnosti sistema, neki autori su već pokušali za pojedine slučajeve naći neka kompromisna rješenja.

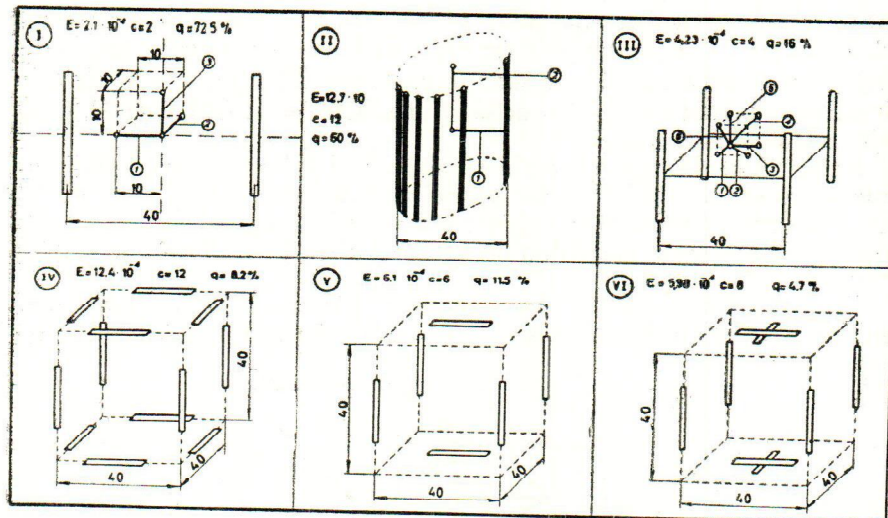


Sl. 2

Sl. 2 - Prostorni prikaz pravaca na kojima su izmjerena najveća odstupanja u osjetljivosti

Među njima su najpoznatiji »Dual-Counter« (slika 3/I) i »Ring-Counter« (slika 3/II). »Dual« je sistem sa dva prostorno razmaknuta brojača, među kojima je smješten izvor, a »Ring Counter« je prstenasti brojač s nizom brojačkih elemenata složenih u obliku prstena jedan do drugoga.

Sa svrhom da nađemo sistem kojemu je osjetljivost unutar određenog volumena što manje zavisna od prostorne raspodjele radionuklida, izvršili smo niz kombinacija s GM-brojačima. Šest karakterističnih modela izneseno je u ovom prikazu. Svi su građeni s EKCO-vim cijevima G10Pb efektivne dužine 16 cm i promjera 2 cm. S obzirom na zahtjeve u pogledu veličine izvora, izabrali smo pravokutni prostor veličine $20 \times 20 \times 16$ cm, u kojemu smo pokušali postići što jednoličniju osjetljivost za sve tačke polja. Svi su modeli u pravokutnom koordinatnom sistemu simetrični, pa je stoga dovoljno provesti analizu samo jednog oktanta da se dobije uvid u raspodjelu relativne osjetljivosti u čitavu

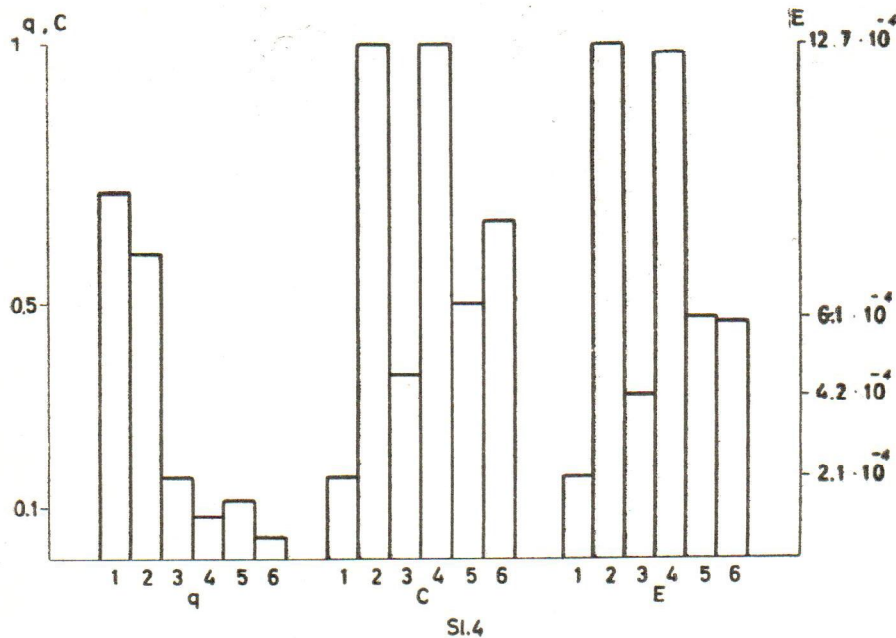


Slika 3

Sl. 3 - Brojački modeli s efikasnostima (E), relativnim cijenama (c) i maksimalnim q-ovima (MRR)

prostoru. Mjerenja su vršena valjkastim izvorom Co-60 veličine 6×6 mm u tačkama presjeka horizontalnih i dviju uzajamno okomitih vertikalnih ravnina među sobom razmaknutih po 2 cm s tačnošću od $\pm 3\%$. Rezultati pokazuju da se tačke najvećih odstupanja nalaze na pravcima 1, 2, 3, 4, 5 i 6 (slika 2), pa je prema tim pravcima i izvršena analiza. MRR zajedno s efikasnostima i relativnim cijenama iznesene su na slici 3.

Radi bolje preglednosti dan je i komparativni graf (slika 4), koji pokazuje da najjednoličniju prostornu raspodjelu osjetljivosti daje model VI s MRR od 5%, i ona se i kod strožih zahtjeva što se tiče tačnosti može tolerirati, to više što je 5% MRR najnepovoljniji slučaj; što je, naime, prostorna veličina izvora veća od spomenutog kobaltovog izvora, to je MRR manja. Iz komparativnog dijagrama se ujedno vidi da će se i drugi modeli moći upotrijebiti kad se efikasnosti i cijeni bude mogla dati prednost pred MRR. Krajnji izbor će zavisiti od specifičkih uvjeta i od zahtjeva svakog pojedinog slučaja.



Sl. 4 - Komparativni dijagram efikasnosti, cijena i MRR

Svi ti rezultati i razmatranja odnose se na gama izvore iznad 1 keV, a pretpostavljeno je da se nalaze u materijalima kojima je apsorpcija reda veličine apsorpcije tkiva.

LITERATURA

1. Cooke, N. M. and Markus, J., Electronics and Nucleonics Dictionary, McGraw Hill, London (1960).
2. Berne, E., Rev. sci. instr. 22 (1951) 509.

Summary

COUNTING SYSTEMS OF EVEN SPACE SENSIBILITY

Uneven space sensibility of counting systems makes the measurement of the intensity of radioactive sources difficult. If a homogeneous field were realized, time dependance of space distribution of radionuclides would not affect the accuracy of measurement. An attempt to obtain such a field with GM counters is reported, and a number of fairly successful models are described. The best of them achieves a 5 per cent maximum relative difference between the points with the least and the points with the greatest sensibility.

*Institute for Medical Research,
incorporating the Institute
of Industrial Hygiene, Zagreb*

Received for publication November 15, 1963