

203704432



Comitetul de Stat pentru Energia Nucleară  
INSTITUTUL DE REACTORI NUCLEARI ENERGETICI

S. VASILIU

IRNE-132-1978

Decembrie

**IRNE**

INSTALATIE PENTRU TESTAREA ŞI STUDIAREA CÎMPULUI

TRADUCTORILOR ULTRASONORI

Piteşti - ROMANIA

*Summary : The paper describes a laboratory device for evaluation of the ultrasonic transducers, in view of adequate selection according to the testing requirements. Recordings of ultrasonic beam of some transducers delivered as being of the same type are presented, showing important departures from specifications of the characteristics. Some of transducers evaluated have not been found acceptable for NDT in the nuclear field.*

In prezent se cunosc multe metode și tehnici de control nedistructiv, însă una din cele mai răspândite și cu rezultate spectaculoase este metoda de control cu ultrasunete.

Dezvoltarea aparatului electronic, perfecționarea instalațiilor de control și înregistrarea semnalelor provenite de la diverse defecte sau mărimi măsurate, au făcut ca controlul nedistructiv cu ultrasunete să poată fi automatizat și astfel interpretarea subiectivă a operatorului să fie în mare măsură evitată. Cu toate progresele metodei există adeseori incertitudini cu privire la calitatea unei piese controlate și riscul de a înălțura o piesă bună sau de a accepta o piesă cu defecte este încă mare. Rezultatele false, în situația în care există certitudinea că generatorii ultrasonori nu și-au modificat caracteristicile și că etalonarea a fost corectă, provin de la folosirea unor traductori ultrasonori ale căror caracteristici nu sînt cunoscute suficient de bine.

Pentru a evita erorile grosolane, înainte de a folosi un traductor, este necesar de a i se verifica amortizarea, distanța de la suprafața traductorului pînă la punctul de maxim maximorum al intensității, distanța focală în cazul traductoarelor focalizați, dar mai ales geometria fascicului ultrasonor.

Un studiu efectuat de un grup de cercetători de la Harwell [1], din noiembrie 1972, arată că 453 din traductoarele de frecvență joasă (sub 6,5 MHz) și 818 din cele de frecvență ridicată (peste 6,5 MHz) sînt în afara limitelor de acceptare pentru folosirea lor în controlul nedistructiv.

La Conferința societății de încercări nedistructive din martie 1966 de la Los Angeles, J.F. McElroy de la Research Division, Boulder, Colorado, a susținut ideea că "traductoarele ultrasonori sînt senzori delicai" și că "își pot schimba caracteristicile în timp" [2]

În multe lucrări se menționează faptul că unii traductori prezintă distorsiuni care îi fac pe unii dintre ei inapți pentru un anumit tip de control nedistructiv [3],[4],[5].

În concluzie, controlul nedistructiv cu ultrasunete impune cunoașterea tuturor caracteristicilor traductoarelor, mai ales în domeniul nuclear unde calitatea este o cerință esențială. Pentru acest motiv, în laborator a fost concepută și realizată o instalație de testare și studiere a câmpului ultrasonor, aptă de a folosi tehnica de reflexie a unui reflector sferic numită "tehnica bilei".

## Descrierea instalației

Instalația constă dintr-o cuvă de imersie (12) deasupra căreia se poate deplasa pe două axe un dispozitiv cu cărucior (6) a cărui deplasare poate fi atât orizontală cât și verticală, și un suport de prindere al port-traductorului ultrasonor (4) fixat la unul din capetele cuvei (fig.1). Deplasările căruciorului sînt efectuate de un motor (7) cu turație variabilă, continuă sau pas cu pas, acționat de o comandă electronică. (10).

Cu ajutorul unor potențiometre liniare (8) se poate acționa penița unui înregistrator XY (11) funcție de poziția căruciorului care susține capul de prindere al reflectorului sferic (5) ce baleiază după direcțiile dorite în cimpul ultrasonor într-un plan paralel cu suprafața traductorului testat (1).

Cuva de imersie confecționată din inox, are lungimea de 900 mm, lățimea de 300 mm și înălțimea de 230 mm.

Căruciorul port-reflector se poate deplasa într-un plan perpendicular pe lungimea cuvei după o direcție orizontală pe o distanță de 80 mm iar verticală pe 220 mm.

Deoarece port-reflectorul se poate deplasa pe întreaga lungime a cuvei, port traductorul se deplasează numai pe o distanță de 50 mm, distanță suficientă pentru reglaje de poziționare. Două roți melcate, fixate una de alta în două plane perpendiculare, permit înclinarea traductorului sub diverse unghiuri față de axa port-reflectorului.

O sursă de tensiune stabilizată (9) (0-6V) alimentează potențiometrele de poziționare și poarta de intrare a monitorului (3) generatorului de ultrasunete (2).

Mediul de cuplare între traductorul ultrasonor și reflector îl reprezintă apa (13) distilată și demineralizată.

## Principiul de funcționare

Tehnica de măsurare a intensității cimpului ultrasonor în diverse puncte constă în baleierea reflectorului sferic de dimensiuni cât mai mici într-un plan paralel cu suprafața emițătoare a traductorului la o anumită distanță de acesta. Penița inscriptoare a înregistratorului XY, prin intermediul potențimetrelor de poziționare, va descrie în abscisă drumul parcurs de reflector, iar în ordonată amplitudinea semnalelor ultrasonore recepționate de traductor după reflexie.

In fig. 2 se prezintă drumul parcurs de reflector, aflat la distanța  $D$  de traductor, prin baleiere după direcțiile  $a_0, a_3, a_{-3}$  etc, împreună cu curbele înregistrate după  $a_0 (y=0)$ ,  $a_3 (y=3r)$ ,  $a_{-3} (y=-3r)$  unde  $r$  reprezintă raza reflectorului sferic.

Curbele obținute în cazul în care reflectorul baleiază în fața traductorului sînt identice cu cele obținute prin baleierea traductorului în fața reflectorului aflat în repaus.

Distanțele de focalizare în punct sau linie, ale traductorilor focalizați sferic sau cilindric, se obțin prin efectuarea unor măsurători de o parte și de alta a distanței focale teoretice. În punctul unde amplitudinea ultrasunetelor recepționate va avea valoarea cea mai mare se va afla focarul real.

În același mod se pot determina și punctele de maxim și minim ale intensității ultrasonore, ce se găsesc în zona cîmpului apropiat (zona Fresnel). Punctele teoretice de maxim și minim pentru un traductor cu element piezoelectric circular se pot calcula cu ajutorul formulelor (1) și (2) [6].

$$Y_m^+ = \frac{4R - \lambda(2m+1)^2}{4\lambda(2m+1)} \quad \text{cu } m=0,1,2,\dots \quad (1)$$

$$Y_m^- = \frac{R^2 - \lambda^2 n^2}{2n\lambda} \quad \text{cu } n=1,2,\dots \quad (2)$$

- unde:  $Y_m^+$  - punct de maxim  
 $Y_m^-$  - punct de minim  
 $R$  - raza elementului piezoelectric  
 $\lambda$  - lungimea de undă a ultrasunetelor propagate în mediul de cuplare.

Pentru obținerea unor valori corecte instalația trebuie astfel reglată încît să se realizeze un paralelism perfect între suprafața traductorului și planul în care se deplasează reflectorul.

#### Rezultate experimentale

In fig. 3 sînt reproduse înregistrările obținute la testarea unui traductor plan de 4 MHz cu diametrul de 10 mm, la diferite distanțe în apă, corespunzătoare punctelor de maxim și minim ale cîmpului

ultrasonor. In ordonată este reprezentată amplitudinea ultrasunetelor, iar in abscisă deplasarea bilei reflectoare pe o direcție perpendiculară pe axa geometrică a traductorului.

In tabelul I sînt menționate valorile experimentale comparativ cu valorile teoretice ale punctelor de maxim și minim.

Diferențele dintre valorile experimentale și cele teoretice ale punctelor de maxim și minim apar datorită influențelor a mai mulți factori, însă factorul principal îl reprezintă amortizarea elementului piezoelectric. Disimetria cîmpului ultrasonor față de axa geometrică a traductorului, care pentru traductorul testat este destul de mică, este cauzată de punctele de sudură ale electrozilor de pe pastila piezoelectrică.

Cîmpul ultrasonor de pe axa geometrică a traductorului poate fi trasat cunoscînd atît amplitudinea punctelor de maxim și minim cît și a punctelor intermediare ( fig. 4 ).

Distanța focală a unui traductor de 6 MHz, de diametru 10 mm, focalizat in punct a avut o valoare mai mică cu 3 mm față de valoarea teoretică. In fig. 5 sînt reproduse inregistrările obținute in focarul real și la 3 mm de o parte și alta a focarului.

Tabelul I

m	m	Valori experimentale		Valori teoretice	
		$Y_m^+$ mm	$Y_n^-$ mm	$Y_m^+$ mm	$Y_n^-$ mm
0	1	249	122	270	135
1	2	81	65	88,5	67,5
2	3	51	42	53	44,5
3	4	36	30	37,4	33
4	5	26	23	28,8	26,2
5	6	22	19	23,2	21,3
6	7	18,5	17	19,4	16,1
7	8	15	14	16,4	15,4
8	9	13	12	14,1	13,4
9	10	11	10	12,3	11,7

Pentru majoritatea traductorilor focalizați testați nu s-au găsit diferențe mari între distanța focală experimentală și cea teoretică. Unui traductor nu i s-a putut afla distanța focală reală. Studiindu-se cîmpul ultrasonor s-au observat distorsiuni și abateri ale axei

ultrasonore față de axa geometrică a traductorului. Aceste anomalii au fost provocate fie de dezlipirea lentilei, în unele zone, de electrodul pastilei piezoelectrice, fie de fisurarea lentilei.

În fig. 6 sînt prezentate geometriile cîmpurilor ultrasonore a doi traductori plani de 4 MHz cu diametre de 10 mm, din care unul prezintă anomalii de simetrie destul de mari pentru a deveni inapt controlului nedistructiv. Cu ajutorul unui analizor de spectre, instalația poate fi folosită și la determinarea frecvenței reale a traductorilor ultrasonori. De asemenea se pot obține informații cu privire la coeficientul de amortizare a plăcuței piezoelectrice prin analiza undelor ultrasonore emise și reflectate. Instalația poate fi folosită nu numai în scopul pentru care a fost realizată, ci și în controlul nedistructiv prin imersie a unor piese de dimensiuni mici (sub 100 mm) folosind înregistrări ale semnalelor provenite de la defecte cu ajutorul monitorului pe calea proporțională sau calea totul sau nimic.

#### BIBLIOGRAFIE

- [1] E.H. Lidington, M.G. Silk  
"The Variability of Ultrasonic Transducers"  
British Journal of NDT, Nov. 1972
- [2] J.T. Mc Eleroy  
"Identification and Measurement of Ultrasonic Search  
Unit Characteristics".  
Conference of the Society for Nondestructive Testing,  
March 7 - 10, 1966, Los Angeles, SUA
- [3] M.Fignon  
"Etude des champs acoustiques de traducteurs ultrasonores"  
Faculte des Sciences de Paris, 1965
- [4] Y.Boradin, G.Perenczy, J.Marini  
"Etude theoretique et experimentale du champs acoustiques  
de quelques emetteurs d'ultrasons".  
CEN-S, Saclay, k968.
- [5] H.Roulé  
"Etude experimentale des traducteurs a ultrasons"  
T.T.A. 2518, Saclay, 1970
- [6] E.C. Mc Master  
"Nondestructive Testing Handbook"  
Ronald Press Company, New York, 1964.

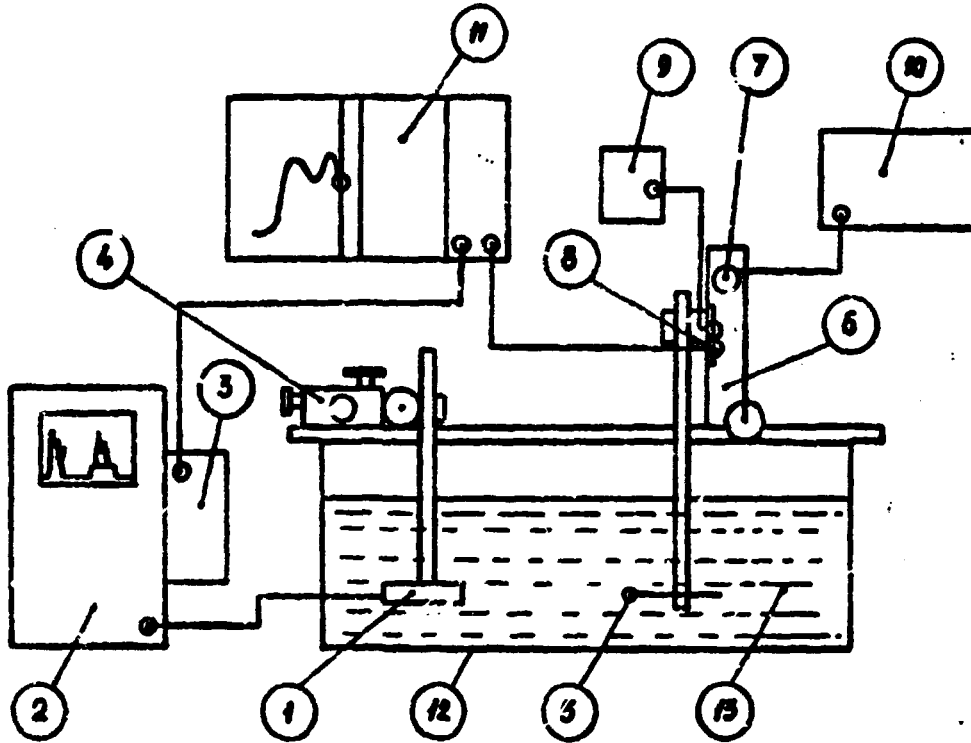


Fig. 1. Schema de principiu o instalatiei de testare introdusa ultrasonen.



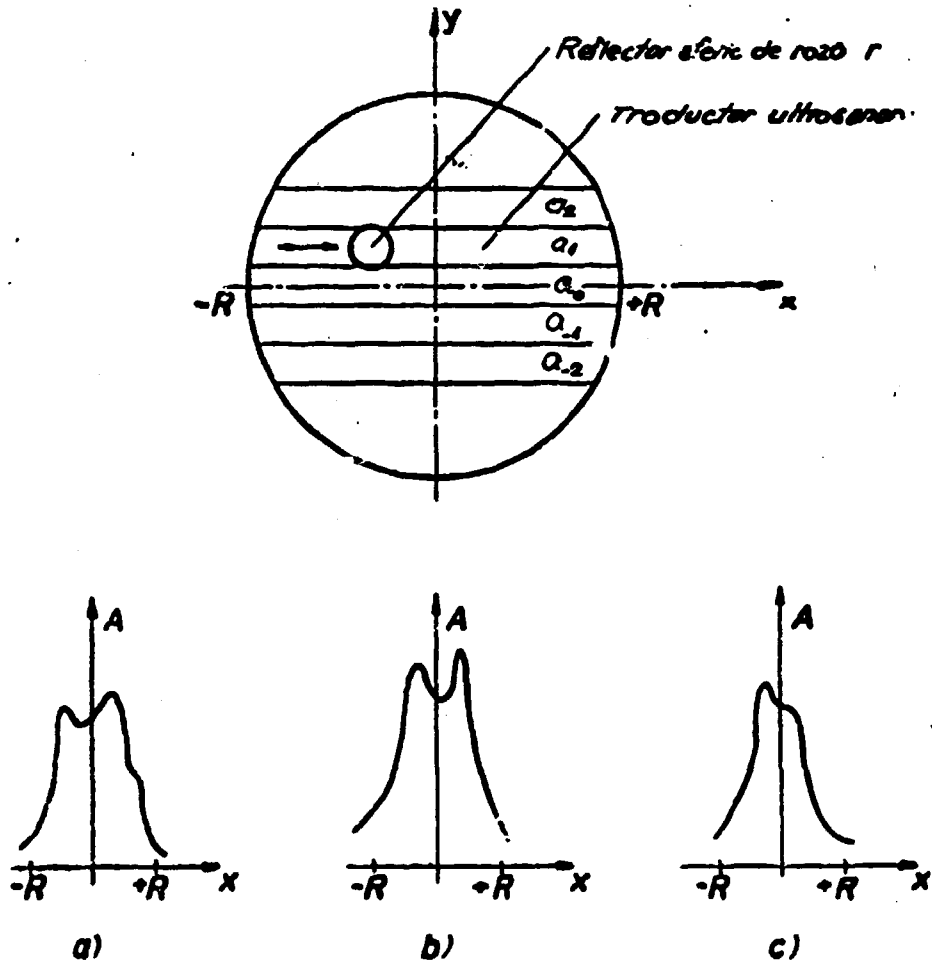


Fig.2. Deplasarea reflectorului paralel cu suprafața  
tronductorului la distanța  $D$   
a) deplasarea reflectorului pe  $Q_1$  ( $y = +r$ )  
b) deplasarea reflectorului pe  $Q_0$  ( $y = 0$ )  
c) deplasarea reflectorului pe  $Q_{-1}$  ( $y = -r$ )

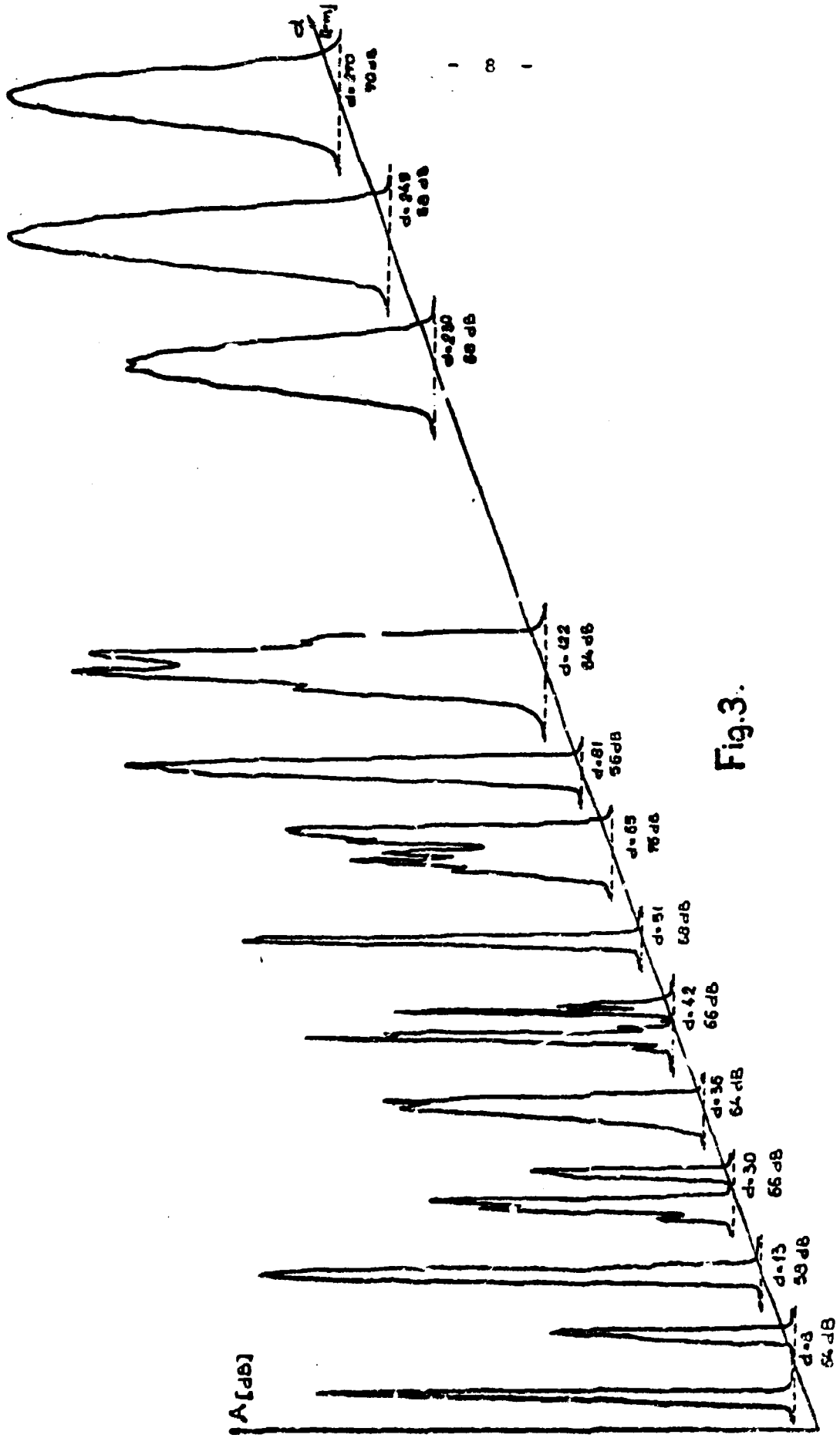


Fig.3.

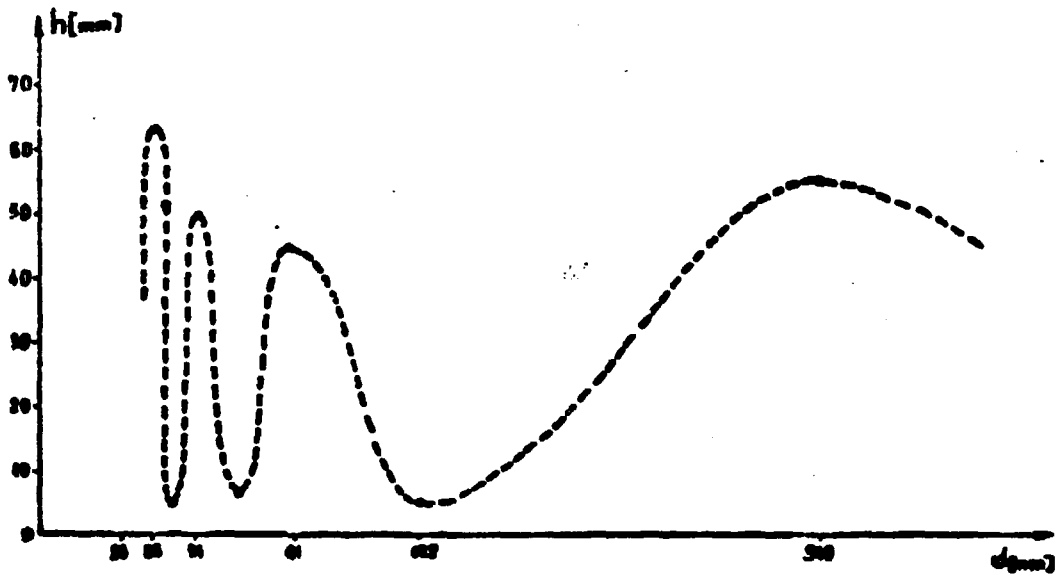


Fig. 4.

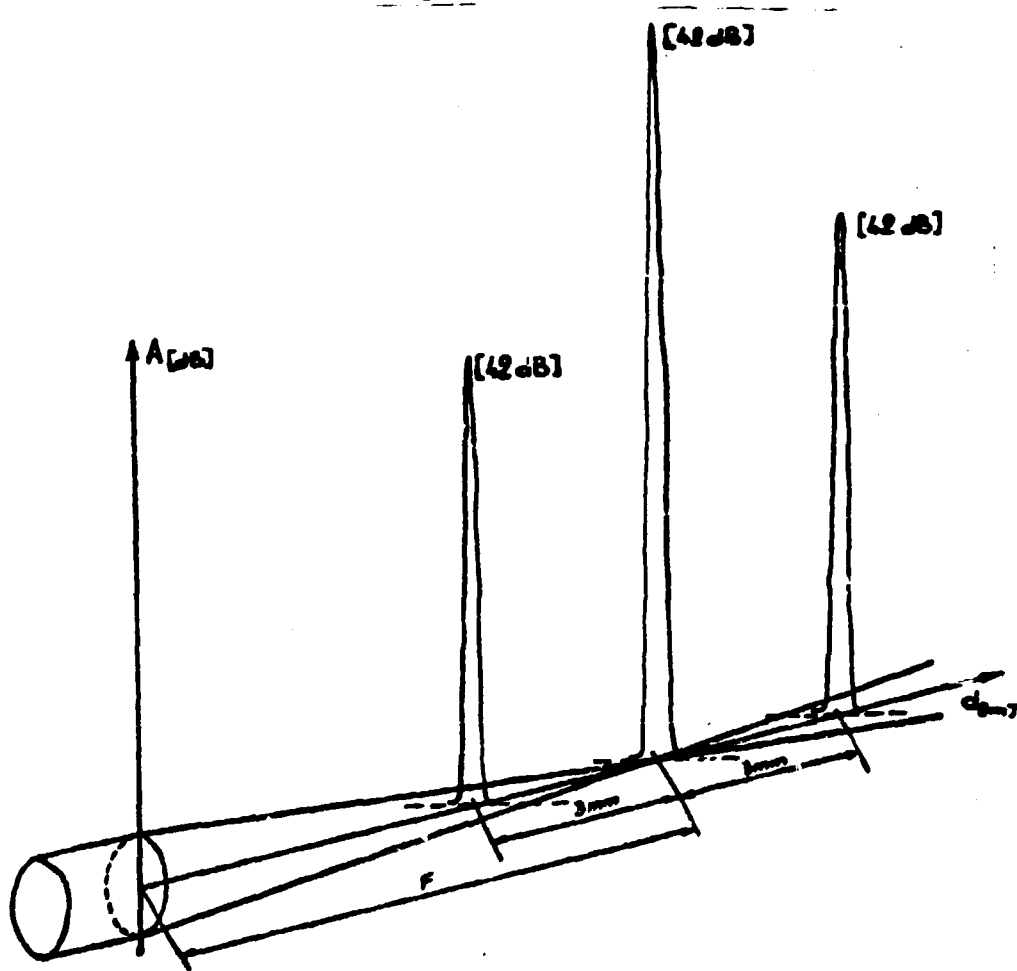
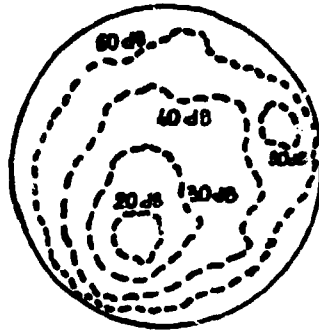
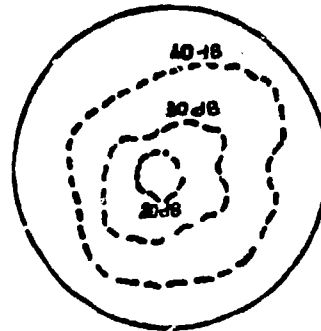


Fig. 5.

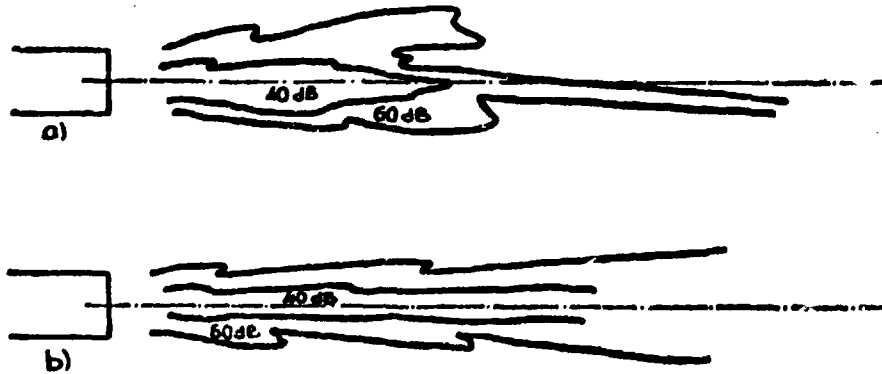


a) Traductor cu câmp distorsionat, nerecomandat a fi folosit în controlul nedistructiv;



b) Traductor cu câmp uniform, bun pentru a fi folosit în controlul nedistructiv;

Curbe izobare trase într-un plan paralel cu suprafața a doi traductori de  $\phi 40$  de 4 MHz, plasați la distanța de 20 mm.



a) Traductor cu câmp axial distorsionat.  
b) Traductor cu câmp axial uniform.

Fig. 6.

**CEEN**

**Comitetul de Stat pentru Energia Nucleară**



**Pitești - c.p.nr 78 - telefon 1 26 10 - telex 1 82 72**