

*INSTITUTUL POLITEHNIC „TRAIAN VUIA“ TIMIȘOARA  
FACULTATEA DE ELECTROTEHNICĂ*

Ing. GÜNTER HOCHMEISTER

**CERCETĂRI PRIVIND DETERMINAREA CALITĂȚII  
PROIEȚIEI CINEMATOGRAFICE PRIN MĂSURAREA  
FUNȚIEI DE TRANSFER A MODULAȚIEI**

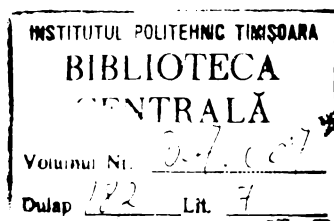
Teză de doctorat

BIBLIOTECA CENTRALĂ  
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"  
TIMIȘOARA

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC :

Prof. Dr. Ing: EUGEN POP

— 1975 —





# C U P R I N S

=====

	<u>Pag.</u>
1.- Prezentarea problemei	1
2.- Calitatea proiecției cinematografice	4
3.- Determinarea calității proiecției cinematografice	11
3.1. Situația actuală	11
3.2. Mijloace și metode proprii de măsurare	13
3.3. Obiectivizarea determinării calității proiecției cinematografice	20
4.- Exprimarea calității transmittorii imaginilor în proiecția cinematografică prin funcții de transfer	24
4.1. Semnificația în proiecția cinematografică a unor funcții de transfer și funcții elementare	27
4.1.1. Metoda funcțiilor elementare	28
4.1.1.1. Funcția clarității de contur	30
4.1.1.2. Funcția de ștergere a fantei	33
4.1.2. Metoda spectrală	37
Funcția de transfer a modulației	38
4.1.3. Metoda operațională	43
4.2. Criteriul de calitate propus	45
4.3. Proprietățile funcției de transfer a modulației	54
4.4. Metode de determinare experimentală a funcției de transfer a modulației	63
5. - Măsurarea transmisiei modulației în proiecția cinematografică	71
5.1. Rastru dreptunghiular ca sursă de semnal	71
5.1.1. Alegerea formei modulației	72
5.1.2. Alegerea frecvențelor spațiale	77
5.2. Instalația experimentală de măsurare a funcției de transfer a modulației	85
5.2.1. Instalația de fotometrare	87
5.2.2. Grupul de instrumente de măsurare-înregistrare	95
5.3. Etalonarea instalației de măsurare a funcției de transfer a modulației. Erori de măsurare	102

5.3.1. Etalonarea instalației de măsurare	102
5.3.2. Erorile de măsurare	111
5.4. Determinarea limitelor de calitate admisibile	116
5.4.1. Frecvența spațială	116
5.4.2. Contrast	123
5.4.3. Limite de calitate	129
5.5. Unele aplicații experimentale ale rezultatelor cercetării	133
5.5.1. Măsurarea funcției de transfer a modulației	133
5.5.2. Exemple de înregistrări	137
5.5.3. Interpretarea rezultatelor	144
6.- Concluzii generale	150
7.- Bibliografie	153



## 1. PREZENTAREA PROBLEMEI

Imaginea cinematografică finală - cea pe care o vede spectatorul pe ecranul cinematografului - este formată prin proiecția diascopică succesivă a fotogramelor filmului cinematografic.

În consecință, calitatea acestei imagini depinde atât de calitatea imaginilor filmului cât și de calitatea instalației de proiecție.

Calitatea filmului este rezultatul întregului proces tehnologic de filmare - prelucrare-copiere. Ea diferă de la film la film, eventual chiar de la copie la copie și se prezintă de fapt o noțiune complexă în care predomină "calitatea artistică" a filmului pe când calitatea din punct de vedere tehnic joacă un rol subordonat. Cum într-un cinematograful se prezintă mereu alte filme, unele cu imagini mai bune, altele poate cu imagini mai puțin bune, sau dimpotrivă, excepționale, calitatea imaginilor copiei de film este un element variabil, ce nu poate fi folosit pentru definirea calității imaginii cinematografice într-un cinematograful anume.

Instalația de proiecție însă este proprie cinematografului, este elementul constant care influențează calitatea imaginii cinematografice la oricare din filmele prezentate. Influența aceasta este însă numai negativă. Cea mai bună instalație de proiecție imaginabilă teoretic nu poate decât să proiecteze imaginile filmului absolut fidel "așa cum sînt ele", nu poate realiza mai mult, nicidecum nu poate să le prezinte mai bine decât sînt ele, să le perfecționeze. O asemenea instalație poate fi denumită "Instalație de proiecție cinematografică ideală".

Instalațiile de proiecție cinematografică reale nu îndeplinesc condiția redării - absolut fidele - a imaginilor filmului, ele înrăutățesc aceste imagini mai mult sau mai puțin. Se poate demonstra că nici nu este necesară o redare ab-

solut fidelă, din cauza limitelor fiziologice ale ochiului omenesc, care tot nu va putea distinge detaliile prea fine, nu va putea vedea simultan toată suprafața ecranului foarte clar etc. O instalație de proiecție care realizează redarea imaginilor filmului la limita de calitate practic necesară, la limita de calitate care poate fi recepționată de spectator, autorul a numit-o o instalație de proiecție optimă.

O instalație cu performanțe mai ridicate este mai scumpă, fără ca de performanțele superioare să poată profita spectatorii, iar o instalație inferioară înrăutățește calitatea imaginii cinematografice proiectată, limitează calitatea acesteia, nu mai redă detaliile și nuanțele cele mai fine din imaginea unui film foarte bun.

Pentru clarificarea deplină a ceea ce înțelege autorul printr-o instalație optimă de proiecție sau printr-o instalație de proiecție cinematografică cu performanțe optime, vor servi următoarele două exemple :

A. Diferitele densități ale copiei de film se realizează astfel în laboratorul de prelucrare a peliculei în cît să se potrivească cu luminanța prescrisă a ecranului. Dacă într-un cinematograf dat, luminanța ecranului este prea mică, imaginea cinematografică va fi prea închisă, detaliile din părțile întunecate nu se mai disting, scene de zi vor apare că au loc noaptea. Dacă crește luminanța, imaginea se îmbunătățește din ce în ce mai mult, atingînd calitatea optimă la luminanța pentru care a fost făcută copia. Dacă luminanța este crescută în continuare, imaginea iar se înrăutățește. Incep să dispară detaliile din părțile luminoase ale imaginii, scade contrastul prin faptul că părțile negre devin gris, imaginea devine cum se spune "spălăcită", inexpresivă. Deci, în ceea ce privește luminanța, mai mult nu înseamnă totdeauna mai bine, ci poate să însemne chiar mai rău. Mai bine, în cazul luminanței, înseamnă respectarea nivelului - și bineînțeles a distribuției - luminanței prescise, pentru care a fost destinată copia de film.

B. Puterea de rezoluție a peliculelor cinematogra - fice moderne este foarte mare, putîndu-se înregistra teoretic și 500-600 linii pe mm. Realizarea unei instalații de proiecție care să fie capabilă să reproducă cîteva sute de linii pe mm, teoretic este posibilă, dar ar comporta sisteme optice speciale, deosebit de scumpe. O asemenea instalație nu ar avea însă nici un sens, întrucît din cauza puterii de rezoluție redusă a ochiului omenesc, spectatorii cei mai a - proptați de ecran, în condițiile cele mai favorabile de vi - zionare, nu pot distinge decît cel mult 40-60 linii/mm. De aceea, o instalație de proiecție optimă trebuie să fie capa - bilă să redea numai detaliile de o asemenea finețe, perfor - manțele superioare neavînd sens.

Criteriile de calitate care trebuie îndeplinite de o instalație de proiecție optimă nu depind de copia de film, instalația trebuind să fie optimă pentru toate filmele. Din această cauză în cele ce urmează nu se va mai lua în consi - derație influența filmului și autorul va înțelege prin "ca - litatea proiecției cinematografice", spre deosebire de no - țiunea mai largă de calitate a imaginii cinematografice, nu - mai cea realizată de instalația de proiecție.

Prezenta lucrare își propune să analizeze îndeaproape calitatea proiecției cinematografice, să stabilească factorii care o condiționează și care o exprimă și să elaboreze meto - dologia și mijloacele de măsurare experimentală a acestei ca - lități în condițiile unui cinematograf oarecare, adică își propune ca în baza cercetărilor și contribuțiilor originale ale autorului să pună la dispoziția specialiștilor un mijloc de determinare obiectivă a calității proiecției cinematogra - fice.

## 2. CALITATEA PROIECTIEI CINEMATOGRAFICE

Principiile generale ale proiecției cinematografice, pot fi considerate cunoscute [1, 2, 3, 4, 5]. Pentru a se scoate însă în evidență condițiile ei de calitate, autorul consideră necesare următoarele precizări.

Proiecția imaginii cinematografice este o proiecție diascopică, adică se proiectează un obiect transparent și anume fotograma filmului (fig.1). Lumina dată de sursa de lumină 1, este concentrată de un sistem optic de iluminare 2, pe această fotogramă 3. Un sistem optic de proiecție 4 proiectează o imagine mărită și răsturnată a fotogramei pe ecranul 5, unde este văzută prin reflexie de spectatori 6. Porțiunile complet transparente din fotograma filmului lasă să treacă cea mai mare parte a luminii (factorul de transmisie foarte mare), realizându-se astfel porțiunile complet albe și de luminanță maximă ale imaginii. Porțiunile complet negre ale fotogramei nu lasă să treacă aproape nimic din lumină (factorul de transmisie se apropie de 0).

Părțile corespunzătoare ale ecranului nu sînt iluminate, au o luminanță foarte redusă, datorată în special iluminatului parazit și formează așa-zisele "porțiuni negre" ale imaginii. De fapt nu sînt negre, sînt tot albe, ecranul fiind alb, însă din cauza luminanței foarte reduse și în contrast cu porțiunile cu luminanță ridicată, în mod subiectiv sînt considerate de spectatori drept negre.

Zonele cu densități intermediare ale fotogramei, adică cele de diferite nuanțe de gris și cele de diferite culori, lasă să treacă lumina parțial (fig.2). Zonele gris (negru de densitate redusă) reduc luminanța zonelor corespunzătoare din imagine, creînd tot impresia de gris, iar cele colorate filtrează lumina selectiv, lăsînd să treacă numai anumite lungimi de undă, adică numai lumina de culoare respectivă, ceea ce face ca și zonele corespunzătoare ale imaginii pe ecran să fie colorate cu aceeași luminanță, culoare și saturație ca zonele respective din fotograme.

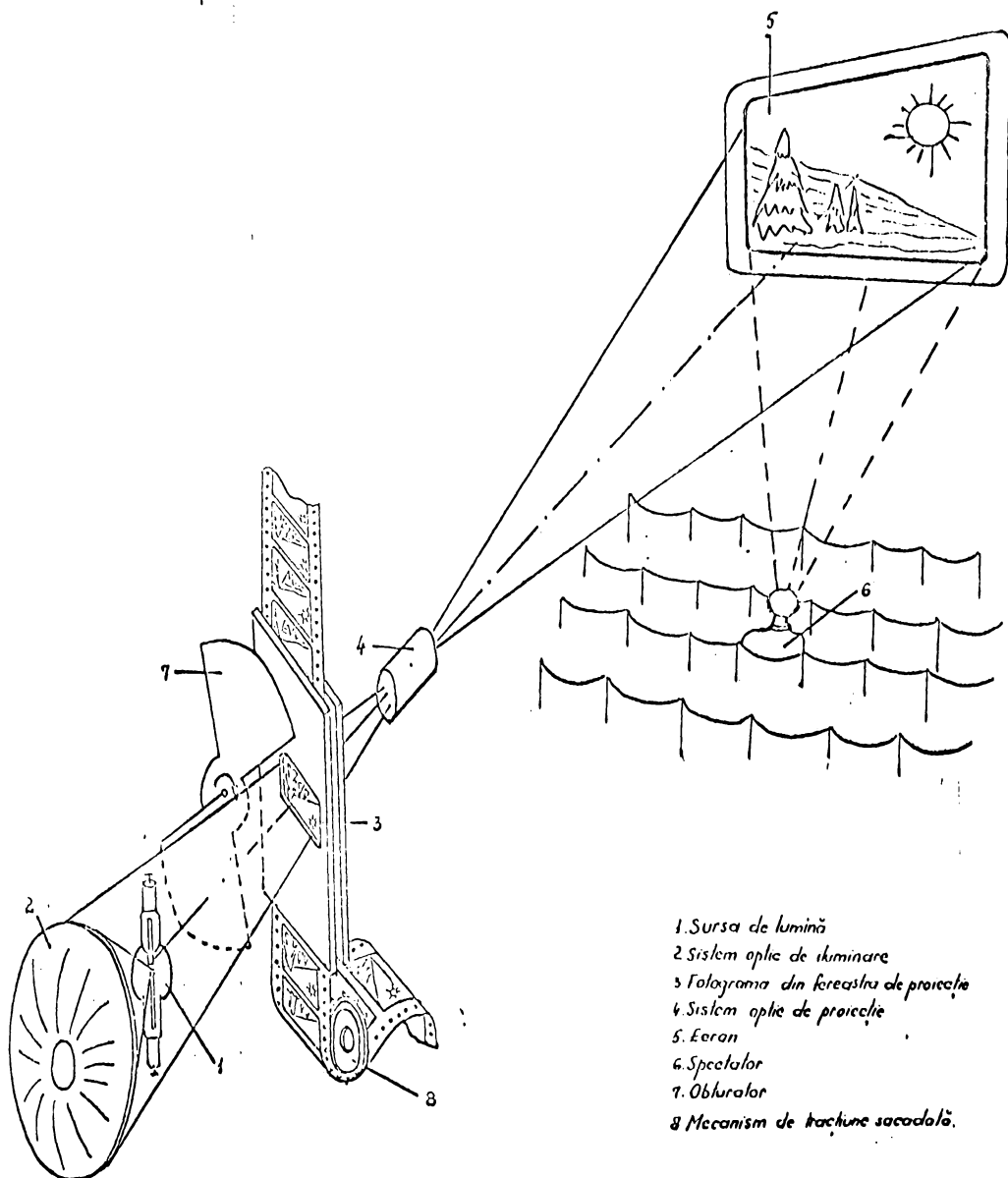


Fig.1 - Schema proiecției cinematografice

Fig.2

Din cauza proceselor fotografice de captare a imagii și de copiere de pe negativ în copia pozitivă, densitățile ce se pot obține în copie pozitivă după [6] sînt cuprinse cel mult între 0,4 și 2,8, ceea ce corespunde la factori de transmisie între  $\tau = 0,0016$  și  $\tau = 0,4$ . Contrastul maxim care poate fi realizat teoretic este în funcție de densitățile extreme, respectiv de raportul între zona cu factorul minim de transmisie și zona cu factorul maxim de transmisie. Notînd factorul minim cu  $\tau_1$  și pe cel maxim cu  $\tau_2$ , contrastul poate fi exprimat printr-un raport simplu, de

$$\frac{\tau_2}{\tau_1} = \frac{0,4}{0,0016} = 250$$

Alte exprimări ale contrastului sînt date în capitolele următoare.

Pe de altă parte proiecția cinematografică nu este o proiecție statică, continuă (fig.1). Fotograma filmului 3 este proiectată o fracțiune foarte scurtă de timp după care lumina este obturată fie prin obturatorul 7, fie prin stingerea sursei de lumină și filmul este transportat cu

ajutorul mecanismului 8 pînă ce ajunge fotograma următoare în dreptul ferestrei de proiecție. Se proiectează apoi fotograma a doua, iar se obturează lumina ș.a.m.d. Frecvența proiecției este standardizată la 24 + 1 imagini pe secundă.

Pentru ca spectatorii să nu perceapă alternanțe de proiecție ale imaginii cu pauze de întuneric, avînd în vedere inerția retinei ochiului, frecvența proiecției trebuie să fie însă mai mare. Frecvența minimă la care oscilațiile de lumină nu se mai observă se numește "frecvență critică de contopire" și depinde de luminanța ecranului, de culoa - rea luminii, de raportul între perioadele de întrerupere cît și de particularitățile individuale ale observatorului și este, pentru condițiile proiecției cinematografice, ceva sub 50 Hz. Din această cauză, proiecția fiecărei imagini cinematografice se mai întrerupe suplimentar încă odată, în afara întreruperii necesare pentru transportul filmului cu o fotogramă, realizîndu-se o frecvență a impulsurilor luminoase de 48 Hz.

Spectatorul nu trebuie să vadă nici faptul că imaginea cinematografică se compune de fapt din proiecția a foarte multe fotograme parțiale. De aceea, întreruperile proiecției trebuie să fie perfect sincronizate cu transportul intermitent al filmului, iar imaginea fiecărei fotograme trebuie să cadă exact în același loc cu cea precedentă. Imaginea trebuie să fie stabilă cît timp este proiectată pe ecran.

După cum rezultă din cele de mai sus calitatea proiecției cinematografice se caracterizează prin : claritate, contrast, putere de rezolvare (redarea detaliilor cele mai fine), luminanță, stabilitate.

Dintre condițiile de calitate cea mai mare atenție se acordă în literatură [7,8,9,10] criteriului clarității, care este cel mai general, dar pe de o parte nu este suficient pentru exprimarea clarității proiecției cinematografice și pe de altă parte este subiectiv. Aprecierea clarității generale este un proces psihic, adică este legată de subiectul care face această apreciere.

Impresia de claritate generală a unei imagini sau de "garf" cum se mai spune depinde de contrastul și de puterea de rezolvare a imaginii, deci implicit de luminanța și de lumina parazită, dar depinde și de stabilitatea imaginii respective.

O imagine, pentru a fi clară, trebuie să prezinte contraste. Claritatea depinde de mărimea treptelor de luminanță, ea este considerată în mod subiectiv ca foarte bună dacă alternează o mulțime de elemente cu luminanțe diferite, adică dacă elementele imaginii "contrastază".

În unele cazuri este suficient dacă detaliile mari se deosebesc prin contrast puternic și muchiile care le separe sînt foarte clare, așa-zisa claritate a muchiilor. În alte cazuri se observă în special felul în care sînt redată detaliile cele mai fine, cînd urmează să se controleze claritatea imaginii. În realitate claritatea imaginii depinde de ambele fenomene, adică de redarea cu luminanță adecvată a tuturor detaliilor. Aceasta presupune un interval larg de luminanță, adică o diferență mare între luminanța cea mai mare și luminanța minimă.

Luminanța ecranului nu are voie să scadă sub o anumită valoare, altfel nu se mai pot recepționa detaliile întunecoase ale imaginii. Dar nu trebuie să fie nici prea mare deoarece și în acest caz claritatea suferă prin pierderea detaliilor în zonele luminoase ale imaginii.

De asemenea, claritatea imaginii depinde și de lumina parazită ce cade pe ecran, întrucît și din cauza acesteia se reduce contrastul și se pierd detaliile zonelor întunecoase.

În fine, claritatea imaginii depinde în mare măsură de stabilitatea imaginii. Mișcarea relativă a imaginii, adică instabilitatea ei, face ca contururile detaliilor să apară "mișcate", șterse, neclare, iar detalii foarte fine - avînd același ordin de mărime cu instabilitatea imaginii - să se contopească, să dispară.



Luminanța ecranului cinematografului este o mărime a cărei valoare optimă poate fi stabilită numai ținând cont de interdependența luminanței cu contrastul imaginii. Un obiect, indiferent dacă reprezintă o figură abstractă, o față de om, un peisaj sau altceva, poate fi considerat ca o mulțime neordonată de diferite luminanțe. Dacă se ordonează luminanțele regăsite într-un moment dat asupra unui obiect, se capătă o scară cu trepte inegale, a cărei lungime este caracterizată, după [11] prin logaritmul raportului luminanțelor extreme denumit intervalul luminanțelor obiectului :

$$I_0 = \log \frac{L_{\max}}{L_{\min}}$$

Prin treapta scării luminanțelor  $\left(\frac{L_1}{L_2}\right)$

se înțelege logaritmul raportului a două luminanțe alăturate.

Astfel, obiectul filmării reprezintă totalitatea treptelor luminanței, unele din acestea fiind mari și bine vizibile în orice condiții (de exemplu treapta luminanțelor între o cifră pe fond alb), iar altele, mici și de luminanțe apropiate, la un moment nu se mai disting de ochiul omului. Mărimea treptei cele mai mici de luminanță percepută de ochiul omenesc se numește "pragul puterii de separare a luminanțelor. Cu cât acest prag este mai coborât, cu atât ochiul distinge trepte mai multe.

Posibilitatea redării detaliilor celor mai fine se numește de obicei puterea de rezolvare.

Puterea de rezolvare se exprimă în numărul de linii pe mm al obiectului care poate fi reprodus corect - în cazul de față al fotogramei filmului cinematografic - și este un element hotărâtor asupra clarității imaginii. De multe ori puterea de rezolvare este luată chiar ca măsură a clarității imaginii, ceea ce însă nu este riguros exact. O putere de rezolvare adecvată este o condiție necesară dar nu și suficientă pentru claritatea imaginii.

Stabilitatea imaginii. O condiție esențială a calității proiecției cinematografice este aceea ca transportul intermitent al filmului să se facă cu o precizie suficientă pentru ca fiecare fotogramă să ocupe în fața ferestrei de proiecție a aparatului de proiecție o poziție definită precis.

Transportul intermitent al filmului, la care apar accelerații importante de ordinul a  $1500 \text{ m/sec.}^2$ , se poate realiza chiar și în cazul unor soluții tehnice costisitoare cel mult cu o precizie de câțiva  $\mu\text{m}$ . Apar deci întotdeauna oarecari devieri ale poziției fotogramei față de poziția teoretică, care se numesc abateri de poziție. Din cauza acestor abateri de poziție fiecare fotogramă ocupă un loc deosebit. Defilarea rapidă a fotogramelor face ca diferitele abateri de poziție să nu fie recunoscute de ochiul spectatorului ca abateri discrete, ci se percepe o balansare oarecare a imaginii pe verticală și orizontală care este denumită "instabilitatea imaginii".

În urma unor serii întregi de măsurări [12, 16], s-a constatat că abaterile de poziție au în general un caracter de apariție aleatoriu și că legea lor de repartiție este cea normală (Gauss). De asemenea, s-a constatat că o instabilitate a imaginii, calculată după metodele statistice de calcul al erorilor întâmplătoare, se potrivește cu instabilitatea măsurată vizual pe ecran.

Ca criteriu pentru stabilitatea imaginii nu este valabilă deci o eroare maximă de poziție măsurată întâmplător, ci abaterea medie pătratică (abaterea standard) determinată exact dintr-un șir întreg de erori de poziție :

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n v_i^2}$$

unde  $x_i$  - rezultatul obținut în măsurarea de ordinul  $i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, n$ )

$\bar{X}$  - media aritmetică a seriei de  $n$  rezultate.

### 3. METODE DE DETERMINARE A CALITATII PROIECTIEI

In ceea ce privește metodele de determinare a calității proiecției, cu toate că autorul a realizat primele lucrări cu peste 10 ani în urmă, prezenta lucrare a avut ca punct de plecare situația anului 1971. Lucrarea a comportat două etape :

- elaborarea metodelor și a mijloacelor proprii de măsurare ;

- obiectivizarea determinării calității proiecției cinematografice prin determinarea funcției de transfer a modulației.

#### 3.1. Situația actuală

Decenii întregi calitatea proiecției cinematografice nu a făcut parte din preocupările cineaștilor și tehnicienilor din cinematografie decât foarte global, fiind apreciată numai subiectiv la vizionarea câte unui film. Abia târziu încep să fie introduse și primele metode de determinare obiectivă a unor parametri avînd o oarecare legătură cu calitatea proiecției, cum este de exemplu măsurarea iluminării ecranului.

In țara noastră primele prescripții privind calitatea proiecției [13] prevăd doar unele condiții tehnice de prezentare a filmelor, ca iluminarea medie a ecranului în funcție de categoria cinematografului, factorul de reflexie minim și balansarea imaginii. Evident, aceste condiții nu sînt suficiente pentru a caracteriza proiecția cinematografică din punct de vedere calitativ. Ulterior, rețeaua cinematografică este dotată cu primele testfilme (importate din R.D.G.) și instrumente de măsură ca luxmetre și voltmetre.

In acea perioadă autorul elaborează prima prescripție privind luminața ecranelor care a devenit normă internă departamentală și apoi începe determinări sistematice ale calității proiecției și audiției cinematografice care se concretizează într-un regulament [14] .

Acest regulament preia toate prescripțiile privind luminanța ecranului din norma susamintită și stabilește, de asemenea, o serie de alte condiții tehnice și în ceea ce privește proiecția imaginii.

Metodele de verificare prescrise pentru mărimile lumino-tehnice (luminanță, distribuția luminanței, factor de reflexie) sînt obiective bazîndu-se pe măsurători cu luxmetre, respectiv determinarea factorului de reflexie în comparație cu etaloane.

În ceea ce privește caracteristica cea mai importantă, și anume claritatea imaginii, regulamentul reprezintă un progres prin faptul că se legiferează folosirea testfilmului de imagine, adică a unui film cu performanțe certe, ceea ce face ca aprecierea calității să fie într-adevăr aprecierea condițiilor existente în cinematograful respectiv, dar aprecierea rămîne încă subiectivă, depinzînd de calificarea, experiența și forma momentană a observatorului.

Testfilmele folosite pentru acest control sînt cele de tip BT-35, respectiv BT-16 realizate în conformitate cu normele DIN 15506 și TGL 35-620.

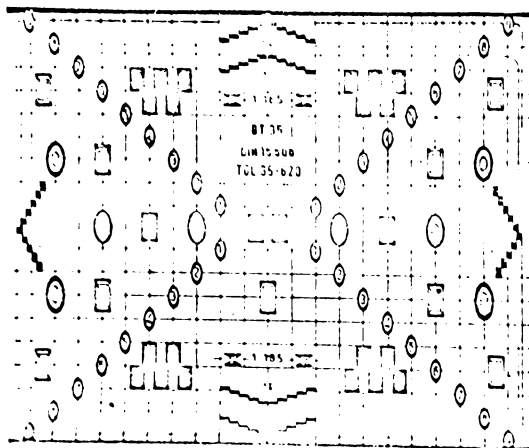


Fig. 3. Testfilmul BT 35

Testfilmele BT-35 (fig.3), respectiv BT-16 au stat aproape un deceniu (1962-1972) la baza aprecierii calității imaginii și au reprezentat, față de situația anterioară, un pas important în direcția obiectivizării controlului acestei calități. Totuși, aceste testfilme au avut unele limite de principiu. Testfilmele de tip BT-35, respectiv BT-16 și altele similare fabricate în C.S.R., U.R.S.S., S.U.A. etc. în deceniul trecut, erau concepute pentru a fi folosite la un control subiectiv al imaginii și executate în consecință, comportând grupe de figuri care să permită un asemenea control subiectiv.

De asemenea, erau realizate cu linii negre pe fond transparent, ceea ce odată cu mărirea luminanței ecranelor cinematografelelor cu film de 35 mm devenise un inconvenient: luminanța mare a ecranului, în cazul proiecției unui asemenea testfilm transparent, produce o orbire a observatorului, ceea ce reduce posibilitatea acestuia de a distinge detaliile fine, întunecate.

#### 4.2. Mijloace și metode proprii de măsurare

Pentru a dispune de mijloace proprii de măsurare care să nu prezinte aceste neajunsuri, autorul elaborează în perioada 1971/1972 un nou tip de testfilm (fig.4) care permite - pentru prima dată - și o determinare obiectivă a clarității imaginii proiectată, prin metoda definirii detaliilor celor mai mici care sînt reproduse, exprimate în numărul de linii pe milimetru.

Testfilmul ține seama de îmbunătățirile aduse testfilmelor în alte țări și este realizat pe fond negru pentru a evita fenomenul orbirii descris mai sus, purtînd o miră de linii transparente care, în proiecția pe ecran, apar albe, compusă din următoarele grupe de figuri :

- o rețea de linii paralele orizontale și verticale care acoperă tot cîmpul imaginii și sînt în fotograma testfilmului exact la distanța de 1 mm una față de cealaltă ;

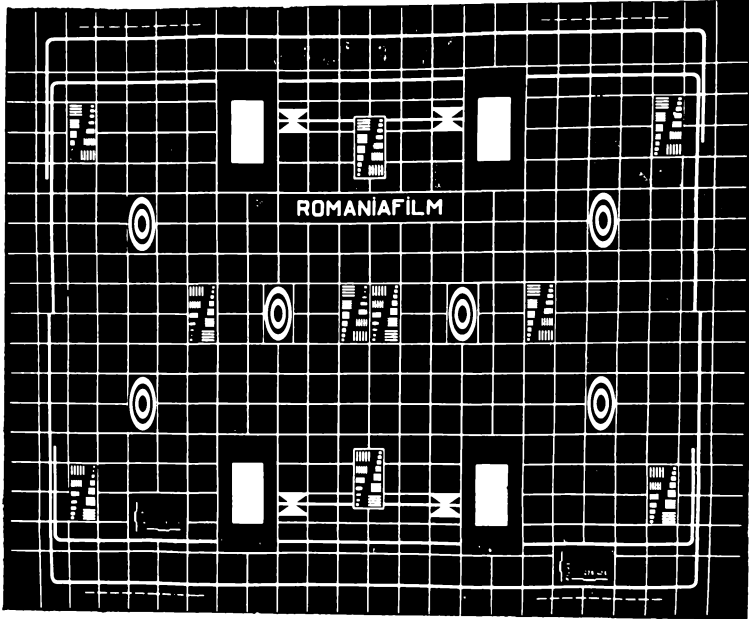


Fig. 4. Test film 35 mm de tip "Româniafilm"

- grupe de linii plasate în centrul imaginii, în cele patru colțuri cât și în zonele intermediare, cu 7 rînduri de cîteva linii din ce în ce mai fine, atît orizontale cît și verticale. Constanța rețelei acestor linii a fost aleasă într-o asemenea gradație încît să fie reprezentativă pentru reproducerea detaliilor fine. Au rezultat astfel la rîndul cel mai mare 10 linii/mm, pe urmă 12,5 linii/mm, 15,9 linii/mm, 20 linii/mm, 25 linii/mm, 31,7 linii/mm și 40 linii/mm (fig.5).

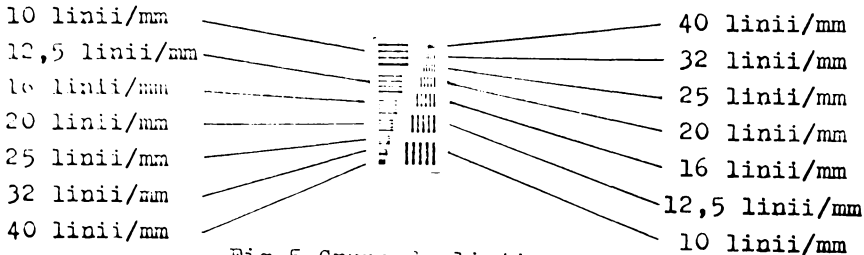


Fig.5. Grupa de linii pentru determinarea clarității.

- patru dreptunghiuri complet transparente (albe în proiecție) cu raportul laturilor de 1:2 ;
- șase grupe de cercuri concentrice, comprimate în raport de 1:2 (fig.6) ;

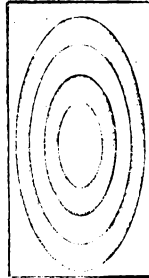


Fig.6.- Grupa de cercuri concentrice comprimate.

- linii de delimitare a celor 3 formate de fotograme uzuale pe film de 35 mm (cinemascope avînd 18 x 21,3 mm, normal avînd 15,3 x 2 mm și cu cadru mascat de 12,75 x 21 mm);
- o mică reprezentare grafică în colțurile inferioare pentru determinarea instabilității imaginii care, nedînd rezultate, ulterior au fost scoase.

Acest test film ușurează și raționalizează munca de control a calității imaginii cinematografice proiectate, evită încărcarea inutilă a câmpului imaginii cu fel de fel de figuri, ceea ce la unele testfilme produse în străinătate îngreunează aprecierea detaliilor într-adevăr importante și cuprinde, totuși, cu toată simplitatea lui aparentă, toate elementele necesare unui control detaliat a tuturor parametrilor care caracterizează calitatea imaginii.

Testfilmul permite următoarele verificări :

1. Din măsurarea distanței în mm între două dintre liniile albe pe ecran rezultă factorul de mărire liniară.

2. În cazul proiecției anamorfotice din raportarea distanței între două linii verticale la cea dintre două linii orizontale rezultă raportul de dezanamorfoză în mod obiectiv.

Subiectiv, corectitudinea raportului de dezanamorfoză poate fi apreciat cu suficientă precizie din proiecția elipselor care, la un factor corect de 1:2, trebuie să apară ca cercuri perfecte.

3. Rețeaua de linii paralele orizontale și verticale, albe pe fond negru, permite atât determinarea obiectivă cât și aprecierea subiectivă a aberațiilor sistemului optic de proiecție.

4. Grupele de linii din centrul imaginii, din colțuri și din zonele intermediare permit determinarea obiectivă a clarității imaginii și exprimarea acesteia în linii/mm.

5. Dreptunghiurile albe pe fond negru permit aprecierea centrării obturatorului (dacă obturatorul nu este centrat perfect, marginea imaginii acestor dreptunghiuri se estompează, albul pătrunde înspre fondul negru, fie în sus fie în jos).

6. Cercurile concentrice, în afara determinării factorului de dezanamorfoză, permit scoaterea în evidență a unor eventuale aberații cromatice.

7. Liniile de delimitare a formatelor permit verificarea poziției imaginii, poziția delimitărilor chenarului negru al ecranului, respectiv poziția cortinelor.

8. Măsurarea instabilității a câte unei linii albe, orizontale și verticale, servește pentru calcularea instabilității proiecției imaginii în ambele direcții.

Existînd acest testfilm, au început să crească și pretențiile față de calitatea proiecției imaginii. În consecință, în anul 1973 autorul aduce o îmbunătățire adău - gînd experimental un element de linii care merge pînă la 100 linii/mm. Aplicarea în practica măsurilor a acestui element experimental cu 100 linii/mm a demonstrat însă că depășește posibilitățile instalațiilor actuale. De asemenea, a rezultat din calcul că reproducerea unor asemenea detalii fine nu are rost întrucît nu mai pot fi văzute de



către spectatori.

De aceea autorul a realizat în 1974 o nouă ediție a testfilmului la care grupele de linii care servesc la determinarea clarității imaginii merg pînă la 62,5 linii/mm. Asemenea detalii sînt la limita care poate fi observată de spectatori dar mai sînt posibile de reprodus de o instalație de proiecție bună.

În paralel cu elaborarea testfilmului autorul a stabilit și metodele de control corespunzătoare noului mijloc de măsurare (vezi cap.13 din [5]). Aceste metode de control stau la baza unei norme interne departamentale [15] .

Condițiile tehnice și metodele de verificare referitoare la calitatea imaginii sînt următoarele :

#### Condiția

1. Nivelul luminanței.  
Luminanța ecranului pentru cinematografele de 35 mm (normal și cinemascop) va fi de  $20 + 40$  cd/mp(nt) iar pentru cinematografele de 16 mm va fi de  $10 + 20$  cd/mp.

#### Metoda de verificare

Se verifică astfel :  
Aparatul de proiecție în funcțiune fără film. Lumina din sala de spectacol stinsă și aprinsă numai aceea care funcționează în timpul spectacolului (iluminare de siguranță). Se determină iluminarea (E) în centrul ecranului prin măsurarea cu luxmetrul. Se determină factorul de reflexie ( $\rho$ ) (respectiv factorul de luminanță ( $\beta$ ) în cazul ecranelor cu reflexie difuz dirijată) prin compararea vizuală în centrul ecranului a luminanței acestuia cu luminanța unor etaloane avînd factorul de reflexie cunoscut. Etaloanele se vor așeza în acest scop lipite de ecran sau paralel cu acesta la o distanță de cel mult 2 cm. Luminanța ecranului (B) se calculează cu relația

$$B = \frac{E \cdot x^2}{3,14} = \text{cd/mp}$$

Luminanța ecranului poate fi măsurată și direct cu ajutorul unui fotometru.

2. Uniformitatea iluminării pe suprafața ecranului : iluminarea maximă trebuie să fie în centrul ecranului ; iluminarea la marginea ecranului trebuie să fie de cel puțin 50% din iluminarea maximă.

Se verifică prin măsurarea iluminării ecranului cu luxmetrul în punctele 1, 2 și 3 din fig.7.

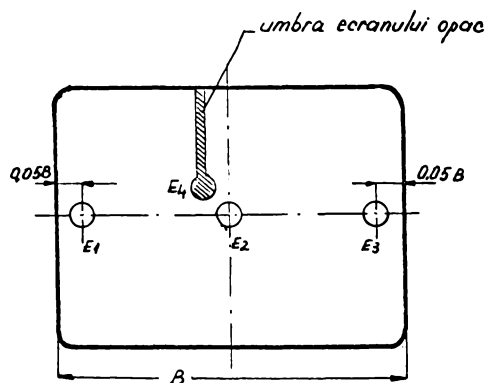


Fig. 7

3. Claritatea imaginii. Imaginea este considerată clară atunci când se distinge echivalentul următoarelor detalii de pe fotogramă :  
ecran normal: 60 linii/mm pe centru  
30 linii/mm pe margini.

Se apreciază vizual prin observarea imaginii proiectate a mirei testfilmului (fig.4 și 5) de la o distanță egală cu lățimea imaginii de film normal. Claritatea imaginii se va considera satisfăcătoare dacă se pot distinge numărul de linii pe milimetru, atât pe verticală cât și pe orizontală.

cinemascop: 50 linii/mm  
pe centru;  
20 linii/mm  
pe margini;  
ecran 16 mm: 50 linii/mm  
pe centru ;  
30 linii/mm pe  
margini.

4. Stabilitatea imaginii.

Imaginea proiectată nu va avea o instabilitate din cauza aparatului de proiecție mai mare de 0,3% din dimensiunile ei (atât pe verticală cât și pe orizontală).

Se măsoară cu rigla jocul unei linii din imaginea mirei (în mm) pe verticală și pe orizontală. Valorile obținute se introduc în relațiile :

$$I_o = \frac{\text{joc. imag. pe oriz. (mm)}}{\text{lățimea imaginii (mm)}} \times 100$$

$$I_v = \frac{\text{joc. imag. pe vertic (mm)}}{\text{înălțimea imaginii (mm)}} \times 100$$

5. Estomparea imaginii. Nu se admite estomparea imaginii sesizabilă vizual.

Se verifică prin observarea dreptunghiurilor albe pe fond negru din imaginea proiectată a mirei testfilmului. Se va considera că imaginea nu este estompată dacă la marginea de jos și de sus a dreptunghiurilor albe nu apar spre exterior zonele de trecere ale luminanței caracteristice descentrării obturatorului.

6. Imagine dezanamorfozată. Raportul de dezanamorfozare va fi de 2:1. Forma imaginii dezanamorfozate trebuie să fie dreptunghiulară.

Se apreciază vizual. Se consideră că raportul de anamorfozare este de 2:1, dacă la imaginea mirei testfilmului elipsele de pe miră se proiectează ca cercuri.

7. Factorul de reflexie a ecranelor albe mate (reflexie difuză) trebuie să fie minimum 0,7. Factorul de luminanță a ecranelor difuz dirijată să fie minimum 1,5.

Se verifică prin comparație cu etaloane cu factor de reflexie cunoscut - vezi verificarea nivelului luminanței.

### 8. Iluminarea parazită.

Iluminarea dată de lumina parazită nu trebuie să depășească 2% din iluminarea ecranului produsă de aparatul de proiecție (fără film).

Se verifică astfel : în mijlocul ferestrei de proiecție se introduce o suprafață opacă de cca 2 mm diametru. Se măsoară apoi iluminarea în mijlocul umbrei acestei suprafețe pe ecran ( $E_u$ ). Iluminarea parazită ( $E_p$ ) reprezintă raportul (în procente) între iluminarea umbrei ( $E_u$ ) și iluminarea ecranului fără umbră ( $E$ ) :

$$E_p = \frac{E_u}{E} \times 100 = \%$$

La punerea în funcțiune a cinematografele (a instalațiilor cinematografice) se verifică, în afara condițiilor de mai sus, și uniformitatea în timp a iluminării ecranului, defectele imaginii datorate aberațiilor cât și dimensiunile și poziția imaginii proiectate.

### 3.3. Obiectivizarea determinării calității proiecției cinematografice

Pentru a se putea trage concluzii privind metodele de determinare a calității proiecției cinematografice autorul a efectuat o comparație între metodele folosite în cinematografia română cu cele ale altor cinematografii, dar și cu metode de determinare folosite pentru probleme asemănătoare în alte domenii ale tehnicii.

În ceea ce privește metodele folosite în cinematografiile țărilor socialiste vor fi analizate cele prescrise în R.D.G. prin acte normative ca standarde, norme și regulamente, cunoscând că standardele din R.D.G. (TGL-urile) sînt corelate cu Gost-urile din U.R.S.S. și că în celelalte țări socialiste normarea în domeniul cinematografiei este mai puțin pusă la punct.

În R.D.G. nu există un standard unic privind calitatea proiecției cinematografice, ci o serie de standarde pe diferite criterii și condiții tehnice [16] .

Metodele de determinare a diferiților parametri ce caracterizează calitatea proiecției cinematografice a imaginii indicate de standardele de mai sus nu diferă principial de cele elaborate de autor [4,5,15]. Există și un standard de sinteză, dar acesta nu este valabil pentru cinematografele publice, referindu-se numai la proiecții destinate controlului filmelor.

Suplimentar față de situația din țara noastră există în schimb un standard care stabilește noțiunile, condițiile și criteriile pentru un control subiectiv al calității proiecției cinematografice a imaginilor alb-negru (TGL-26090).

Pentru determinarea calității imaginii obținute prin proiecția cinematografică TGL-urile prevăd deci măsurători lumino-tehnice și a unor mărimi geometrice. Se prevede aprecierea clarității prin numărul de linii/mm reproduse. Prescripțiile corespunzătoare din C.S.R. prevăd în principiu a celeași determinări cu aceleași metode.

În țările occidentale calitatea imaginii obținută prin proiecție cinematografică nu este normată. Există doar standarde și norme [17] privind mărimile lumino-tehnice, dimensiunile geometrice și mijloacele de control - în special testfilme folosite. Rezultă din aceste norme că în afara unor diferențe privind valorile absolute ale mărimilor lumino-tehnice și instrumentele folosite, calitatea imaginii se determină după aceleași principii (măsurări lumino-tehnice și geometrice, aprecierea clarității).

Recomandările și proiectele de recomandări de norme internaționale ISO TC-36 se referă, de asemenea, exclusiv la mărimi lumino-tehnice, dimensiuni și formate [18].

A rezultat astfel că metodele de determinare a calității imaginii obținute prin proiecție cinematografică folosite în cinematografia românească sînt la nivelul metodelor practicate și în cinematografiile cele mai avansate, dar că sînt rămase în urmă față de metodele folosite în alte domenii sau chiar numai în alte zone ale procesului tehnologic cinematografic. Astfel se impune în primul rînd o comparație cu metodele de determinare a calității

redării sunetului în aceeași sală de cinematograf. La acestea nu se cunoaște termenul de "apreciere". Totul se măsoară obiectiv : caracteristica de frecvență, dinamica, nivelul, distorsiunile lineare și nelineare, reverberațiile, inteligibilitatea etc. etc. Există instrumente de măsură specializate. În urma unui asemenea control al unei instalații de redare a sunetului, dacă valorile obținute se înscriu în toleranțele admise (fig.8) există certitudinea că orice semnal sonor (orice film sonor, bandă magnetică, disc etc.), va fi redus în condiții corespunzătoare.

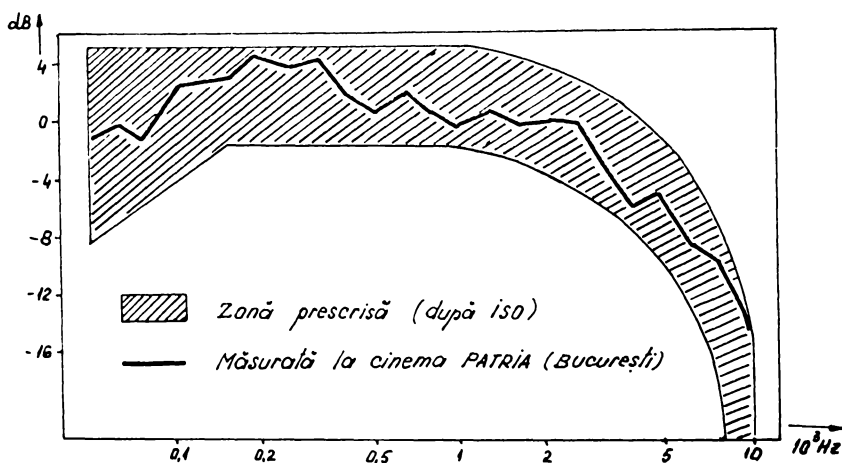


Fig.8. Caracteristica de frecvență acustică a instalației de redare a sunetului (instalația de amplificare, difuzoare și sala de spectacol).

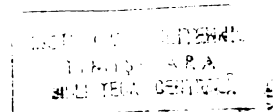
Pe de altă parte, noi metode tehnice - în special calculul cantității și calității informației transmise - se propun și se aplică din ce în ce mai mult pentru analiza imaginilor captate prin sisteme optice [ 7, 8, 19, 20, 21, 22 ] la controlul calității obiectivelor în întreprinderile producătoare de produse optice [ 23,24,25 ] sau la determinarea calității imaginii transmise prin sisteme nelineare [ 26,27 ]. Informațiile obținute prin aceste

metode cu privire la calitatea imaginii sînt obiective și reprezintă un nivel de încredere mult superior față de aprecierile subiective.

În această situație autorul și-a propus elaborarea unor metode obiective de determinare a calității proiecției cinematografice prin aplicare în acest domeniu a metodelor care se bazează pe măsurarea transmisiei semnalelor video [28,29].

În accepție cibernetică filmul cinematografic reprezintă un canal în timp și spațiu pentru informații optice și acustice care urmează a fi prezentate spectatorilor în sala de cinematograf. Semnalele de imagine și sunet se înregistrează în timpul  $t_0$  în locul  $x_0$  și pot fi reproduse după un timp oarecare  $t_n$  într-un loc oarecare  $x_n$ .

După cum a demonstrat autorul în [30] și [31] această transmisie a informațiilor optice în cazul proiecției cinematografice poate fi modelată matematic, poate fi măsurată.



#### 4. EXPRIMAREA CALITATII TRANSMITERII IMAGINILOR IN PROIECTIA CINEMATOGRAFICA PRIN FUNCTIILE DE TRANSFER

Nici un mesaj, de orice natură ar fi el, nu poate fi transmis fără intermediul unui anumit purtător material al acestui mesaj care servește drept semnal de transmitere a informației conținută în mesajul respectiv. Semnalele care poartă informația sînt emise de o anumită sursă de semnale, se propagă printr-un anumit mediu, numit canal de comunicație și ajung la destinație unde sînt recepționate, iar prin intermediul acestor semnale recepționate destinatarul luînd cunoștință de informația transmisă.

La proiecția cinematografică o serie de imagini, captate cîndva, prelucrate, multiplicare și conservate pe copia de film, sînt prezentate spectatorilor în sala de cinematograf.

Imaginile sînt înregistrate pe copia de film sub formă de fotograme care se proiectează una după alta cu o frecvență de 24 fotograme/secundă. Fiecare fotogramă poate fi considerată ca o mulțime de detalii care se deosebesc între ele în ceea ce privește forma și densitatea, respectiv factor de transmisie. În afară de faptul că fiecare fotogramă, luat în totalitate, reprezintă "o imagine", fiecare fotogramă reprezintă deci și o anumită modulație în spațiu între detalii cu diferite dimensiuni și transparențe.

În timpul proiecției filmului un flux de lumină constant este modulată pe rînd de aceste fotograme, fiecare detaliu, în funcție de transparența sa, lăsînd să treacă mai mult sau mai puțin din lumina incidentă (vezi pag.4). Lumina modulată este transmisă de sistemul optic spre ecran unde se formează o imagine mărită și inversată a imaginii fotogramelor.

Imaginile de pe ecran se compun din aceeași mulțime de detalii numai că de data aceasta se deosebesc între ele în ceea ce privește forma și lumina. Apare deci și pe ecran o anumită modulație în spațiu între detalii cu diferite dimen -



siuni și luminanțe. Repartiția luminanțelor pe ecran în mod ideal ar trebui să fie proporțională cu repartiția transparențelor de pe fotogramă, dar în realitate ea diferă de aceasta din cauza perturbațiilor care au loc în timpul transferului imaginilor de la fotogramă pînă la ecran [32, 33].

Se pune problema modelării matematice a transmiterii informației în cazul proiecției cinematografice pentru a se putea analiza în mod obiectiv, pentru a se putea măsura acest transfer de informații.

Schema proiecției cinematografice, privită din acest punct de vedere, este redată în fig.9.

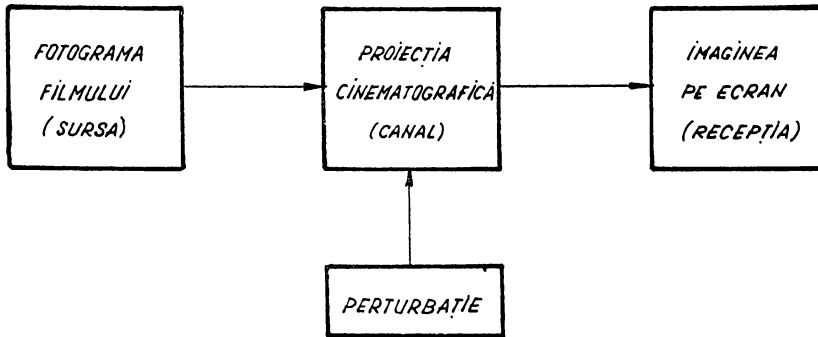


Fig.9. Schema transmiterii informațiilor prin proiecția cinematografică. După [30].

Să presupunem că trebuie transmis cu această schemă un mesaj, o anumită informație și anume imaginea unei fotograme.

Semnalele purtătoare de informație o dată emise de fotograme (adică de sursă) sînt preluate de sistemul optic și proiectate pe ecran. Transmiterea semnalelor de la fotogramă (sursă) pînă la ecran (recepție) reprezintă canalul de comunicație din fig.9, adică mediul prin care circulă semnalele de la sursă la recepție. Pe un canal de transmitere a informației, în general, poate să existe sau poate să nu existe perturbație. Prin perturbație se înțelege tot ceea ce alterează semnalele care se propagă prin canal. Dacă

însă există perturbație și aceasta este situația reală, semnalele fotogramei nu sînt proiectate exact ca atare pe ecran.

Natura perturbației care acționează în cazul proiecției cinematografice este foarte complexă. Perturbația se manifestă sub formă de aberații ale sistemelor optice, sub formă de reflexii și refracții de lumină la geamul vizetei prin care trece fluxul luminos, sub formă de praf în atmosfera sălii care are un efect de difuzie, cît și sub formă de centrare imperfectă a sistemului optic, sub formă de instabilitate a fotogramei perpendicular pe axa optică, deplasarea fotogramei din planul de centrare optim de-a lungul axei optice, sub formă de ecrane înclinate etc.

Indiferent de natura ei, perturbația are ca efect alterarea semnalelor, alterare care constă în faptul că în locul detaliului din fotogramă de o anumită formă și luminanță, pe ecran să apară un semnal de altă formă și de altă luminanță, anumite detalii din fotogramă să nu apară de loc pe ecran etc. Din cauza perturbației, atunci cînd se emite un semnal, există posibilitatea să nu se recepționeze exact același semnal, să se recepționeze un alt semnal sau să nu se recepționeze nici un semnal.

Din cauza perturbațiilor modulația imaginii de pe ecran nu corespunde exact modulației fotogramei.

Acest transfer de modulație se poate exprima printr-o funcție, fie printr-o funcție de transfer, adică o funcție prin care se raportează o mărime de ieșire ca de ex. modulația, la mărimea corespunzătoare de intrare sau printr-o funcție elementară, adică o funcție care descrie repartiția creată la ieșire de un semnal elementar de intrare.

#### 4.1. SEMNIIFICATIA IN PROIECTIA CINEMATOGRAFICA A UNOR FUNC- TII DE TRANSFER SI FUNCTII ELEMENTARE

Conform constatărilor autorului metodele actuale de determinare a calității proiecției cinematografice sînt foarte utile, scoțînd în evidență defecțiunile cele mai frecvente, dar nu caracterizează complet proiecția cinematografică. Intre rezultatele acestor determinări și calitatea imaginii percepute subiectiv în sala cinematografului nu există o interdependență matematică clară, așa că o modificare a rezultatelor măsurărilor nu exprimă întotdeauna o anume modificare a calității proiecției cinematografice. Cantitatea de informații dată de șirul acestor determinări este încă mai mică decît cea necesară pentru exprimarea univocă a calității proiecției cinematografice. Șirul acestor determinări trebuie completat cu cele pentru încă unul sau mai multe criterii de calitate.

În cele ce urmează autorul tratează mai amănunțit nu - mai reproducerea imaginilor alb-negru. Aceasta simplifică descrierea transferului prin proiecția cinematografică a imaginilor (a semnalelor video), însă acest lucru nu înseamnă limitarea de principiu a întregii tematici a transmiterii semnalelor video.

Pentru descrierea și caracterizarea calității unor sisteme de transmitere a semnalelor în optică se folosesc cu succes funcții de transfer cît și unele funcții elementare.

În consecință autorul a analizat ce exprimă în optică aceste funcții, care este legătura între ele și în ce măsură se pretează pentru exprimarea calității proiecției cinematografice.

După cum s-a mai amintit, fiecare obiect și fiecare imagine pot fi considerate ca o mulțime de detalii cu luminațe diferite. Distribuția luminanțelor obiectului și cea a imaginii pot fi măsurate, iar în cazul unei reproduceri

liniare a imaginii între distribuția luminanțelor a obiectului și imaginii există de asemenea relații liniare. Vectorul local de la un punct de referință spre locul unde se află o anumită luminanță poate fi descompus în cazul general în componentele pe direcțiile  $x$  și  $y$  perpendiculare pe axa optică. În cazul particular, când reproducerea este rotațional simetrică, adică proprietățile reproducerii sînt identice în direcțiile  $x$  și  $y$ , atît pozitive cît și negative, reprezentarea matematică a distribuțiilor luminanțelor poate fi simplificată, căpătînd o formă care variază de-a lungul unei singure dimensiuni și anume de-a lungul unei axe a spațiului, fiind analogă în unele aspecte cu reprezentarea fenomenelor tranzitorii din circuitele electrice care variază de asemenea unidimensional și anume în funcție de timp.

În afara cauzelor relativ simple cînd se cunosc ecuațiile diferențiale ale sistemului și rezolvarea problemei se reduce la rezolvarea cu metode clasice a acestor ecuații, pentru cazurile avînd o variație oarecare a răspunsului sistemului, în literatură [34,35] se indică următoarele metode de rezolvare :

- metoda funcțiilor elementare ;
- metoda spectrală ;
- metoda operațională.

#### 4.1.1. Metoda funcțiilor elementare

Cu condiția ca reproducerea să fie liniară și ca fotografiile, care urmează a fi reproduse, sînt iluminate incoerent (vezi pag.60), la proiecția cinematografică se poate aplica principiul cunoscut al superpoziției. Aceasta pentru proiecția cinematografică se poate exprima astfel : la o anumită instalație de proiecție, unei anumite distribuții în spațiu a luminanțelor obiectului (fotografei) îi corespunde o anumită distribuție în spațiu a luminanțelor imaginii. Unei alte distribuții în fotogramă îi corespunde o altă distribuție a imaginii. Conform principiului superpoziției pre -

zența simultană a celor două distribuții în obiect și co -  
respunde în imagine suma distribuțiilor produse separat de  
cele două fotograme.

Acest fapt simplu, exprimat prin principiul super -  
poziției, stă la baza metodei funcțiilor elementare. Cu -  
noscînd că orice mărime de intrare cu o variație generală  
(oarecare) în spațiu poate fi descompusă în mărimi de in -  
trare elementare și că răspunsul sistemului poate fi obți -  
nut prin superpoziția răspunsurilor mărimilor elementare,  
se studiază amănunțit comportarea sistemului la mărimi de  
intrare simple.

O funcție poate fi descompusă în componente în moduri  
foarte diferite. În analiza matematică este adesea convena -  
bilă reprezentarea funcției ca sumă de funcții treaptă sau  
ca sumă de funcții impuls (fig.10). De asemenea, orice func -  
ție poate fi reprezentată prin serii Fourier, respectiv in -  
tegrale Fourier, adică poate fi compusă din funcții sinu -  
soidale.

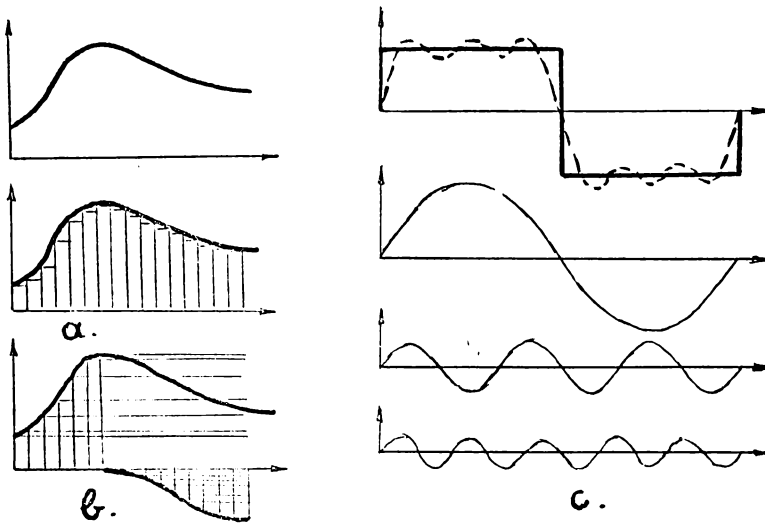


Fig.10. Componerea unei funcții oarecare din funcții impuls (a) sau din funcții treaptă (b) și componerea unei funcții periodice din funcții sinusoidale (c). După [34].

Funcțiile elementare care se pretează pentru a fi folosite în proiecția cinematografică sînt, cum se va vedea în cele ce urmează, funcția treaptă, funcția impuls și funcția sinusoidală.

#### 4.1.1.1. Funcția clarității de contur

Este cunoscut faptul că transmisia schimbării instantanee a nivelului unui semnal, adică transmisia unei trepte a semnalului, prezintă unele dificultăți în toate domeniile unde apar asemenea situații, iar modalitatea transmiterii semnalului treaptă caracterizează transmisia respectivă.

Situații asemănătoare apar în proiecția cinematografică ca și în alte domenii ale opticii dacă trebuie transmise imagini în care densitatea, respectiv luminanța, variază brusc, adică unde trecerea de la suprafețe luminoase la altele întunecate este instantanee. Astfel, conturul dintre suprafețele mari de luminanțe diferite se șterge, se estompează la reproducere. Stergerea conturului se manifestă prin aceea că la imaginea reprodusă luminanța nu se schimbă brusc, ci treptat. Distribuția luminanței obținută în imagine va diferi mai mult sau mai puțin de cea a originalului, în funcție de calitatea sistemului optic.

Considerînd că în direcția paralelă cu un contur drept, care separă zona cu luminanță mică de zona cu luminanță mare luminanțele sînt constante, atunci respectiva distribuție este caracterizată de funcția ce exprimă variația luminanței perpendiculare pe conturul de separare. Apare funcția cunoscută, denumită "semnal treaptă", care se definește ca fiind :

$$i(x) = 0 \text{ pentru } x \leq 0$$

și

$$i(x) = K_0 \text{ pentru } x > 0$$

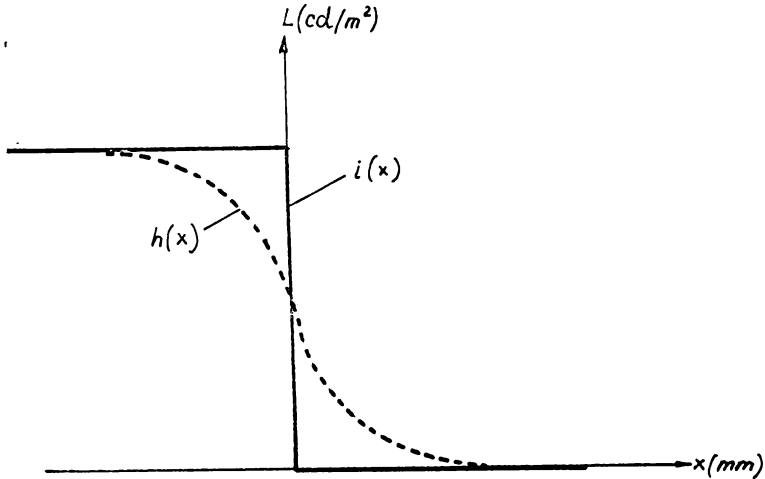


Fig.11. Funcția clarității de contur.

Dacă  $i(x) = K_0 = 1$  funcția se numește semnal treaptă unitară și se notează în mod obișnuit cu  $u(x)$ .

În fig.11 este redată distribuția luminanței  $i(x)$  a obiectului și distribuția luminanței imaginii acestui obiect  $h(x)$ .

Această funcție de răspuns, în cazul unui semnal treaptă unitară se numește în Electrotehnică funcție indicială sau răspuns indicial, iar în optică este denumită funcția clarității de contur. Cu cât calitatea reproducerii este mai slabă, cu atât panta funcției  $h(x)$  este mai mică. Funcția clarității de contur  $h(x)$  este un criteriu obiectiv și măsurabil pentru claritatea imaginii reproduse.

În fig.12 este redată, după [7], ștergerea conturului la copierea prin contrast a trecerii de la o suprafață transparentă la una opacă în cazul când există o distanță între negativul și suprafața fotosensibilă. Se observă că ștergerea conturului se datorează faptului că lumina de copiere nu este colimată cât și distanței finite între muchia de pe negativ și stratul fotosensibil, distanță ce apare din cauza grosimii emulsiei, din cauza contactului imperfect etc.

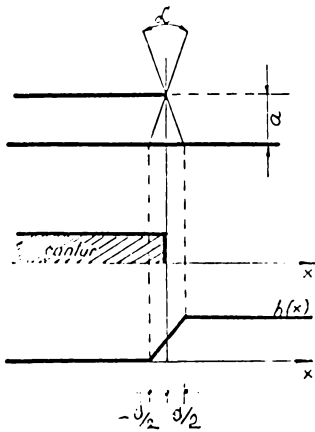


Fig.12

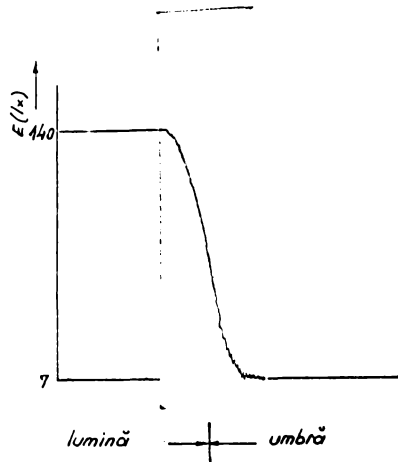


Fig.13

O situație identică apare în proiecția cinematografică dacă fotograma este deplasată cu 0,1 mm din planul optim de centrare din cauza curburii filmului sub acțiunea încălzirii la fereastra de proiecție sau dacă filmul nu este absolut stabil și se mai execută un rest de mișcare în timp ce imaginea este proiectată.

Dacă de exemplu în fig.12 se presupune o distribuție uniformă a iluminării pe întregul unghi considerat, funcția clarității de contur va fi :

$$F(x) = \begin{cases} 0 & \text{pentru } x < -\frac{d}{2} \\ \frac{1}{2} + \frac{x}{d} & \text{pentru } \frac{d}{2} < x < \frac{d}{2} \\ 1 & \text{pentru } x > \frac{d}{2} \end{cases}$$

În figura 13 este redată ștergerea conturului măsurată de autor prin microfotometrarea imaginii unui testfilm, proiectată static cu un obiectiv cu distanța focală  $f = 110$  și deschidere relativă de  $1 : 1,9$ , deci cu o aparatură a lu-



minii corespunzătoare unei deschideri de  $\alpha \approx 30^\circ$  și o mări-  
re liniară de 250 ori.

#### 4.1.1.2. Funcția de ștergere (estompare) a fantei

Un alt criteriu pentru calitatea imaginii este func-  
ția de ștergere (de estompare) a fantei  $\delta(x)$ . Așa cum la  
transmisia unei trepte a semnalului pot apare inconveniente,  
așa și transmisia unui impuls dreptunghiular poate duce la  
schimbarea formei și mărimii acestuia. Un impuls dreptun-  
ghiular reprezintă de fapt două trepte consecutive, prima de  
la zero la nivel maxim și cea de a doua, care urmează ime-  
diat, de la nivel maxim la zero. Echivalentul transmierii  
unui impuls dreptunghiular în proiecția cinematografică în -  
seamnă proiecția unei fante subțiri, iluminată incoerent din  
spate.

Distribuția luminanței obținută în imagine diferă și  
în acest caz mai mult sau mai puțin de cea a fantei, în func-  
ție de calitatea proiecției. În loc de o linie luminoasă  
foarte fină pe fond întunecat, se obține o linie mai puțin  
luminoasă și mai mult sau mai puțin lărgită, ale căror mar-  
gini sînt estompate (șterse). Se șterge atît conturul între  
suprafața întunecată din stînga și fanta luminoasă cît și  
conturul între fanta luminoasă și suprafața întunecată din  
dreapta, adică se repetă de două ori (a doua oară în sens in-  
vers) ștergerea conturului.

În fig.14 este reprezentată distribuția luminanței  
 $\delta(x)$  a unei fante luminoase, care la reproducere trece în  
distribuția imaginii fantei  $g(x)$ , respectiv  $g_1(x)$ ,  $g_2(x)$  etc.

Dacă se observă imaginea unui punct luminos din o -  
biect se constată că această imagine nu este un punct ci o  
mică pată luminoasă de dimensiuni finite. Forma repartiției  
luminanței în această pată este determinată de aberațiile  
sistemului optic, de refracția luminii la marginea pupilei  
de ieșire a obiectivului, de lumina parazită etc.

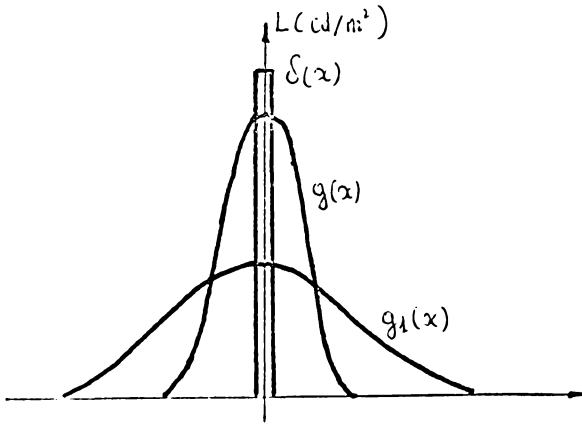


Fig.14. Funcția de ștergere a fantei

Fie  $(x,y)$  reprezentarea matematică a repartiției luminanțelor punctului luminos în planul obiect al reproduce - rii. La o reproducere rotațional-simetrică și de data aceasta poate fi efectuată o simplificare matematică, întrucât repartiția este caracterizată prin funcția  $\delta(x)$  ce reprezintă repartiția luminanțelor într-o singură direcție. Această funcție  $\delta(x)$  reprezintă un impuls și se normalizează la 1, devenind un impuls unitar denumit și funcție delta a lui Dirac.

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \delta(x) dx = \int_0^{\infty} \delta(x) dx = 1$$

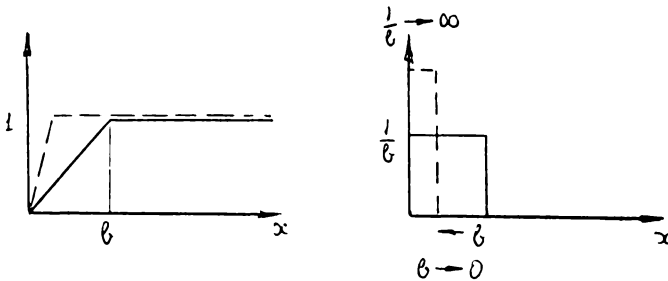


Fig.15. Formarea funcției Dirac în reprezentarea asimetrică, după [35]. a) funcția treaptă unitate reprezentată asimetric ; b) funcția Dirac considerată ca derivată funcției treaptă.

Funcția de răspuns la o excitație sub formă de impuls unitar (impuls Dirac) în Electrotehnică este denumită funcție pondere sau funcție de transfer tranzitoriu la excitație în impuls Dirac. În optică reprezentarea matematică a repartiției luminanțelor imaginii rezultate din transmiterea unui impuls unitar (a unei fante se notează cu  $g_1(x)$  și poartă denumirea de funcția de ștergere a fantei. Dintr-o fantă oarecare de luminanță  $L$  și lățime  $b$  se obține funcția Dirac prin trecerea la limită pentru  $b \rightarrow 0$  și  $L = \frac{1}{b}$

$$\delta(x) = \lim_{b \rightarrow 0} \frac{f(x) - f(x-b)}{b}$$

Ca urmare și răspunsul la funcția Dirac se obține din răspunsul  $L = u(x) - u(x-b)$  a fantei, prin trecerea la limită

$$g(x) = \lim_{b \rightarrow 0} \frac{u(x) - u(x-b)}{b} = \frac{d u}{d x}$$

Funcția ștergerii fantei este deci derivata funcției clarității de contur.

În fig.16 este reprezentată distribuția luminanței  $\delta(x)$  a unei fante luminoase care la reproducere produce diferite distribuții ale luminanței în imaginile fantei  $g(x)$ , în funcție de poziția fantei față de axa optică.

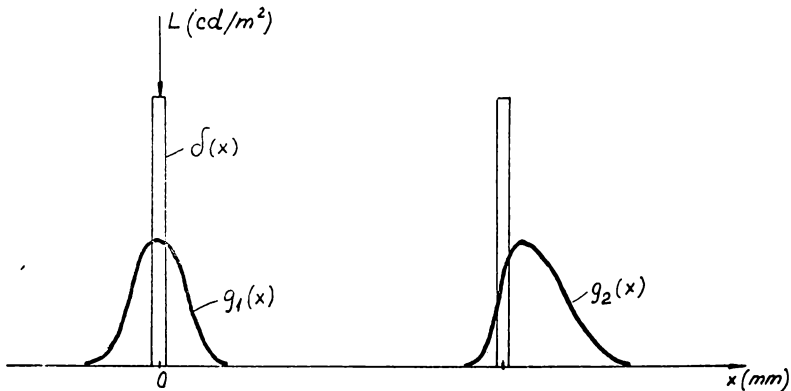


Fig.16. Fanta (x) și imaginile fantei g(x)  
a - fantă coaxială ; b - fantă dezaxată.

Dacă fanta se găsește paraxială față de sistemul optic, ștergerea celor două contururi va fi egală și funcția ștergerii fantei  $g(x)$  va fi o funcție simetrică. Dacă dimpotrivă fanta se găsește mai la marginea câmpului, datorită înclinației fascicolului luminos apar aberații și din această cauză ștergerea se accentuează înspre exterior, conturul exterior va fi estompat mai accentuat, ceea ce conduce la o funcție de ștergere a fantei asimetrică (fig.16 b).

x

O instalație de proiecție este caracterizată prin cunoașterea imaginii formată dintr-un obiect treaptă unitară sau un obiect sub formă de fantă, adică prin cunoașterea funcției clarității de contur sau a funcției de ștergere a fantei. Cunoașterea uneia dintre aceste funcții echivalează cu cunoașterea celeilalte și, după cum se va vedea și cu cunoașterea unor funcții de transfer. Astfel de exemplu în fig.17 este redată funcția de ștergere a fantei corespunzătoare imaginii a cărei funcție a clarității de contur, măsurată de autor, este reprezentată în fig.13. Curba din fig.17 a fost obținută prin simpla derivare grafică a curbei din fig.13.

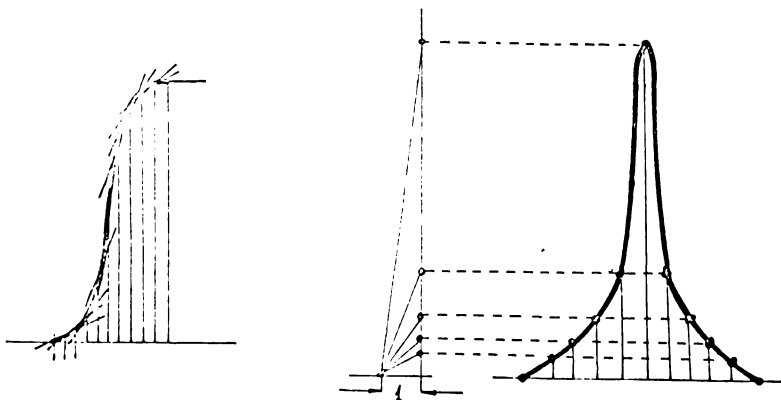


Fig.17. Obținerea funcției de ștergere a fantei prin derivare grafică.

#### 4.1.3. Metoda spectrală

O altă metodă de analiză a calității proiecției cinematografice este cea spectrală (analogă cu cea a caracteristicilor de frecvență). Se bazează pe analiza imaginii obținută în cazul transmiterii unei variații sinusoidale a luminanței a cărei frecvență variază într-un anumit domeniu.

Structura zonei obiectului pe care își propune procesul tehnologic de proiecție cinematografică să o transmită în planul imaginii poate fi considerat, așa cum s-a mai menționat, ca o mulțime de detalii care se deosebesc între ele în ceea ce privește luminanța.

Repartizarea oarecare în spațiu a acestor luminanțe se poate cuprinde matematic prin analiză Fourier, adică pot fi considerate ca fiind suma unor "repartiții sinusoidale ale luminanțelor". Acestea se deosebesc între ele numai prin numărul de perioade pe milimetru. În analogie cu tehnica telecomunicațiilor s-a introdus pentru acest număr de perioade pe milimetru termenul de "frecvență spațială". Termenul de frecvență spațială a fost ales avându-se în vedere că nu este vorba de fenomene care decurg în timp unul după altul ci de fenomene care există simultan în spațiu unul lângă altul. Repartiția amplitudinilor a diferitelor frecvențe spațiale se calculează din repartiția luminanțelor. Amplitudinile reprezentate în planul frecvențelor formează așa-zisul spectru al frecvențelor spațiale. Acest spectru indică în ce măsură în structura obiectelor apar componentele sinusoidale ale diferitelor frecvențe spațiale.

Caracteristicile traductorului, în cazul de față a instalației de proiecție, se stabilesc prin compararea spectrului de frecvență a structurii obiectului cu cel al structurii imaginii și prin analizarea amplitudinii cu care se transmit diferite frecvențe spațiale de către sistemul optic.

Dacă se înscriu diferiți factori ai transmiterii în funcție de frecvența spațială (linii/mm), se obține o funcție de transfer.

Funcția de transfer a modulației

Calitatea unei imagini nu depinde atât de valoarea absolută a luminanței diferitelor detalii cât de valoarea relativă a luminanței detaliilor, adică de contrastul detaliilor. Contrastul a două detalii de imagine, 1 și 2, rezultă din luminanțele celor două detalii  $L_1$  și  $L_2$  și este pentru cazul când  $L_1 \geq L_2$

$$K = \frac{L_1 - L_2}{L_1 + L_2} \quad (1)$$

Contrastul astfel definit este întotdeauna pozitiv și are valori cuprinse între 0 și 1.

La imaginile reproduse pe cale optică sau fotografică se observă de obicei o scădere a contrastului față de obiect, în special la detalii mici. Această scădere a contrastului la detaliile de mărime diferită este de asemenea un criteriu al calității imaginii reproduse. Fenomenul scăderii contrastului fiind interdependent și cu ștergerea clarității conturului și estomparea imaginii fantei, pentru deducerea criteriului va fi considerată pentru început o distribuție anumită a luminanțelor și anume una sinusoidală, care nu-și schimbă forma la o reproducere liniară, cum este proiecția cinematografică. O asemenea distribuție sinusoidală a luminanțelor va avea forma :

$$L(x) = \frac{A}{2} \sin 2\pi y x + L_0 \quad (2)$$

și este reprezentată în fig.18. Aici am notat cu A amplitudinea, cu  $L_0$  luminanța medie a distribuției, x este coordonata locală și y frecvența spațială exprimată în numărul de amplitudini pe milimetru, adică are dimensiunea  $\text{mm}^{-1}$ .

O distribuție sinusoidală trece prin reproducere tot într-o distribuție sinusoidală

$$L'(x) = \frac{A'}{2} \sin (2\pi y x - \varphi) + L_0 \quad (3)$$

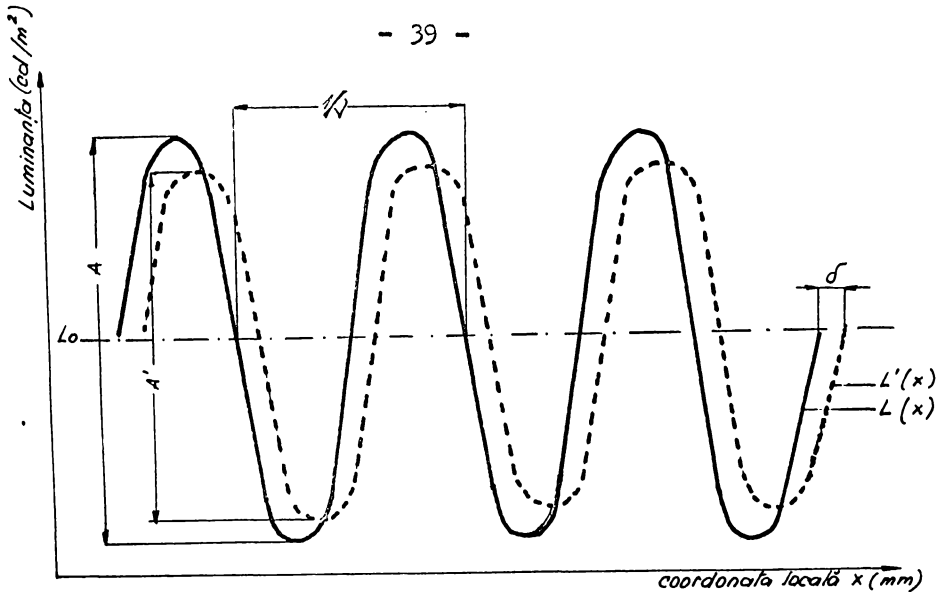


Fig.18. Distribuția sinusoidală a luminanțelor obiectului  $L(x)$  și a imaginii sale  $L'(x)$ .

Distribuția obiectului  $L(x)$  se deosebește de cea a imaginii  $L'(x)$  prin faptul că amplitudinea  $A$  devine  $A'$  cu  $A' \ll A$  și că întreaga distribuție  $L'(x)$  este deplasată față de  $L(x)$  cu un interval de  $\delta = \phi \cdot 2\pi \gamma$

Dacă pentru moment considerăm cazul de  $\phi = 0$ , cele două expresii se deosebesc numai în ceea ce privește amplitudinea, care este diminuată la reproducere.

Între amplitudinea distribuției luminanțelor la obiect  $A$  și cea la imagine  $A'$  va exista în general relația :

$$A' = T(\gamma) \cdot A \quad (4)$$

însă aceasta este în același timp și o relație între contrastul distribuției obiectului

$$K_0 = \frac{A}{2L_0} \text{ și contrastul } K_B = \frac{A'}{2L_0} \text{ al imaginii}$$

$$T(\gamma) = \frac{K_B}{K_0} \quad (5)$$

Rezultă din relația (5) că contrastul imaginii este proporțional cu contrastul obiectului și este în același timp funcție de frecvența spațială. Având în vedere că  $A' \leq A$   $T(\gamma)$  va fi  $\leq 1$ .

Funcția  $T(\gamma)$ , care descrie transmiterea contrastelor distribuțiilor sinusoidale ale densității luminoase în dependență de frecvența spațială se numește funcție de transfer a modulației<sup>x</sup> și este la fel ca funcția de estompare a fantei și funcția clarității de contur un criteriu al calității reproducerii.

Din punct de vedere matematic interdependența celor trei funcții de transfer amintite rezultă, după cum se știe, din următoarele considerente : fiecare obiect și fiecare imagine pot fi considerate ca o mulțime de detalii cu luminanțe diferite. Distribuția luminanțelor obiectului  $O(r)$  și cea a imaginii  $B(r)$  pot fi măsurate. Aici  $r$  este vectorul local de la un punct de referință spre locul la care se află luminanța  $O(r)$ . Coordonatele vectorului sînt axele  $x$  și  $y$  perpendiculare pe axa optică.

Orice distribuție a luminanțelor poate fi considerată că se compune din oscilații sinusoidale (rastere sinusoidale) de formă

$$L(r, \omega) = h(\omega) \cdot \sin 2\pi \omega r \quad (6)$$

la care distribuția amplitudinilor  $h(\omega)$  diferitelor frecvențe spațiale poate fi calculată din distribuția luminanțelor

$$h_0(\omega) = \int_{\text{plánul obiectului}} O(r) \cdot e^{-i2\pi \omega r} \cdot dr \quad (7)$$

---

x) Funcția  $T(\gamma)$  multă vreme a purtat diferite denumiri, ca de exemplu "funcția de transmitere a contrastului", "caracteristica de frecvență" sau "sinerwave response" etc. Denumirea de funcție de transfer a modulației, care se întrebuintează azi, se bazează pe o recomandare a comisiei internaționale de optică.



$$\text{și} \quad h_B(\omega) = \int_{\substack{\text{planul} \\ \text{imaginii}}} B(r) \cdot e^{-i2\pi\omega r} \cdot dr \quad (8)$$

unde  $\omega$  este vectorul frecvențelor spațiale cu cele două componente  $\mu$  și  $y$  în direcțiile  $y$  și  $x$ . Mărimea  $h(\omega)$  indică cu ce amplitudine participă rastererele sinusoidale de frecvență  $\omega$  la formarea distribuției luminanțelor

$$O(r) = \int_{\substack{\text{planul frecvențelor} \\ \text{spațiale}}} h_O(\omega) \cdot e^{i2\pi\omega r} \cdot d\omega \quad (9)$$

$$B(r) = \int_{\substack{\text{planul frecvențelor} \\ \text{spațiale}}} h_B(\omega) \cdot e^{i2\pi\omega r} \cdot d\omega \quad (10)$$

La reproducerea  $O(r)$  trece în  $B(r)$ . Aceasta înseamnă că conform (9) și (10)  $h_O(\omega)$  trece în  $h_B(\omega)$ . Însă  $h(\omega)$  reprezintă distribuția amplitudinilor rastrelor sinusoidale din care se compun distribuțiile luminanțelor obiectului și imaginii. După cum s-a arătat și la pag. 39 la reproducerea liniară a rastrelor sinusoidale se schimbă numai amplitudinea și faza acestora, astfel că între distribuțiile frecvențelor spațiale  $h(\omega)$  ale obiectului și imaginii trebuie să existe relația liniară

$$h_B(\omega) = D(\omega) \cdot h_O(\omega) \quad (11)$$

Această ecuație este, în cazul general, o relație între mărimi complexe, la care părțile reale ale lui  $h_B(\omega)$  și  $h_O(\omega)$  determină amplitudinile și părțile imaginare, fazele rastrelor sinusoidale. Întrucât la reproducere nu este diminuată numai amplitudinea ci pot apărea și decalaje de fază, funcția  $D(\omega)$  este de asemenea o funcție complexă care poate fi scrisă astfel :

$$D(\omega) = T(\omega) \cdot e^{-i\phi(\omega)} \quad (12)$$

Această funcție poartă denumirea de funcția de transfer optic a cărei parte reală,  $T(\omega)$  este funcția de transfer a modulației, iar  $\phi(\omega)$  este funcția de transfer a fazei și indică deplasarea relativă a rastrelor sinusoidale reproduse.

Dacă reproducerea este rotațional-simetrică, adică proprietățile reproducerii sînt identice în direcțiile  $x$  și  $y$ , atît pozitive cît și negative, atunci și funcția de transfer optic este rotațional-simetrică. Prin aceasta ea depinde numai de valoarea frecvenței spațiale :

$$D(\omega) = D(-\omega) = D(|\omega|) \quad (13)$$

unde fără nici o condiționare se poate pune  $|\omega| = \gamma$  astfel încît se ajunge la o formă analogă cu funcția de răspuns la frecvență (funcția sistem, funcția de transfer etc.) din Electrotehnică. Modulul este  $T(\gamma)$ , adică funcția de transfer a modulației, analogă cu caracteristica atenuare-frecvență și argumentul  $\phi(\gamma)$ , funcția de transfer a fazei, analogă cu caracteristica fază-frecvență.

Pe de altă parte s-a demonstrat mai sus că o distribuție punctiformă a luminanței  $\mathcal{O}(r)$  în planul obiectivului este ștersă în reproducere și trecută într-o distribuție a luminanței  $g(r)$ .

Considerînd o distribuție a luminanțelor unui obiect  $O(r)$ , la reproducere fiecare punct  $r$  din obiect este șters, obținîndu-se o altă distribuție a luminanțelor în imagine  $B(r)$  care se poate calcula astfel cu următoarea integrală de convoluție

$$B(r) = \int_{\text{planul obiectului}} O(r') \cdot g(r-r') dr' \quad (14)$$

Această integrală înseamnă că la locul imaginii este adunată lumina tuturor punctelor din obiect dispersată prin defectele reproducerii, la care intensitatea în punctul  $r$  depinde de  $O(r)$  în funcția de ștergere  $g(r)$  și distanța  $(r-r')$ . La reproducerea rotațional-simetrică iarăși poate fi efectuată o simplificare matematică încît se trece la funcția

de ștergere a imaginii fantei care rezultă din integrarea, adică adunarea tuturor imaginilor punctelor  $g(r)$  în direcția  $y$  :

$$h(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} g(|r|) dy \quad (15)$$

Dacă acum, în ambele părți ale ecuației (15) se trece la transformatele Fourier se obține :

$$\int B(r) \cdot e^{-i 2\pi\omega r} dr = \iint O(r') \cdot g(r-r') \cdot e^{-i2\pi\omega r} dr' dr \quad (16)$$

Prin comutare, schimbând variabilele și aplicând relațiile (7) și (8) se obține :

$$h_B(\omega) = h_o(\omega) \cdot \int g(r) \cdot e^{-i 2\pi\omega r} dr \quad (17)$$

Din compararea relațiilor (11) și (17) rezultă

$$D(\omega) = \int g(r) \cdot e^{-i 2\pi\omega r} \cdot dr \quad (18)$$

La reproducerea rotațional-simetrice rezultă din nou o simplificare

$$T(y) = \int g(x) \cdot e^{-i 2\pi y x} \cdot dx \quad (19)$$

Prin relațiile (18) și (19) se demonstrează că funcția de transfer optic este transformata lui Fourier a funcției de ștergere a punctelor imaginii, iar în cazul reproducerilor rotațional-simetrice funcția de transfer a modulației este egală cu transformata lui Fourier a funcției de ștergere a imaginii fantei.

#### 4.1.4. Metoda operațională

Pentru ușurarea calculului regimurilor tranzistorii, în Electrotehnică se folosește frecvent metoda operațională, care se bazează pe transformarea funcțiilor de variabilă reală în funcții de variabilă complexă, folosind transformata Laplace. Ecuația diferențială devine, cum se știe, prin transformare Laplace o ecuație algebrică liniară, care este mult

mai simplu de rezolvat. Se aplică apoi transformarea inversă Laplace (se caută funcția sau funcțiile de timp ale căror transformate Laplace reprezintă soluția ecuației liniare) obținându-se soluția căutată.

În metoda operațională se definește ca funcție de transfer  $H(s)$  raportul dintre imaginea funcției (transformata) ce reprezintă mărimea de la ieșire și imaginea funcției de la intrare, în condiții inițiale nule. Funcția de transfer astfel definită reprezintă transformata Laplace a răspunsului, când la intrare se aplică un impuls unitar, adică transformata Laplace a funcției pondere. Funcția de transfer în metoda operațională se obține din funcția de transfer în metoda spectrală prin înlocuirea lui  $j\omega$  cu  $s$ .

În tehnica proiecției cinematografice, unde problema nu constă în rezolvarea ecuațiilor diferențiale cunoscute, ci în determinarea experimentală a funcțiilor de transfer, metoda operațională nu prezintă avantaje deosebite.

#### 4.2. ALEGEREA CRITERIULUI DE CALITATE

Pentru deosebirca calității transducerii unei imagini pot fi folosite, după cum s-a văzut în paragrafele precedente, următoarele funcții caracteristice :

- funcția clarității de contur  $h(x)$ , reprezentând răspunsul la un semnal treaptă  $u(x)$  ;

- funcția de ștergere a fantei  $g(x)$ , reprezentând răspunsul la un semnal impuls (fantă)  $\delta(x)$ . Intre aceste două funcții există relația cunoscută

$$g(x) = \frac{du}{dx}$$

- funcția de transfer optic  $D(\nu)$ , egal în cazul general cu transformata Fourier a lui  $g(x)$  ;

- funcția de transfer a modulației  $T(\nu)$ , reprezentând modulul funcției de transfer optic, egal cu transformata Fourier a lui  $g(x)$  în cazul când  $\phi(\nu) = 0$  ;

- funcția de transfer a fazei  $\phi(\nu)$ , reprezentând argumentul funcției de transfer optic.

Obținerea, care din aceste criterii se va determina la o anume măsurătoare sau se va folosi la considerațiuni teoretice, depinde de problema specială în cauză, de metodele și mijloacele de măsurare, de semnalele care se întrebuintează, de posibilitatea folosirii calculatoarelor electronice și alți factori.

Pentru exprimarea calității proiecției cinematografice autorul consideră că trebuie ales acel criteriu care corespunde cel mai bine următoarelor condiții :

1. Să se poată determina experimental în condițiile oricărui cinematograf obișnuit.

2. Să exprime direct calitatea proiecției cinematografice, exprimat în unități cu o semnificație fizică clară.

3. Criteriul de calitate determinat pentru proiecția cinematografică să permită racordarea acestei faze din întregul proces tehnologic cinematografic, la celelalte faze (filmare, prelucrare peliculă, copiere etc.).

Analizînd funcțiile de transfer în lumina acestor condiții, rezultă de la început că funcția de transfer a fazei, care în cele mai multe cazuri întîlnite în proiecția cinematografică este egală cu zero, nu se pretează, iar funcția de transfer optică care se reduce în aceste cazuri la funcția de transfer a modulației, de asemenea nu este cea mai indicată.

În ceea ce privește determinarea experimentală în condițiile unui cinematograf obișnuit, la prima vedere aceasta este posibilă în condiții destul de asemănătoare atât pentru funcția de transfer a modulației cît și pentru funcția clarității de contur și pentru funcția de ștergere a fantei. Trebuie confecționat un test film care să poarte semnalul dorit, fie sub formă de treaptă, fie sub formă de fantă subțire, fie sub formă de oscilație periodică în spațiu, (modulație periodică) sinusoidală sau nesinusoidală. Acest testfilm se proiectează cu instalația existentă a cinematografului iar imaginea obținută pe ecran se fotometrează.

La o analiză mai profundă autorul a constatat însă următoarele diferențe de principiu. În literatură semnalele treaptă unitară și impuls unitar sînt considerate întotdeauna ideale, neglijîndu-se timpul sau spațiul de creștere a semnalului de la zero la valoarea unitară (semnalul treaptă unitară real), respectiv timpul sau spațiul în care semnalul crește de la zero la valoarea maximă și descrește de la valoarea maximă la zero (impuls unitar real).

În realitate nu există semnale ideale. Indiferent prin ce metode se generează un asemenea semnal, acesta poartă deja amprenta instalației sau a metodei care l-a generat, adică reprezintă funcția indicială, respectiv funcția pondere a impulsului ideal teoretic, realizat de instalația sau schema care a generat semnalul. Este adevărat că uneori abaterea semnalului real treaptă unitară sau impuls unitar față de cel teoretic este foarte mică și nu va putea fi evidențiată de instrumentele de măsură curent folosite. Totuși autorul consideră că întotdeauna această abatere exis -

tă la un semnal real și trebuie pentru fiecare caz în parte evaluată ordinea de mărime și influența acestei abateri înainte de a se putea trage concluzia că este sau nu neglijabilă.

În cazul particular al proiecției cinematografice semnalul treaptă înseamnă că în diferitele zone ale fotografiei considerate izoplanate să se realizeze treceri brusce de la o zonă cu densitate mare la o zonă cu transparență mare. Aceste treceri se realizează prin expunerea corespunzătoare a peliculei fotosensibile și prelucrarea chimică (developare, spălare, fixare, spălare etc.) a acesteia. Din această cauză trecerile obținute în fotografiile filmului nu reprezintă de fapt o treaptă cu trecere bruscă de la densitate mare la transparență mare ci funcția clarității de contur a procesului de expunere-prelucrare. Determinarea experimentală a valorii abaterii semnalului treaptă realizat fotochimic pe fotografiile filmului, față de un semnal treaptă teoretic prezintă dificultăți foarte mari întrucât presupune instalații de măsurare și sisteme optice cu totul speciale. Determinarea cu instalații curențe, ca de exemplu mărirea imaginii sau observarea fotografiei printr-un sistem optic, nu conduce la rezultate concludente întrucât în acest fel intervine influența sistemului optic (funcția clarității de contur a sistemului optic) care pentru sisteme curențe poate avea un ordin de mărime apropiat cu fenomenul care urmează a fi determinat.

Funcția clarității de contur a procesului expunere-prelucrare poate fi în schimb recalculată din funcția de transfer a modulației a acestui proces. Această operație presupune un mare volum de calcul și este operantă numai în condițiile existenței unui calculator.

Se cunoaște din literatură [6, 10, 36], că influența procesului de expunere-prelucrare asupra treptelor de densitate obținute pe filmul cinematografic nu este de loc neglijabilă, fiind cu atât mai pronunțată cu cât pro-

cesul cunoaște mai multe faze (expunerea negativului, prelucrarea negativului, copiere pe interpozitiv, prelucrarea interpozitivului, copiere pe internegativ, prelucrarea internegativului, copierea copiilor pozitive de tiraj, prelucrarea acestora etc.).

Cunoașterea exactă a distribuției densităților în semnalul treaptă de pe fotografiile filmului, adică cunoașterea funcției clarității de contur a procesului expunere-prelucrare nu rezolvă însă problema. Funcția clarității de contur a proiecției cinematografice măsurată experimental, folosind drept semnal treapta (imperfectă) de pe fotografiile filmului nu caracterizează în mod riguros proiecția cinematografică, incluzând, după cum a demonstrat autorul mai sus, influența filmului. Această influență, constând în imperfecțiunea semnalului, nu poate fi eliminată din funcția măsurată.

Realizarea treptei de densitate pe fotografiile filmului cu mijloace chimice sau mecanice și anume prin gravarea, rașchetarea sau ștanțarea emulsiei fotografice în zonele unde densitatea trebuie să fie mică, de exemplu după metodele prin care se aplică traducerea dialogurilor - titlurile - pe copiele de filme, conduce la un semnal treaptă, dar din cauza grosimii finite a emulsiei nici în acest caz semnalul nu este perfect egal cu cel teoretic. Stergerea conturului la un asemenea semnal cu decalaj în spațiu între suprafața cu densitatea mare (emulsia fotografică) și cea cu densitate mică (suportul filmului) a fost explicat de autor la pagina 30. De asemenea la ștanțare mai apare o aglomerare a emulsiei de-a lungul zonei unde aceasta a fost îndepărtată, iar linia de delimitare nu este niciodată dreaptă.

Nici în acest caz din funcția clarității de contur măsurată pentru proiecția cinematografică nu poate fi eliminată influența (ștergerea conturului) abaterii semnalului treaptă real, față de un semnal treaptă teoretic. În fig.19 sînt date treceri de tip treaptă, realizate prin ștanțarea emulsiei fotografice.



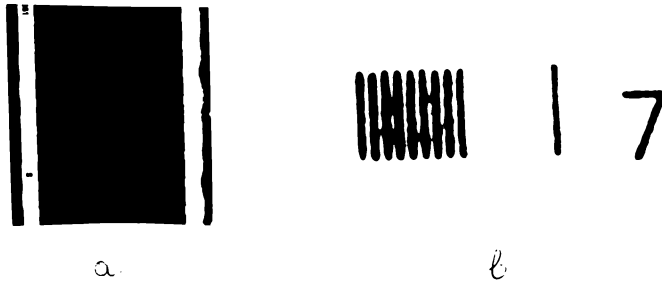


Fig.19. Rastru de linii transparente, cu o frecvență spațială de cca 6 linii/mm, realizat prin ștanțare pe film cinematografic (a) și imaginea mărită de cca 13 ori a liniilor (b).

În ceea ce privește semnalul impuls, acesta poate rezolvat pe filmul cinematografic de asemenea fie sub formă fotochimică, fie sub formă mecanică, realizându-se în diferitele zone ale fotogrammei, considerate izoplanate, fante subțiri, adică linii transparente limitate de suprafețe cu densitate ridicată. Prin expunerea materialului fotosensibil și prelucrarea chimică a acestuia se obține, analog ca la semnalul treaptă, în locul unei fante subțiri, o repartiție corespunzătoare funcției de ștergere a fantei a procesului expunere-prelucrare, iar la gravarea mecanică a fantei apare ștergerea acesteia din cauza grosimii finite a emulsiei, adică din cauza decalajului între suprafața cu densitate mare (emulsia) și suprafața transparentă (suportul, în locul unde s-a îndepărtat emulsia).

Măsurarea sau calcularea exactă a distribuției densităților în direcția perpendiculară față de fanta realizată pe fotogramele filmului, adică cunoașterea exactă a "semnalului fantă" care urmează să se folosească pentru măsurarea calității proiecției cinematografice, ridică aceleași dificultăți ca la semnalul treaptă, descrise anterior de autor. De asemenea nici cunoașterea exactă a acestui sem-

nal nu rezolvă problema, întrucât nici în cazul semnalului impuls imperfect nu există metode practice de eliminare a influenței acestei imperfecțiuni din rezultatul măsurării funcției de ștergere a fantei pentru proiecția cinematografică.

Determinarea experimentală în condițiile unui cinematograf obișnuit a funcției de transfer a modulației este dimpotrivă posibilă în condiții mult mai accesibile și perfect riguroasă. "Modulația" fotogramei testfilmului, adică varierea în spațiu a amplitudinii semnalului luminos, după o anumită curbă de variații comportând o serie de frecvențe spațiale, se obține prin faptul că pe fotogramele filmului se prevede un rastru adecvat, constând din alternarea unor zone cu factor de transmisie mare, respectiv factor de transmisie mic. În zonele cu factor de transmisie mare, lumina este reținută, în cele cu factor de transmisie mic lumina trece, adică rastrul provoacă variații în spațiu a amplitudinii semnalului luminos. Rastrul se obține pe fotogramele filmului prin metoda fotochimică obișnuită, adică prin expunerea (copierea) și prelucrarea chimică a filmului. Nici în acest caz modulația obținută nu va fi identică cu modulația rastrului copiat și anume contrastul va prezenta o scădere cu creșterea frecvenței spațiale. Diferența principială față de semnalele treaptă și impuls obținute prin aceleași metode constă în aceea că se poate măsura această scădere a contrastului cu ajutorul unui microfotometru, obținându-se funcția de transfer a modulației procesului de expunere-prelucrare (raportul între modulația semnalului inițial și modulația obținută pe fotogramele filmului în funcție de frecvența spațială). Cunoașterea exactă a acestei funcții permite eliminarea influenței imperfecțiunii semnalului.

Funcția de transfer a modulației, măsurată pentru proiecția cinematografică a testfilmului, reprezintă raportul între modulație de pe fotogramele testfilmului și modulația imaginii pe ecran, în funcție de frecvența spațială.

Această funcție de transfer nu depinde de modulația testfilmului ci reprezintă numai scăderea contrastului prin

proiecție cinematografică exprimată pentru fiecare frecvență spațială prin raportul între modulația testfilmului și modulația imaginii. Imperfecțiunea semnalului testfilmului nu influențează funcția de transfer a modulației.

Modulația testfilmului se măsoară odată pe de-a-deauna, iar la determinarea experimentală a funcției de transfer, în orice cinematograful, valorile modulației imaginii, determinată experimental, se raportează la modulația cunoscută a testfilmului pentru fiecare din frecvențele spațiale luate în considerare.

În felul acesta autorul obține într-adevăr funcția de transfer a modulației pentru proiecția cinematografică din acel cinematograful. Rezultă că spre deosebire de funcția clarității de contur și funcția de ștergere a fantei, funcția de transfer a modulației se poate determina experimental în condițiile oricărui cinematograful obișnuit.

În ceea ce privește condiția a doua se constată de asemenea diferențe calitative între ceea ce exprimă cele 3 funcții. Variațiile calității proiecției cinematografice produc variații ale funcției de transfer a modulației care se exprimă în valori concrete ale contrastului transmis la diferite frecvențe spectrale. Această funcție are deci o semnificație fizică și exprimă direct calitatea proiecției cinematografice analog cum o caracteristică de frecvență exprimă calitatea unei instalații de redare a sunetului. După cum va demonstra autorul în cap.5 (pag.121) corespondența contrast-frecvență spațială, necesară ca o proiecție cinematografică să poată fi considerată de calitate, este posibil a fi dedusă teoretic și prescrisă sub formă de normă.

Aceleași variații ale calității proiecției cinematografice produc și modificări ale funcției clarității de contur și a funcției de ștergere a fantei. Aceste modificări sînt modificarea pantei funcțiilor și în special modificarea formei lor. Dacă între panta funcției și calitatea proiecției mai poate fi exprimată o relație numerică simplă, în

ceea ce privește însă modificarea formei acestor caracte -  
ristici acest lucru nu mai este posibil. Ar fi posibil de  
a compara forma și panta a două funcții de ștergere sau a  
două funcții ale clarității de contur și de a alege din a-  
ceastă comparare, cea care exprimă o calitate mai bună, dar  
o exprimare ca valoare absolută a clarității proiecției ci-  
nematografice dintr-una singură ar fi foarte dificilă, fac-  
torul de formă neavând vreo semnificație fizică. Determi -  
narea expresiilor analitice (ecuațiilor diferențiale) în  
baza funcțiilor obținute experimental, de asemenea nu con-  
duce la o metodologie practică aplicabilă, întrucât aceste  
funcții pot fi exprimate exact ~~prin~~ ecuații diferențiale  
de ordin superior și obținerea acestor ecuații este compli-  
cată, iar analiza sistemelor de ecuații diferențiale de or-  
din superior este extrem de greoaie. În condițiile utili -  
zării calculatoarelor electronice, aceste metode de calcul  
sînt posibile dar chiar dacă se recurge la calculatoare  
este de preferat să se recalculeze funcția de transfer a  
modulației care are semnificație fizică directă decît să  
se calculeze coeficienții ecuațiilor diferențiale care în-  
că nu exprimă nimic direct despre calitatea proiecției ci-  
nematografice.

În ceea ce privește condiția a 3-a, trebuie preci -  
zate următoarele :

Procesul cinematografic de transmitere a semnalelor  
video de la captarea inițială a imaginii obiectului și pî-  
nă la prezentarea finală a imaginii în fața spectatorilor  
comportă o serie de trepte intermediare de transmitere a  
imaginilor. Proprietățile de formare și de transmitere a  
imaginii diferă de la treaptă la treaptă - unele trepte  
transmit imaginea linear, altele nu. În vederea îmbunătă-  
țirii tehnologice și optimizării procesului cinematogra -  
fic se impune ca toate treptele să fie cuprinse într-o a-  
preciere de ansamblu întrucît unele din ele se influen -  
țează reciproc. Interdependența unor trepte poate fi fo -  
losită chiar pentru compensarea reciprocă a influențelor

asupra calității finale a imaginii.

Din această cauză este foarte important ca din criteriile de calitate a diferitelor trepte "legate în serie" să se poată determina calitatea finală de transmitere a imaginii prin aceste trepte. În prezenta lucrare autorul nu-și propune elaborarea criteriilor de calitate și a metodelor de determinare a calității pentru tot lanțul cinematografic, ci numai pentru una din treptele acestui lanț și anume pentru proiecția cinematografică. Consideră însă că o condiție absolut necesară, pe care trebuie să o satisfacă criteriile de calitate și metodele de măsurare alese pentru această treaptă, este tocmai aceea că trebuie să se racordeze la criteriile și metodele ce urmează a fi elaborate pentru celelalte trepte, să fie compatibile într-un viitor sistem unitar.

Dintre funcțiile puse în discuție drept criteriu de calitate pentru proiecția cinematografică numai funcția de transfer a modulației îndeplinește această condiție. Funcția clarității de contur și funcția de ștergere a fantei sînt independente pentru fiecare treaptă și nu există legătură între funcțiile diferitelor trepte. Funcția de transfer a modulației în schimb reprezintă prin definiție raportul între mărimea de ieșire și mărimea de intrare:

$$D_i = \frac{E_i}{I_i}$$

În cazul unui proces cu mai multe faze, deci cu mai multe trepte legate în serie, cum este procesul tehnologic cinematografic în ansamblu, mărimea de ieșire a unei faze reprezintă mărimea de intrare a fazei următoare (imaginea unei trepte este obiectul treptei următoare) etc. Aceasta înseamnă că funcția de transfer pentru cele două faze luate împreună este dată prin înmulțirea celor două funcții de transfer.

În cazul general, funcția de transfer a unui grup de trepte consecutive este egală cu produsul funcțiilor componente.

$$D(\gamma)_{\text{total}} = D(\gamma)_1 \cdot D(\gamma)_2 \cdot D(\gamma)_3 \cdots = \prod_{K=1}^n D(\gamma)_K$$

Prin aceasta se demonstrează că funcția de transfer a modulației se pretează pentru descrierea în mod unitar a tuturor treptelor de transmitere a imaginii în procesul cinematografic. Calitatea lanțului întreg de transmisie a imaginii poate fi calculată din criteriile de calitate a diferitelor trepte succesive. Funcția de transfer a modulației îndeplinește condiția impusă criteriului de calitate a proiecției cinematografice, se racordează la celelalte trepte ale procesului cinematografic.

În concluzie, se constată că dintre funcțiile care exprimă calitatea transmiterii unei imagini, analizate mai sus de autor din punctul de vedere al criteriului de calitate pentru proiecția cinematografică, cel mai bine se pretează funcția de transfer a modulației.

#### 4.3. PROPRIETĂȚILE FUNCȚIEI DE TRANSFER A MODULAȚIEI

După cum s-a arătat în capitolul 4.1. imaginea unui rastru sinusoidal se poate descrie prin funcția optică de transfer pentru care trebuie ridicate, în general, două coordonate perpendiculare una pe cealaltă (și perpendiculare pe axa optică a sistemului de reproducere) și care conține funcția de transfer a modulației, respectiv a fazei :

$$D(\gamma) = T(\gamma) \cdot e^{-i\beta(\gamma)} \text{ în direcția } x$$

și

$$D(\mu) = T(\mu) \cdot e^{i\beta(\mu)} \text{ în direcția } y.$$

Intrucât cele două funcții se deosebesc nu numai ci numai în ceea ce privește valorile, iar în cazul sistemelor rotațional-simetrice se confundă, în cele ce urmează autorul analizează numai una din ele, separat pentru funcțiile parțiale  $T(\gamma)$  și  $\beta(\gamma)$ .

Funcția de transfer a modulației  $T(\gamma)$  exprimă varia-

ția raportului contrastului imaginii față de cel al obiectului [31] în funcție de frecvența spațială. Rezultă de aici că pentru un sistem linear de transmisie cum este proiecția cinematografică  $T(\gamma) \leq 1$ . Spectrul frecvențelor cuprinde între 0 și  $\omega$  de amplitudini pe milimetru, sau cum se spune de obicei, de linii pe mm, unde o "linie" cuprinde de fapt câte o linie luminoasă și una întunecată de aceeași grosime, adică o pereche, o oscilație completă.

Contrastul între linia luminoasă și cea întunecată scade cu creșterea frecvenței spațiale, ajungând de la o anumită frecvență așa de mică încât vizual nu se mai distinge nici un fel de structură periodică. De unde o primă proprietate a funcției de modulație poate fi astfel exprimată :

$$\lim_{\gamma \rightarrow \infty} T(\gamma) = 0$$

Contrastul detaliilor mari este mai puțin micșorat în imagine decât cel al detaliilor mici. Aceasta înseamnă că funcția de transfer a modulației tinde pentru frecvențe spațiale din ce în ce mai mici către un maximum, de unde rezultă o altă proprietate și anume

$$\lim_{\gamma \rightarrow 0} T(\gamma) = T(\gamma)_{\max} = 1$$

Funcția de transfer a modulației este, ca toate funcțiile de transfer analizate mai sus, o funcție continuă. În principiu ea poate avea una din formele arătate în fig. 20.

Funcția de transfer a modulației exprimă, între altele, felul cum scade contrastul imaginii față de contrastul obiectului în funcție de frecvența spațială. Intersecția curbelor din fig.20 cu linia punctată care corespunde pragului sensibilității de contrast al ochiului, indică frecvența spațială pentru care, în cazul sistemelor 1, 2 sau 3 nu se mai distinge vizual nici un fel de structură periodică. Aceasta corespunde puterii de rezoluție a sistemului, așa cum se determina înainte ca parametru de calitate.

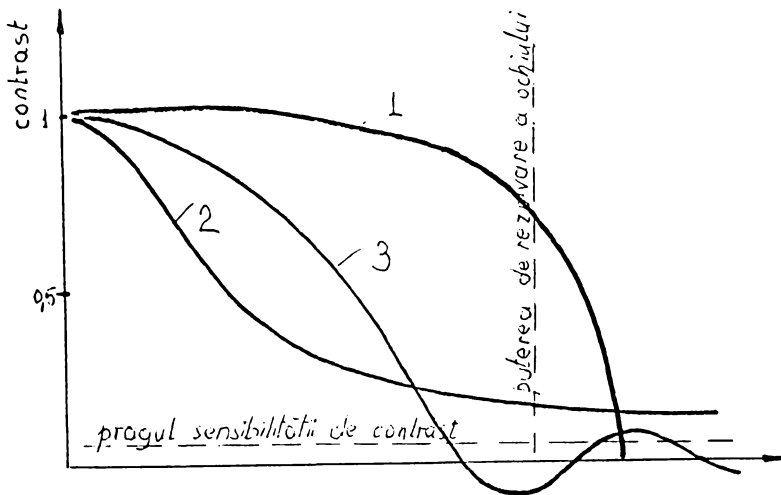


Fig.20. Funcții diferite de transfer ale modulației pentru câteva sisteme.

La exemplele din fig.20 - alese arbitrar - sistemul 2 prezintă o putere de rezoluție mult superioară sistemelor 1 sau 3. Totuși, imaginile redate de sistemul 3 vor fi cele mai nesatisfăcătoare întrucât pe de o parte frecvențele spațiale joase și medii, foarte importante pentru calitatea imaginii, vor fi redat la un contrast redus, iar pe de altă parte claritatea de contur, determinată de contrastul frecvențelor spațiale medii și mici va fi mai mică.

Puterea de rezoluție a ochiului omenesc este limitată. În cazul proiecției cinematografice, majoritatea spectatorilor nu poate distinge decât cel mult 60 linii/mm [28]. Aceasta înseamnă că tot domeniul din dreapta acestei valori nici nu trebuie luat în considerație, iar pînă la această frecvență, dintre sistemele reprezentate în fig.20, sistemul 1 realizează cele mai bune valori.

O analiză mai amănunțită necesită curba 3 din fig.20. Aceasta reprezintă o funcție de transfer a modulației cum se măsoară uneori pentru porțiuni ale obiectului și imaginii mai distanțate de axa optică. După cum se vede din figură, funcția trece de câteva ori prin zero, adică pentru anumite frecvențe spațiale contrastul dispăre, iar între a -



ceste valori funcția  $T(\nu)$  cunoaște chiar valori negative. Întrucât sistemele optice de reproducere sînt traductori pa-sivi, adică nu pot intensifica distribuțiile luminanțelor, nu pot realiza în imagine un contrast mai puternic decît cel din obiect, porțiunile unde funcția  $T(\nu)$  cunoaște valori negative necesită explicații suplimentare.

Pentru clarificarea acestei probleme considerăm un exemplu. Fie  $\delta_1(r)$  un punct luminos al obiectului aflat pe axa optică a sistemului de reproducere și  $\delta_2(r)$  un punct luminos dezaxat al obiectului, cum s-a demonstrat la funcția de ștergere a fantei (pag.35 și fig.16).

În timp ce imaginea punctului luminos  $\delta_1(r)$  axial sau coaxial se formează sub forma unei mici pete luminoase simetrice  $g_1(r)$  la care, conform relației (19)  $D(\nu) = T(\nu)$  și  $\phi(\nu) = 0$ , transformata Fourier a distribuției luminanței imaginii dezaxate  $g_2(r)$  este o funcție complexă și funcție de transmitere a fazei  $\phi(\nu) \neq 0$  întrucît  $g_2(r)$  nu mai este o funcție simetrică.

Explicația nesimetriei ștergerii imaginii punctului în zonele care sînt coaxiale și anume înspre raze mai mari conform fig.16 se explică prin aberațiile obiectivului, în special prin coma și prin distorsiunea optică (efectul de pernă, respectiv butoi). Din cauza acestui fenomen orice rastru sinusoidal este de asemenea deplasat de-a lungul razei în spre zone exterioare (defazat). Rastre avînd frecvențe spațiale diferite vor cunoaște aceeași deplasare. Întrucît însă funcția de transfer a fazei  $\phi(\nu)$  indică deplasarea locală în unități de frecvență spațială

$$\phi(\nu) = \frac{2\pi \cdot \text{deplasarea}}{\text{lungimea de undă}} = 2\pi\nu\zeta,$$

funcția  $\phi(\nu)$  cunoaște pentru o deplasare constantă  $\zeta$  o creștere continuă în funcție de frecvența (fig.21). Asemenea decalaje de fază (defazare) apar în multe domenii tehnice însă de obicei decalajul de fază este o deplasare unidimensională în timp, pe cînd la transmisia semnalelor video apar decalaje de fază în planul cu două dimensiuni ale

imaginii, adică deplasări în spațiu.

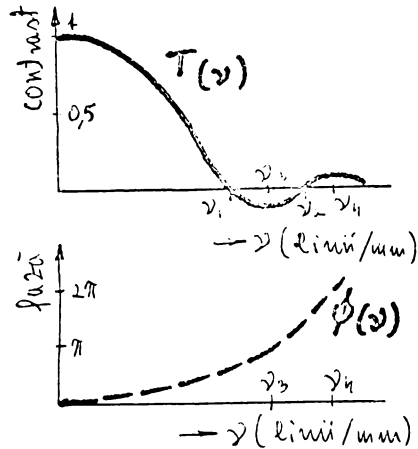


Fig.21. Funcția de transfer a modulației  $T(v)$  trecînd prin valoarea zero și funcția de transfer a fazei  $\phi(v)$  corespunzătoare (determinată prin aproximație).

În cazul existenței unor asemenea decalaje de fază funcția de transfer a modulației ia forma arătată în fig. 18 (curba 3 din fig.20). Cu toate că contrastul este în - totdeauna pozitiv și cel al obiectului mai mare ca cel al imaginii, funcția  $T(v)$  cunoaște în asemenea cazuri și valori negative. Explicația constă în aceea că contrastul se măsoară întotdeauna în două puncte conjugate ale obiectului și imaginii. Dacă din cauza defazării imaginii cu anumite valori  $\phi(v) = \pi, 3\pi, 5\pi \dots$  în imagine au fost schimbate între ele maximele și minimele luminanțelor, din punct de vedere matematic rezultă un contrast negativ.

La reproducerea imaginii prin obiective, cum este cazul proiecției cinematografice, decalajul de fază pentru anumite domenii de frecvențe spațiale poate atinge în cazul unor defecțiuni - valori care ar putea avea în semnătate pentru calitatea imaginii. Defazarea nu este a-

tit de importanță încît ar trebui măsurată ca atare, dar trebuie totuși avută în vedere, ceea ce este posibil prin proprietatea funcției de transfer a modulației, analizată în aliniatul precedent. Astfel, funcția de transfer a fazei se poate trasa cu aproximație (fig.21) cunoscînd că la minimele și maximele funcției  $T(\gamma)$ , va avea valorile  $\pi, 2\pi, 3\pi, \dots$  etc.

Pentru ca funcția de transfer a modulației să poată fi folosită pentru caracterizarea unui sistem de reproducere, se cer îndeplinite 3 condiții :

- a - reprezentarea trebuie să fie liniară ;
- b - cîmpul imaginii să fie izoplanatic ;
- c - obiectul să fie iluminat incoerent.

Să analizăm în ce măsură proiecția cinematografică îndeplinește aceste condiții.

Liniaritatea reproducerii este dată dacă mărirea contrastului obiectului cu un factor oarecare are drept urmare mărirea contrastului imaginii exact cu același factor. Această liniaritate este necesară, pentru că numai la o reproducere liniară distribuția sinusoidală a luminanței obiectului trece din nou într-o distribuție sinusoidală a luminanței în imagine, ceea ce este premiza întregii teorii. Proiecția cinematografică realizează această condiție.

Pentru a se putea descrie calitatea reproducerii cu ajutorul unei funcții de transfer a modulației, se cere ca întregul cîmp al imaginii să fie izoplanatic, adică funcția care descrie reproducerea trebuie să fie independentă de locul punctului obiectului, respectiv al imaginii. În proiecția cinematografică calitatea reproducerii nu este riguros aceeași pentru diferitele puncte ale obiectului. De aceea, cîmpul imaginii se împarte în domenii care sînt cvasi izoplanatice și pot fi descrise cu aproximație de cîte o funcție. Măsurînd funcția de transfer a modulației pentru centrul imaginii (domeniul izoplanatic cu reproducerea optimă) și pentru un colț al imaginii, care reprezintă domeniul cvasi izoplanatic cu reproducerea cea mai defectuoasă, reproducerea prin proiecția cinematografică este caracterizată.

Teoria transmiterii modulației poate fi aplicată numai sistemelor de reproducere care reproduc obiecte iluminate incoerent, altfel undele luminoase s-ar aduna vectorial și ar duce la interferențe, adică la stingerea reciprocă parțială. Iluminarea fotografei din fereastra aparatului de proiecție cinematografică este incoerentă, astfel că și această condiție este îndeplinită.

Rezultă ca o primă concluzie că funcția de transfer a modulației poate fi folosită pentru caracterizarea calității proiecției cinematografice.

Rămâne de analizat a doua latură a problemei, și anume în ce măsură funcția de transfer a modulației este suficientă pentru caracterizarea calității proiecției cinematografice, în ce măsură descrie ea perturbațiile care apar la transmiterea semnalelor video din fotogramă pînă pe ecran.

După cum s-a menționat și în capitolele precedente, principalele perturbații care acționează asupra transmiterii semnalelor în proiecția cinematografică pot fi grupate astfel :

- stabilitatea insuficientă a filmului în timpul proiecției fiecărei fotografe ;
- aberațiile sistemului optic și difracția luminii în elementele optice ;
- devierea filmului de la planul corespunzător clarității optime în timpul proiecției și neconcordanța între planul imaginii și ecran ;
- iluminarea parazită a ecranului ;
- iluminarea neuniformă a ferestrei de proiecție și scăderea luminanței spre marginile imaginii.

Mișcările filmului față de fereastra de proiecție în timpul proiecției cîte unei fotografe apar în special în sens longitudinal din cauza descentrării obturatorului (sincronizarea imperfectă a perioadei de staționare a filmului în mișcarea sa intermitentă cu deschiderea luminii de către obturator). Aceste mișcări duc la estomparea detaliilor

lor din imaginile redade, influența lor fiind invers proporțională cu mărimea detaliului. În felul acesta instabilitatea imaginii este evidențiată de funcția de transfer a modulației, unde pentru frecvențe spațiale ridicate contrastul este micșorat mai mult sau mai puțin față de o imagine statică. Măsurînd funcția de transfer pentru cîte un rastru de frecvență spațială variabilă, așezat în aceeași imagine a testfilmului, unul orizontal iar celălalt vertical, alura diferită a curbelor este influențată de instabilitatea pe verticală (de-a lungul mișcării filmului) față de cea pe orizontală, care de regulă este mai puțin pronunțată.

Pe traseul semnalelor video în proiecția cinematografică se află mai multe elemente optice, cum sînt obiectivul de proiecție, diverse adaptoare ale obiectivului de proiecție și fereastra vizetei de proiecție. Influența lor este diferită. Dacă fereastra vizetei este o sticlă plan paralelă și așezată perpendicular pe axa optică nu influențează reproducerea imaginii. Însă dacă suprafețele delimitatoare nu sînt paralele sau dacă fereastra nu este perpendiculară pe axa optică apar refracții sau duble refracții ale razelor de lumină care estompează sau, în cazuri grave, dublează contururile detaliilor.

Aberațiile obiectivelor și adaptoarelor obiective lor (aberația sferică, coma, astigmatismul, curbura câmpului, distorsiuni optice și aberația cromatică) cît și difracția luminii la diafragma obiectivului duc de asemenea la scăderea contrastului imaginii și eventual la o defazare în zonele marginale. Estomparea conturilor și scăderea contrastului sînt exprimate de funcția de transfer a modulației, iar defazarea este evidențiată la funcția măsurată în colțul imaginii, prin trecerea eventuală a funcției prin zero (vezi pag.57).

O reglare ideală a obiectului (a fotografei) față de sistemul optic și a imaginii față de planul ecranului în practica proiecției cinematografice nu este posibilă din

mai multe motive. Astfel, contribuie astigmatismul și curbura câmpului sistemului optic de proiecție de pe o parte și bombarea filmului pe de altă parte la devierea filmului de la planul corespunzător clarității optime, ceea ce are ca urmare directă o ștergere (estompere) a detaliilor imaginii. Alte deficiențe ale imaginii se datoresc neperpendicularității ecranului față de axa optică. Planul imaginii nu mai corespunde în felul acesta cu planul ecranului ci îl înțeapă de-a lungul unei linii (zone) verticale, care este zona clarității maxime. Estomperea detaliilor (scăderea contrastului detaliilor mici) crește cu distanța în dreapta și stînga de la această zonă. Rezultă din cele de mai sus, că perturbarea reproducerii, din cauza devierii filmului și a ecranului de la planul ideal sînt evidențiate de funcția de transfer a modulației, dar mai rezultă că din acest punct de vedere imaginea nu este izoplanatică, ceea ce presupune măsurarea mai multor funcții, cîte una pentru diferitele zone caracteristice.

Peste imaginea cinematografică proiectată pe ecran se suprapune un iluminat parazit provenind atît din difuzia luminii de-a lungul diferitelor elemente ale sistemului optic de proiecție cît și de la alte surse (iluminat de siguranță în sală, reflexii pe tavan și pereți etc.). Prin iluminarea parazită este influențată redarea contrastelor (sînt deschise în special porțiunile întunecate ale imaginii, indiferent de mărimea lor) ceea ce se manifestă în funcția de transfer a modulației printr-o translație a întregii curbe spre contraste mai mici.

Iluminarea neuniformă a ferestrei de proiecție din cauza surselor de lumină și a felului cum acestea sînt centrate, cît și scăderea luminanței imaginii înspre margini care se datorează obiectivului nu sînt evidențiate în suficientă măsură de funcția de transfer a modulației. De aceea luminanța câmpului imaginii, atît ca valoare absolută cît și în ceea ce privește uniformitatea, trebuie considerată ca o mărime independentă și măsurată separat.

#### 4.4. METODE DE DETERMINARE EXPERIMENTALA A FUNCTIEI DE TRANSFER A MODULATIEI

După cum s-a demonstrat mai sus, pentru descrierea și caracterizarea calității proiecției cinematografice se pretează cel mai bine cunoașterea funcției de transfer a modulației. Intrucât pentru o instalație de proiecție cinematografică oarecare nu este posibil a stabili analitic această funcție din cauza multitudinii de fenomene ce intervin, ea trebuie determinată experimental, problemă complet inedită în ceea ce privește proiecția cinematografică.

Dintre metodele de determinare experimentală a unor funcții de transfer în optică sînt larg folosite în special metodele indirecte, constînd din determinarea experimentală a răspunsului la o funcție elementară și recalcularea funcției de transfer din acest răspuns [37,38,39,40].

Analizînd însă în ce măsură aceste metode se pot aplica în tehnica proiecției cinematografice sau în ce măsură pot fi adaptate condițiilor proiecției cinematografice autorul a constatat următoarele :

- Determinarea experimentală a răspunsului la o funcție elementară înseamnă în proiecția cinematografică înregistrarea pe fotogramele filmului cinematografic în diferite zone considerate izoplanate a unor semnale treaptă sau impuls cunoscute și măsurarea repartiției intensității (luminanței) imaginilor a acestor semnale obținute pe ecran prin proiecție cinematografică. Microfotometrarea acestor repartiții de lumină din imaginea proiectată este posibilă (vezi de exemplu curbele din fig.13 măsurate de autor).

Inconveniențele acestor determinări, care se datoresc diferenței între semnalul real ce se poate obține pe filmul cinematografic și semnalul treaptă sau impuls teoretic, au fost analizate de autor în cap.4.2. Alte inconveniente, apar cu ocazia necesității de recalculare a funcției de transfer a modulației din materialul de bază experimental, adică din caracteristicile ridicate prin fotometrare.

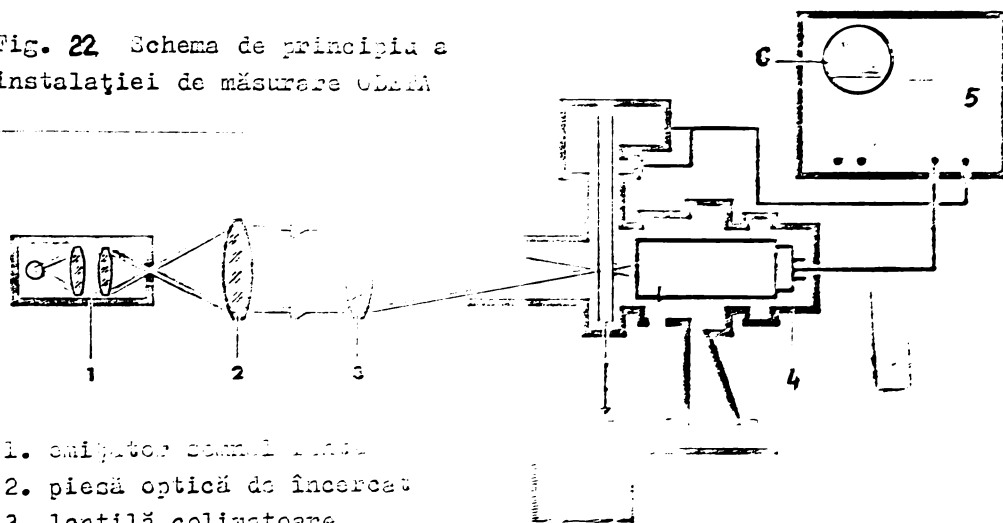
Se dispune în prezent de metode de determinare a funcției de transfer a modulației din funcția clarității de contur sau din funcția de ștergere a fantei (funcția de transfer a modulației este transformata Fourier a funcției clarității de contur, respectiv transformata Fourier a derivatei funcției de ștergere a fantei). Aceste metode presupun însă cunoașterea ecuației funcției de la care se pleacă. Obținerea exactă a acestor ecuații din valorile obținute experimental este dificilă deoarece sînt, de regulă, ecuații diferențiale de ordinul al doilea sau mai mare decît doi. Chiar și în cazul rezolvării aproximative (prin înlocuirea elementului real prin două elemente mai simple legate în serie etc.) analiza sistemelor de ecuații diferențiale reclamă un mare volum de calcul, iar în cazul unor metode mai exacte aceste calcule nu pot fi practic executate în mod operativ decît în condiția utilizării unui calculator. Se cunosc metode de calcul și programe FORTRAN pentru rezolvare cu ajutorul calculatorului electronic FELIX 256 (IRIS 50) a problemei determinării coeficienților ecuației diferențiale și pentru determinarea caracteristicilor de frecvență din caracteristica de răspuns la treaptă [34,41]. Aceste metode de calcul ar putea fi ușor adaptate pentru calcularea analoagă a funcției clarității de contur și din aceasta a funcției de transfer a modulației, dar autorul nu a ales această metodă întrucît faptul că necesită un calculator o face nepotrivită pentru măsurători în cîte un cinematograf, unde astfel nu poate fi cunoscut operativ rezultatul determinărilor. Din aceleași motive și anume că se bazează pe un calculator electronic și metoda de calcul a funcției de transfer a modulației dintr-un semnal treaptă, elaborată pentru controlul obiectivelor [38] nu merită a fi adaptată proiecției cinematografice.

Ceva mai aproape de necesitățile proiecției cinematografice apare la început sistemul ODETA, elaborat de asemenea pentru verificarea elementelor optice, obiective, tuburi de imagine etc. [40]. Elementul care urmează a fi ve-



rificat se folosește în acest instrument (fig.23) pentru a crea printr-un colimator o imagine mărită a unei fante statice iluminată difuz. Repartiția intensităților în această imagine reprezintă funcția de ștergere a fantei a elementului verificat. Ceea ce este interesant, este faptul că ODETA analizează această funcție, ce e drept numai în domeniul 0-10 linii/mm, și o prelucrează într-un calculator analog propriu, reproducând funcția de transfer a modulației pe ecranul unui osciloscop sau pe un înregistrator X - Y extern.

Fig. 22 Schema de principiu a instalației de măsurare ODETA



1. emițător sursă lumină
2. piesă optică de încercare
3. lentilă colimatoare
4. analizator imagine fantă
5. calculator funcție transfer
6. osciloscop

ODETA nu poate fi folosită pentru proiecția cinematografică atât din cauza frecvenței spațiale reduse de

O + 10 linii/mm cît mai ales pentru faptul că reprezintă un banc optic de dimensiuni reduse care permite controlul unui obiectiv dar nu a unei instalații complexe. Principiul este însă demn de reținut, în special pentru problema echipării cu un calculator analog specializat propriu. Autorul nu a ales în prezenta lucrare această variantă, avînd în vedere costul ridicat al unui asemenea calculator care ar fi fost o piedică în aplicarea practică a metodelor de măsurare elaborate. Urmează ca această variantă să mai fie studiată, căutîndu-se posibilități de realizare economice.

În locul metodelor de determinare indirecte a funcției de transfer a modulației, prin recalculare din funcția clarității de contur sau din funcția de ștergere a fantei, analizate mai sus și care nu sînt avantajoase pentru proiecția cinematografică, autorul a optat pentru o metodă directă.

Măsurarea directă a funcției de transfer a modulației pentru proiecția cinematografică presupune o sursă de semnal, un test film complex, care să conțină structuri de diferite frecvențe spațiale în fiecare fotogramă. Modulația semnalului trebuie să fie cunoscută. Modulația imaginii pe ecran obținută prin proiecția cinematografică a acestui testfilm trebuie măsurată, raportată la cea a testfilmului și reprezentată sub formă de funcție de transfer. Cu toate dificultățile ei, autorul a ales măsurarea directă întrucît prezintă, față de metodele indirecte, un avantaj esențial și anume permite obținerea relativ operativă a rezultatelor.

Lucrările cu grad mare de dificultate, cum sînt confecționarea testfilmului, microfotometrarea testfilmului și calcularea modulației acestuia, cît și confecționarea instalației de măsurare se rezolvă odată pentru totdeauna în condițiile de laborator, iar ceea ce se realizează "pe teren" la cinematograful în cauză, a cărei funcție de transfer trebuie determinată experimental, se simplifică.

Folosind un testfilm cu aceeași miră în fiecare fotogramă, adică o distribuție a luminanțelor constantă în timp și - după măsurarea ei - cunoscută, determinarea transmisiei modulației prin proiecție cinematografică se reduce la măsurarea modulației imaginii pe ecranul cinematografului și raportarea acesteia la cea a testfilmului sub forma unei funcții de transfer.

Această din urmă problemă poate fi rezolvată în mai multe variante. Dintre acestea autorul a reținut în special următoarele două :

1 - microfotometrarea modulației imaginii pentru o frecvență spațială, amplificarea semnalelor electrice obținute pentru zonele luminoase și întunecate ale imaginii, măsurarea maximelor și a minimelor prin câte un instrument adecvat și trecerea valorilor la un dispozitiv de împărțire electronică [42, 43].

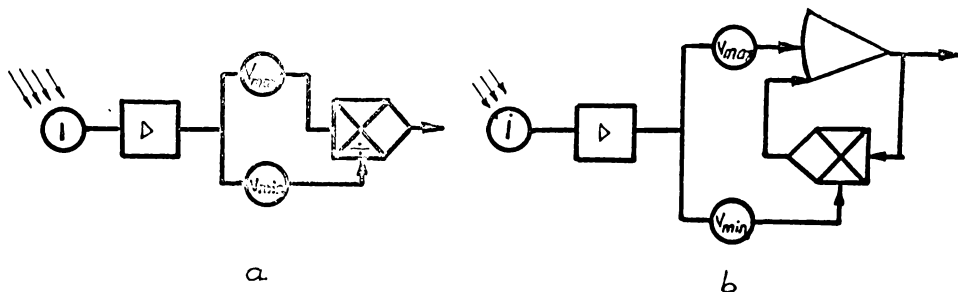


Fig.23. Schema pentru măsurarea funcției de transfer :  
a) cu dispozitiv de împărțire electronică ; b)  
cu împărțire prin introducerea în circuitul de  
reacție al unui amplificator de c.c. a unui  
dispozitiv de înmulțire.

Repetând operațiile pentru mai multe perechi de linii (luminoase-întunecate) și mediind rezultatele împărțirilor se obține o valoare proporțională cu contrastul imaginii la frecvența respectivă. Aceasta din urmă se raportează la valoarea cunoscută a contrastului testfilmului la acea frecvență și se obține valoarea funcției de transfer a modulației pentru frecvența respectivă. Aceasta se

poate vizualiza la un osciloscop obișnuit sau la un volt - metru numeric sau poate fi înregistrată pe un înregistra - tor X-Y programat corespunzător.

Etapetele prezentate mai sus se repetă pentru frec - vența spațială următoare, apoi pentru a treia etc. pînă se obține întreaga funcție de transfer a modulației. Timpul necesar parcurgerii a ciclului pentru fiecare din frecven - țele spațiale depinde de numărul de perechi de linii care se fotometrează la acea frecvență și de viteza de fotome - trare. Evident, precizia este mai mare dacă crește numărul de linii explorate și dacă viteza de fotometrare scade.

Comanda pentru repetarea automată a ciclului, adică pentru trecerea la frecvența următoare (fără a fi necesară intervenția operatorului) poate fi programată fie după un anumit număr, de perechi de linii, fie prin lipsa de semnal între două frecvențe spațiale ce rezultă din fotometrarea intervalului negru, ce există pe fotograma filmului între înregistrările diferitelor frecvențe spațiale, fie după in - tervale egale de timp, dacă spațiile afectate diferitelor frecvențe spațiale se aleg egale și dacă viteza de foto - metrare este constantă.

2 - microfotometrarea modulației rasterului perio - dic din imaginea proiectată pe ecran pentru o serie de frec - vențe spațiale. Amplificarea semnalelor electrice obținute și înregistrarea lor pe un înregistrator rapid de nivel e - talonat direct într-o exprimare a contrastului. Citirea valorilor contrastului imaginii pentru diferite frecvențe spațiale, raportarea lor la contrastele cunoscute ale test - filmului și trasarea manuală a funcției de transfer a modu - lației.

Față de prima variantă, la care se obține automat funcția de transfer a modulației, practic simultan cu ter - minarea microfotometrării structurii periodice din imagi - nea proiectată a testfilmului, în cea de a doua variantă în intervalul acesta de timp se obține numai înregistrarea

variației contrastului. Citirea valorilor acestuia, raportarea la contrastele structurii testfilmului și trasarea funcției de transfer se realizează după microfotografiere. Metoda a doua este deci ceva mai puțin operativă, necesită pentru măsurarea funcției de transfer a modulației un timp aproximativ dublu. În cazul controlului de serie a unor produse industriale, de exemplu într-o fabrică de optică această diferență ar fi esențială. La măsurătorile într-un cinematograf oarecare însă, unde timpul de măsurare propriu-zisă este foarte mic față de timpul de deplasare și timpul necesar montării și demontării instalației de măsurare, această diferență nu prezintă o importanță mare.

În al doilea rând varianta a doua se deosebește de prima prin efortul și cheltuielile necesare realizării instalației de măsurare. În prima variantă instalația de măsurare se compune dintr-un complex de instrumente și dispozitive electronice de calcul care, toate la un loc, prezintă de fapt un calculator electronic specializat, presupunând cheltuieli și efort însemnat pentru realizare.

Instrumentele și dispozitivele ce intră în componența instalației de măsurare nu se regăsesc în dotarea cinematografiei. În cea de a doua variantă instalația de măsurare se bazează în principal pe un înregistrator rapid de nivel cu instalațiile anexe, instrumente ce se găsesc în dotarea cinematografiei, fiind folosite tocmai pentru măsurători în diferitele cinematografe și anume pentru măsurători electroacustice.

#### Concluzie la analiza metodelor de determinare experimentală a funcției de transfer a modulației

Din analiza metodelor de determinare a funcției de transfer a modulației a rezultat că metodele indirecte constând din determinarea experimentală a răspunsului la o funcție elementară și recalcularea funcției de transfer nu se pretează pentru proiecția cinematografică.

Măsurarea directă a funcției de transfer a modulației se poate realiza în mai multe variante, dintre care autorul a optat pentru moment la aceea de a înregistra modulatia imaginii proiectată întrucât necesită cheltuieli mult mai reduse. Instalația experimentală de măsurare realizată de autor este descrisă în capitolul 5.2.

Varianta realizării unui calculator pentru obținerea directă a funcției de transfer din microfotometrarea modulației imaginii, neeconomicoasă numai pentru proiecția cinematografică, rămâne a fi rezolvată eventual ulterior, când se va ivi necesitatea controlării în serie a unor elemente optice.

## 5. MĂSURAREA TRANSMISIEI MODULATIEI ÎN PROIECTIA CINEMATOGRAFICA

Măsurarea transmisiei modulației în proiecția cinematografică după metoda preconizată de autor în baza considerentelor expuse în capitolul precedent presupune pe de o parte elaborarea unui semnal adecvat proiecției cinematografice, adică a unui testfilm purtînd o miră corespunzătoare și cunoscută și pe de altă parte măsurarea modulației imaginii obținută pe ecranul cinematografului și raportarea rezultatelor măsurărilor la modulația cunoscută a testfilmului.

În cele ce urmează sînt descrise testfilmul și instalația experimentală de măsurare, realizate de autor, cît și rezultatele obținute cu acestea la măsurătorile efectuate în diferite cinematografe.

### 5.1. RASTRU DREPTUNGHILAR CA SURSA DE SEMNAL

Pentru a obține, în cazul proiecției cinematografice, un semnal luminos constant în timp și modulată în spațiu cu o anumită structură periodică de diferite frecvențe spațiale, cum este necesar pentru măsurarea funcției de transfer a modulației, se poate proceda în mai multe feluri, se pot folosi diferite dispozitive, unele din ele de înaltă precizie. Autorul a preferat totuși, în locul acestora, o modalitate de generare a semnalului cu metodele proiecției cinematografice și anume trecînd prin aparatul de proiecție un film special (un testfilm) în condiții obișnuite de proiecție cu 24 imagini pe secundă, dar la care toate fotogramele să fie identice purtînd un desen cu structurile periodice dorite - o miră. Fluxul luminos constant al aparatului de proiecție va fi modulată de această miră, care se schimbă de 24 ori pe secundă, dar se schimbă mereu cu una identică, astfel încît se obține un semnal constant în timp și modulată în spațiu de structurile periodice din desenul mirei. Un semnal ge-

nerat după această metodă va fi mai puțin precis decât unul generat static întrucît va fi afectat de transportul intermitent al filmului, de eventualele defecțiuni sau uzuri ale aparatului de proiecție. Un asemenea semnal va purta amprenta instalației de proiecție, precizia lui depinzînd de calitatea acestei instalații, ceea ce permite în felul acesta să se tragă concluzii asupra instalației de proiecție din felul în care se prezintă semnalul generat. Evident, această dependență de instalația de proiecție, a cărei calitate se măsoară, este mult mai avantajoasă decât un semnal de o precizie oricît de înaltă.

La elaborarea testfilmului care să servească drept sursă de semnal autorul și-a impus următoarele condiții pentru mira acestuia :

1 - mira să permită atât determinarea clasică a calității proiecției cinematografice prin apreciere cît și măsurarea funcției de transfer a modulației, adică să fie un testfilm de imagine universal ;

2 - să cuprindă diferite frecvențe spațiale discrete, gradate după o scară convenabilă care să acopere domeniul frecvențelor spațiale cel puțin pînă la frecvența critică de 60 linii/mm ;

3 - rastroarele frecvențelor spațiale să fie amplasate pe verticală și pe orizontală în diferite zone caracteristice ale fotogramei, zone considerate izoplanate ;

4 - modulația rastroarelor să se poată măsura exact.

#### 5.1.1. ALEGEREA FORMEI MODULATIEI

Structura periodică din mira testfilmului care modulează fluxul constant de lumină al aparatului de proiecție și prin care se obține deci semnalul periodic în spațiu, principial poate avea orice formă. Variația densității în direcția perpendiculară pe structura periodică poate fi sinusoidală, în formă de semicercuri, dreptunghiuri-triunghiuri, dinți de fierăstrău sau chiar de formă oarecare (fig.24).



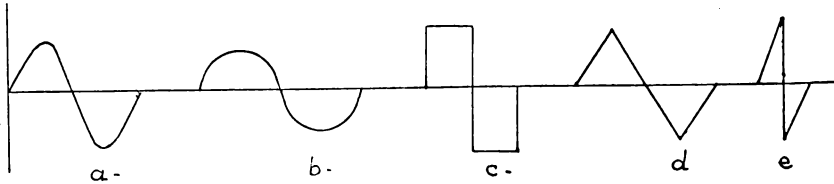


Fig.24. Forme posibile ale semnalului periodic.

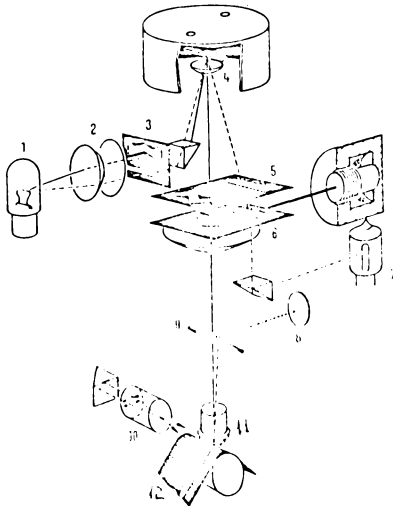
La aplicarea practică apare însă o diferență care constă în aceea că pentru calcularea sau determinarea experimentală a funcției de transfer a modulației un rastru sinusoidal poate fi folosit direct ca atare, pe când rastroarele periodice de alte forme - nesinusoidale, trebuie considerate ca fiind suma unor oscilații sinusoidale de diferite frecvențe spațiale și recalulate în consecință. Aceasta explică și preferința pentru structurile periodice sinusoidale, care se constată în general în legătură cu funcția de transfer.

Pe când însă în Electrotehnică și în aplicațiile ei semnalele sinusoidale se generează fără nici o dificultate, în optică acest lucru nu este la fel de simplu.

Se cunosc din literatură [2,44,45] trei metode de a expune pe un material fotosensibil structuri periodice sinusoidale, fiecare cu avantaje și dezavantaje. Prima metodă constă în aceea că se deplasează materialul fotosensibil cu o viteză constantă  $v$  în fața unei fante luminoase și se imprimă luminei fantei o variație sinusoidală în timp de frecvența  $f$ . Astfel va fi expus pe materialul fotosensibil un semnal cu o variație sinusoidală în spațiu de frecvența  $\gamma$ , unde  $\gamma$  este egal cu :

$$\gamma = \frac{f}{v}$$

Metoda se pretează și este folosită în special pentru înregistrarea fotografică a sunetului (fig.25) în așa-zisele modulatori.



- 1 - lampă de ton
- 2 - condensator
- 3 - clin optic
- 4 - oglinda galvanometrului
- 5 - fantă mecanică
- 6 - disp. reducere zgomot
- 7 - fotocelulă ascultare
- 8-9-10 sistem de control vizual
- 11 - obiectiv
- 12 - peliculă

Fig. 25. Schema de principiu a modulatorului Eurocord II.

În funcție de construcția și de forma măștii mobile înregistrarea va fi transversală (zona cu densitate mare variază sinusoidal ca formă) simplă sau multiplă sau intensă (zonă cu lățime constantă în care densitatea variază sinusoidal).

Metoda nu se pretează pentru înregistrări foarte scurte, de câteva oscilații la fiecare frecvență spațială, din cauza regimului tranzitoriu la pornirea și oprirea mișcării filmului.

A doua metodă constă în executarea unui șablon de formă sinusoidală și expunerea luminii prin acest șablon și o optică cu lentile cilindrice. Metoda se pretează pentru frecvențe spațiale mici pe când la frecvențe spațiale mai mari repartiția sinusoidală este denaturată de funcția de transfer a opticii cilindrice.

A treia metodă rezultă din aplicarea interferențelor între două raze, de exemplu la un interferometru de tip Lloyd și se pretează pentru frecvențe spațiale mari și foarte mari pînă la 1000/linii/mm dar nu poate fi folosită la frecvențe joase.

Rezultă din cele de mai sus că realizarea în diferite zone ale mizei testfilmului a unor structuri periodice sinusoidale este dificilă. Relativ mai simplu se pot obține structuri periodice nesinusoidale în special cele cu o distribuție a densității de o formă dreptunghiulară, așa-zisele rastre din linii.

Dacă semnalul folosit constă dintr-o structură periodică dreptunghiulară și imaginea obținută prin proiecție cinematografică va cunoaște o structură periodică dreptunghiulară. Pentru ca funcția de transfer a modulației, determinată cu o structură periodică de formă dreptunghiulară și de diferite frecvențe spațiale să fie riguros exactă se pune problema calculării amplitudinii oscilațiilor de bază și separării armonicilor superioare atât din modulația semnalului cât și din modulația imaginii pe ecran, adică descompunerea lor în serie Fourier.

Pentru această corecție a rezultatelor determinărilor experimentale se recomandă diferite metode, dintre care cea mai indicată în scopuri practice este formula dată de Langner și Müller în [44]

$$\alpha_s(\gamma) = \frac{\pi}{4} \alpha_D(\gamma) + \frac{\alpha_s(3\gamma)}{3} - \frac{\alpha_s(5\gamma)}{5} + \frac{\alpha_s(7\gamma)}{7} \dots ;$$

unde s-a notat cu :

$\alpha_s$  - factorul de transmisie la modulația sinusoidală

$\alpha_D$  - factorul de transmisie la modulația dreptunghiulară

$\gamma$  - frecvența spațială.

Se poate demonstra că pentru frecvențe de bază mai joase, termenii șirului începînd cu al doilea, compensează factorul  $\pi/4$  al primului termen aproape complet, astfel încît  $\alpha_s$  este aproximativ egal cu  $\alpha_D$ . Pentru frecvențe spațiale mai mari, termenii de corecție se micșorează foarte mult, putînd fi neglijate la un moment dat, astfel încît  $\alpha_s$  teoretic se apropie de  $\pi/4 \alpha_D$ .

Cele de mai sus sînt valabile pentru o distribuție perfect dreptunghiulară a semnalului, conform fig.24 pct. c. Din constatările autorului a rezultat însă că în prac-

tică forma semnalului nu este niciodată riguros drept - unghiulară. Din cauza fenomenului de ștergere a conturilor (pag.31) rastrul obținut prin expunere pe un material fotosensibil nu este niciodată riguros dreptunghiular. La expunerea materialului fotosensibil printr-un obiectiv, cum se întâmplă de exemplu în cazul fotografierii (filmării) pe mira testfilmului a unor structuri periodice cu distribuție dreptunghiulară, apertura de expunere este dată de unghiul de deschidere a obiectivului. Pentru a expune frecvențele mai înalte cu o modulație suficientă trebuie folosit un obiectiv cu o deschidere mai mare. Astfel, în locul unei raze de lumină, fiecare punct al rastrului este expus printr-un con de raze de lumină. Prin aceasta apar în emulsia fotografică zone de semiumbre (fig.26) ceea ce face ca repartiția densităților să nu mai fie dreptunghiulară. La o apertură mai mare sau la frecvențe spațiale mai mari, modulația obținută prin expunerea optică a unui rastru dreptunghiular se apropie în practică de o modulație sinusoidală, adică oscilația de bază sinusoidală este preponderentă, iar armonicile sînt neglijabile.

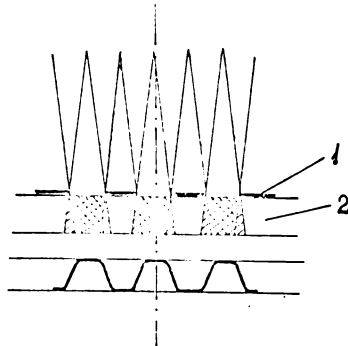


Fig.26. Apariția zonelor de semiumbre în emulsia 2, la expunere prin contact a unui rastru dreptunghiular 1, cu apertură de 1:5. După [44].

Dacă copierea optică a modulației se repetă, aceasta se apropie și mai mult de una sinusoidală etc.

Rezultă din cele de mai sus că cele două fenomene,

prezintă o variație inversă funcție de frecvență :

1 - amplitudinea oscilației sinusoidale de bază a unei modulații riguros dreptunghiulare, la frecvențe joase este apropiată de amplitudinea unei oscilații sinusoidale pure de aceeași frecvență. Odată cu creșterea frecvenței amplitudinea aceasta crește însă față de amplitudinea oscilației sinusoidale, ajungând la frecvențe înalte să aibă o valoare mai mare ca factorul  $4/\pi$  .

2 - o modulație de formă dreptunghiulară obținută pe un material fotosensibil prin copiere optică nu este riguros dreptunghiulară. Ea poate fi considerată aproximativ dreptunghiulară la frecvențe joase și se apropie, odată cu creșterea frecvenței spațiale, din ce în ce mai mult de o modulație sinusoidală.

Intrucât cele două fenomene se compensează reciproc într-o anumită măsură, autorul a ajuns la concluzia că pentru măsurarea transmisiei modulației în proiecția cinematografică se poate folosi un rastru "quasi dreptunghiular" înțelegând prin aceasta un rastru obținut pe mira testfilmului prin copiere optică a unei modulații de formă dreptunghiulară.

Influența folosirii unui asemenea rastru asupra preciziei funcției de transfer va fi comentată în capitolul despre erori.

### 5.1.2. ALEGEREA FRECVENTELOR SPAZIALE

S-a demonstrat în capitolul 4.3. că funcția de transfer a modulației este întotdeauna o funcție continuă. Această proprietate a ei permite construirea ei grafică în cazul când se cunosc câteva puncte ale ei, adică dacă se cunoaște valoarea funcției pentru câteva frecvențe spațiale discrete. Autorul și-a pus deci problema alegerii frecvențelor spațiale discrete care să fie cuprinse în structurile periodice ale mirei.

Pentru a permite o reprezentare semilogaritmică cum

se obișnuiește la funcțiile de transfer sau una logaritmică care este și mai avantajoasă în cadrul metodei preconizate de autor, este necesar ca raportul între două frecvențe consecutive să fie constant.

În ceea ce privește domeniul frecvențelor spațiale, caracteristic pentru proiecția cinematografică, acesta acoperă cca 3 octave. Limita inferioară, sub care transferul modulației are loc în mod linear la orice instalație de proiecție cinematografică se găsește, după constatările autorului, în jurul frecvenței spațiale de 10 linii/mm. Limita superioară este dată de frecvența critică de 60 linii/mm amintită mai sus și reprezintă limita frecvențelor spațiale care pot fi văzute de spectatori (vezi pag. 122).

Intrucât intervalul de o octavă (intervalul dintr-o frecvență oarecare  $f_1$  și o frecvență de două ori mai mare  $f_2 = 2f_1$ , care este curent folosit ca unitate de exprimare a intervalelor între frecvențe, este prea mare, conducând în domeniul caracteristic numai la 4 frecvențe discrete, autorul a ales în locul octavei un raport mai mic, de o treime de octavă. În acest caz raportul între două frecvențe discrete alese este de  $\sqrt[3]{2}$ . În reprezentarea logaritmică frecvențele spațiale alese vor fi separate de segmente egale având valoarea de  $\lg \sqrt[3]{2} \approx 0,1$ . Domeniul caracteristic va fi astfel acoperit de nouă frecvențe, ceea ce este suficient pentru calcularea sau trasarea funcției de transfer. Cele nouă frecvențe sînt : 10-12,5-16-20-25-32-40-50-63 linii/mm.

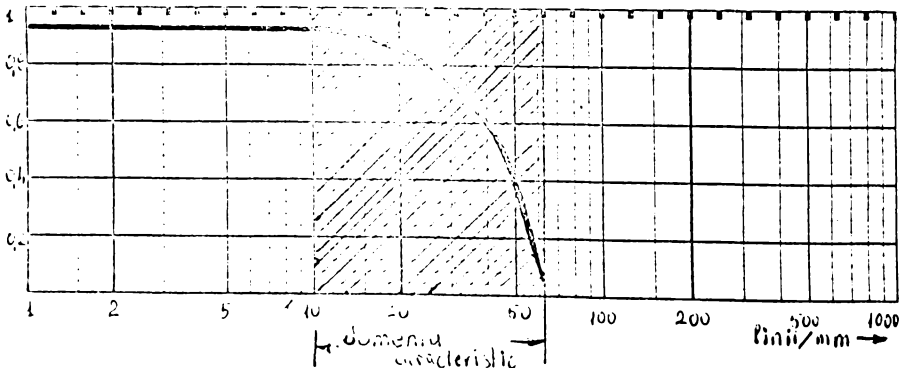


Fig. 27.

În fig.27 este trecută o funcție de transfer a modulației în reprezentarea logaritmică. Domeniul caracteristic - figurat hașurat - este limitat în partea inferioară de frecvența spațială de 10 Hz întrucât această frecvență funcția este lineară și în partea superioară de frecvența de 63 linii/mm, prima dintre treptele de frecvență care se găsește deasupra frecvenței critice de 60 Hz. În partea superioară a diagramei sînt figurate prin pătrățele negre treptele de frecvențe în raport de  $\sqrt[3]{2}$ , care în reprezentarea logaritmică reprezintă segmente egale.

Frecvențele calculate exact, logaritmul frecvențelor cît și constanta rastrului pentru fiecare frecvență sînt trecute în tabela 1. Aici, prin constanta rastrului s-a notat intervalul de spațiu ocupat la frecvența spațială respectivă, de o pereche de linii (una transparentă și una opacă) exprimat în  $\mu\text{m}$ , adică lungimea de undă a oscilației.

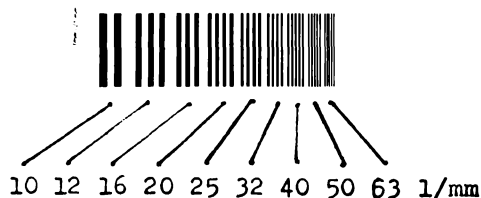
tabela nr.1

Nr. crt.	Frecvența spațială $\gamma$ (linii/mm)		lg $\gamma$	Constanta rastrului ( $\mu\text{m}$ )
	Valoarea teoretică	Valoarea nominală		
1.	10	10	1,0	100
2.	12,52	12,5	1,1	80
3.	15,85	16	1,2	63,1
4.	20	20	1,3	50
5.	25,12	25	1,4	39,8
6.	31,62	32	1,5	31,6
7.	39,81	30	1,6	25,1
8.	50,12	50	1,7	20
9.	63,1	63	1,8	15,85

În fig.28 este redat (la scara 25:1) un grup de linii destinat măsurării transmisiei modulației care conține cele nouă frecvențe spațiale conform tabelii 1. În mărimea naturală - pe testfilm - fiecare din linii este lungă de 0,5 mm, adică lungimea liniilor rămîne constantă de-a lungul diferitelor frecvențe spațiale. Spre deosebire de grupurile de linii folosite în mira altor testfilme,

unde lungimea liniilor descrește odată cu frecvența spațială (adică odată cu descreșterea pasului liniilor și a grosimii liniilor), autorul a ales în mod original linii de egală lungime, pentru a putea măsura cu un microfotometru, în condiții identice, densitatea liniilor la toate frecvențele spațiale considerate. Un mic compromis s-a admis numai la cele două grupuri de linii din centrul ecranului, unde liniile frecvenței de 10 Hz (frecvență care nu este de loc critică în centrul ecranului), sînt ceva mai scurte întrucît grupul de linii orizontale se întîlnește cu grupul de linii verticale. Numărul liniilor de la fiecare frecvență a fost ales crescând cu frecvența, în vederea efectuării și a unui eventual control subiectiv, prin apreciere a grupelor de linii destinate măsurării.

Fig.28. Grup de linii destinat măsurării transmisiei modulației



În fig.29 este redată mira testfilmului, realizată de autor în 1974 cu grupele de linii destinate măsurării transmisiei modulației descrise mai sus. Aceste grupe au fost amplasate în centrul mirei, în cele patru colțuri și în poziții intermediare, orientate vertical și orizontal, cunoscînd că zonele izoplanate în cazul proiecției cinematografice sînt cercuri concentrice. În afară acestor grupe de linii, testfilmul preia și elementele testfilmului realizat de autor în 1973. Se observă că din cauza dublei copierii - odată de pe testfilm pe un negativ și pe urmă de pe negativ pe copia pozitivă mărită, frecvențele spațiale mai mari nu mai sînt reproduse corect.



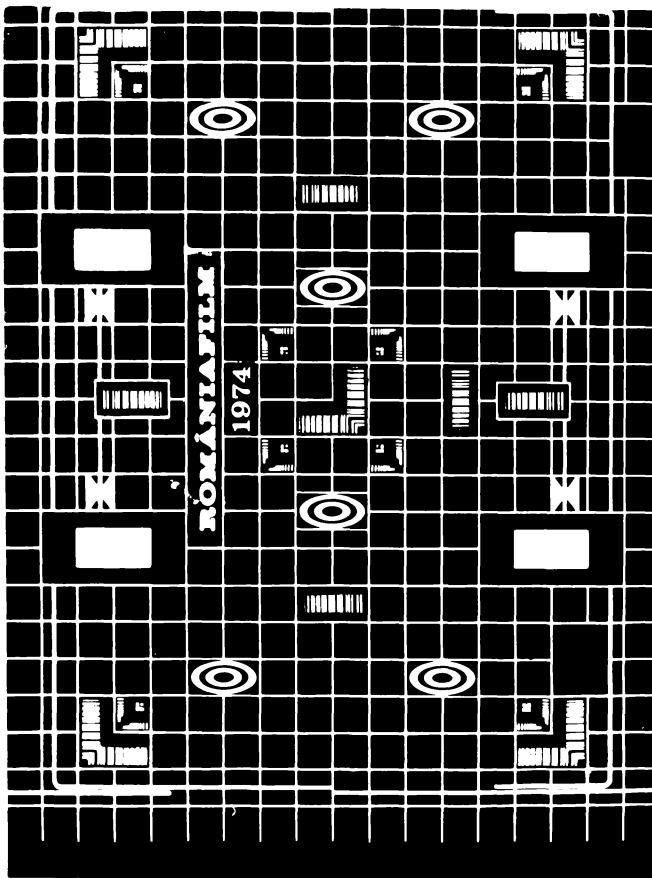
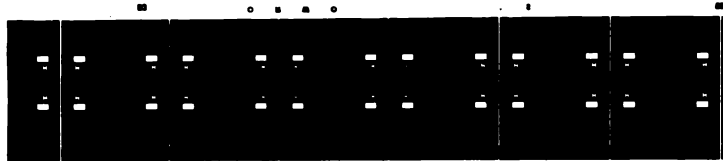


Fig.29. Mira testfilmului "Româniafilm 1974"

BUPT

Expunerea cadru cu cadru a mirei direct pe pelicula pozitivă de 35 mm (fără a se trece printr-un negativ) și prelucrarea filmului în condițiile standard a laboratorului de prelucrare a peliculei, secția Buftea, a condus la testfilmul redat în fig.30.

Fig.30.  
Testfilm 1974.



Rezultatele măsurării modulației rastrelor drept unghiulare ale acestui testfilm sînt date în tabelul 2.

Au fost măsurate de cîteva ori densitatea liniilor transparente și respectiv a intervalelor întunecate între ele, făcîndu-se media măsurărilor. Măsurarea valorilor extreme în fotograme diferite, alese la întîmplare și în diferitele poziții a rastrelor pe fotogramă au confirmat că scara densităților este aceeași, indiferent de poziția pe fotogramă și indiferent de fotograma de-a lungul testfilmului. Densitatea fiind egală cu logaritmul inverului transmisiei (egală cu logaritmul opacității) autorul a calculat valoarea opacității și transmisiei, funcție de frecvență pentru liniile transparente și cele întunecate, de unde, conform relației (1) rezultă contrastul în funcție de frecvența spațială.

În fig.31 este redată funcția de transfer a modulației pentru operațiile de expunere-prelucrare a testfilmului. Se constată că transmisia modulației a fost lineară numai pînă aprox. la 20 Hz, pentru frecvențe mai mari existînd o reducere treptată a contrastului. Intrucît acest testfilm urmează a fi folosit drept sursă de semnal în măsurarea funcției de transfer pentru proiecția cinematografică, în ultimul rînd al tabelului 2 au fost calculate coeficienții de corecție, funcția de frecvență spațială constînd din valoarea inversă a contrastului la frecvența respectivă.

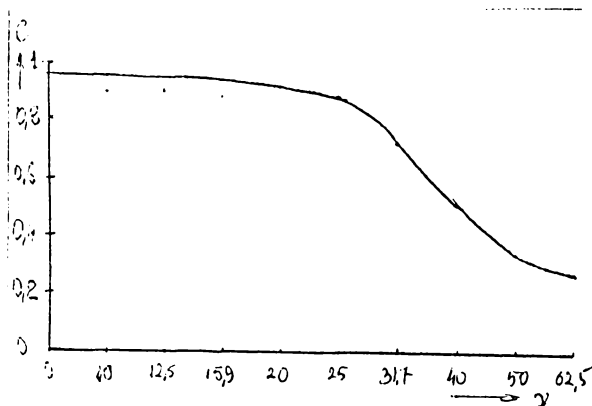
Modulatia testfilmului

Parametru	Metoda de determinare	Frecvența spațială (linii pe mm)									
		10	12	16	20	25	32	40	50	62	
Densitatea liniilor transparente $D_t$	Măsurarea 1	0,46	0,48	0,52	0,57	0,64	0,86	0,90	1,00	1,10	
	" 2	0,45	0,46	0,50	0,56	0,65	0,84	0,94	1,05	1,10	
	" 3	0,45	0,48	0,50	0,57	0,66	0,82	0,98	1,05	1,10	
	" 4	0,44	0,46	0,50	0,60	0,70	0,88	0,96	1,10	1,10	
	" 5	0,45	0,47	0,48	0,55	0,65	0,80	0,92	1,05	1,10	
	media	0,45	0,47	0,50	0,57	0,65	0,84	0,94	1,05	1,08	
Densitatea liniilor în tuncate $D_i$	măsurarea 1	2,0	2,0	2,0	1,95	1,8	1,5	1,3	1,3	1,25	
	" 2	2,1	2,1	2,05	1,9	1,8	1,7	1,6	1,3	1,3	
	" 3	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,7	1,5	1,4	1,3	
	" 4	2,0	2,0	1,9	1,85	1,75	1,6	1,4	1,35	1,35	
	" 5	2,0	2,0	2,0	1,9	1,85	1,6	1,4	1,3	1,3	
	media	2,0	2,0	1,97	1,90	1,80	1,62	1,42	1,33	1,30	
opacitatea	$o_t = 10^{D_t}$	2,82	2,95	3,16	3,715	4,58	6,93	8,72	11,09	12,00	
	$o_i = 10^{D_i}$	100	100	93,32	79,45	63,1	41,84	26,10	21,40	20,60	
coef. de transmisie	$\tau_t = 1/o_t$	0,3546	0,3389	0,3160	0,2690	0,2183	0,1442	0,1147	0,0901	0,0833	
	$\tau_i = 1/o_i$	0,0100	0,0100	0,0107	0,0125	0,0158	0,0239	0,0363	0,0467	0,0500	
contrast	$C = \frac{\tau_t - \tau_i}{\tau_t + \tau_i}$	0,945	0,942	0,934	0,911	0,865	0,716	0,504	0,317	0,250	
coef. de corecție	$K = \frac{1}{C}$	1,052	1,055	1,064	1,094	1,14	1,395	1,980	2,95	3,90	

Caracteristicile structurilor periodice (rastrelor) testfilmului  
tip "Româniafilm 1975"

Conform definiției, funcția de transfer a modulației reprezintă raportul între modulația semnalului de intrare față de modulația semnalului obținut la ieșire, în funcție de frecvența spațială. Pentru determinarea experimentală a acestei funcții în cazul proiecției cinematografice trebuie deci măsurată modulația imaginii pe ecran la diferitele frecvențe spațiale și raportată la modulația testfilmului. Practic ar trebuie împărțită valoarea contrastului imaginii la valoarea contrastului mirei testfilmului pentru fiecare din frecvențele spațiale luate în considerare. Pentru a simplifica operațiile ce se efectuează pe teren, la diferitele cinematografe, autorul a înlocuit această operație de împărțire cu una de înmulțire. Contrastul măsurat pe ecran se înmulțește cu inversul contrastului testfilmului, adică cu coeficientul de corecție de mai sus, obținându-se astfel valoarea funcției de transfer a modulației pentru frecvența spațială respectivă.

Fig. 31. Funcția de transfer a modulației la expunerea și prelucrarea testfilmului.



În concluzie se constată că testfilmul realizat de autor în 1974 a îndeplinit condițiile impuse și a fost folosit, cu rezultate excelente, drept sursă de semnal la măsurarea funcției de transfer a modulației în perioada 1974-1975.

Frecvențele spațiale luate în considerare acoperă într-adevăr domeniul caracteristic, modulația quasi dreptunghiulară se pretéază perfect pentru măsurarea modulației în

proiecția cinematografică, zonele considerate izoplanate a - coperă cîmpul imaginii, iar mira testfilmului permite atît măsurarea funcției de transfer cît și verificarea obișnuită prin apreciere a calității proiecției cinematografice.

## 5.2. INSTALAȚIA EXPERIMENTALĂ DE MĂSURARE A FUNCȚIEI DE TRANSFER A MODULAȚIEI

Măsurarea transmisiei modulației într-un cinematograf presupune, după metoda preconizată, măsurarea modulației i - maginii obținute pe ecran.

Neexistînd mijloace adecvate de măsurare a fost nece - sar ca autorul să elaboreze o instalație de măsurare care să îndeplinească următoarele condiții :

- să permită microfotografierea unor rastre orizonta - le și verticale în diferite locuri a ecranelor cinemato gra - felor existente, unele din ele de mărime apreciabilă ;

- instalația să permită <sup>atît</sup> citirea rezultatelor în tim - pul măsurărilor cît și înregistrarea acestora ;

- avînd în vedere că măsurătorile se efectuează la cinematografe diferite, instalația să fie demontabilă în mo - dule ușor de transportat ;

- precizia rezultatelor măsurărilor să nu depindă pe cît este posibil de condițiile existente în cinematog raf.

Schema de principiu a instalației experimentale de măsurare realizată este dată în fig.32. Testfilmul descris în capitolul 5.1. care formează semnalul de intrare, se pro - iectează pe ecran cu aparatele existente în cinematograf în condițiile obișnuite. În fața ecranului se montează instala - ția de fotometrare a imaginii proiectate. Semnalul de ieși - re, tradus de instalația de fotometrare în oscilații elec - trice, pleacă la grupul de instrumente de măsurare și înre - gistrare. În afara acestui grup de instrumente pentru etalo - narea instalației mai sînt necesare un film de etalonare și un luxmetru.

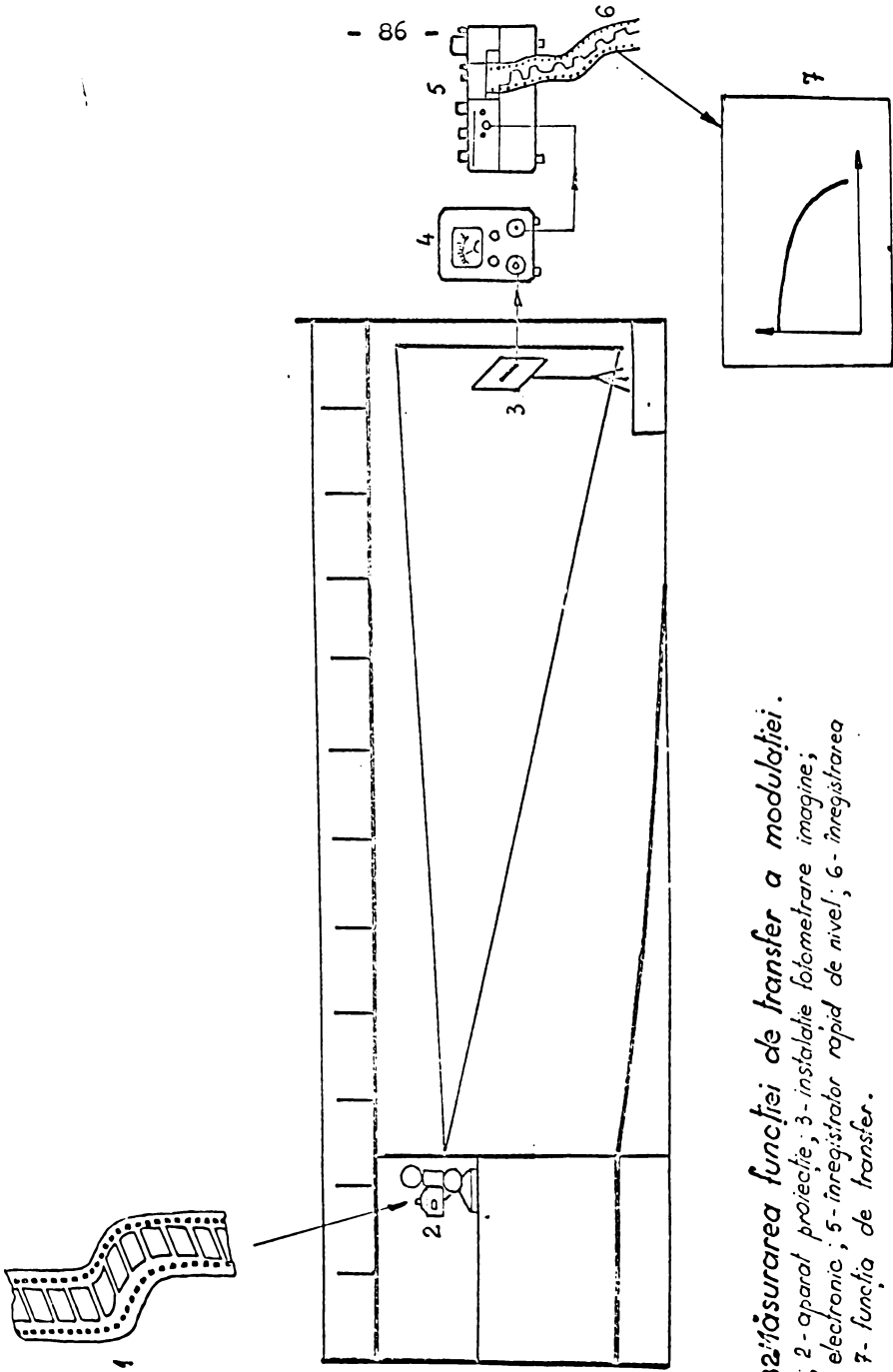


Fig. 32: Măsurarea funcției de transfer a modulației.  
 1- Test film; 2- aparat proiecție; 3- instalație fotometrare imagine;  
 4- voltmetru electronic; 5- înregistrator rapid de nivel; 6- înregistrarea  
 contrastelor; 7- funcția de transfer.

### 5.2.1. INSTALATIA DE FOTOMETRARE

Instalația de fotometrare a imaginii constă din foto - metru, un preamplificator linear, un mic ecran ajutător, o instalație de alimentare și comandă și un trepied reglabil (fig.33,34,36,37 și 38).

... aia  
... se

Fig.33. Instalația de fotometrare, montată cu fotometru orizontal în fața ecranului unui cinematograf :  
1 - ansamblu fantă-fotodiodă ; 2 - ecran ajutător ; 3 - piesa de legătură între fotometru și trepied ; 4 - trepied reglabil.

Ca element fotosensibil care explorează imaginea rasetrelor proiectate pe ecran, autorul a folosit o fotodiodă cu siliciu de tip 1-PP-75, montată în spatele unei fante mecanice reglabile.

Pentru a nu da naștere la reflexii nedorite, carcasa și fața lamelelor care formează fanta sînt acoperite cu o vopsea neagră mată specială, cum se întrebuintează în interiorul obiectivelor. De asemenea a fost prevăzută posibilitatea atașării în fața fantei mecanice a unei așa-zise "prefante" prin care se poate elimina, după caz, influența luminii parazite

întrucît permite să cadă pe fantă numai razele care vin în -  
tr-un unghi de apertură de cca  $10^\circ$ . Deschizătura fantei se  
poate regla între 0,02 mm și 1 mm, în funcție de mărirea li-  
niară a imaginii care se proiectează. Lățimea ecranelor de  
film normal în cinematografele publice este între 3 și 10 m,  
iar lățimea ecranelor pentru filme cinemascop ajunge și pînă  
la 20 m, ceea ce corespunde la măriri lineare de 1:150 pînă  
la 1:500, respectiv 1:1000. Pasul rastrului proiectat pe e -  
cran la aceste măriri ajunge să fie între 2,4 și 8 mm la  
film normal, respectiv 16 mm la cinemascop pentru frecvența  
cea mai mare din rastru, de 63 Hz. Grosimea unei linii lumi-  
noase, egală cu jumătatea pasului rastrului, va fi între 1,2  
mm și cel mult 8 mm. Punînd condiția ca grosimea fantei să  
fie de cel puțin 10 ori mai mică decît linia ce se foto -  
metrează, domeniul de reglaj al fantei corespunde.

În schimb cantitatea de lumină ce ajunge pe fotodiodă  
se reduce foarte mult în cazul reglării fantei la lățimi re-  
duce, ceea ce a făcut ca semnalul util debitat să fie de or-  
dinul mV și să nu se detașeze suficient de tensiunile de  
zgomot iar înregistrările să devină neconcludente. În aceas-  
tă situația autorul a completat instalația cu un preamplifi-  
cator cu două etaje (fig.34).

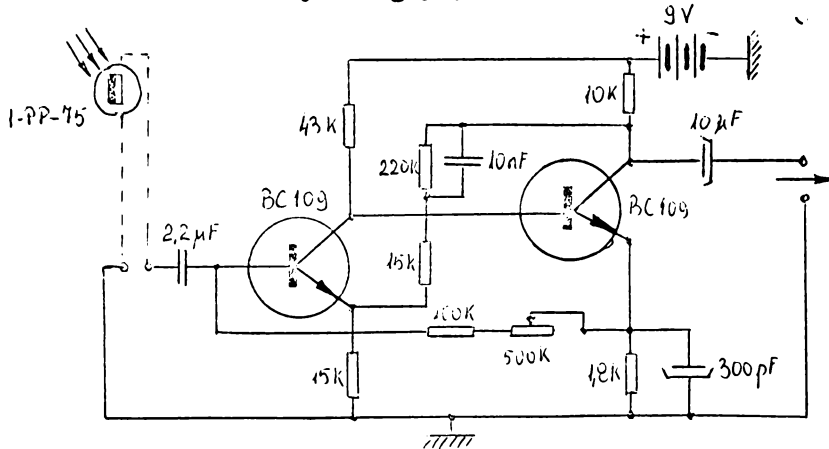


Fig.34.Schema preamplificatorului de fotodiodă



Cunoscînd frecvența semnalului de 48 Hz (din cauza întreprerilor fluxului luminos de către obturatorul aparatului - vezi cap.2) autorul a ales un montaj tipic pentru frecvențe joase cu 2 tranzistori și planar de tip npn (BC 109) și suficiente reacții care să asigure stabilitatea funcționării și o caracteristică lineară. În fig.35 este dată caracteristica fotoelectrică a fotodiodei 1-PP-75 și caracteristica fotoelectrică a ansamblului fotodiodă-preamplificator pentru cazul cînd grosimea fantei este egală cu 0,2 mm și tensiunea de alimentare a preamplificatorului este cea nominală de  $U_n = 9$  V. La alte grosimi ale fantei sau la alte tensiuni de alimentare caracteristica se deplasează; acest ansamblu se caracterizează din punct de vedere fotoelectric printr-o familie de caracteristici, care însă toate păstrează alura caracteristicii fotodiodei. După cum se vede din fig.35 caracteristica are o porțiune inițială lineară.

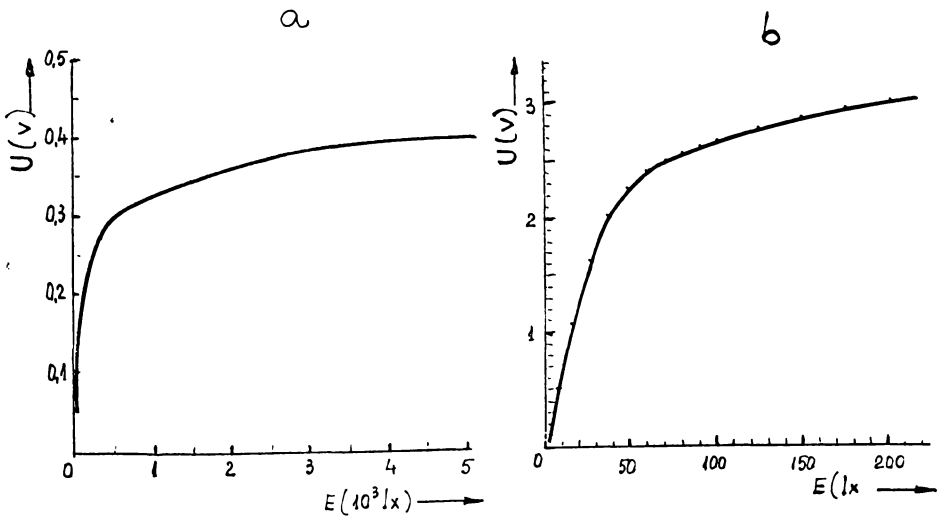


Fig.35 : a - caracteristica fotoelectrică a fotodiodei 1-PP-75 ;  
b - caracteristica fotoelectrică a ansamblului fanta-fotodiodă-preamplificator pentru grosimea fantei  $S = 0,2$  mm și tensiunea de alimentare  $U = 9$  V.

La fanta de 0,2 mm și tensiunea de alimentare de  $U_n = 9$  V, linearitatea se păstrează pînă la aproximativ 40 lux unde ansamblul debitează o tensiune de 2 V. Panta porțiunii liniare în acest caz corespunde la  $tg\alpha = 40/2 = 20$  lux/V. La luminanța liniilor transparente ale mirei care corespund la valori mai mari de iluminare, corespondența lux-Volt trebuie citită din caracteristică.

Cu toate că consumul propriu al preamplificatorului este minimal și se poate neglija, nu se poate conta pe faptul că tensiunea bateriei de alimentare rămîne constantă și egală cu  $U_n = 9$  V pe o perioadă mai îndelungată de timp. De asemenea sînt posibile cazuri cînd trebuie modificată grosimea fantei, ceea ce presupune de asemenea reglarea preamplificatorului. Dar în special este necesar ca în vederea creșterii operativității și a preciziei măsurărilor, ansamblul fotodiodă-preamplificator să se regleze pentru fiecare măsurătoare în parte în așa fel încît măsurarea să se facă pe porțiunea lineară a caracteristicii. De aceea autorul a prevăzut încă două posibilități de reglare. Pe de o parte a prevăzut posibilitatea reducerii luminii ce cade pe fotodiodă prin intercalarea unor filtre neutre între fantă și fotodiodă (fig.36). Instalația a fost dotată în total cu 20 de filtre neutre diferite, a căror valori formează o scară continuă începînd de la coeficientul de filtrare 0,05 și pînă la coeficientul de 0,99.

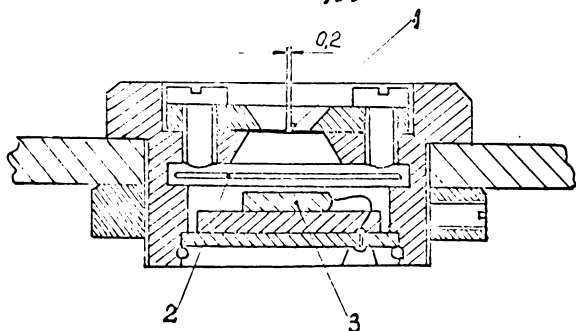


Fig.36. Secțiune prin ansamblul fanta-fotodiodă  
1 - fantă ; 2-filtru;  
3 - fotodiodă ; 4 - carcasă ; 5 - sania fotometrului

În al doilea rînd preamplificatorul a fost prevăzut cu un potențiomtru de 500 K $\Omega$  în circuitul de reacție, care per-

mite o reglare practic continuă a deplasării caracteristicii fotoelectrice a ansamblului fotodiodă-preamplificator față de axa tensiunilor. Metoda de etalonare operativă a acestui ansamblu, împreună cu etalonarea întregii instalații este descrisă în capitolul 5.3.1.

Pentru o fotometrare corectă a structurilor periodice proiectate, ansamblul fantei de citire (fig.36) format din carcasă, fantă mecanică, fotodiodă și eventual filtru de corecție, trebuie să exploreze imaginea rastrelor, adică să le parcurgă cu o viteză constantă și cunoscută. În acest scop ansamblul fantă-fotodiodă este fixat pe sania fotometrului, deplasându-se odată cu acesta. Direcția de deplasare trebuie să fie perpendiculară pe liniile rastrului, iar în timpul deplasării fanta să fie perpendiculară pe direcția de deplasare, adică paralelă cu liniile rastrului. Perpendicularitatea fantei pe direcția de deplasare se reglează odată pentru totdeauna prin orientarea corespunzătoare a carcasei fantei pe sania dispozitivului de fotometrare (fig.33 și 37). Cel mult această orientare trebuie reverificată dacă fanta a fost reglată la o altă deschidere, operație la care ar fi posibilă o eventuală dereglare a perpendicularității..

Reglarea direcției de deplasare față de imaginea structurilor periodice se realizează prin orientarea pe verticală sau pe orizontală a întregului fotometru. Pentru aceasta piesa de legătură între rama fotometrului și trepied (piesa notată cu 3 în fig.33), permite reglarea și blocarea fotometrului în poziție verticală sau orizontală, corespunzător celor două direcții de așezare a structurilor periodice în mira testfilmului. Dat fiind că aceste structuri au o poziție bine definită față de liniile orizontale și verticale lungi ale mirei testfilmului (rețeaua de linii care servesc la verificarea aberațiilor) în practica măsurărilor s-a dovedit ca foarte ușoară o reglare a poziției fotometrului după aceste linii.

În ceea ce privește viteza de deplasare a saniei de-a lungul fotometrului (vezi fig.37), aceasta a fost prevăzută de autor egală cu  $v_1 = 1$  mm/sec., având în vedere două probleme : pe de o parte autorul a găsit necesar ca deplasarea fan-

tei față de imaginea mirei testfilmului proiectată pe ecran, să fie făcută suficient de lentă pentru ca frecvența oscilației luminii datorită rastrului să fie foarte mică în raport cu frecvența de 48 Hz a oscilației purtătoare. De exemplu, dacă se proiectează testfilmul într-un cinematograf mic, a - vînd o mărire lineară de 1:190, lungimea de undă a frecvenței spațiale de 63 Hz în imaginea de pe ecran va fi de

$$\lambda = \frac{1}{63} \times 190 \cong 3 \text{ mm.}$$

La o viteză de deplasare a fantei de  $v_1 = 1 \text{ mm/sec.}$  această oscilație va fi parcursă în 3 sec., adică rezultă 0,33 Hz la înregistrarea frecvenței spațiale modulatoare, ceea ce este convenabil față de frecvența de 48 Hz a oscilației purtătoare și permite ca înregistrarea să urmărească îndeaproape curba de modulație. Pe de altă parte s-au avut în vedere și vitezele de avans posibile ale hîrtiei înregistratorului rapid de nivel care sînt între altele de  $v_2 = 10 ; 3 ; 1 ; 0,3 ; 0,1 \text{ mm/sec.}$  Alegînd una din aceste viteze de avans ale hîrtiei înregistratorului și cunoscînd viteza de deplasare de 1 mm/sec. a fotometrului, rezultă scări de mărire sau micșorare ale înregistrării față de imaginea pe ecran care sînt convenabile ca de exemplu : 10:1 ; 3:1 ; 1:1 ; 1:3 și 1:10 etc.

Pentru realizarea practică a acestei viteze în amîndouă sensuri ale fotometrului s-a ales pentru antrenare un motor de curent continuu cu 2 înfășurări, al cărui sens de rotație se poate inversa prin comutarea legăturilor. Un reductor de turație reduce viteza de rotație a motorului pînă la valoarea de 0,8 ture/sec., viteza de rotație cu care este antrenat un șurub fără sfîrșit cu filet de M8 (vezi fig 37). Pasul șurubului de M8 fiind de 1,25 mm în conformitate cu STAS 981-74 rezultă viteza de deplasarea saniei fotometrului de  $v_1 = 0,8 \times 1,25 = 1 \text{ mm/sec.}$

Intrucît filetarea unui ax de 8 mm, lung de cca 400 mm cu posibilitățile autorului nu s-a putut realiza cu precizia dorită, în special în ceea ce privește bătaia radială, autorul a realizat ghidajul deplasării saniei fotometrului independent de acest șurub, pe două axe de mare precizie.

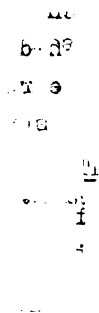


Fig.37. Fotometrul văzut din spate : 1 - motor cu reductor ; 2 - șurub fără sfârșit ; 3 - sanie 4 axe de ghidare ; 5 - limitator de cursă.

Piulița deplasată prin rotirea șurubului fără sfârșit, rotunjită pe ambele fețe (fig.37) se deplasează între două fețe paralele ale saniei, fiind împiedicată să se rotească, dar avînd libertatea să bată radial și chiar să fuleze puțin, fără ca aceste abateri de la deplasarea uniformă să se transmită saniei.

Comanda deplasării saniei fotometrului se efectuează de la distanță. În fig.38 este dată schema instalației de alimentare și comandă. Poate fi conectată la rețele de 220 sau 110 V și comportă un redresor cu 4 diode de siliciu de tip EFR montate în punte. Modulul de telecomandă prevede 3 poziții : poziția de repaus, poziția de mers la dreapta și respectiv de mers la stînga, la care, prin intermediul cîte unui releu se conectează motorul de alimentare într-un sens sau în celălalt. Limitatori de cursă, legați în serie cu bobinele releelor, întrerup deplasarea carcasei cu fotodiodă cînd aceasta a ajuns la marginea dispozitivului. Cîte un contact normal închis al celor două relee conectate în serie servește la comanda înregistratorului rapid de nivel. Cupla

magnetică a acestuia lucrând în curent de repaus, deplasarea hîrtiei se întrerupe cînd se închide circuitul de comandă. La conectarea oricăruia din relele (pornirea deplasării carcasa diodei într-un sens sau altul) circuitul de comandă se întrerupe, cîmpa magnetică se închide, hîrtia înregistratorului se deplasează.

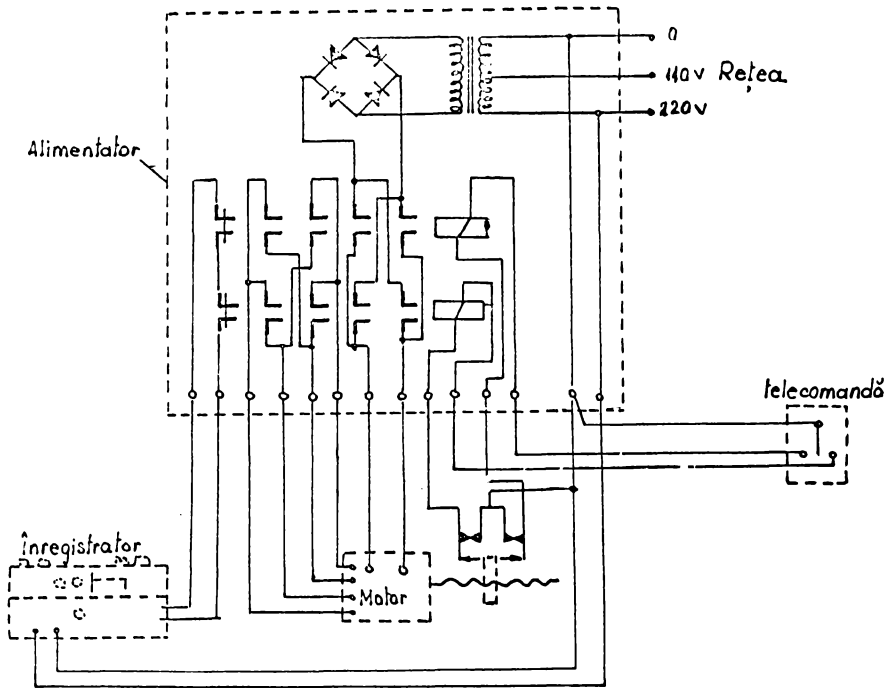


Fig.38. Schema instalației de alimentare și comandă

Ecranul ajutător al instalației de fotometrare este menit să ușureze centrarea imaginii mirei testfilmului. El se găsește exact în planul fantei mecanice și centrarea imaginii pe acest ecran ajutător asigură ca planul ei de claritate maximă să coincidă cu planul de deplasare a fantei.

Trepiedul, prevăzut cu reglaj prin manivelă și cremalieră, asigură ridicarea fotometrului pînă la o înălțime de 3 m, iar prin intercalarea unui prelungitor pînă la  $h = 5$  m. Montat pe roți permite o deplasare ușoară de-a lungul ecranului.

#### 5.2.2. GRUPUL DE INSTRUMENTE DE MASURARE-INREGISTRARE

Prin instalația de fotometrare este tradus semnalul de la ieșirea proiecției cinematografice care constă dintr-o modulație luminoasă în spațiu, într-un semnal electric, în tr-o modulație electrică funcție de timp.

Acest semnal are frecvența purtătoare de 48 Hz, din cauza întreruperilor periodice de lumină de către obturatorul aparatului de proiecție și este modulat lent în amplitudine de către structura periodică din imaginea de pe ecran. Grupul de instrumente necesar pentru vizualizarea, măsurarea și înregistrarea acestui semnal constă dintr-un osciloscop, un voltmetru și un înregistrator rapid de nivel.

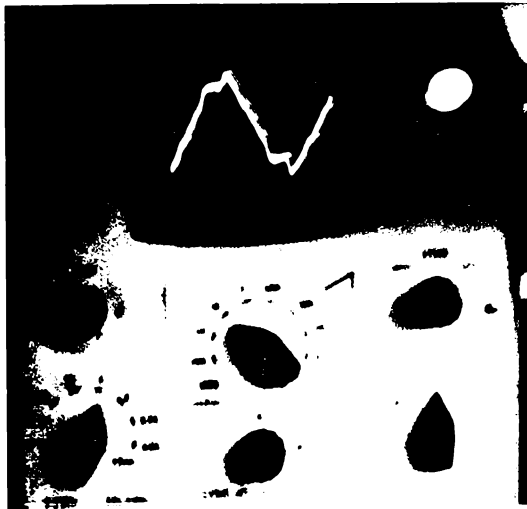


Fig. 39

Forma oscilației cu frecvența de 48 Hz poate fi văzută la osciloscop (fig.39). Față de forma trapezoidală a semnalului ce rezultă teoretic din acoperirea și descoperi-

rea treptată a ferestrei de proiecție de către obturator se constată uşoare devieri care diferă de la un tip de aparat de proiecție la altul și care se datorează, după constatările autorului, în special formei paletelor obturatorului și poziției acestuia față de fereastra de proiecție cât și, uneori, neuniformității iluminării ferestrei.

Intrucât nu s-a putut constata vreo influență a formei semnalului asupra transmisiei modulației, osciloscopul, folosit de autor în timpul elaborării metodei și metodologiei de măsurare, nu este obligatoriu la măsurările de serie în diferitele cinematografe.

Modulația lentă a semnalului care rezultă din exploatarea structurii periodice se măsoară cu ajutorul unui voltmetru electronic și se înregistrează simultan pe un înregistrator rapid de nivel de tip Brüel Kjaer (fig.41). În locul voltmetrului electronic s-ar fi putut folosi și orice alt voltmetru pentru măsurarea tensiunii semnalului, cu condiția ca domeniul de măsurare să fie corespunzător (6 V de exemplu) și ca consumul propriu al voltmetrului să fie suficient de mic pentru a nu influența măsurarea.

Autorul a folosit, după caz, un milivoltmetru Tesla de tip BM 310 sau un voltmetru electronic Brüel Kjaer tip 2409 sau tip 2417 având în vedere adaptarea acestora cu înregistratorul rapid de nivel, posibilitatea măsurării după caz a valorii efective, a valorii de vîrf sau a valorii medii a tensiunii, faptul că semnalul se poate citi direct în dB, cât și în special pentru avantajul oferit că permit conectarea între timpuri diferite de stabilizare, dintre care și scurte de 0,3, respectiv 1 secundă. Se adaugă avantajul că același instrument poate fi folosit și pentru măsurarea semnalului înaintea preamplificatorului, unde acesta are o mărime de ordinul milivolților.

La voltmetru se citesc valorile maxime și minime ale semnalului, ceea ce nu prezintă nici un fel de dificultate, avînd în vedere că și la cinematografele mici, în cazul



frecvenței spațiale de 63 Hz, adică la variațiile cele mai puțin lente ale semnalului, timpul între valoarea maximă și cea minimă este de cca 1,2 secunde, adică mai mare de - cît timpul de stabilizare al voltmetrului Brüel & Kjaer 2417.

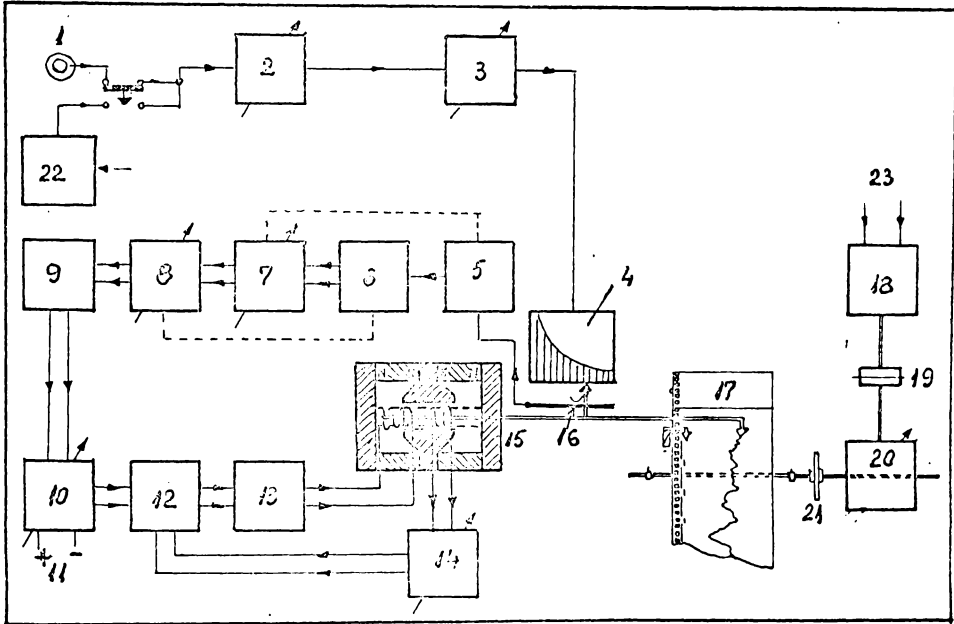


Fig.40. Schema de bloc a înregistratorului rapid de nivel : 1 - intrare ; 2 - potențio - metru de intrare ; 3 - divizor etalonat de intrare ; 4 - potențiomtru de măsurare (interșanjabil) ; 5 - vibrator 100 Hz ; 6 - amplificator în contratimp ; 7 - punte redrecare ; 8 - limitare bandă frecvențe ; 9 - limitator ; 10 - atenuator ; 11 - intrare tensiune referință ; 12 - limitator ; 13 - amplificator c.c. ; 14 - reglare viteză înregistrare ; 15 - sistem magnetic de antrenare ; 16 - perie contact ; 17 - bandă de înregistrare ; 18 - motor ; 19 - cuplă magnetică ; 20 - cutie viteză ; 21 - cuplă fricțiune ; 22 - generator tensiune etalonare ; 23 - alimentare tensiune.

Simultan cu citirea valorilor semnalului, acestea se înregistrează pe înregistratorul rapid de nivel. Principiul de funcționare al înregistratorului folosit de autor (Brüel & Kjaer tip 2305), seamănă cu cel al unui regulator

automat. Tensiunea care trebuie înregistrată se aplică unui potențiomtru de măsurare, a cărui ieșire este reglată la tensiune constantă. Deplasarea cursorului este comandată de o bobină care se poate mișca în întrefierul unui sistem magnetic închis, cu lungimea cîmpului de peste 50 mm. Această bobină este cuplată în afara cursorului și cu acul înregistra-  
tor. Semnalul aplicat înregistratorului este condus pe următorul traseu : peste un potențiomtru de intrare și un divizor etalonat de atenuare ajunge pe potențiomtrul de măsură. De aici, peste un vibrator de 100 Hz (conectat numai în cazul unor semnale de curent continuu) la un amplificator în contratimp și la rețeaua de redresori cu care se alege între măsurarea valorii efective, celei de vîrf sau celei medii. Tensiunea redresată este comparată cu o valoare fixă, iar diferența este introdusă într-un amplificator de c.c. al cărui curent de ieșire alimentează bobina din sistemul magnetic. Partea de amplificare a tensiunii amplificatorului de c.c. lucrează cu o frecvență purtătoare de 5 KHZ, adică diferența de tensiune este vibrată electronic, amplificată și redresată cu respectarea polarității într-un detector de fază.

Pentru reglarea stabilă a funcționării cu diferite potențiometre de măsură, amplificarea de c.c. se poate reduce cu un atenuator (potențiomter - dB - Range) la intrarea amplificatorului de c.c. Viteza de înregistrare este reglabilă printr-un circuit de reacție care pleacă de la o a doua înfășurare a bobinei din sistemul magnetic.

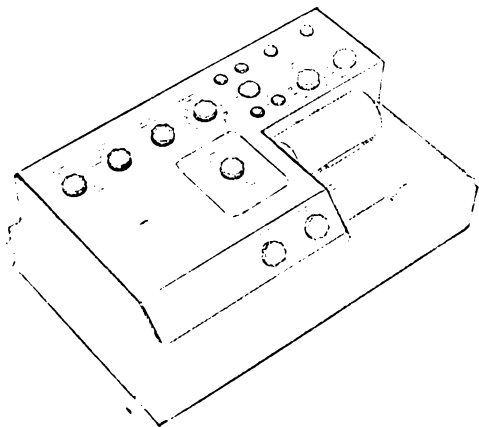


Fig.41. Înregistratorul rapid de nivel BrUel & Kjaer tip 2305

În urma măsurătorilor realizate de autor în diferite săli de cinema, s-a dovedit util ca pentru măsurarea funcției de transfer a modulației înregistratorului să fie echipat și reglat după cum urmează : a - dintre potențiometrele existente ca anexe ale înregistratorului rapid de nivel și de care depinde domeniul de înregistrare și precizia acestuia, se pretează în special următoarele două :

<u>Tipul</u>	<u>domeniul</u>	<u>precizia</u>
ZR 0004	25 dB logaritmic	0,2 dB
ZR 0005	50 dB logaritmic	0,3 dB

Față de potențiometrele lineare, cele logaritmice oferă avantajul că contrastul se poate citi direct în dB, iar domeniul de măsurare pentru măsurarea funcției de transfer a modulației într-un cinematograf uneori depășește 25 dB.

b - Potențiometrul de intrare (Imput potentiometer) și divizorul de atenuare etalonat (Imput attenuator) se reglează înaintea fiecărei măsurători cu ocazia etalonării (vezi capitolul 5.3.).

c - Alegerea punții de redresare. La etalonarea instalației de măsurare, care se efectuează înaintea fiecărei măsurări, se stabilește între altele corespondența între exprimarea în lux a diferitelor trepte de iluminare a ecranului (măsurate cu luxmetru) și exprimarea lor în volți (măsurate cu voltmetrul electronic sau înregistrate de înregistratorul rapid de nivel prin intermediul microfotometrului). Întrucât la rezultatul măsurării nu intervin valorile absolute ale acestor trepte ci numai raportul lor - contrastul - instalația de măsurare s-ar putea etalona atât pentru valorile medii cât și pentru valorile efective sau cele de vîrf ale tensiunilor. Autorul a ales pentru exprimarea treptelor de iluminare valoarea efectivă a tensiunii

$$U_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2 dt}$$

avînd în vedere următoarele considerente :

- se măsoară nivelele de iluminare provocate de rastru, adică o curbă de modulație și nu valorile momentane ale

oscilației purtătoare ;

- spre deosebire de măsurarea valorii de vîrf sau a valorii medii a unui semnal nesinusoidal unde pot interveni erori datorate distorsiunilor de fază a semnalului, adică datorită unor defazări între oscilația de bază și armonicele superioare, produse la amplificare, măsurarea valorii efective este independentă de aceste distorsiuni de fază ;

- valoarea efectivă este mărimea cea mai uzuală, este mărimea normată în Electrotehnică și cea care se folosește aproape exclusiv pentru exprimarea unor nivele.

Comutarea punții de redresare pentru valoarea efectivă a tensiunii se obține înregistratorul rapid de nivel prin fixarea butonului "Rectifier Response" în poziția notată cu RMS (deși denumirea în limba engleză : Root Mean Square).

d - Alegerea limitei inferioare a benzii de frecvență. Limita inferioară, dincolo de care frecvențele sînt puternic atenuate de înregistrator, se poate alege prin butonul cu inscripția "Lower Limited Frequency" la una dintre valorile de : 2, 10, 20, 50 sau 200 Hz. Avînd în vedere frecvența semnalului de 48 Hz această limită se alege pentru măsurarea funcției de transfer egală cu 20 Hz.

e - Viteza de înregistrare. Viteza de înregistrare, adică viteza de deplasare a acului înregistrator, poate fi reglată între 2 și 1.000 mm/sec. prin atenuatorul circuitului de reacție "Writing Speed", Pentru înregistrarea modulației imaginii proiectate a mirei testfilmului s-a dovedit suficientă o viteză de 100 mm/sec. a acului. La viteze superioare, acul încearcă să urmărească variațiile stochastice ale zgomotului conținut de semnal, ceea ce nu este de dorit. La viteze prea mici acul nu urmărește suficient de aproape variațiile semnalului.

f - Reglarea optimă a rezoluției. Poziționarea optimă a atenuatorului amplificatorului de c.c. (Potentiometer - dB - Range) și prin aceasta asigurarea unei rezoluții

cît mai mari, menținîndu-se totuși un regim stabil al înregistratorului este în funcție de limita inferioară a benzii de frecvență, viteza de înregistrare și tipul potențiometrului folosit.

Pentru limita de 20 Hz, la o viteză de înregistrare de 100 mm/sec și un potențiomtru logaritmîc de 50 dB conform monogramei firmei Brüel & Kjaer [45] se obține o rezoluție optimă cu poziția "32". În aceleași condiții, pentru cazul folosirii potențiometrului de 25 dB se recomandă poziția "16".

g - Viteza hîrtiei. Viteza de avans a hîrtiei determină scara de înregistrare a semnalului pe banda înregistratorului. După cum a menționat autorul la capitolul 5.2.1. se obțin scări convenabile cu viteze ale hîrtiei de 10 - 3 - 1 - 0,3 - 0,1 mm/sec. În cele mai multe cazuri se lucrează cu viteza de 1 mm/sec., ceea ce dă, în legătură cu viteza de deplasare a fantei fotometrului de 1 mm/sec. o înregistrare la scara de 1:1. Pentru scoaterea în evidență a unor variații bruște ale nivelului semnalului uneori se folosesc vitezele mai mari, ale hîrtiei, adică 3 sau chiar 10 mm/sec. Vitezele mai mici și anume cele de 0,3 sau 0,1 mm/sec. își găsesc aplicarea în cazul cinematografele mari și foarte mari, unde o structură periodică din miră ocupă mult loc în imaginea proiectată pe ecran și înregistrarea la scara 1:1 ar însemna o risipă inutilă de bandă de înregistrare, fără ca să se obțină din aceasta o precizie mai mare.

În concluzie, la problema grupului de instrumente pentru măsurare-înregistrare se constată că pentru determinări în serie a funcției de transfer a modulației este indispensabil numai înregistratorul rapid de nivel. În măsurări de tip însă este necesar ca acest grup de instrumente să se compună din osciloscop, voltmetru electronic și înregistrator rapid de nivel.

#### Concluzii privind instalația experimentală de măsurare.

Instalația experimentală corespunde scopului pentru care a fost realizată. Se compune din module ușor transportabile. Permite măsurarea funcției de transfer a modulației prin metoda elaborată.

5.3. ETALONAREA INSTALATIEI DE MASURARE A FUNCTIEI DE TRANSFER. ERORI DE MASURARE

5.3.1. Etalonarea instalatiei

Înainte oricărui serii de măsurători, din motivele arătate mai sus, instalația de măsurare trebuie etalonată. Această operație comportă două faze : etalonarea proprie a înregistratorului rapid de nivel și etalonarea instalației de măsurare în ansamblu. Pentru etalonarea proprie a înregistratorului rapid de nivel, acesta este prevăzut cu un buton de etalonare. La apăsarea acestuia, intrarea este deconectată și se aplică înregistratorului în schimb o tensiune de etalonare, foarte bine stabilizată, avînd valoarea efectivă de 100 mV. Cu ajutorul potențiometrului de intrare deviația acului datorită acestei tensiuni de referință, se reglează în poziția dorită. În felul acesta se stabilește de fapt domeniul de înregistrare. De exemplu, dacă în cazul folosirii unui potențiometrului de 50 dB și unei hîrtii de înregistrare de 50 mm, înregistrarea tensiunii de referință de 100 mV se reglează la 20 mm din hîrtie, adică la 20 dB, limita inferioară 0 dB va fi dată de o tensiune de 10 mV iar limita superioară de o tensiune crescută cu 50 dB față de 10 mV, adică de 3,16 V (fig.42 a). Dacă acum se comută divizorul de atenuare de la 0 dB la 10 dB, tensiunea de referință va coborî la linia de 10 mm a hîrtiei (fig.42 b), 100 mV va fi egal cu 10 dB, ceea ce conduce la un domeniu de înregistrare între 31,6 mV (0 dB) și 10 V (50 dB).

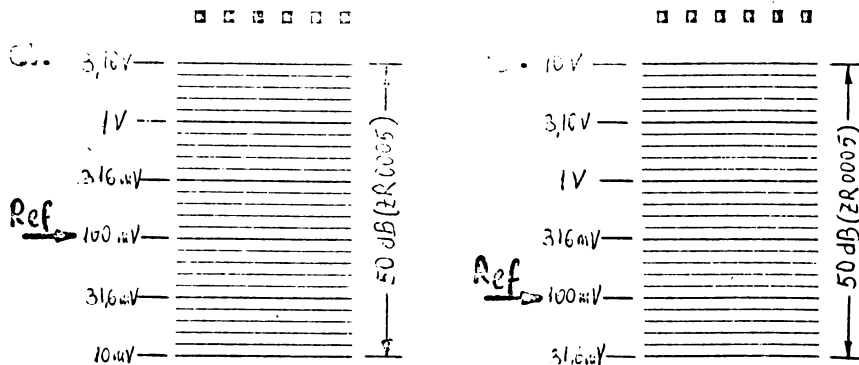


Fig.42. Exemple de etalonare a înregistratorului.

Etalonarea instalației de măsurare în ansamblu are drept scop adaptarea instalației la condițiile existente în cinematograful în cauză. Din acest motiv metoda de etalonare elaborată de autor are ca punct de plecare producerea pe ecran, cu ajutorul aparatelor de proiecție existente, a mai multor trepte de luminanță. Factorul de reflexie (respectiv factorul de luminanță, în cazul ecranelor cu reflexie dirijată) fiind constant, treptele de luminanță sînt proporționale cu treptele de iluminare. Acestea se pot măsura cu un luxmetru, în paralel cu măsurarea lor prin instalația experimentală realizată, de unde rezultă atît tensiunile corespunzătoare treptelor de iluminare cît și nivelele înregistrate pe înregistratorul rapid de nivel. Singura condiție care se impune este aceea ca zonele în care se produc treptele de luminanță să fie uniforme și suficient de mari.

Din experiența unor asemenea etalonări a rezultat că pentru ridicarea caracteristicii fotometrice corespunzătoare condițiilor zilei respective sînt suficiente 12 + 15 trepte de luminanță. Acestea se pot realiza atenuînd fluxul luminos al aparatelor de proiecție prin filtre, site, plăci planparalele montate înclinate etc. sau prin reducerea intensității curentului sursei de lumină (reducerea intensității este permisă numai la lămpi Xenon, întrucît la lămpi cu arc reducerea intensității produce o reducere inadmisibilă a temperaturii de culoare. Evident, măsurile de mai sus permit obținerea treptelor de luminanță, însă nu sînt operative și în cea mai mare parte nu sînt reproductibile, etalonarea comportînd de fiecare dată un volum mare de muncă.

Din această cauză autorul a elaborat o metodă mai operativă care asigură valori reproductibile și elimină - în unele cazuri - și necesitatea existenței luxmetrului. Metoda se bazează pe benzi cu diferite trepte de densitate cunoscute (fig.43). Banda din figura 43 este una pentru folosire statică în cazul cinematografelelor mici cu flux redus de lumină. Pentru cinematografele mari, autorul a realizat un film care comportă pentru fiecare treaptă de densitate cca

3 m de peliculă, ceea ce corespunde cu 6-7 secunde. Porțiunile de diferite densități sînt marcate și separate între ele prin porțiuni cu fotograme complet transparente și complet negre, ceea ce produce pe înregistrator impulsuri duble puternice, care formează semnele de separare.

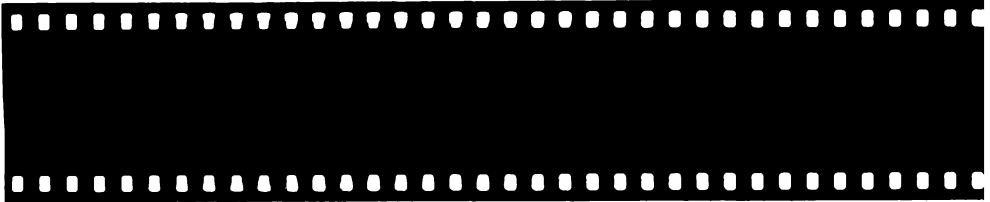


Fig.43. Film cu trepte de densitate

În tabela nr.3 sînt date valorile densităților și ale transparențelor diferitelor zone ale acestui film de etalonare. Proiecția întregului film nu durează decît cca 2 minute, tabel 3

Nr. crt.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
densitate	0,27	0,34	0,41	0,50	0,60	0,70	0,83	0,98	1,12	1,31
factor trans-	0,54	0,45	0,40	0,32	0,25	0,20	0,15	0,10	0,076	0,05
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	1,50	1,65	1,83	2,00	2,14	2,30	2,42	2,58	2,73	2,78
	0,032	0,022	0,015	0,010	0,007	0,005	0,004	0,003	0,002	0,0016

timp în care se notează nivelele de iluminare măsurate cu luxmetrul și eventual tensiunile corespunzătoare. Simultan înregistratorul înregistrează pe bandă scara acestor nivele exprimate în dB (fig.44). În felul acesta banda este direct etalonată și citirea rapoartelor între nivelele de iluminare a măsurărilor ulterioare se pot face direct de pe aceasta.



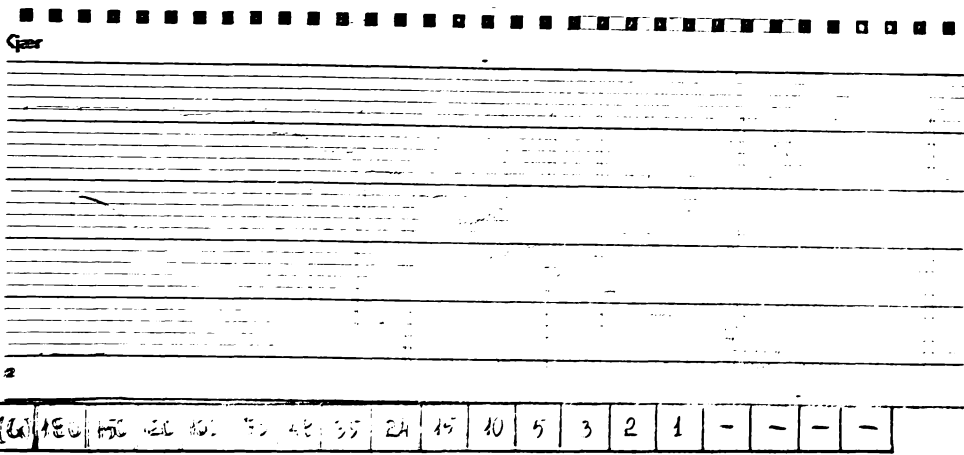


Fig.44. Inregistrarea de etalonare nr.3 din 25 martie 1975, realizată în următoarele condiții: potenționetrul 50 dB, Imput Atenuator 0 dB, Imput Potenționeter 1,5 dB, viteza de înregistrare 100, viteza hîrtiei 1 mm/sec., puncta de redresare RMS.

Din compararea densităților, respectiv a factorilor de transmisie a benzii de etalonare trecute în tabela 3, cu ale testfilmului (tabela 2 - pag.83) se constată că importante sînt zonele 3 + 14 a căror densitate se regăsește în structurile periodice ale mirei testfilmului. Ori la banda din fig.44 în toate aceste nivele sînt înregistrare convenabile și în orice caz nu se găsesc pe porțiunea aproximativ liniară a caracteristicii ansamblului fotodiodă-preamplificator. În acest caz, există o reducere generală a semnalului, curba înregistrare trebuie coborîtă mai jos, de exemplu prin introducerea unei filigran în fața fotodiodei.

În fig.45, 46, 47 este dată o înregistrare de etalonare la care s-a realizat această corecție. După cum se vede din curba logaritmică de etalonare din fig.47, există o relație aproximativ liniară între nivelele de tensiune exprimate în dB și iluminarea corespunzătoare exprimate în lg lux. Această înregistrare există de asemenea o relație liniară între valoarea semnalului dată de preamplificator și iluminarea în lux.

Brüel & Kjør

GP 0402

Zona nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
dB	39	37,5	35,8	33	31	28	25	21	17	13	8	4,1	1,5	-	-
lux	80	68	55	43	35	24	18	12	5	3	2	1	-	-	-

Fig.45. Inregistrarea de etalonare realizată în ziua de 15 aprilie 1975 (etalonarea nr.2) în următoarele condiții :

Potențiometer Range 32	Paper Speed 1 mm/sec
Rectifier Response RMS	Potentiometer 50 dB
Lower Limiting Frequency 20	Input Attenuator 0 dB
Writing Speed 100	Input Potentiometer 1

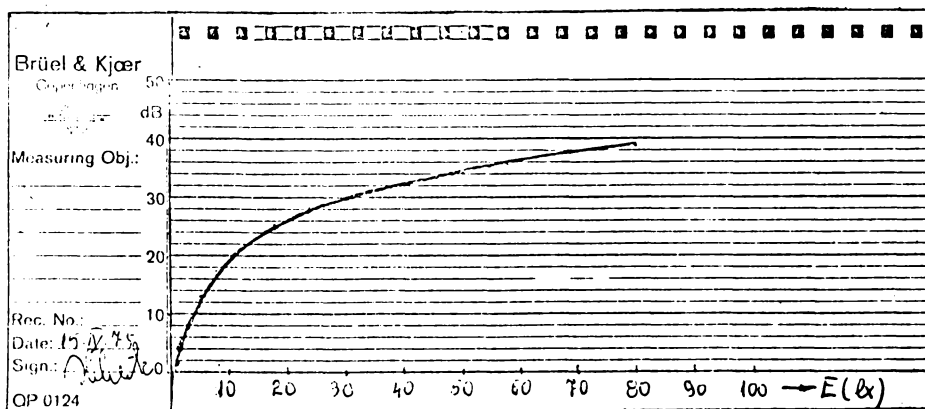


Fig.46. Curba de etalonare corespunzătoare înregistrării din fig.45.

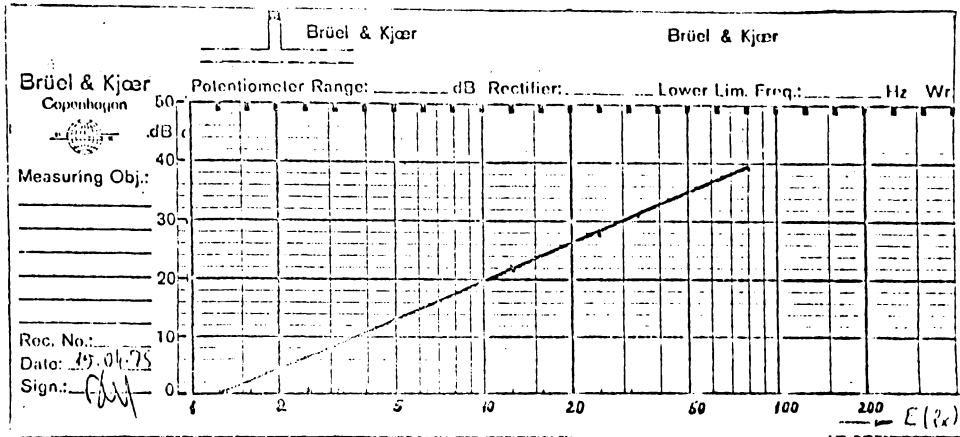


Fig.47. Curba logaritmică de etalonare corespunzătoare înregistrării din fig.45 și 46.

Exprimînd, pentru simplificarea calculului, tensiunea în unități convenționale corespunzătoare nivelelor măsurate în decibeli, rezultă rîndul 4 din tabelul 4. Calculînd relația între valorile acestui rînd și valorile corespunzătoare ale iluminării, se determină relația de proporționalitate. La acest calcul a fost lăsat la o parte cea mai joasă valoare a iluminării, calculîndu-se cu penultima, întrucît ultima valoare a fost citită numai cu aproximație pe luxmetru.

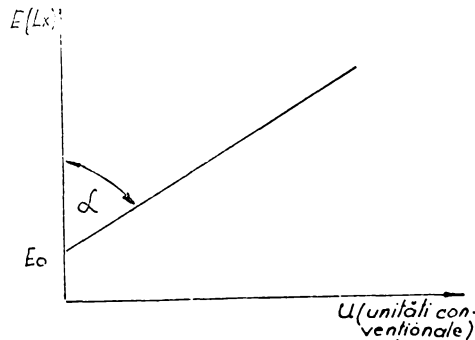


Fig.48. Corespondența între nivelele de iluminare exprimate în lux și în unități convenționale de tensiune.

$$E = E_0 + \frac{U}{\operatorname{tg}\alpha} ;$$

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{U_1 - U_{12}}{E_1 - E_{12}} = \frac{89,12 - 1,60}{80 - 2} = \frac{87,52}{78} = 0,1122$$

$$E_0 = E_1 - \frac{U_1}{\operatorname{tg}\alpha} = 80 - \frac{89,12}{0,1122} = 80 - 79,42 = 0,58$$

$$E = E_0 + \frac{U}{\operatorname{tg}\alpha} = 0,58 + \frac{U}{0,1122} = 0,58 + 0,9 U.$$

În continuare a tabelului 4 sînt calculate valorile intermediare ale iluminării conform relației de mai sus și comparate cu cele măsurate. Diferențele constatate sînt exprimate în valoarea naturală și în procente față de iluminarea maximă de 80 lx.

Tabelul 4

Zona nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
iluminarea măsurată (lx)	80	68	55	43	35	24	18	12	8	5	3	2	1
tensiunea (dB)	39	375	356	335	313	28	25	21	17	13	8	41	15
tensiunea	89,12	75	60,25	47,3	36,75	25,12	17,8	11,22	7,08	4,47	2,51	1,60	1,19
iluminarea re-calculată	80,78	68,08	54,8	40,78	33,65	23,18	16,6	10,67	6,95	4,60	2,84	2,02	1,65
Diferența între iluminarea calculată și cea măsurată (lx)	0,78	0,08	-0,02	-0,22	-1,15	-0,82	-1,4	-1,33	-1,05	-0,4	-0,16	+0,02	+0,65
%	1	0,1	0,25	0,17	1,4	1	1,7	1,65	1,3	0,5	0,2	0,02	0,8

Din analiza acestor erori rezultă că porțiunea din caracteristica fotodiodei în care s-a măsurat nu este riguros liniară. Există o mică curbură care se evidențiază prin aceea că erorile sînt pozitive la capetele zonei considerate și înspre mijloc trec prin zero și ajung să aibă valori negative din ce în ce mai mari (fig.49).



Fig.49.

Rezultă pe de altă parte că erorile sînt mici și pot fi admise în cazul determinărilor comparative a funcțiilor de transfer a modulației.

Cunoscînd cele de mai sus se poate recalcula acum exprimarea contrastului direct din valorile citite în dB pe banda înregistratorului. Existînd proporționalitate între tensiunile înregistrate și iluminările măsurate, raportul tensiunilor este egal cu raportul iluminărilor, întrucît factorul de proporționalitate se reduce. Deci raportul tensiunilor în dB între înregistrările maxime și minime exprimă contrastul sub formă

$$C = 20 \lg \frac{E_{\max}}{E_{\min}}$$

de unde se pot calcula celelalte exprimări. Astfel, contrastul exprimat în forma dorită pentru funcția de transfer a modulației

$$C = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{E_{\max} + E_{\min}} \quad \text{rezultă din raportul}$$

$$C = 20 \lg \frac{E_{\max}}{E_{\min}}$$

printr-un calcul simplu.

În fig.61 și în tabelul 8 este dat contrastul exprimat în dB, în raport simplu  $E_{\max}/E_{\min}$  și în forma

$$C = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{E_{\max} + E_{\min}}$$

În celelalte rubrici ale tabelului 8 sînt date valorile funcției de transfer a modulației, adică contrastul din coloana 3 raportat la contrastul mirei testfilmului prin înmulțire cu factorii de corecție din tabelul 2, la diferite frecvențe spațiale, rotunjite la două zecimale. În felul acesta, o valoare a contrastului citită pentru o anumită frecvență spațială în dB de pe banda înregistratorului poate fi convertită imediat în valoarea funcției de transfer a modulației la frecvența respectivă. De exemplu, dacă la un moment dat se citește la frecvența spațială de 40 Hz pe banda înregistratorului o diferență între valoarea maximă și cea minimă înregistrată la o diferență de 6 dB, valoarea funcției de transfer se determină astfel : se caută în dreptul valorii de 6 dB valoarea funcției de transfer în coloana frecvenței de 40 Hz, care este de 0,66 (contrastul corespunzător valorii de 6 dB este de 0,330, iar factorul de corecție pentru 40 Hz egal cu 1,98 de unde valoarea funcției de transfer la 40 Hz va fi de  $1,98 \times 0,330 = 0,659$ , rotunjit egal cu 0,66.

Prin cele de mai sus se demonstrează afirmația autorului și anume că metoda de etalonare elaborată permite, la măsurări de serie, să se renunțe la celelalte instrumente, măsurarea făcîndu-se exclusiv cu înregistratorul rapid de nivel. Tensiunea nu mai intervine ca valoare absolută, ci numai sub formă de raport exprimat în decibeli, raport ce se citește direct din banda înregistratorului și se traduce în valori ale funcției de transfer cu ajutorul tabelului 8.

Prin faptul că densitățile filmului de etalonare sînt cunoscute, se cunosc și coeficienții de transmisie a diferitelor zone (vezi pag.104). Iluminarea ecranului în timpul proiecției diferitelor zone este proporțională cu coeficienții de transmisie respectivă. În consecință, este posibil de a se lucra și la iluminare cu unități convenționale exprimate de exemplu în procente din valoarea maximă. Acest fapt permite executarea - în unele cazuri - a etalonării numai cu înregistratorul rapid de nivel, raportîndu-se scara nivelelor înregistrate la scara iluminărilor în unități convenționale, deci renunțarea la măsurări de serie și la luxmetru.

### 5.3.2. ERORILE DE MASURARE

Din analiza pas cu pas a metodei de măsurare a funcției de transfer a modulației pentru proiecția cinematografică rezultă că pot apare erori în special în următoarele elemente și faze :

- la testfilmul care formează semnalul de intrare apar erori ca urmare a folosirii unui rastru "quasi dreptunghiular" și erori ale contrastului structurilor periodice la diferite frecvențe ;

- la etalonarea instalației de măsurare apar erori din cauză că nu este lineară caracteristica ansamblului fotodiodă-preamplificator cât și erori din cauza preciziei limitate a înregistratorului rapid de nivel și a luxmetrului ;

- la măsurarea funcției de transfer a modulației apar erori la citirea valorilor contrastului de pe banda înregistratorului, erori din cauza preciziei limitate a înregistratorului, erori din cauza rotunjirii valorilor funcției de transfer la două zecimale și erori la trasarea funcției din numai nouă puncte de măsurare ;

- folosirea unui rastru dreptunghiular poate duce la erori care cresc teoretic de la zero la frecvențe joase pînă la 20% la frecvențele înalte din cauză că la frecvențele înalte amplitudinea modulației sinusoidale este de numai  $\pi/4$  din modulația dreptunghiulară. În banda de frecvență folosită de autor de 10-63 Hz aceste erori la o modulație dreptunghiulară pot fi considerate că ar fi între zero și cca 10%. Folosirea unei modulații quasidreptunghiulare în locul unei modulații riguros dreptunghiulare compensează acest fenomen în cea mai mare parte prin faptul că odată cu creșterea frecvenței forma modulației se apropie de una sinusoidală. Acest fenomen se poate constata și în banda de frecvență folosită fără însă a exista posibilitatea exprimării exacte. În consecință autorul consideră că erorile care se datoresc faptului că nu se recalculează modulația ci se consideră echivalentă cu una sinusoidală nu depășește  $2 \pm 5\%$  ;

- erorile contrastului structurilor periodice din mira

testfilmului sînt erori întîmplătoare care se datoresc unei serii întregi de cauze în timpul expunerii și prelucrării fotochimice, a testfilmului cît și cu ocazia microfotometrării densităților, respectiv a transparențelor. Astfel de exemplu se suprapune peste modulația rasterului mirei granulația stratului de emulsie, făcînd iluzorii pretențiile prea exagerate în privința preciziei citirii valorilor transparenței.

Din determinările realizate de autor rezultă că aceste erori întîmplătoare sînt mici față de erorile sistematice condiționate de folosirea rasterului quasidreptunghiular (tabelul 2). De aceea s-a calculat media aritmetică din numai 10 măsurători pentru fiecare frecvență spațială, după relația cunoscută :

$$A = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_{10}}{10}$$

Erorile  $\delta_i$  exprimate sub formă de  $\delta_i = a_{y,i} - A_y$  au fost pentru una din frecvențele spațiale luată la întîmplare

$\delta_1 = 0,03$	$\delta_6 = 0,02$
$\delta_2 = 0,01$	$\delta_7 = 0,03$
$\delta_3 = 0$	$\delta_8 = 0,01$
$\delta_4 = 0,02$	$\delta_9 = 0$
$\delta_5 = 0,05$	$\delta_{10} = 0,02$

Pentru a cunoaște dispersia rezultatelor din șirul de măsurători s-a calculat eroarea medie pătratică :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum \delta_i^2}{10}} = \sqrt{0,019} = 0,137$$

și eroarea probabilă a șirului de măsurători

$$\rho = \frac{2}{3} \sigma = 0,089$$

Din calculul erorii relative  $\gamma(\%) = \frac{\delta_{\max}}{A_y} = \frac{0,05}{0,66} = 0,075$  s-a ajuns la concluzia de mai sus că erorile întîmplătoare ale contrastului sînt minore :

- eroarea raportată a înregistratorului rapid de ni-



vel în cazul folosirii potențiometrului de 50 dB de

$$\gamma = \frac{\Delta A}{A_m} = \frac{0,3}{50} = 0,6\% ;$$

iar în cazul folosirii potențiometrului de 25 dB este

$$\gamma = \frac{\Delta A}{A_m} = \frac{0,2}{25} = 0,8\%$$

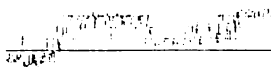
- pentru măsurarea iluminării în timpul etalonării instalației de măsurare a fost folosit un luxmetru de tip Dr. Lange - Berlin, nr.serie 3270 și clasa de precizie 5;

- erorile ce apar din cauză că domeniul folosit al caracteristicii fotodiodei a fost aproximat ca o dreaptă sînt trecute în tabelul 4. Ordinul de mărime al acestora este de pînă la  $\pm 2\%$  din valoarea maximă ;

- citirea valorilor contrastului structurilor periodice a imaginii din înregistrările de pe banda înregistra - torului rapid de nivel nu se poate face cu o precizie foarte mare. Din cauza instabilității imaginii în fiecare fracțiune de timp în fața fantei de citire vibrează zone cu densități mai mari și mai mici. Se înregistrează o curbă vibrată, iar iluminarea maximă, respectiv cea minimă sînt date de înfășu - rătoarele acestor vibrații.

■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ :

Brüel & Kjaer



01 0402

Fig. 50. Înregistrarea vibrată din cauza instabilității imaginii a unei frecvențe spațiale de 12 Hz cu potențiometrul de 25 dB

Cum se vede din fig.49 precizia cu care poate fi citit contrastul este aproximativ din jumătate în jumătate de dB, ceea ce înseamnă față de 25 dB o eroare raportată de

$\pm \frac{0,25}{25} \times 100 = \pm 1\%$ . Eroarea datorată rotunjirii valorilor funcției de transfer la 2 zecimale variază de asemenea în funcție de valoarea absolută a contrastului. Eroarea maximă posibilă la un contrast de 1 dB corespunzător la

$$C = 0,57 \text{ va fi de } \delta_1 = \frac{0,005}{0,057} \times 100 = 8,8\%$$

pe cînd la un contrast de 20 dB, respectiv de  $C = 0,818$  eroarea va fi de maximum

$$\delta_2 = \frac{0,005}{0,818} \times 100 = 0,4\%$$

Faptul că funcția de transfer a modulației se trasează din numai 9 puncte de măsurare generează de asemenea erori, dar datorită faptului că funcția de transfer este o funcție continuă și în general descrescătoare, alura funcției poate fi cunoscută din cele 9 puncte și erorile vor fi mici și fără importanță.

#### Concluzie la problema erorilor de măsurare

Din analiza erorilor ce apar la aplicarea metodei preconizate de măsurare a funcției de transfer a modulației pentru proiecția cinematografică rezultă următoarele :

- funcția de transfer a modulației măsurată nu poate fi mai exactă decît se cunoaște modulația transmisă.

In afara erorilor modulației mirei testfilmului mai apar erori la măsurarea modulației imaginii proiectată, erori ce sînt de ordinul a cîteva procente față de valoarea maximă. Astfel de exemplu în fig.51 este dată o funcție de transfer cu zona erorilor, care cresc de la  $\pm 2\%$  la valori mari de pînă la 100% la valori mici.

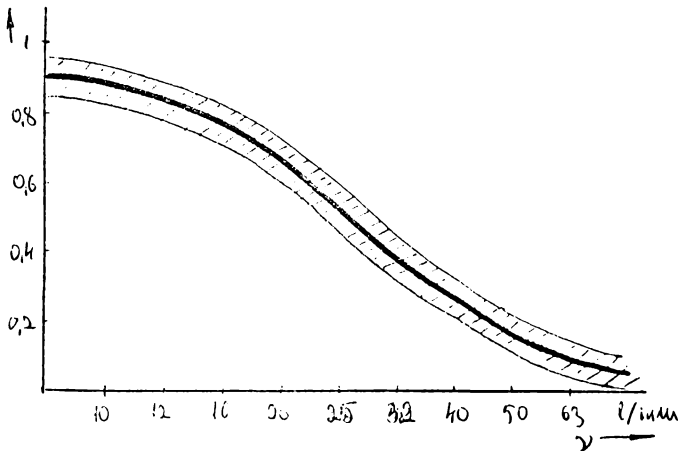


Fig. 51. Zona de erori a funcției de transfer a modulației

- dat fiind că funcția de transfer a modulației se determină pentru a servi ca criteriu de calitate al proiecției cinematografice și este apreciată după cum se înscrie sau nu se înscrie într-o anumită zonă normată, erorile ce apar la măsurarea ei nu vor influența rezultatul și deci pot fi acceptate;

- compararea absolută a funcțiilor de transfer a modulației măsurată cu metode sau aparate diferite este numai limitat valabilă și necesită recalculări minuțioase și aprecieri privind erorile de măsurare a celor două metode;

- măsurarea funcției de transfer a modulației în mai multe cinematografe cu aceeași instalație și anume cu instalația experimentală de măsurare realizată furnizează dimpotrivă baze excelente pentru compararea relativă a rezultatelor, pentru determinarea calității proiecției.

#### 5.4. DETERMINAREA LIMITELOR DE CALITATE ADMISIBILE

Ultima problemă pe care și-a propus-o autorul în legătură cu descrierea calității proiecției cinematografice prin funcția de transfer a modulației a fost aceea a limitelor de calitate admisibile. Funcția de transfer a modulației exprimă transmiterea contrastului în raport cu frecvența spațială.

Pentru a găsi limitele admisibile, limitele între care trebui să se găsească funcția de transfer, autorul a efectuat o analiză separată a celor doi parametri, adică a contrastului și a frecvenței spațiale. Din analiză s-au desprins rezultate importante și anume a reieșit care sînt influențele asupra spectatorilor în cazul cînd acești parametri iau diferite valori, iar ca urmare s-au conturat treptele crescînde de calitate a proiecției cinematografice, inclusiv a limitelor admisibile pentru această calitate.

##### 5.4.1. FRECVENȚA SPAȚIALĂ

În ceea ce privește frecvența spațială, limita domeniului util este dat de puterea de rezolvare (vezi pag.9). Astfel, autorul și-a pus problema, pe de o parte, cît trebuie să fie puterea de rezolvare în cazul proiecției cinematografice, adică cîte linii/mm ale fotografei trebuie să se reproducă pe ecranul cinematografului pentru ca imaginea să fie considerată că este de calitate, și pe de altă parte care sînt frecvențele spațiale cele mai importante pentru calitatea proiecției, care trebuiesc reproduse perfect și care sînt frecvențele spațiale care admit și o reproducere cu un contrast redus.

Intrucît imaginea proiectată urmează a fi observată de spectatori, prima parte a problemei se reduce evident la una legată de proprietățile fiziologice ale ochiului omesc : care este numărul de linii/mm al fotografei care proiectat pe ecran, în condițiile vederii într-o sală întunecoasă, poate fi distins de spectatori. Rezolvarea acestei probleme depinde de acuitatea vizuală.

Acuitatea vizuală este facultatea ochiului de a deosebi pe un fond două puncte, două linii sau două detalii foarte mici, deci de a distinge o structură foarte fină.

Fie două puncte A și B foarte apropiate unul de celălalt. Razele care pleacă din aceste puncte fac între ele un unghi foarte mic ( $\delta$ ) și dacă punctele A și B se află în câmpul vizual principal ele formează pe fovea două imagini : punctele A' și B'

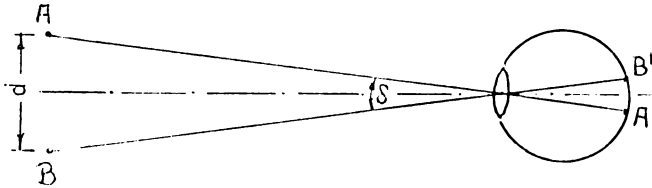


Fig.52

Dacă punctele A' și B' se află pe două conuri alăturate, atunci observatorul percepe două puncte separate. Dacă unghiul sub care se văd cele două puncte din centrul cristalinului este atât de mic încât imaginile A' și B' se formează pe același con, atunci observatorul percepe un singur punct. Fenomenul de difracție care are loc în ochi provoacă o împrăștiere a imaginilor, deci poate de asemenea contribui la suprapunerea parțială a imaginilor pe retină, ceea ce face să dispară separația între două imagini. Cercetările au arătat că în urma acestor două fenomene unghiul minim la care ochiul poate distinge două puncte în condițiile vederii diurne, este de circa un minut de arc.

Acuitatea vizuală se măsoară prin inversul unghiului cel mai mic  $\frac{1}{\delta}$ , sub care ochiul poate deosebi două puncte apropiate, în anumite condiții de iluminare.

Se știe că acuitatea vizuală crește cu mărirea luminanței fondului, pînă la o luminanță maximă, ceva mai mică decît luminanța obiectului de probă. Pentru creșteri în continuare a luminanței fondului, acuitatea vizuală scade rapid

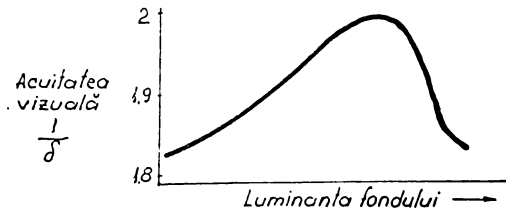


Fig. 53

Cînd luminanța fondului rămîne egală cu cea a obiectului și ambele variază în timp, <sup>după luminanță</sup> acuitatea crește cu luminanța pînă la o luminanță de cca 300 nt, după care rămîne constantă.

Acuitatea vizuală scade cu vîrsta - persoanele tinere pot observa detalii mai fine decît persoanele în vîrstă.

Durata observațiilor influențează de asemenea acuitatea vizuală. După cîteva secunde de observație intensă, se obțin rezultate mai bune decît la început.

Pentru un același observator, acuitatea vizuală de - pinde de starea de oboseală a organului vizual, care apare mai ales în condiții proaste de iluminat și de asemenea de starea generală fizică și nervoasă a observatorului suspus probelor de acuitate vizuală.

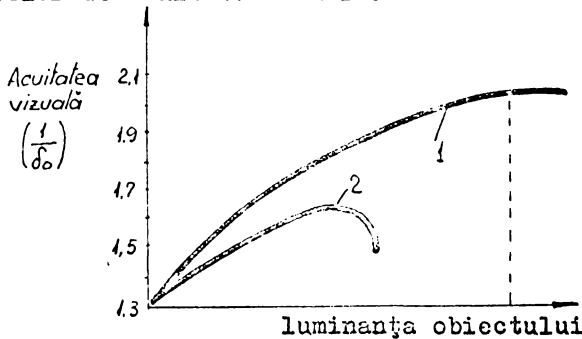


Fig.54. După [47]

În condițiile spectacolului cinematografic se întîlnesc luminanțe pînă la cel mult 40 - 50 nt, iar atenția spectatorului nu este concentrată asupra unui anumit detaliu ci asupra imaginii întregi, asupra acțiunii filmului (deci o vedere mai destinsă). Timpul de observare este de asemenea foarte scurt, imaginea fiind în permanentă mișcare, proiecția unei singure fotograme durînd 0,02 secunde. În asemenea condiții acuitatea vizuală este mai mică, unghiul minim la care ochiul distinge două puncte fiind de cca 3'.

Distanța - d - între două linii apropiate pe ecran, care se contopesc în ochii spectatorului sau care nu se contopesc și se disting una de alta depinde de distanța de ob-

servare. Un spectator care se află la distanța de  $D = 5 \text{ m}$  de ecran, sesizează distinct două linii atunci când le vede sub un unghi  $\delta_0$  de cel puțin  $2,5 - 3'$  funcție de acuitatea sa vizuală.

Fie de exemplu unghiul minim  $\delta_0 = 3'$  atunci

$$d = 2 \operatorname{tg} \frac{\delta}{2} \times D = 9 \cdot 10^{-4} \cdot 5 \cdot 10^3 = 3 \text{ mm}$$

Se observă că  $d$  crește proporțional cu distanța de observație  $D$ . Ori, între dimensiunile ecranului și zonele locurilor spectatorilor, adică distanțele posibile ale spectatorilor, autorul a formulat relații precise, relații care ulterior au fost oficializate în normativul pentru proiectarea cinematografeilor.

Fie  $B$  lățimea ecranului lat, atunci distanța spectatorului cel mai apropiat este  $B/2$  și locul geometric al locurilor celor mai îndepărtate este cercul de unde ecranul se vede sub un unghi de  $\varphi = 25^\circ$ .

În acest caz distanța maximă :

$$D_{\max} = \frac{B/2}{\operatorname{tg} \varphi/2} = \frac{B}{2 \operatorname{tg} 12,5^\circ} = \frac{B}{0,432}$$

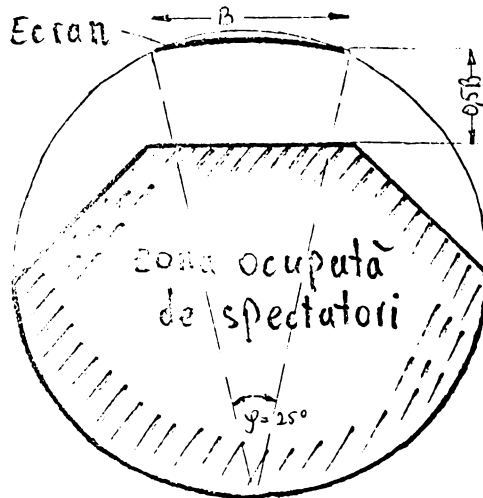


Fig.55. Zona sălii de spectacol ocupată de fotolii în funcție de lățimea ecranului  $B$ .

Exprimînd distanța  $d$  între două linii care încă se deosebesc raportat la înălțimea imaginii pe ecran, autorul a calculat numărul de linii/mm din fotograma care se distinge.

Spectatorul cel mai apropiat va distinge :

$$d = 0,5 B \cdot 2 \operatorname{tg} \frac{\delta}{2} = 0,5 \times 2,35 H \times 2 \operatorname{tg} \frac{\delta}{2}$$

$$d = 9 \times 10^{-4} \times 0,5 \times 2,35 H = 0,0010575 H$$

Dacă  $d = 10575 \times 10^{-4} H$  unde  $H$  este înălțimea ecranului, atunci distanța între cele două linii pe fotograma filmului va fi  $d' = 10575 \cdot 10^{-4} h$  în care  $h$  este înălțimea ferestrei de proiecție :  $h = 15,3 \text{ mm}$

$$d' = 10,575 \times 10^{-4} \times 15,3 = 0,0162 \text{ mm}$$

numărul de linii ce va fi recepționat de spectatori va fi

$$\frac{1}{d'} = \frac{1}{0,0162} = 62 \text{ linii/mm}$$

Considerînd cazul general rezultă variația numărului de linii/mm în raport cu distanța exprimată funcție de lățimea ecranului  $B$  și avînd pe  $\delta$ , ca parametru conform curbei superioare din fig.57, care exprimă puterea de rezoluție.

Rezultă că marea majoritate a spectatorilor va putea distinge cel mult proiecția a 40 linii/mm și numai în cazul cînd un spectator cu acuitate vizuală deosebit de mare stă în primele rînduri el va fi teoretic în stare să deosebească și proiecția pînă la 60 linii/mm.

Se poate trage concluzia că o putere de rezolvare de 60 linii/mm poate fi acceptată drept limită superioară a domeniului de frecvențe spațiale, ce trebuie reproduse prin proiecție cinematografică.

În ceea ce privește frecvențele spațiale pînă la această limită, ele trebuie reproduse dar nu prezintă aceeași importanță pentru calitatea proiecției. Unele, care sînt foarte importante pentru calitatea proiecției, trebuie reproduse la un contrast cît se poate de mare, iar altele, mai puțin importante, pot fi reproduse la un contrast mai atenuat.



Plecînd de la condițiile fiziologice-psiologice a - le vederii din literatura de specialitate [10,32,33] zona frecvențelor spațiale vizibile se împarte în 3 domenii. Aceste 3 domenii se pot distinge foarte ușor și la privirea liberă a unei mire radiale, adică a unei mire în care frecvența spațială crește continuu din exterior spre interior.

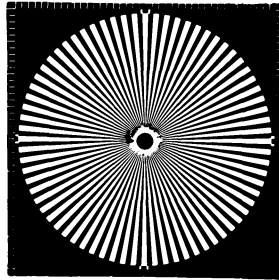


Fig.56.Miră radială. După [48]

Privind de exemplu de la o distanță de  $40 + 50$  cm mira radială reprodusă în fig. 56 , în partea centrală liniile se confundă pentru observator, această parte pare a fi de culoarea gri nediferențiată.

În jurul acestei părți centrale există o zonă în care se percepe structura rasterului, dar se percepe neclar. Nu se pot distinge bine liniile albe, zona pare tot gri dar un gri diferențiat de structura rasterului. Este prima din cele 3 zone unde frecvențele spațiale sînt "vizibile".

Zona exterioară a mirei radiale se observă foarte clar, se disting perfect liniile albe de cele negre.

Între aceste două zone există cea de a treia, o zonă de tranziție de la vedere neclară la vedere clară.

Dacă se crește distanța de observare, crește în mod corespunzător diametrul celor 3 zone de vizibilitate, ceea ce demonstrează că acestea nu depind de miră ci de unghiul sub care se văd liniile mirei, de acuitatea vizuală. Astfel

limitele zonelor pot fi exprimate în valori ale unghiului de privire după cum urmează :

- zone de claritate maximă începe la frecvențele spațiale cele mai joase și este limitată la cele care se văd sub un unghi de  $10'$  ;

- zona perceperii neclare începe la limita acuității vizuale de  $3'$  și se întinde pînă la așa-numită frecvență critică căreia îi corespunde un unghi de  $5,5'$  ;

- între aceste două zone, deci corespunzînd unui unghi de vedere de la  $5,5'$  la  $10'$ , există zona de tranziție de la vederea neclară la cea clară.

Calculînd acum limitele acestor zone pentru condițiile spectacolului cinematografic, folosind aceeași metodologie ca pentru calculul puterii de rezolvare, autorul ajunge la următoarele concluzii (fig.57) :

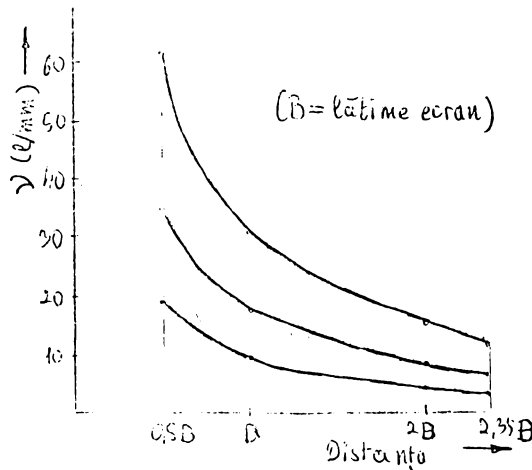


Fig. 57. - Zonele de claritate funcție de distanța de observare și frecvența spațială

a - Zona de claritate maximă, în condițiile spectacolului cinematografic înseamnă cel mult 20 linii/mm ;

b - Zona de tranziție începe pentru majoritatea spectatorilor încă sub 10 linii/mm, pînă la 20-25 linii/mm. Numai pentru spectatorii din primele rînduri această zonă cuprinde și frecvențe spațiale pînă la 30-35 linii/mm.

Zonele astfel calculate se pretează pentru definirea limitelor în care trebuie să se înscrie funcția de transfer a modulației.

#### 5.4.2. CONTRAST

Un alt criteriu de calitate a proiecției cinematografice reprezintă luminanța (pag.8) dar, cum a demonstrat autorul mai sus, calitatea imaginii proiectate nu depinde atât de valoarea absolută a luminanței diferitelor detalii cât de valoarea relativă a luminanței detaliilor, adică de contrastul detaliilor.

Calitatea imaginii cinematografice se apreciază după fidelitatea psihologică. Printr-o reproducere cu fidelitate psihologică se înțelege o reproducere care în condiții date de examinare produce asupra spectatorului aceeași impresie pe care o produce asupra lui examinarea obiectului. În consecință, autorul și-a pus problema să stabilească care este luminanța ecranului, care trebuie să fie contrastul detaliilor diferite, pentru ca proiecția cinematografică să producă - în condițiile vizionării într-o sală întunecată - aceeași impresie asupra spectatorului pe care ar produce-o asupra lui privirea scenei respective în natură.

Ca la frecvența spațială, și la contrast există o limită, dincolo de care nu se mai distinge. Această limită, inferioară de data aceasta, este exprimată prin "Contrastul minim" sau prin "pragul puterii de separare a luminanțelor".

După cum se știe pragul puterii de separare a luminanțelor nu este o constantă, el depinde de o serie de condiții. Este cel mai mic pentru luminanțe medii (10-30 nt) și crește la luminanțe mari (nu se deosebesc din cauza fenomenului de orbire) și crește, de asemenea, la luminanțe mici din cauza proprietăților ochiului (la luminanțe mici nu mai lucrează conurile din retină ci numai bastonașii, mult mai sensibili, dar care nu permit o vedere precisă).

La luminanțe egale, pragul coboară dacă este vorba de obiecte mari, dacă trecerea de la o luminanță la alta se face brusc și urcă pentru structuri fine (țesături,

structura lemnului, rastru etc.) sau dacă trecerea de la o luminanță la alta este lentă.

Cîteva exemple privind pragul puterii de separare a luminanțelor după [11], recalculated de autor pentru a fi exprimate sub formă de contrast, sînt date în tabelul 5.

Tabel 5

Obiectul și condițiile de luminanță	Diferențe de luminanțe care se mai disting, exprimate sub formă de :	
	Contrast minim $C_{\min} = \frac{L_1 - L_2}{L_1 + L_2}$	Pragul puterii de separare a luminanțelor (dB) $P(\text{dB}) = 20 \lg \frac{L_1}{L_2}$
Două jumătăți ale câmpului fotometric bine iluminate	0,005	0,08
Ziua la umbră. Suprafețe structurate (țesături, tencuială)	0,01 + 0,03	0,2 + 0,5
Suprafețe întunecoase fără structură	0,11 + 0,14	2 + 2,5
Obiecte cu o cantitate mare de detalii (frunze, tapete, țesături etc.) la luminanțe mai ridicate	0,11	2
Idem la luminanță redusă	0,22	4

Este știut că în condiții normale de observare a obiectelor din natură, în medie se disting următoarele detalii : în porțiunile luminoase ale obiectivului, trepte de luminanțe (detalii de luminanță) de 0,4 dB (contraste de 0,025 și mai mari) ; în porțiunile de luminanță medie, detalii de luminanță de 0,8 dB sau contraste 0,05 și mai mari ; în porțiunile întunecoase detalii de luminanță de 2 dB, respectiv contraste egale sau mai mari de 0,114.

O astfel de putere de separare a detaliilor se realizează la examinarea succesivă a părților obiectivului, după cum se întîmplă de obicei la observarea obiectivelor statice ca : peisaje, tablouri, clădiri sau fotografii. In aceste cazuri, ochiul reușește să se adapteze pentru fiecare por -

țiune a obiectului în parte, astfel că diferitele porțiuni sînt privite la nivelul de adaptare cel mai favorabil.

Autorul a constatat însă că la observarea obiectivelor în mișcare, cum este cazul proiecției cinematografice, condițiile de observare a obiectului nu sînt atît de favorabile. Dinamica obiectului privit exclude posibilitatea perceperii lui pe porțiuni. Obiectul se privește în întregime la un nivel mediu de adaptare (după nivelul mediu de luminanță a diferitelor porțiuni luminoase și întunecoase) ceea ce are ca urmare o separare mai slabă a detaliilor de luminanță.

Astfel, autorul consideră că în condițiile de proiecție cinematografică pragul puterii de separare a luminanțelor se găsește, cu mici variații, funcție de luminanța scenei respective, în jurul valorii de 1,5 dB. Detaliile cu luminanțe foarte apropiate, avînd contrastul sub valoarea de 0,07, valoare ce corespunde pragului de 1,5 dB, practic nu mai contribuie la imaginea cinematografică, nu se mai văd de spectatori. Contrastul de 0,07 poate fi considerat limita inferioară. Limita superioară dimpotrivă este dată de raportul luminanțelor extreme, adică de intervalul luminanțelor.

Diferite luminanțe ale porțiunilor obiectului depind de doi factori și anume de iluminarea lor și de factorul de reflexie (factorul de luminanță). În tabelele 6 și 7 sînt date cîteva exemple caracteristice de nivele de iluminare și de factori de reflexie care se întîlnesc la obiecte din natură.

Tabel 6

Obiectul și condițiile de iluminare	Nivelul de iluminare (lux)
- Iluminarea încă suficientă pentru orientare	sub 0,1
- Noaptea la lună plină	cca 0,2
- Suprafața mesei de lucru	100
- La umbră, într-o zi senină de vară	peste 1000
- Obiecte în lumina soarelui, vara	100.000

Tabelul 7

Suprafața	Factorul de reflexie
- Zăpadă curată	85
- Pînză albă	80
- Tesătură albă de bumbac	35
- Hîrtie ambalaj (neagră)	10
- Postav negru	2
- Catifea neagră	1
- Blană neagră	0,3

Rezultă din tabelul 7 că în cazul unei iluminări aproximativ egală a tuturor părților, intervalul luminanțelor exprimat în dB (egal cu de 20 ori logaritmul raportului valorilor extreme ale factorului de reflexie)

$$I_o(\text{dB}) = 20 \lg \frac{L_{\text{mare}}}{L_{\text{mică}}} = 20 \lg \frac{\frac{E_o \cdot \int_{\pi}^{\pi} \max}{\pi}}{\frac{E_o \cdot \int_{\pi}^{\pi} \min}{\pi}} = 20 \lg \frac{\int_{\pi}^{\pi} \max}{\int_{\pi}^{\pi} \min}$$

rareori depășește valoarea de 32 dB (de ex.  $20 \lg \frac{80}{2} = 32$ )

Condiții de iluminare aproximativ egale oferă orice exterior în zile înnourate, un tablou pe care îl privim etc.

La obiectele cu o iluminare diferită a porțiunilor (soare și umbră, lumină artificială într-o cameră etc.) intervalul luminanțelor poate atinge valori foarte ridicate. Totuși, acestea sînt excepții, majoritatea cazurilor aflîndu-se și în acest caz în limitele de 30 - 50 dB.

Aceste date se referă la intervalul real de luminațe ale obiectului, reprezentînd raportul între luminanțele maxime și minime măsurate cu fotometrul. Imaginea fiziologică a intervalului luminanțelor se definește de asemenea, ca valoarea raportului între luminanța maximă și cea minimă, dar în acest caz, luminanța maximă trebuie considerată acea valoare a ei, la care pragul puterii de separare este apropiat de 0,4 dB, iar drept luminanță minimă, aceea la care luminanța se distinge încă ușor de cea a cor-

unități de densitate deasupra voalului și trebuie să se găsească încă pe porțiunea lineară a caracteristicii. O a treia limitare a contrastului are loc la proiecția copiei pozitive, unde prin refracția și reflexia luminii cît și datorită luminii parazite umbrele sînt din nou atenuate. În felul acesta produsul finit al lanțului tehnologic cinematografic, imaginea proiectată pe ecran, are un interval al luminanțelor, care de regulă nu depășește 12-15 dB, ceea ce corespunde la un contrast de 0,6 - 0,7.

Este adevărat că în literatură se indică uneori pentru materialele fotosensibile contraste mult mai ridicate, însă acestea se referă la condiții sensitometrice. La coperirea prin contact a unui clin optic de exemplu, se pot realiza contraste foarte ridicate, nu însă și în cazul procesului foto-cinematografic de expunere prin obiective, coperire multiplă etc.

Astfel, autorul trage concluzia că intervalul psihologic al luminanțelor pentru imaginea cinematografică este de 12 + 15 dB și deci se poate accepta ca limită superioară a contrastelor realizate prin proiecție cinematografică valoarea de 0,6 + 0,7. Desigur, nu ar fi o greșeală dacă o instalație de proiecție ar realiza contraste superioare, însă ar fi lipsit de sens dacă s-ar pretinde instalațiilor să realizeze performanțe care nu sînt necesare pentru obținerea efectului dorit.

#### 5.4.3. LIMITE DE CALITATE

Pentru determinarea limitelor de calitate admisibile prin prescrierea zonei unde trebuie să se găsească funcția de transfer a modulației nu este suficient să se cunoască ce contraste vor trebui transmise, trebuie suplimentar și o clasificare a acestora în funcție de cum contribuie la calitatea proiecției cinematografice. În literatură se menționează că frecvențele spațiale joase trebuie reproduse cu contrast mare, pe cînd la cele ridicate se admit și kontras-

te mai puțin pronunțate, fără ca să existe specificate, ceea ce se înțelege prin "contrast mare" sau contrast mai puțin pronunțat. Aceasta corespunde întrucîtva cu experiența autorului că în mod subiectiv diferite contraste nu pot fi deosebite decît dacă se văd simultan, iar contrastele văzute în locuri diferite sau la timpuri diferite, în mod subiectiv numai cu greu pot fi comparate.

Ca limită inferioară a contrastului pentru porțiunile importante ale imaginii autorul consideră totuși acel contrast la care luminanța mare este de două ori cît luminanța mică. La acest raport corespunde un contrast de cca 0,33, respectiv aproximativ 6 dB.

Pentru zonele mai puțin importante se poate impune condiția ca luminanța mare să fie odată și jumătate decît luminanța mică, ceea ce corespunde la un contrast de 0,20, respectiv la 3,5 dB.

Combinînd aceste deziderate privind contrastul cu cele privind frecvențele spațiale (pag.123) autorul a ajuns să traseze următoarea diagramă privind contrastele care trebuie transmise :

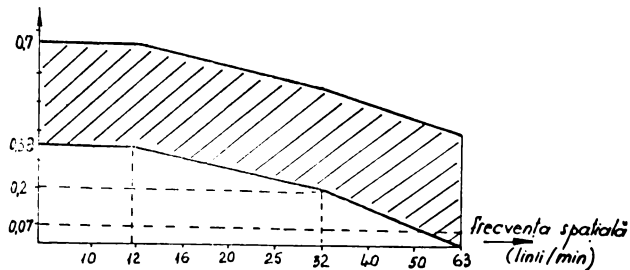


Fig.59. Contrastele ce trebuie realizate în proiecția cinematografică

Frecvențele spațiale pînă la 12 Hz, care pentru marea majoritate a spectatorilor sînt singurele care se văd,

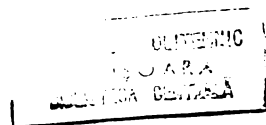


trebuie să apară în imagine cu un contrast între 0,33+ 0,7. La frecvențele între 12-32 Hz, care se văd încă clar de către spectatorii din primele rînduri, limita inferioară a contrastului poate scădea treptat de la 0,33 la 0,2, iar peste 32 Hz, adică la frecvențele spațiale care se văd neclar de către spectatorii primelor rînduri, iar de ceilalți de loc, limita inferioară a contrastului poate scădea în continuare, ajungînd cel mai devreme între 50 și 63 Hz la pragul puterii de separare a luminanțelor.

În figura 59 s-a desenat paralel cu scăderea limitei inferioare a zonei în care trebuie să se găsească contrastul din imagine și o scădere a delimitării superioare a acestei zone, cunoscînd că în orice caz contrastul va scădea cu frecvența. Delimitarea superioară însă nu trebuie înțeleasă ca limită care nu trebuie depășită, ea reprezentînd doar marginea zonei peste care de regulă nu se reușește să se urce contrastul imaginii pe ecranul cinematografului.

Trecînd acum de la contrastul imaginii proiectată la funcția de transfer a modulației, adică la transmiterea contrastului prin proiecția cinematică în funcție de frecvența spațială, pot fi aplicate criterii asemănătoare.

La funcția de transfer a modulației contrastul transmis se reprezintă în unități convenționale.-funcția se normalizează - considerînd egal cu 1 raportul la care se transmite contrastul la cea mai joasă frecvență spațială. Plecînd de la această normare a funcției de transfer a modulației și de la contrastele ce trebuie transmise (fig.59), în fig.60 este trasată limita inferioară a zonei în care trebuie să se găsească funcția de transfer măsurată în centrul ecranului și limita inferioară a zonei pentru funcția măsurată în colțul ecranului.



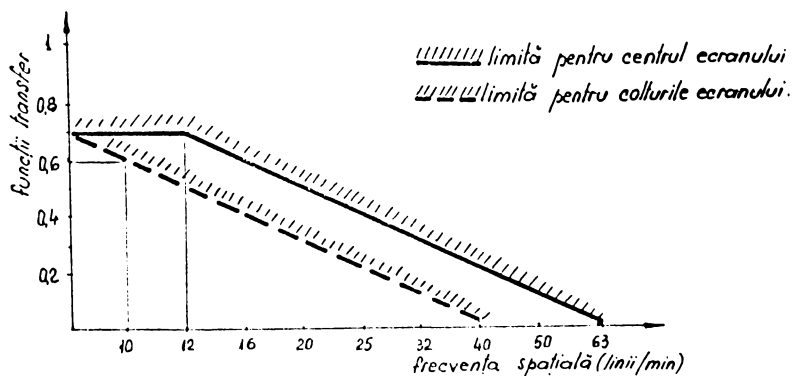


Fig.60. Limită inferioară admisă de autor pentru funcția de transfer a modulației în proiecția cinematografică.

După cum se vede din figură, limita propusă pentru funcția de transfer măsurată în mijlocul ecranului, limita sub care această funcție nu are voie să scadă este astfel trasată :

- la frecvențele spațiale de 10 pînă la 12 Hz această limită are 0,7 din valoarea normată, (egală cu 1) a funcției la 10 Hz. Incepînd de la 12 Hz scade constant, ajungînd la frecvența de 50 Hz, la o valoare de 0,1, iar pentru 63 Hz este egală cu zero.

Limita propusă pentru funcția de transfer măsurată în colțurile ecranului este paralelă cu cea pentru funcția din mijlocul ecranului, însă deplasată în jos. Incepe la frecvența spațială de 10 Hz cu numai 0,6% din valoarea normată și cunoaște de asemenea o scădere constantă, ajungînd mai repede la zero și anume la 40 Hz.

Limitele de calitate admisibile pentru funcția de transfer a modulației au fost elaborate atît în urma considerentelor teoretice de mai sus cît și în urma unor măsurători de funcții de transfer ale modulației realizate de autor. Autorul nu trece însă cu vederea că la un număr mai mare de măsurători s-ar putea ivi necesitatea operării unor corecturi. Consideră limitele de calitate stabilite abia ca o propunere, care urmează a fi confirmată de aplicările practice ulterioare.

## 5.5. UNELE APLICATII EXPERIMENTALE ALE REZULTATELOR CERCETARII

### 5.5.1. Măsurarea funcției de transfer a modulației

Metodologia de determinare a calității proiecției cinematografice prin măsurarea funcției de transfer a modulației, expusă mai sus, a fost aplicată experimental în perioada 1974-1975 de autor în diferite instalații de proiecție cinematografice din cadrul Centralei Româniacinefilm, din cinematografele Municipiului București etc.

Aceste determinări au cuprins de regulă următoarele etape :

- montarea instalației de măsurare, executarea legăturilor și conectarea instalației la tenșiunea rețelei ;
- etalonarea instalației în conformitate cu cele expuse în capitolul 5.3. ;
- măsurarea funcției de transfer a modulației în diferitele zone considerate izoplanate ;
- interpretarea rezultatelor, trasarea funcțiilor de transfer măsurate și tragerea concluziilor.

Instalația de măsurare și operațiile de etalonare au fost descrise în capitolele precedente. În ceea ce privește măsurarea propriu-zisă a funcției de transfer, aceasta decurge după cum urmează :

Se încarcă testfilmul în primul aparat de proiecție și se reglează claritatea maximă pe ecranul ajutător al instalației de măsurare, amplasat în fața centrului ecranului.

Se pornește cu modulul de comandă deplasarea fantei fotometrului și simultan deplasarea benzii înregistratorului de nivel. În cinematografe cu ecran mic, adică cu factor de mărire lineară până la 1 : 150, se înregistrează astfel într-o singură cursă modulația structurilor peridice din zona centrală a imaginii. La cinematografe cu ecran mai mare se înregistrează câteva frecvențe spațiale și anume atâtea câte se găsesc pe lungimea cursei fotometrului, după care acesta se mută odată sau - în cazul cinema-

tografelor foarte mari - de cîteva ori pînă ce se înregistrează - trează întreaga structură periodică.

Fig.61. Instalația experimentală de măsurare în fața ecranului cinematografului Luceafărul din București : 1 - fotometru ; 2 - celula de seleniu a luxmetrului ; 3 - luxmetru ; 4 - înregistrator rapid de nivel ; 5 - osciloscop ; 6 - voltmetru electronic ; 7 - alimentator.

Se repetă înregistrarea pentru modulația structurii periodice amplasată pe verticală în centrul ecranului, iar apoi pentru celelalte structuri periodice amplasate în colțurile imaginii și în zonele intermediare, fără însă a se corecta în acest timp reglarea obiectivului de proiecție care rămîne centrat pentru zona centrală a ecranului. În fig.61 se vede de ex. amplasarea fotometrului în mijlocul părții inferioare a ecranului cinematografului Luceafărul din București.

Pe testfilmul tip "Româniafilm 1974" se găsesc în total 14 structuri periodice și anume câte una orizontală și verticală în centru și în fiecare colț cât și 4 în zone intermediare. Pentru măsurări de tip, acestea trebuie înregistrate toate. Pentru măsurări de serie este suficient, după experiența autorului, dacă se înregistrează orizontal și vertical în centrul ecranului și într-unul singur din colțuri.

După ce au fost înregistrate structurile periodice ale imaginii proiectată pe primul aparat de proiecție, se încarcă testfilmul în cel de al doilea aparat de proiecție și se repetă înregistrările. Urmează, dacă este cazul, cel de al treilea aparat de proiecție etc.

În paginile următoare sînt date exemple de înregistrări realizate în diferite cinematografe și în diferite condiții de înregistrare. Se observă o diferență de principiu între înregistrările făcute după o proiecție statică și cele în care testfilmul a fost proiectat normal. La proiecția statică a mizei testfilmului, care este posibilă însă numai la cinematografele mici, unde încărcarea termică a testfilmului nu duce la distrugerea acestuia, curba înregistrată reprezintă direct modulația măsurată. Contrastul exprimat în dB este dat de diferența între maximumul și minimumul curbei pentru fiecare dintre frecvențele spațiale. Faptul că între maximele și minimele aceleiași frecvențe spațiale apar uneori mici diferențe se datorează, după constatările autorului, unor atenuări sau amplificări locale, cauzate de mici imperfecțiuni ale ecranului (a cărui factor de reflexie este numai teoretic absolut constant pe toată suprafața), dar aceste diferențe nu influențează rezultatul măsurării, dacă se ia în calcul numai contrastul majorității oscilațiilor unei funcții spațiale, neglijîndu-se cele ieșite din comun.

La cinematografele mai mari, cu surse de lumină puternice, proiecția statică nu este posibilă. La aceste cinematografe se formează o buclă închisă din materialul testfilmului. Teoretic testfilmul s-ar putea proiecta și

obișnuit, ca orice film, adică încărcat în toba superioară, trecînd prin aparatul de proiecție și înfășurîndu-se în toba inferioară [1,2,3]. Acest mod de proiecție a testfilmului presupune însă cantități mari de testfilm și duce la întreruperi dese ale înregistrărilor. Astfel, o bobină de 300 m se proiectează în cca 10 minute, după care ar trebui întreruptă înregistrarea pînă ce se derulează testfilmul și se reîncarcă. Pentru a forma o buclă închisă sînt necesare în schimb numai 4-5 sau 10 m de testfilm, în funcție de condițiile locale în cabina respectivului cinematograf. Trecerea buclei prin aparat nu durează decît 10 + 20 secunde, în schimb bucla poate trece de multe sute de ori. Chiar dacă se rupe sau se desface lipitura buclei, aceasta nu presupune decît efectuarea unei noi lipituri și proiecția poate continua.

La înregistrarea modulației imaginii proiectate cu filmul în mișcare, din cauza instabilității imaginii, înregistrarea nu este o curbă simplă (vezi fig.50). Pentru citirea contrastului la asemenea înregistrări se măsoară diferența în dB între valoarea maximă și cea minimă a înfășurătoarelor curbelor înregistrate.

De asemenea se observă la toate înregistrările că odată cu creșterea frecvenței nu scade numai contrastul, adică intervalul între tensiunea maximă (proporțională cu luminanța maximă) și tensiunea minimă (proporțională cu luminanța minimă) ci scade și valoarea medie a tensiunii. Acest fenomen este influențat într-o oarecare măsură de condițiile locale din cinematograful în cauză, care fac ca descreșterea mediei să fie mai mult sau mai puțin pronunțată, dar de apărut apare în oricare din condițiile experimentate de autor. Din rezultatele de pînă acum, autorul a ajuns la concluzia că cauza principală a fenomenului de descreștere a tensiunii medii cu creșterea frecvenței spațiale constă în faptul că atenuarea semnalului luminos datorită perturbațiilor care acționează în proiecția cinematografică (pag.25-26), crește cu frecvența spațială. În felul acesta nu scade numai contrastul între

liniile luminoase și cele întunecate, ci descrește și valoarea absolută a luminanței atât a liniilor luminoase cât și a celor întunecate cu creșterea frecvenței spațiale, adică scade valoarea medie.

x

În ceea ce privește organizarea practică a măsurărilor în cinematografe se dovedește a fi foarte utilă folosirea mașinii echipată special pentru măsurări electroacustice, care este autonomă și prevăzută cu o instalație de măsurări Brüel & Kjær. Această mașină poate transporta foarte ușor și instalația experimentală de măsurare a funcției de transfer a modulației.

#### 5.2.2. Exemple de înregistrări

a. - Sala mică - Centrala Româniafilm - 25.III.1975

aparatură proiecție Dresden D 11 X

lampa Xenon 450 W

obiectiv tip cinerectim P52917  $f=90/1;1,9$

mărirea lineară cca 1 : 70

măsurarea nr.2, explorare verticală mijloc

proiecția statică

scara 1 mm = 1 dB (potențiometrul de 50 dB)

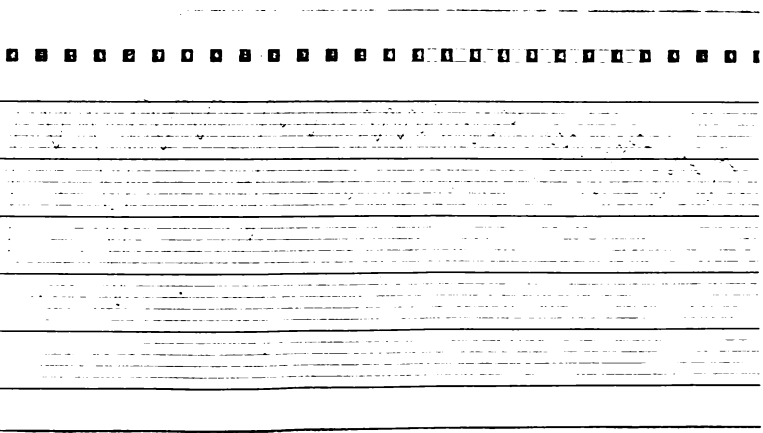


Fig.62

freqvența(Hz)	10	12	16	20	25	32	40	50	63
contrast(dB)	10	8	6	5	3,5	2,5	1,5	0,75	-

Observație : Etalonarea înregistratorului nu a fost optimă. Intreaga înregistrare este prea sus plasată, ceea ce duce la tăierea vîrfurilor la 10 Hz. Valoarea contrastului la această frecvență, a fost stabilită la 10 dB prin corectarea a - cestei aplatizări.

b. - Cinematograful Luceafărul-București - 2.VII.975

aparatură proiecție Meopta 35/70 mm nr.serie 69.233

lampa Xenon 2500 W

obiectiv proiecție : visionar nr.serie P 73830,

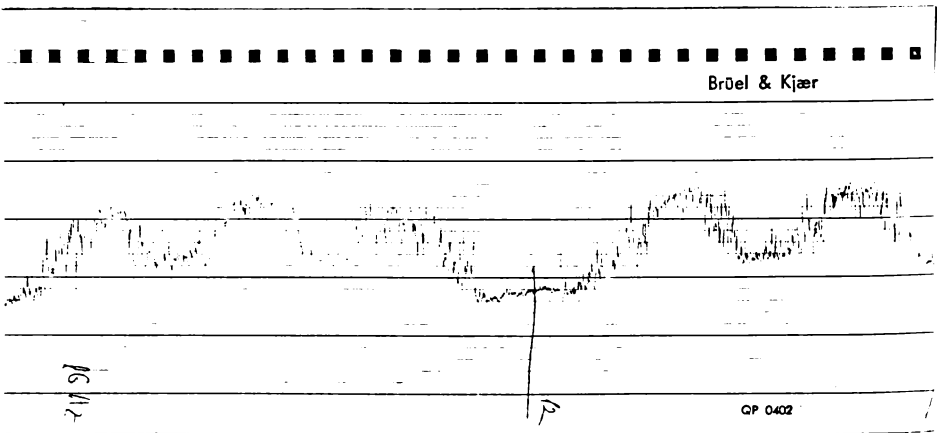
f = 84, l : 1,6, mărirea lineară cca l : 370

măsurările nr.5 și 11

- măsurarea nr.5, explorare orizontală, partea inferioară

- frecvențele de 16 Hz și 12 Hz

scara 2 mm = 1 dB (potențiometrul de 25 dB)



frecvența(Hz)	16	12
contrast (dB)	6	7,5



- măsurarea nr.11, explorare verticală, mijloc dreapta  
 frecvența de 12 Hz  
 scara 1 mm = 1 dB (potențiometrul de 50 dB)

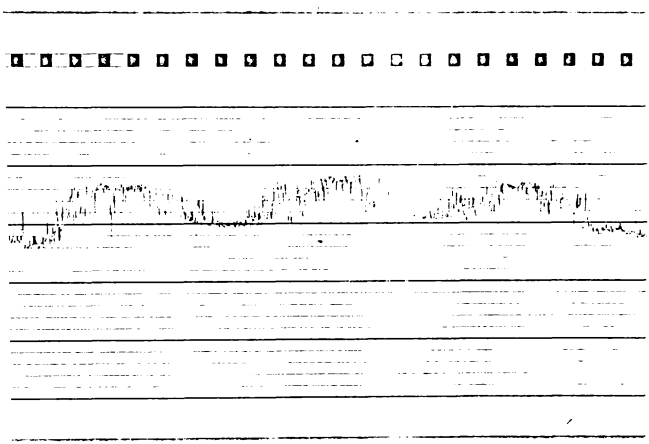


Fig.64

c. - Sala mare Centrala Româniacfilm - 15 aprilie 1975  
 aparat proiecție Dresden D 11 X  
 lampă Xenon 450 W  
 obiectiv tip prokinar nr.5440 f = 120/1:1,9  
 mărirea lineară cca 1 : 122  
 măsurările nr.8, 10, 12, 13, 14, 16  
 proiecție statică

- măsurarea nr.8, explorare orizontală centrul ecranului scara 2 mm = 1 dB (fig.65)

frecvența (Hz)	10	12	16	20	25	32	40	50	63
contrast (dB)	10	9	7,5	6,5	5	4	2,5	1,5	1

- măsurarea nr.10, explorare verticală, jumătate dreapta  
 scara 1 mm = 1 dB (fig.66)

frecvența (Hz)	10	12	16	20	25	32	40	50	63
contrast (dB)	10	9	6	5,5	5	3,5	2,5	1,5	0,5

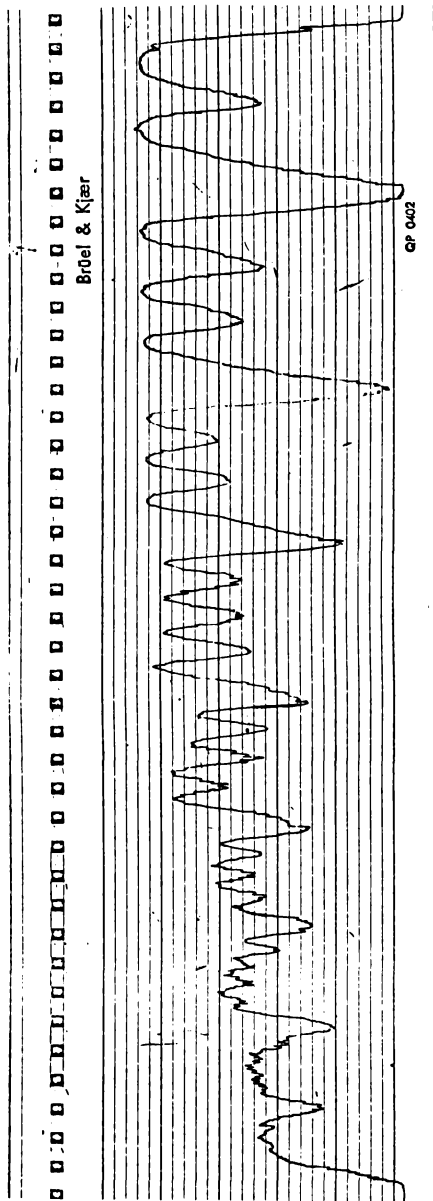


Fig.65

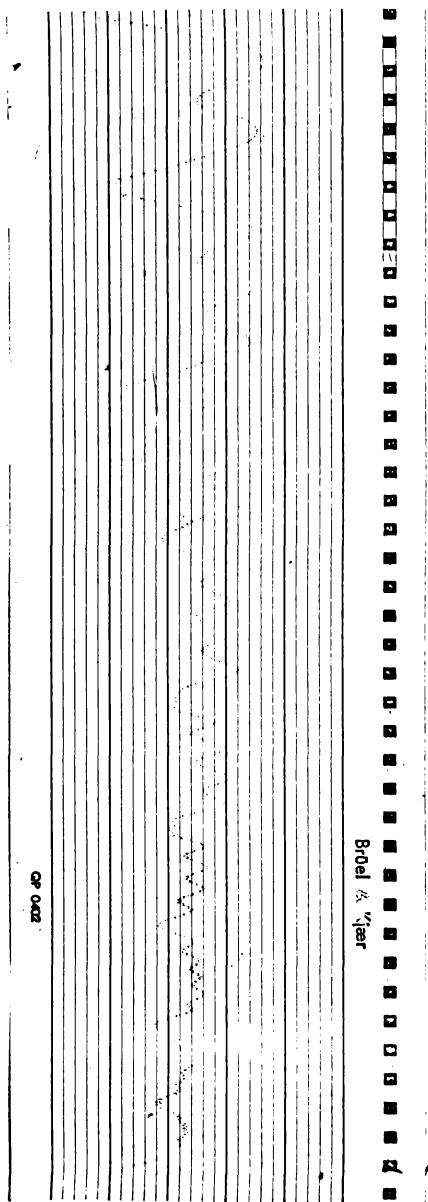


Fig.66

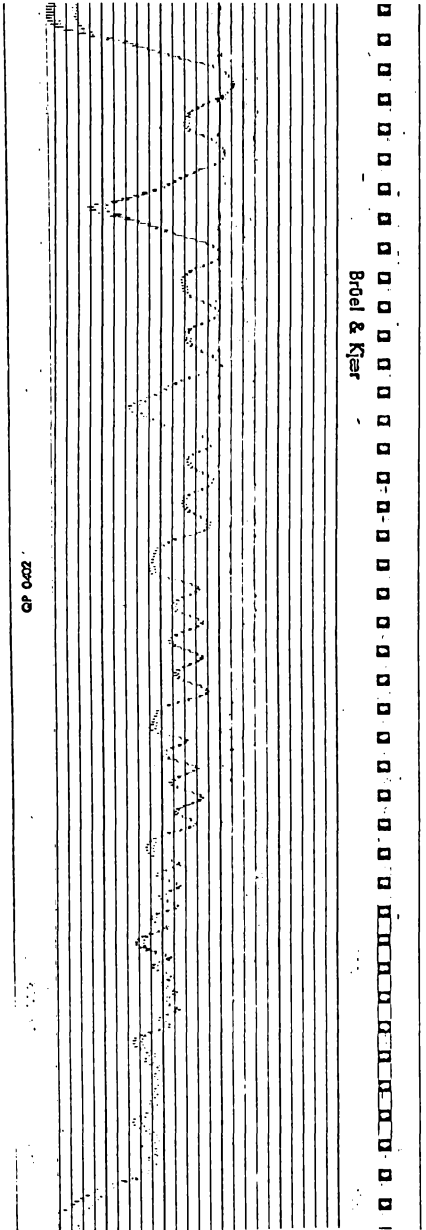


Fig.67

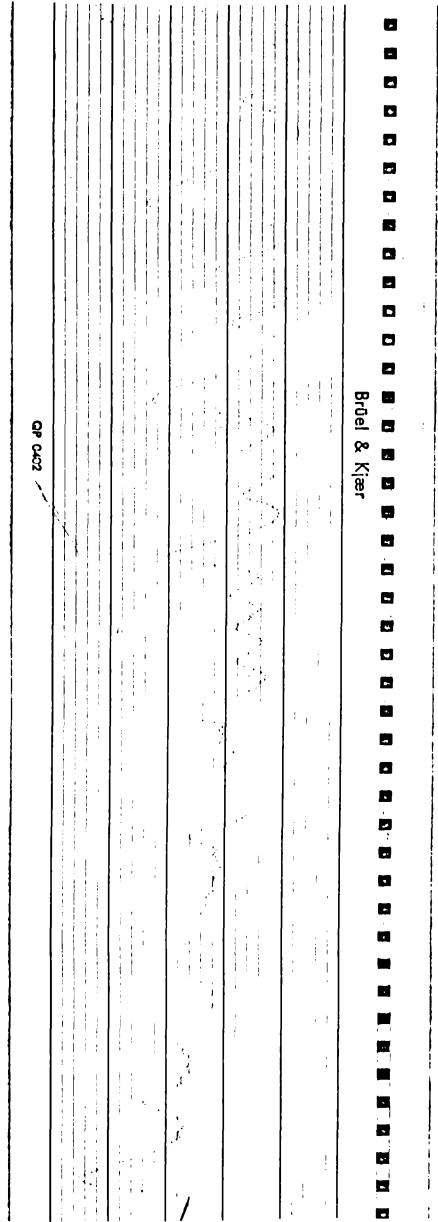


Fig.68

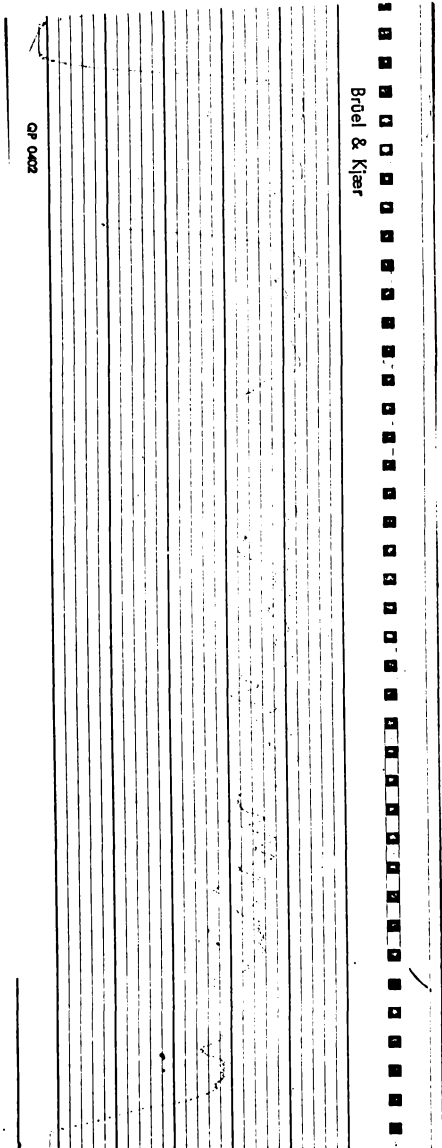


Fig. 69

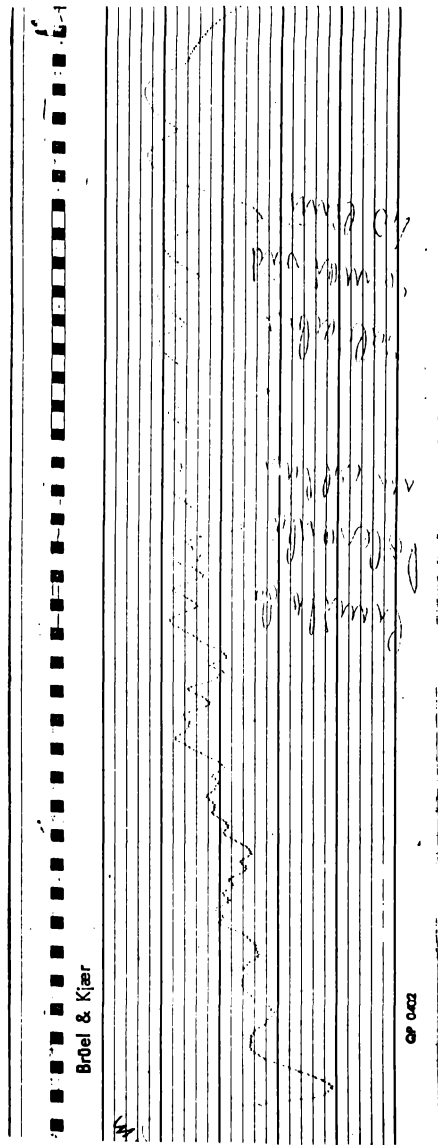


Fig. 70

- măsurarea nr.12, orizontal colțul stînga jos

scara 2 mm = 1 dB (fig.67)

frecvența (Hz)	10	20	16	20	25	32	40	50	63
contrast (dB)	8	6	5	5	4,5	4	3	1,5	0,5+1

- măsurarea nr.13, orizontal partea de jos

scara 1 mm = 1 dB (fig.68)

frecvența (Hz)	10	12	16	20	25	32	40	50	63
contrast (dB)	10	10	7	5	2,5	1	1	0,5	-

- măsurarea nr.14 orizontal partea de jos

scara 1 mm = 1 dB (fig.69)

deplasat fotometrul 0,5 m față de planul optim de claritate

frecvența (Hz)	10	12	16	20	25	37	40	50	63
contrast (dB)	4,5	4	3	3	3	3	2	1	-

- măsurarea nr.16, colțul stînga jos

scara 1 mm = 1 dB (fig.70)

dereglat claritatea obiectivului pînă la limita acceptabilă în mod subiectiv

frecvența (Hz)	10	12	16	20	25	32	40	50	63
contrast (dB)	5	5,5	4	4	3	2	1,5	-	-

### 5.5.3. Interpretarea rezultatelor

Contrastul imaginii se citește de pe banda înregistra-  
torului rapid de nivel pentru fiecare frecvență spațială  
ca diferență între două nivele exprimat în dB, adică

sub forma  $C_1 = 20 \lg \frac{L_1}{L_2}$ . Obținerea valorii funcției de

transfer a modulației din contrastul exprimat în această  
formă presupune două operații : trecerea la forma de ex -

primare  $C_2 = \frac{L_1 - L_2}{L_1 + L_2}$  a contrastului imaginii pentru fie-

care frecvență spațială și pe de altă parte calcularea  
valorii funcției de transfer, adică raportarea contrastu-  
lui imaginii la contrastul mirei testfilmului.

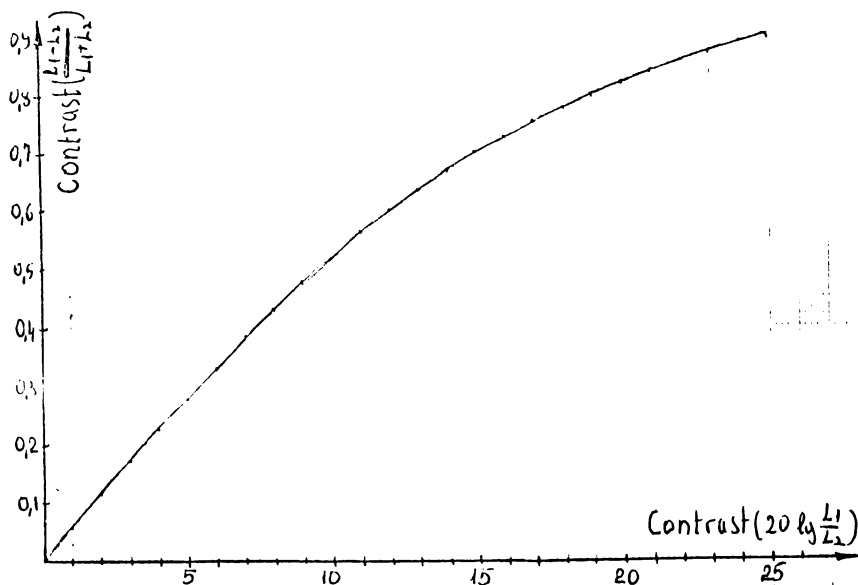


Fig.71. Corespondența contrastului în dB  $C_1 = 20 \lg \frac{L_1}{L_2}$   
și exprimat sub formă  $C_2 = \frac{L_1 - L_2}{L_1 + L_2}$

tabel 8

Corespondența între contrastul imaginii și valoarea recalculată a funcției de transfer a modulației (contrastul imaginii raportat la contrastul testfilmului)

contrast exprimat sub formă de			Valoarea funcției de transfer a modulației la diferite frecvențe spațiale							
dB	$\frac{L_1}{L_2}$	$\frac{L_1-L_2}{L_1+L_2}$	la 10, 12 și 16 Hz	la 20 Hz	la 25 Hz	la 32 Hz	la 40 Hz	la 50 Hz	la 63 Hz	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,5	1,059	0,028	0,03	0,03	0,03	0,04	0,06	0,08	0,11	
1	1,122	0,057	0,06	0,06	0,07	0,08	0,11	0,17	0,22	
1,5	1,190	0,088	0,09	0,10	0,10	0,12	0,17	0,26	0,34	
2	1,259	0,114	0,12	0,13	0,13	0,16	0,23	0,34	0,45	
2,5	1,334	0,142	0,15	0,16	0,16	0,20	0,28	0,42	0,55	
3	1,413	0,171	0,18	0,19	0,20	0,24	0,34	0,50	0,67	
3,5	1,496	0,200	0,21	0,22	0,23	0,28	0,40	0,59	0,78	
4	1,583	0,225	0,24	0,25	0,26	0,31	0,45	0,66	0,88	
4,5	1,679	0,251	0,27	0,28	0,29	0,35	0,50	0,74	0,98	
5	1,778	0,279	0,29	0,31	0,32	0,39	0,55	0,82	-	
5,5	1,883	0,306	0,32	0,34	0,35	0,43	0,61	0,90	-	
6	1,993	0,330	0,35	0,36	0,38	0,46	0,66	0,97	-	
6,5	2,114	0,358	0,36	0,39	0,41	0,50	0,71	-	-	
7	2,239	0,385	0,38	0,42	0,44	0,54	0,76	-	-	
7,5	2,322	0,410	0,43	0,45	0,47	0,57	0,81	-	-	

tabel 8 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10'
8	2,517	0,43	0,45	0,47	0,49	0,60	0,85	-	-
8,5	2,660	0,455	0,48	0,50	0,52	0,64	0,90	-	-
9	2,818	0,478	0,50	0,52	0,55	0,67	0,95	-	-
9,5	2,985	0,500	0,53	0,55	0,57	0,70	0,99	-	-
10	3,162	0,520	0,55	0,57	0,59	0,73	-	-	-
10,5	3,350	0,541	0,57	0,59	0,62	0,76	-	-	-
11	3,548	0,565	0,60	0,62	0,64	0,79	-	-	-
11,5	3,758	0,581	0,61	0,64	0,66	0,81	-	-	-
12	3,981	0,600	0,63	0,66	0,68	0,84	-	-	-
12,5	4,217	0,616	0,65	0,68	0,70	0,85	-	-	-
13	4,467	0,634	0,67	0,70	0,72	0,88	-	-	-
13,5	4,731	0,651	0,69	0,71	0,74	0,91	-	-	-
14	5,012	0,667	0,70	0,73	0,76	0,93	-	-	-
14,5	5,308	0,683	0,72	0,75	0,78	0,95	-	-	-
15	5,623	0,698	0,74	0,74	0,80	0,97	-	-	-
15,5	5,957	0,712	0,75	0,78	0,81	0,99	-	-	-
16	6,310	0,726	0,77	0,80	0,83	-	-	-	-
16,5	6,683	0,739	0,78	0,81	0,84	-	-	-	-
17	7,079	0,752	0,79	0,82	0,86	-	-	-	-
17,5	7,498	0,766	0,81	0,84	0,87	-	-	-	-
18	7,943	0,776	0,82	0,85	0,88	-	-	-	-
18,5	8,414	0,788	0,83	0,86	0,90	-	-	-	-
19	8,913	0,798	0,84	0,87	0,91	-	-	-	-
19,5	9,440	0,808	0,85	0,88	0,92	-	-	-	-
20	10	0,818	0,80	0,90	0,93	-	-	-	-



Trecerea de la o formă de exprimare a contrastului la cealaltă se poate realiza cu ajutorul fig.71 sau - mai operativ - cu ajutorul tabelului nr.8. In coloana 4 + 10 a tabelului autorul a trecut și valoarea funcției de transfer pentru diferite frecvențe spațiale, adică raportul între contrastul imaginii  $C_2$  și contrastul mirei testfilmului la diferitele frecvențe. Valorile funcției de transfer au fost rotunjite la două zecimale, iar valorile pentru 10,12 și 16 Hz, care practic nu se deosebesc în primele două zecimale, au fost trecute într-o singură coloană.

Astfel, din valoarea contrastului imaginii citită în dB de pe banda înregistratorului rapid de nivel se poate trece imediat la valoarea funcției de transfer pentru acea frecvență spațială. De exemplu, pentru înregistrarea din exemplu a (fig. 62) rezultă prin folosirea tabelului următoarele valori pentru funcția de transfer a modulației :

frecvența (Hz)	10	12	16	20	25	32	40	50	63
contrastul imaginii (dB)	10	8	6	5	3,5	2,5	1,5	0,75	-
valoarea funcției de transfer	0,55	0,45	0,35	0,31	0,23	0,20	0,17	0,14	-

In fig.72 a este trasată funcția de transfer a modulației rezultată din această înregistrare. Se observă că funcția scade aproape constant cu frecvența spațială, este - după constatările autorului - o funcție tipică pentru instalații de proiecții cinematografice, o funcție cum se măsoară de obicei în zona centrală a ecranului. Se observă de asemenea că funcția este tot timpul deasupra limitei de calitate stabilită de autor, ceea ce înseamnă că calitatea proiecției cinematografice exprimată de această funcție este corespunzătoare.

In fig.72 b și 72 c sînt date funcțiile de transfer ale modulației ridicate după aceeași metodologie după înregistrările din exemplul c. Se observă că de asemenea funcția corespunzătoare zonei centrale a ecranului prezintă o scădere aproape constantă cu frecvența, fiind de data aceasta mult superioară limitei de calitate. Calitatea proiecției cinematografice exprimată de această funcție este foarte bună.

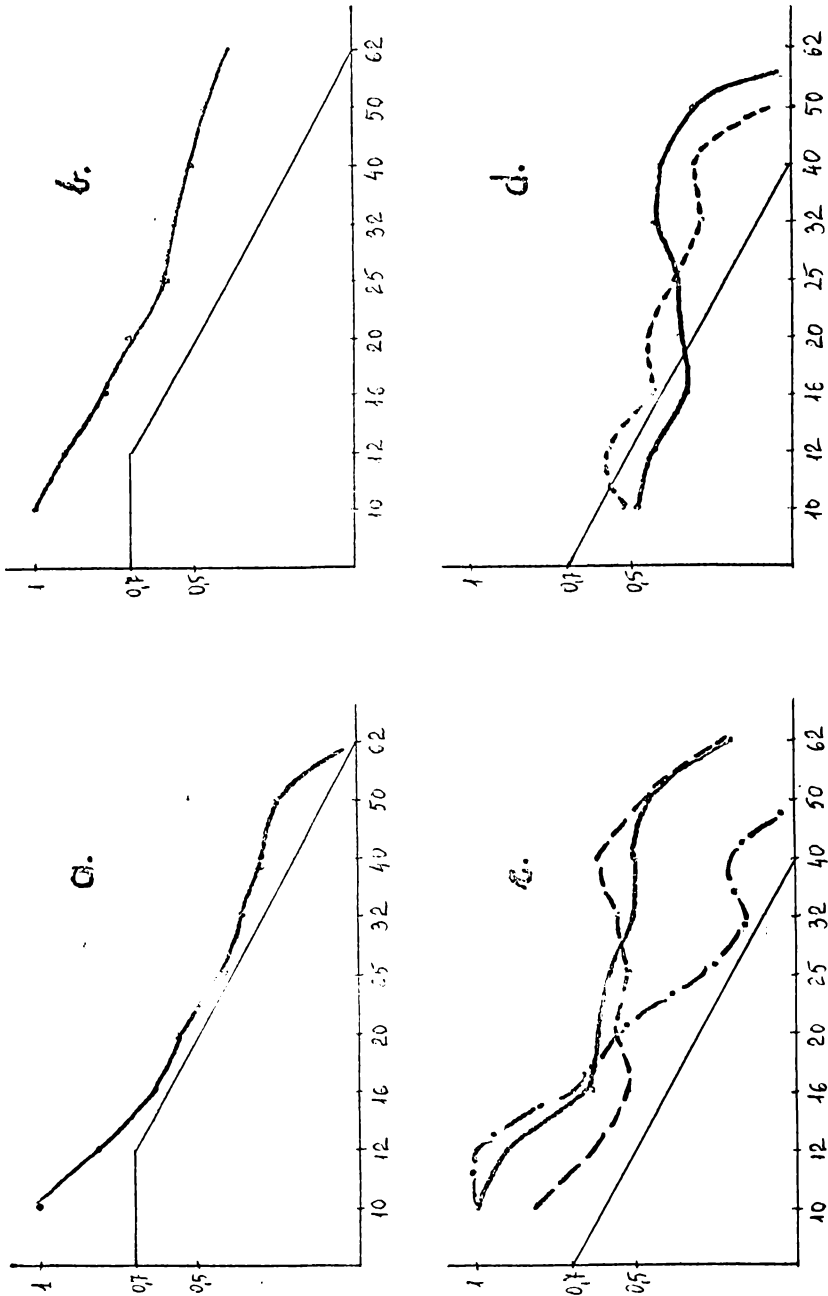


Fig.72. Funcții de transfer a modulației: a-pentru înregistrarea fig.62 ; b-pentru înregistrarea fig.65; c-pentru înregistrările fig.66,67 și 68 ; d-pentru înregistrările din fig.69 și 70.

Funcțiile corespunzătoare celorlalte zone au aluri diferite, dar se observă și la acestea că sînt mult deasupra limitei de calitate pentru aceste zone (fig.72c).

Excepție fac funcțiile corespunzătoare măsurărilor 14 și 16 unde claritatea a fost redusă în mod artificial. După cum se vede din fig. 72 aceste funcții de transfer au la frecvențe joase valori mult mai mici decît celelalte funcții și nu corespund condiției de calitate la aceste frecvențe. Cea mai slabă calitate a proiecției este cea exprimată de funcția corespunzătoare măsurării nr.14 care prezintă valori insuficiente la 10 Hz, 12 Hz și 16 Hz. La frecvențele de 32, 40 și 50 Hz această funcție prezintă valori superioare funcției nr. 16, dar după cum a demonstrat autorul, acestea au pentru calitatea proiecției o importanță mult mai mică decît frecvențele joase unde funcția nr.14 exprimă o calitate necorespunzătoare. Funcția 16 reprezintă o calitate care este aproape corespunzătoare, dar la frecvența de 10 Hz are o valoare care este sub limita de calitate admisibilă. Din cauza acestei valori mici la 10 Hz nici proiecția cinematografică exprimată de funcția nr.16 corespunde, ceea ce era de așteptat de alt fel.

Rezultă din aplicarea experimentală a rezultatelor cercetării că funcția de transfer măsurată în condițiile indicate de autor pentru proiecția cinematografică exprimă calitatea acesteia, putînd fi folosit drept criteriu de calitate.

## 6. CONCLUZII GENERALE

În țara noastră participă zilnic peste o jumătate de milion de spectatori la spectacole cinematografice. Din această cauză și problema complexă a calității proiecției cinematografice capătă o importanță deosebită, mai ales că această calitate se determină în momentul de față prin aprecieri subiective.

În acest context studiile și lucrările întreprinse de către autor în direcția obiectivizării determinării calității proiecției cinematografice au permis să se contureze o serie de rezultate și concluzii de o deosebită utilitate pentru întreprinderi și organizații ce dețin și exploatează instalații de proiecție cinematografică, în special pentru întreprinderile cinematografice județene.

În lucrare este definită noțiunea de calitate a proiecției cinematografice și se determină parametrii care condiționează această calitate. Prin analiza metodelor de determinare a calității proiecției cinematografice folosite în cinematografia română și compararea acestora cu cele folosite în alte părți și în alte domenii, autorul demonstrează necesitatea acută de obiectivizare a acestor metode, găsind și soluția problemei prin aplicarea metodelor tehnicii informaționale. Cinematografia reprezintă un canal în timp și spațiu prin care se transmit informații optice și acustice, iar calitatea transmiterii acestor informații poate fi exprimată printr-o funcție de transfer.

Sînt studiate în lucrare diferite funcții de transfer, funcții elementare etc. care prezintă o semnificație în proiecția cinematografică și autorul demonstrează că pentru exprimarea calității proiecției cinematografice se pretează cel mai bine funcția de transfer a modulației.

În lucrare s-a elaborat o metodologie care permite exprimarea obiectivă a calității proiecției cinematografice plecînd de la măsurarea funcției de transfer a modulației. Au fost elaborate de asemenea mijloacele de măsurare necesare constînd din filme speciale de măsurare și o instalație

experimentală de măsurare.

Mijloacele de măsurare și metodologia elaborată au fost utilizate pentru determinarea calității proiecției cinematografice în cinematografe diferite, obținându-se efectele scontate.

Din părțile originale ale lucrării se menționează în mod deosebit :

1. Elaborarea în diferite etape a unor metode de control obiective pentru determinarea calității proiecției cinematografice, la început prin definirea detaliilor celor mai mici care sînt reproduse, exprimate în număr de linii pe milimetru, iar apoi prin măsurarea funcției de transfer a modulației.

2. Elaborarea filmelor de măsurare, în special a testfilmelor de tip "Româniafilm" în a cărei miră sînt conținute toate elementele necesare care să permită, prin proiecția testfilmului cu instalația cinematografică de măsurat, determinarea obiectivă - măsurarea calității proiecției cinematografice realizată de acea instalație.

3. Introducerea în tehnica cinematografică a metodelor tehnicii informaționale. Studiarea a ceea ce înseamnă în proiecția cinematografică funcțiile elementare, funcțiile de transfer și funcțiile de variabilă complexă. Exprimarea calității proiecției cinematografice prin aceste funcții.

4. Elaborarea metodei și metodologiei de determinare experimentală, în condițiile unui cinematograf obișnuit, a funcției de transfer a modulației.

5. Elaborarea unei instalații de măsurare pentru funcția de transfer a modulației, comportînd microfotometrarea modulației imaginii proiectată pe ecran și măsurarea și înregistrarea semnalelor obținute.

6. Determinarea, teoretică și experimentală, a limitelor de calitate admisibile pentru proiecția cinematografică.

Din punct de vedere al eficienței economice a cercetării, lucrarea se poate aplica atît în cinematografele e -

xistente cît mai ales pentru determinările calitative ce se execută la recepția cinematografelor noi sau reparate. Metoda elaborată nu mai pretinde pentru determinarea calității proiecției cinematografice specialiști de cea mai înaltă calificare, ci transformă aceste operații în măsurări obișnuite, posibile de executat de personal cu pregătire medie.

Lucrarea este astfel concepută încît există posibilitatea extinderii ulterioare și asupra altor faze din procesul tehnologic, creării pe viitor a unui sistem unic de determinare a calității pe întregul proces.

7. BIBLIOGRAFIE

- 1 Hochmeister, G. Rado, E. - Memento pentru tehnicienii de proiecție cinematografică. București, Ministerul Invățământului și Culturii, 1957.
- 2 Camil, S. Hochmeister, G. Rado, E. - Tehnica proiecției cinematografice. București, Editura Tehnică, 1961.
- 3 Constantinescu, Gh. Hochmeister, G. Nicolescu, N. Tolan, C. - Tehnica proiecției cinematografice și aparatura de proiecție. București, Editura didactică și pedagogică, 1969.
- 4 Hochmeister, G. - Montarea și controlul instalației cinematografice, București, Editura didactică și pedagogică, 1970
- 5 Constantinescu, Gh. Hochmeister, G. Nicolescu, N. Tolan, C. - Tehnica proiecției și aparatură de proiecție, București, Editura didactică și pedagogică, 1973.
- 6 Mehnert, H. - Filmfotografie und Fernsehfilmfotografie. Leipzig, VEB Fotokinoverlag, 1971.
- 7 Kleindienst, W. - Untersuchungen zur Bildqualität kinematografischer Filme. In : Bild und Ton, 1971, nr.10 și 11, p.293-300 și 331-334.
- 8 Komar, V.G. - Informaționnia oțenca cacestva izobrajenia kinematograficeshikh sistem. In : Tehnica kino i televidenie, 1972, nr.10, p.9-22.
- 9 Enz, K. Zur Beurteilung der Bildgüte in Filmtheatern. In: Bild und Ton, 1968, nr.2, p.41-46.
- 10 Vinh, N.A. - Über die physiologische Grundlage für die Bildschärfewahrnehmung kinematografischer Bilder. In: Bild und Ton, 1973, nr.1 și 2, p.15-22 și 37-42.
- 11 Bliumberg, I.B. - Tehnologiya obrabotki kinefotomateria - lov. Moscova, Iskustvo, 1958.
- 12 Frielinghaus, K.O. - Neue Bildstandsuntersuchungen bei der Projektion von Bildfilmen. In : Bild und Ton, 1966, nr.9, p. 258-264.

- 13 x x x - Norme tehnice pentru instalarea și funcționarea cinematografelelor staționare. București, Ministerul Culturii, 1954.
- 14 x x x - Regulamentul tehnic de exploatarea filmelor, întreținerea și exploatarea utilajelor cinematografice. București, Comitetul de Stat pentru Cultură și Artă, 1969.
- 15 x x x - Normă internă departamentală nr.5013/1973 privind calitatea proiecției cinematografice. București, Consiliul Culturii și Educației Socialiste, 1973.
- 16 x x x - Standarde din Republica Democrată Germană :
- TGL 26 090 Subjektive Bewertung der Qualität kinematografischer Schwarz-Weiss-Bilder. Begriffe, Bedingungen, Kriterien.
  - TGL 26 563/01 Standardvorführung für 35 mm Film. Technische Forderungen.
  - TGL 35-100 Bidstandsfehler. Blatt 1 Begriffe, Blatt 2 Technische Forderungen, Blatt 3 Messung.
  - TGL 35-301 Technischer Betrieb von Filmwiedergabeanlagen. Revision.
  - TGL 35-302 Technischer Betrieb von Filmwiedergabeanlagen. Prüfungs - und Wartungsvorschriften.
  - TGL 35-303 Bedingungen für die Remission von Bildwänden.
  - TGL 35-620/1 Film 35 mm. Prüf - und Messfilme. Bild-testfilm.
  - TGL 35-621/1 Film 16 mm. Prüf - und Messfilme. Bild-testfilm.
  - TGL 35-622 Kine-Film 70 mm. Prüf - und Messfilme. Bildtestfilm.
- 17 x x x - Standarde din Republica Federală Germania.
- DIN 15571 Bildwandausleuchtung bei Filmprojektion.
    - Blatt 1 Anforderungen an die Leuchtdichte und Richtwerte für Vorführungen.
    - Blatt 2 Anforderungen an die Leuchtdichte und Richtlinien für ihre Messung.



Blatt 3 Einfluss von Störlicht und Richt-  
linien für seine Messung.

- DIN 15709 Prüf - und Messfilme. Bildtestfilm.

- 18 x.x x - Recomandările și proiectele de recomandări ISO/TC  
36  
-481 Methods of Measuring Scray Light in Motion Pic -  
ture Theatres.  
- 504 Screen Luminance for 16 mm Projection in Indoor  
Theatres.  
- 518 Projection Screen Luminance in Review Rooms (35  
and 70 mm Films).  
- 866 Draft ISO recommendation.Luminance of Screens  
for 35 mm projection in indoor theatres.
- 19 Lamberts,R. - Application of sine-wave techniques to i-  
mageforming systems. In : JSMPTE,1962, nr.9,p.635-640.
- 20 Crane, E.M.- An objective method for rating picture  
sharpness. In : JSMPTE,1964, nr.8, p.643-647.
- 21 Below,F. - Uber den Einfluss der optischen Kontrastü-  
bertragungsfunktion auf die Bildgüte. In : Fernseh- und  
Kinotechnik, 1972, nr.2 și 3, p.41-45 și 85-87.
- 22 Zöllner,H. - Die Kontrastübertragungsfunktion als Güte-  
kriterium der optischen Abbildung. In : Interkamera  
Praga, 1973, p.233-239.
- 23 Rudolph,J. - Die Kontrastübertragungsfunktion als Bild-  
gütekriterium. In : Bild und Ton, 1959, nr.11 și 12, p.  
328-334 și 357-361.
- 24 Schilling,J.Zickler,A. - Leistungsbewertung von Foto -  
objektiven durch die Modulationsübertragungsfunktion.  
In : Bild und Ton, 1966, nr.2, p.34-38.
- 25 Papulis,A. - Teoria sistem i preobrazovanii v optike.  
Moskva, 1971, Izdatelistvo "Mir".
- 26 Perrin,F.H. - Methods of appraising photographic sys -  
tems. In : JSMPTE,1960,nr.3,p.151-156 și nr.4,p.239-249.
- 27 Baumann,W. - Eine einfache Methode zur Darstellung der  
Kontrastübertragungsfunktion für die Charakterisierung  
fotografischer Schichten. In : Bild und Ton, 1962, nr.  
4. p.118-121.

INSTITUTUL POLITEHNIC  
TIMIȘ OARA  
BIBLIOTECA CENTRALĂ

- 28 Hochmeister,G. Calitatea proiecției cinematografice - metode de determinare. Referat prezentat la catedra de măsuri electrice a Institutului Politehnic "Traian Vuia" Timișoara, 1974.
- 29 Hochmeister,G. - Determinarea calității proiecției cinematografice. In : Buletinul tehnic al Centralei România-film, nr.6, 1974, p.3-26.
- 30 Hochmeister,G. - Metode de analiză a transiterii semnalelor în proiecția cinematografică. Referat prezentat la catedra de măsuri electrice a Institutului Politehnic "Traian Vuia" Timișoara, 1974.
- 31 Hochmeister,G. - Contribuții privind folosirea funcțiilor de transfer pentru măsurarea obiectivă a calității proiecției cinematografice,rap.16.-Sesiune IOR, București,1974.
- 32 Pauli,H.G.- Über die objektive Bewertung der Helligkeitsübertragung in der Schwarz-Weiss-Kinotechnik. In: Bild und Ton, 1963, nr.10, p.30-34.
- 33 Vu-van-Khvan, - Die Leuchtdichte-Ungleichmässigkeiten bei der Bildprojektion und ihre zulässigen Toleranzen. In : Bild und Ton, 1966, nr.12, p.363-366.
- 34 Babuția,I. Budișan N. - Teoria sistemelor automate.Institutul Politehnic "Traian Vuia" Timișoara, 1972.
- 35 Simonyi,K. - Electrotehnica teoretică. București, Editura tehnică, 1974.
36. Norris,J. - An MTF Analysis of the Contribution of Motion-Picture Printing to Image Sharpness. In : JSMPTE, nr.8, p.706-708, 1970.
- 37 Langner,G.Müller,R. - Zur Praxis der Modulationsübertragungsfunktion. In : Mitteilungen aus den Forschungslaboratorien der Agfa-Gevaert A.G.,Berlin, Springer Verlag, 1964. .
- 38 Olvovskaia,M.B. - Priimenenie EVM pri obrabotke rezultatov izmerenii ceastotno-contrasnoi characteristic o -

- biectivov. In : Tehnica kino i televidenie, 1972,nr. 11, p.28-30.
- 39 Gherasimova,O.A.Nilova,A.A. - Aparate pentru determinarea funcțiilor de transmisie ale sistemelor de imagine. In : Tehnica kino i televidenie, 1965, nr.6, p. 30-39.
- 40 Bouma,J.A.Keyzer,I. - ODETA,universelles Messgerät für schnelle und genaue Bestimmung der Leistung optischer Systeme. In : Interkamera 1973, p.240.
- 41 Hoffman,I.- Calculatoare analogice și hibride. Institutul Politehnic "Traian Vuia" Timișoara, 1973.
- 42 Hângănuț,M.Dancea,I.Negru,O. - Programe FORTRAN comentate în automatica. București, Editura Tehnică, 1974.
- 43 Pop,E. - Metode și aparate de măsură numerice. Institutul Politehnic "Traian Vuia" Timișoara, 1972.
- 44 Langner,G.Müller,R. - Umrechnungs- und Näherungsmethoden zur Bestimmung der Modulationsübertragungsfunktion von fotografischen Schichten aus Rechteckrastern. In : Mitteilungen aus den Forschungslaboratorien der Agfa - Gevaert A.G., Berlin, Springer Verlag, 1964, p.339-345.
- 45 x x x - Pegelschreiber Typ 2305. Beschreibung und Anwendung. Bruel & Kjaer, Naerum, 1966.'
- 46 Pop,E.Chivu,M. - Măsuri electrice și magnetice. Vol.1, Institutul Politehnic "Traian Vuia" Timișoara, 1969.
- 47 Gheorghiu,N.Militaru,P. - Teoria și practica iluminatului electric. București, Editura tehnică, 1970.
- 48 Ondrejcsik,C. - Utilizarea efectelor de moarăj la controlul stabilității imaginii cinematografice, rap. 19 Sesiune IOR, 1974, București.