IBK - 821

NUKLEARNA TEHNIKA

IBK-821

Lj. Kostić

ANALIZA GREŠAKA KOJE SE JAVLJAJU U KROS KORELACIONIM MERENJIMA USLED UPOTREBE PSEUDOSLUČAJNOG SIGNALA POBUDE UMESTO SLUČAJNOG

INSTITUT ZA NUKLEARNE NAUKE "BORIS KIDRIČ"

BEOGRAD - VINČA

Juli 1969.

ANALIZA GREŠAKA KOJE SE JAVLJAJU U KROS KORELACIONIM MERENJIMA USLED UPOTREBE PSEUDOSLUČAJNOG SIGNALA POBUDE UMESTO SLUČAJNOG

Kros korelacija ulaza i izlaza sistema u cilju odredjivanja odziva sistema je tehnika opisana u mnogim radovima koji se bave problemima analize sistema i teorijom šuma. Osnovni princip je da je ulaz-izlaz kros korelacija linearnog sistema, $\psi_{xy}(\tau)$, konvolucija jediničnog impulsnog odziva, $h(t)$, i ulazne autokorelacione funkcije, $\psi_{xx}(\tau)$, tj.

$$\psi_{xy}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} h(\lambda) \cdot \psi_{xx}(\tau-\lambda) d\lambda \tag{1}$$

Kada se jednačina (1) transformiše u frekventnu oblast, ekvivalentna relacija je

$$\psi_{xy}(\omega) = H(\omega) \cdot \psi_{xx}(\omega) \tag{2}$$

gde je $\psi_{xx}(\omega)$ spektralna gustina ulaznog signala; $\psi_{xy}(\omega)$ je kros spektralna gustina ulaza i izlaza; a $H(\omega)$ je prenosna funkcija sistema.

Kada se prethodne koncepcije koriste za odredjivanje dinamičkog ponašanja linearnog sistema, potrebno je pobuditi sistem belim šumom. U tom slučaju spektralna gustina ulaza je

$$\psi_{xx}(\omega) = k \qquad \text{(za sve vrednosti } \omega) \tag{3}$$

gde je k konstanta. Odgovarajuća autokorelaciona funkcija je

$$\psi_{xx}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} \psi_{xx}(\omega)\cdot e^{i\omega\tau}d\omega = 2\pi k\cdot\delta(\tau) = C\cdot\delta(\tau) \qquad (4)$$

gde je $C = 2\ k$ konstanta. Zato jedn. (1) postaje

$$\psi_{xy}(\tau) = C \cdot h(\tau) \qquad (5)$$

tj. ulaz-izlaz kros korelaciona funkcija je proporcionalna funkciji impulsnog odziva. U frekventnoj oblasti imamo

$$\psi_{xy}(\omega) = k \cdot H(\omega) \qquad (6)$$

U praksi je nemoguće generirati beli šum. Medjutim, slučajna fluktuacija, čija je spektralna gustina konstantna u frekventnom opsegu koji je dosta širi od opsega proučavanog sistema, može se smatrati belim šumom. Posebna klasa signala koji zadovoljavaju prethodne zahteve je binarni pseudoslučajni šum maksimalne dužine. Ovaj signal ima autokorelacionu funkciju koja tesno aproksimira delta funkciju izuzev što je periodična. Autokorelaciona funkcija ima isti period kao i pseudoslučajni signal, tj.

$$P = (2^n - 1) \cdot \Delta t = N \cdot \Delta t \qquad (7)$$

gde je n broj stepeni pomeračkog registra koji proizvodi pseudoslučajnu sekvencu; N je broj vremenskih intervala, svaki dug Δt, pre nego što se signal ponovi, a Δt je recipročna vrednost frekvence kojom je pomerački registar vodjen. Autokorelaciona funkcija ovog signala je pokazana na slici (1). Funkcija je normalizovana na jedinicu u maksimalnoj vrednosti; širina baze trougla je $2\cdot\Delta t$; a negativna strana ima amplitudu $1/N$. Tako, za visoke vodeće učeatanosti i veliki broj stepeni pomeračkog registra, autokorelaciona funkcija će se približiti delta funkciji, a period izmedju trouglova će težiti beskonačnosti. Uopšte, medjutim, potrebno je računati odstupanje pseudoslučajnog signala od pravog slučajnog signala. Postoje dva tipa korekcija koji treba da se izvrše.

Da bi merenja bila verodostojna, potrebno je da vremenska konstanta sistema bude manja od perioda ulazne sekvence bar za faktor 5 ili više. Dalje, funkcija impulsnog odziva ne sme da se znatno menja u intervalu Δt, koji je srednja širima trougla autokorelacione krive. Vrlo često nije moguće zadovoljiti ovaj kriterijum u blizini početnog dela impulsnog odziva, gde funkcija raste vrlo brzo. Uopšte, ovaj brzi porast će izazvati distorziju funkcije impulsnog odziva u ovoj oblasti i može da izazove pomeranje pika funkcije. Ovaj efekat se svodi na minimum optimalnim izborom frekvence pomeračkog registra i broja semplova po Δt pomeračkog registra. Uopšte, da bi prethodni uslovi bili zadovoljeni potrebno je da

$$\Delta t \le T \le (2^n - 1) \cdot \Delta t \tag{8}$$

gde je T vremenska konstanta sistema koji se istražuje.

Da bi funkcija impulsnog odziva bila tačno odredjena, potrebno je takodje izvršiti korekciju za negativnu stranu autokorelacione funkcije.

Sa slike (2), gde je prikazana funkcija impulsnog odziva, $h(\lambda)$, $|h(\lambda) = 0$ za $\lambda \le 0|$, autokorelaciona funkcija može da se predstavi sa

$$\begin{aligned} \psi_{xx}(\tau-\lambda) &= -\frac{1}{N} && 0 \le \lambda \le (\tau-\Delta t) \\ &= 1 - \frac{N+1}{N}\left(\frac{\tau-\lambda}{\Delta t}\right) && (\tau-\Delta t) \le \lambda \le \tau \\ &= 1 + \frac{N+1}{N}\left(\frac{\tau-\lambda}{\Delta t}\right) && \tau \le \lambda \le (\tau+\Delta t) \\ &= -\frac{1}{N} && (\tau+\Delta t) \le \lambda \le N \cdot \Delta t \end{aligned} \tag{9}$$

Zamena jednačine (9) u jedn.(1) sledi u

$$\psi_{xy}(\tau) = \frac{N+1}{N\cdot\Delta t}\left|\int_{\tau-\Delta t}^{\tau} h(\lambda)\cdot(\lambda-\tau)d\lambda - \int_{\tau}^{\tau+\Delta t} h(\lambda)\cdot(\lambda-\tau)d\lambda\right| +$$

$$+ \int_{\tau-\Delta t}^{\tau+\Delta t} h(\lambda)d\lambda - \frac{1}{N}\left|\int_{0}^{N\cdot\Delta t} h(\lambda)d\lambda - \int_{\tau-\Delta t}^{\tau+\Delta t} h(\lambda)d\lambda\right| \qquad (10)$$

gde je zadnji član prinos koji ukupnoj kros korelacionoj funkciji daje negativni deo autokorelacione krive.

Ako je Δt malo tako da $h(\lambda)$ može da se smatra konstantnim u intervalu $(\tau-\Delta t)<\lambda<(\tau+\Delta t)$, jedn.(10) se reducira na

$$\psi_{xy}(\tau) = 2\cdot\Delta t\cdot h(\tau) - \frac{1}{N}\int_{0}^{N\cdot\Delta t} h(\lambda)\, d\lambda - 2\cdot\Delta t\cdot h(\tau) \qquad (11)$$

a funkcija impulsnog odziva je data sa

$$h(\tau) = \frac{\psi_{xy}(\tau)+\bar{h}\cdot\Delta t}{2\cdot\Delta t\,|1+1/N|} \qquad (12)$$

gde je $\bar{h}$ srednja vrednost $h(\lambda)$ u toku jedne periode pseudoslučajne sekvence. Pošto je $h(\tau) = 0$ za $\tau \leq 0$,

$$\psi_{xy}(-\tau) = - \bar{h} \cdot \Delta t \qquad (13)$$

tako da je na kraju

$$h(\tau) = \frac{\psi_{xy}(\tau)-\psi_{xy}(-\tau)}{2\cdot\Delta t\cdot|1+1/N|} = C\left|\psi_{xy}(\tau)-\psi_{xy}(-\tau)\right| \qquad (14)$$

gde je C konstanta za datu sekvencu pomeračkog registra i vodeću učeatanost. Kako je $\psi_{xy}(-\tau)$ negativno, ova procedura je ekvivalentna dodavanju korekcionog faktora $C|\psi_{xy}(-\tau)|$

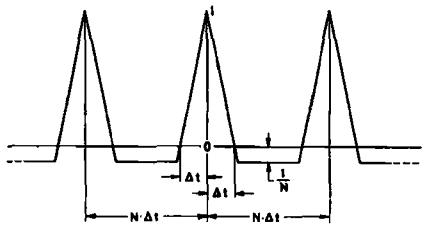
merenom impulsnom odzivu da bi se dobio pravi odziv.

Treba istaći da nije obavezno da se funkcija impulsnog odziva, $h(\tau)$, približi nuli u $N \cdot \Delta t$, gornjoj granici integrala, već može da se približi konstantnoj vrednosti backgrounda. U eksperimentalnoj situaciji to bi odgovaralo background-u zakasnelih neutrona ili nekom drugom fonu. Zato, kada je funkcija impulsnog odziva korigovana kao što je prethodno pokazano, moguće je primeniti $\frac{k \cdot \beta}{\ell}$ analizu na rezultate. Jasno, važno je dobiti dovoljno podataka tako da korekcija bude odredjena što je moguće bolje.

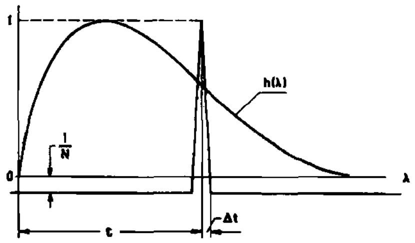
LITERATURA

1. Lj.Veličković, M.Petrović: Proučavanje dinamike reaktora snage metodom stohastičkog reaktorskog oscilatora, IBK-739, 1968.

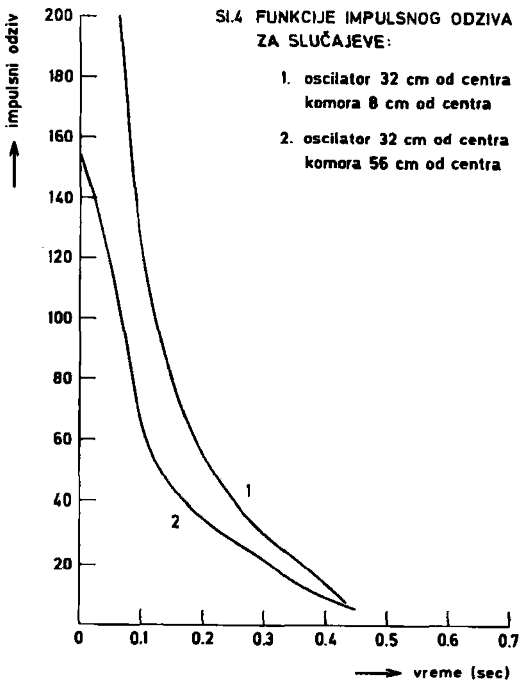
2. Lj.Kostić, M.Petrović: Merenje dinamičkog odziva reaktora nulte snage kros korelacionom metodom, IBK-   , 1969.



SL.1 AUTOKORELACIONA FUNKCIJA PSEUDOSLUČAJNOG SIGNALA

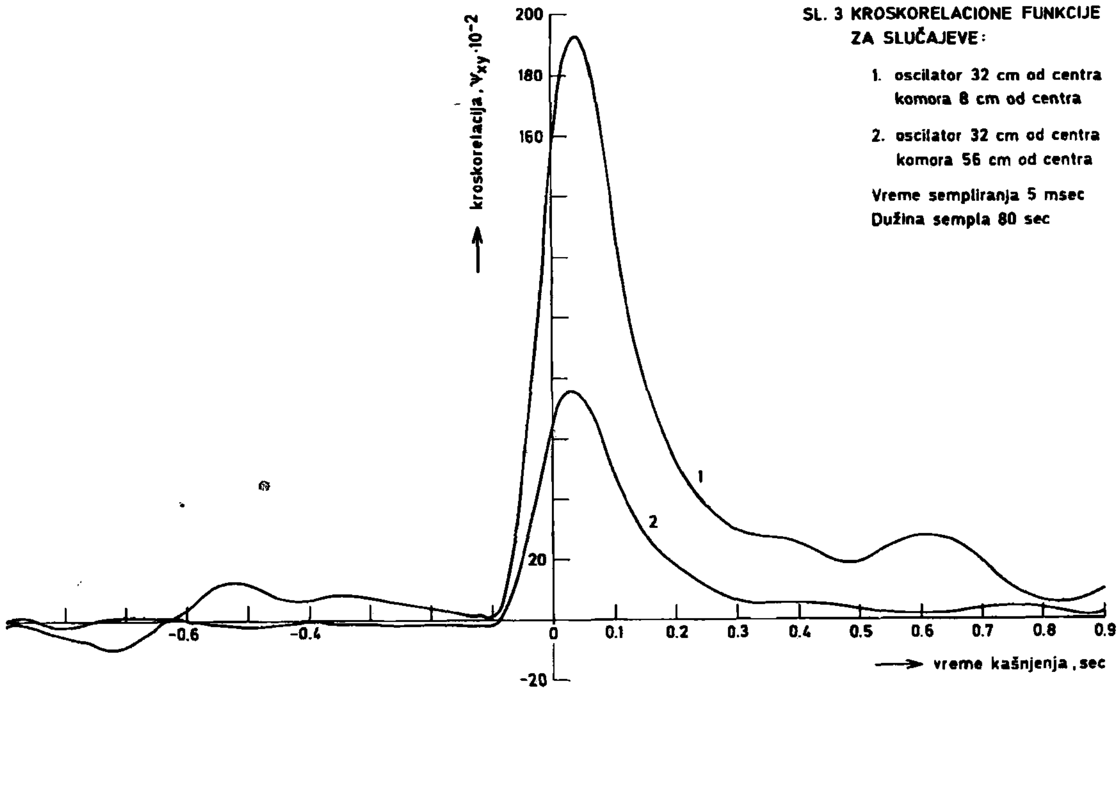


SL.2 VEZA IMPULSNOG ODZIVA I AUTOKORELACIONE FUNKCIJE ULAZA



Sl.4 FUNKCIJE IMPULSNOG ODZIVA ZA SLUČAJEVE:

1. oscilator 32 cm od centra komora 8 cm od centra
2. oscilator 32 cm od centra komora 56 cm od centra



SL. 3 KROSKORELACIONE FUNKCIJE ZA SLUČAJEVE:

1. oscilator 32 cm od centra komora 8 cm od centra
2. oscilator 32 cm od centra komora 56 cm od centra

Vreme sempliranja 5 msec
Dužina sempla 80 sec