

595.336  
79 E

UNIVERSITATEA TEHNICA TIMISOARA  
FACULTATEA DE ELECTROTEHNICA

Teza de doctorat :

---

CERCETARI PRIVIND ECHIPAMENTE  
ELECTROTERMICE PENTRU TAIERI  
DE MATERIALE

---

CONDUCATOR STIINTIFIC

prof.dr.ing. Ioan Şora

DOCTORAND

ing. Alexandru P. Albu

BIBLIOTECA CENTRALĂ  
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"  
TIMIŞOARA

TIMISOARA

1994

Pentru început , as dori sa aduc multumiri dascalilor Universitatii Tehnice din Timisoara de la Facultatea de Electrotehnica, pentru formarea mea ca inginer (1969) si pentru sprijinul acordat ulterior , in pregatirea si elaborarea acestei lucrari de doctorat , in specialitatea Electrotehnologii , conducator stiintific prof. dr.ing. Ioan Şora .

As dori sa aduc multumiri Institutului de Sudura si Incercari de Materiale din Timisoara pentru sustinerea materiala in ultimii 20 de ani .

Ofer aceasta lucrare Universitatii Tehnice din Timisoara si Institutului de Sudura si Incercari de Materiale din Timisoara si o recomand spre consultare tuturor celor interesati in domeniul taierii de materiale prin procedee termice si electrotermice .

ing. Alexandru P. Albu



## INTRODUCERE

Lucrarea de fata prezinta un domeniu mai putin abordat in literatura tehnica indigena : taierea de materiale , in special prin procedee termice si electrotermice . Daca in domeniul sudarii materialelor exista un volum bogat de comunicari , in domeniul geaman, al taierii de materiale , preocuparile , in general au fost mai modeste, lucrarea de fata venind in intampinarea umplerii acestui gol informational .

Autorul prezinta unele aspecte ale echipamentelor de taiere termica , dupa o activitate de 20 de ani in domeniu , in cadrul Institutului de Sudura si Incercari de Materiale din Timisoara , in dorinta de a impartasi celor interesati, din experienta sa .

Cerinta deservirii complete a beneficiarilor potentiali , a condus la necesitatea situarii la jonctiunea mai multor domenii profesionale : fizica si chimia tehnologica a taierii , optica , mecanica, electronica, et c., intr-o conexiune functionala complexa, cu scop unic : livrarea unui echipament performant .

Sunt prezente cele 2 laturi ale taierii de materiale : aparatele de taiere si echipamentele de conturare .

Chiar si in conditiile existentei concurențiale a conturării prin control numeric, in lucrare se prezinta conturarea prin urmarire optica . Indrazneala este motivata de saltul calitativ al realizării unui cap optic rapid , precis , fara componente inertiale in miscare de rotatie , element de noutate pe plan european . La aceleasi performante de viteza si precizie cu ale comenzi numerice, pretul este de zeci de ori mai mic , iar fiabilitatea este de sute de ori mai mare .

Se apreciaza urmatoarele aspecte originale ale lucrării :

- Rezolvarea problemei contactului electric la periile colectoare ale capului optic rotitor .
- Realizarea unor demodulatoare sincrone precise si fara transformatoare defazoare .
- Realizarea unor multiplicatoare de precizie in 4 cadrane, cu prelucrare simultana a 2 semnale analogice variabile independent .
- Realizarea unor variatoare de turatie specifice conturării x,y, (reversibile si cu gama foarte larga de reglare a turatiei ) , pentru mediu cu nivel ridicat de perturbatii ( oscilatorul pentru plasma ) .
- Compensarea automata pe normala la contur , a fantei taieturii , utilizand un dispozitiv electronic (brevetat) , in locul dispozitivelor mecanice .
- Studiul distorsiunilor de compensare a fantei taieturii , la parcurgerea colturilor de contur .
- Studiul conexiunii intre compensarea prin rotatie si compensarea prin translatie .
- Prezentarea unei metode de calibrare a vernierului de compensare a fantei taieturii .
- Stabilirea incrementului de control pe axele x,y, ale masinilor de conturare prin sincronizare de pozitie .
- Marcarea automata in timpul urmaririi liniei desenate , prin utilizarea unui sistem diferential si a unor "marcheri" specifici .
- Studiul preciziei conturării la masinile automate de taiere termica prin urmarire de desene la scara 1:1 si 1:10 .

- Stabilirea relatiei între excentricitatea fotocelulei din capul optic si viteza maxima de avans .

- Elaborarea unor metode de depistare a cauzei generatoare de erori ale cotelor pieselor debitate , in scopul interventiei de corectie la fabricatie sau in exploatare .

- Introducerea " metodei urmaririi patratului etalon " , in scopul determinarii cauzei aparitiei unor erori de urmarire. Dupa aceasta analiza , s-a schimbat solutia constructiva , rezultand o scadere a erorii de urmarire din motive mecanice - geometrice .

- Analiza erorilor de urmarire din vina zonelor de insensibilitate a turatiei motoarelor de actionare  $m_x$ ,  $m_y$ ,  $m_z$  .

- Marirea eficacitatii optice prin utilizarea unui sistem specific de diafragme .

- Conceptia unui cap optic fara componente inertiiale in miscare de rotatie , care , fata de capurile optice rotitoare utilizate pe plan european , ofera urmatoarele avantaje :

- de 100 de ori mai rapid
- de 6 ori mai precis
- de 100 de ori mai fiabil
- de 10 ori mai ieftin
- de 10 ori mai durabil
- de 10 ori mai economic (consum)
- fara inele si perii colectoare
- fara bec de iluminare
- fara stabilizator pentru bec
- fara motor electric
- fara variator de turatie
- fara rezolver bipolar rotativ
- fara roti dintate

- Stabilirea erorii de viteza si a erorii de pozitie din vina interpolarii liniare, la capul optic rapid nerotitor si concluzionarea realizarii unei erori foarte mici a pozitiei .

- Conceptia sistemului diferential de citire optica , in scopul reducerii perturbatiei derivatei optice si termice asupra pozitiei fata de linia desenata .

- Conceptia unui dispozitiv electronic pentru "agatare" automata a liniei desenate si de oprire automata in cazul pierderii liniei desenate , in special in cazul capului optic rapid , nerotitor .

- Conceptia unei scheme electrice complete pentru un sistem de actionare in coordonate ("SAC"), utilizand un cap optic rapid ("COR"). Echipamentul a fost experimentat si multiplicat practic pentru o serie de masini automate de taiere termica , utilizand flacara oxigaz , plasma , laserul .

- Stabilirea unei metode de masurare a vitezei maxime de avans a capului optic rapid .

- Introducerea notiunii de " constantă de tesire a coltului , ktc " , pentru a caracteriza regimul dinamic specific parcurgerii coltului unei linii desenate .

- Prezentarea unor rezultate experimentale de conturare , utilizand echipamentul "COR-SAC70W" in conceptie proprie .

- Stabilirea timpului maxim de franare , din conditia urmaririi colturilor liniei desenate cu viteza maxima .



LISTA PRINCIPALELOR SIMBOLURI SI NOTATII UTILIZATE

CAP. 1

- qf - cantitatea de caldura care trece prin unitatea de supra-  
fata in unitatea de timp (MJ/mp.s)
- Af - aria orificiului diuzei (mp)
- tf - timpul de curgere a gazului prin diuza (s)
- Qef - contributia energetica (MJ/s)
- Vg - debitul volumic (mc/s)
- Hf - puterea calorica minima a gazului (MJ/mc)
- mg - contributia de gaz (l/mc)
- kr - factorul de reactie chimica (/)
- Hf1 - puterea calorica minima a amestecului de gaze (MJ/mc)
- vo - viteza de curgere a flacariei oxigaz (m/s)
- Kf - energia primara a flacariei (MJ/mc)
- Fn - fanta taieturii, egala cu 2.fn, (mm)
- de - diametrul echivalent de calcul al diuzei (mm)
- da - diametrul diuzei la intrarea gazului (mm)
- db - diametrul diuzei la iesirea gazului (mm)
- p - presiunea oxigenului de taiere, a gazului plasmagen (Pa)
- ps - presiunea critica a oxigenului de taiere (Pa)
- r - raportul de consum (/)
- I - curentul in arcul de plasma (A)
- Qg - debitul de gaz plasmagen (l/min)
- Qa - debitul de apa (l/min)
- hdp - distanta diuza-piesa (mm)
- $\alpha$  - coeficientul de absorbtie a radiatiei laser (/)
- $\lambda$  - lungimea de unda a radiatiei laser (microni)
- df - distanta focala a lentilei (mm)
- $\phi$  - diametrul fasciculului laser in focar (mm)
- Hf - adancimea focalizarii laser (mm)
- D1 - diametrul fasciculului laser natural (mm)
- Klas - eficacitatea taierii cu laser (/)
- Wc - energia cinetica de impact (J)
- mp - masa particulei (kg)
- vp - viteza particulei (m/s)
- $\sigma$  - densitatea fluidului (kg/mc)

CAP. 2

- Ug - tensiunea generata de oscilatorul pilot (V)
- Ux - tensiunea filtrata generata de demodul. sincron DSX (Vcc)
- Uy - tensiunea filtrata generata de demodul. sincron DSY (Vcc)
- Ux' - tensiunea nefiltrata generata de dem. sincron DSX (Vv-v)
- Uy' - tensiunea nefiltrata generata de dem. sincron DSY (Vv-v)
- UT - tensiunea constanta de 10 Vcc (Vcc)
- Uvx - tensiunea referinta de viteza pentru variatoarele de tura-  
tie x si x' (Vcc)
- Uvy - tensiunea referinta de viteza pentru variatoarele de tura-  
tie y si y' (Vcc)
- Uex - tensiunea de eroare de pozitie pentru variatorul de tura-  
tie x' (V)
- Uey - tensiunea de eroare de pozitie pentru variatorul de tura-  
tie y' (V)
- Uez - tensiunea de eroare de pozitie pentru variatorul de tura-  
tie z', rotire cap multiplu de taiere (V)

- Ufx - tensiunea de compensare a fantei taieturii, pentru varia-  
torul de turatie x' (V)
- Ufy - tensiunea de compensare a fantei taieturii, pentru varia-  
torul de turatie y' (v)
- Urefx- tensiunea de insumare:  $U_{vx}+U_{ex}+U_{fx}$  (V)
- Urefy- tensiunea de insumare:  $U_{vy}+U_{ey}+U_{fy}$  (V)
- Upz - tensiunea de purtatoare pe axa z:  $\sin i$ ,  $\cos i$  (V)
- Upxy - tensiunea purtatoare pe axele x,y: sincro x-x', y-y' (V)
- kv - coeficientul de prescriere a vitezei de avans (0...1)
- kf - coeficientul de prescriere a fantei taieturii (0...1)
- vT - viteza tangentiala pe contur (m/min)
- vx - viteza de avans pe axa x (m/min)
- vy - viteza de avans pe axa y (m/min)
- fn - compensarea fantei taieturii pe normala la contur (mm)
- fx - compensarea fantei taieturii pe axa x' (mm)
- fy - compensarea fantei taieturii pe axa y' (mm)
- i - pozitia unghiulara a rezolverului capului optic (°)
- i' - pozitia unghiulara a rezolverului capului multiplu de ta-  
iere (°)
- d - (mo) modulul vectorului optic, sau excentricitatea foto-  
celulei pe tangenta la contur (mm)
- x - deplasarea pe axa x (mm)
- y - deplasarea pe axa y (mm)
- x' - deplasarea pe axa x' (mm)
- y' - deplasarea pe axa y' (mm)
- f - frecventa purtatoare generata de Pz si Pxy (Hz)
- t1 - timp de lipsa contact la peria colectoare (s)
- t2 - timp de existenta contact la peria colectoare (s)
- z1 - numarul de dinti la roata solidara cu tubul optic (/)
- z2 - numarul de dinti la roata solidara cu motorul mz (/)
- L - incrementul de control pe calea de rulare:  $4.L'$  (mm)
- G1 - generator, oscilator pilot pentru alimentarea rezolveru-  
lui din capul optic msz
- G2 - generator, oscilator pilot pentru alimentarea rezolvere-  
lor de sincronizare x-x', y-y'
- msz - rezolver din capul optic, pentru  $\sin i$  si  $\cos i$
- msz1 - rezolver emitator din capul optic pentru sincronizare ro-  
tire sanfren
- msz' - rezolver receptor din capul multiplu de taiere pentru  
sincronizare rotire sanfren
- msx - rezolver emitator axa x, pentru sincronizare x-x'
- msx' - rezolver receptor axa x' pentru sincronizare x-x'
- msy - rezolver emitator axa y, pentru sincronizare y-y'
- msy' - rezolver receptor axa y' pentru sincronizare y-y'
- mz - motor pentru rotire cap optic, axa z
- mz' - motor pentru rotire cap multiplu de taiere, axa z'
- mx - motor pentru axa x
- mx' - motor pentru axa x'
- my - motor pentru axa y
- my' - motor pentru axa y'
- tx - tahogenerator pentru axa x
- tx' - tahogenerator pentru axa x'
- ty - tahogenerator pentru axa y
- ty' - tahogenerator pentru axa y'
- DSX - demodulator sincron pentru referinta de viteza axa x
- DSY - demodulator sincron pentru referinta de viteza axa y
- DSXX' - demodulator sincron pentru sincronizare x-x'
- DSYY' - demodulator sincron pentru sincronizare y-y'
- DSZZ' - demodulator sincron pentru sincronizare z-z'
- Pv - potentiometru pentru prescrierea vitezei de avans (kv)
- Pf - potentiometru pentru prescrierea fantei taieturii (kf)
- L - lampa pentru iluminare desen

M1 - multiplicator cu  $k_f$  a fantei taieturii pe axa  $y'$   
M2 - multiplicator cu  $k_f$  a fantei taieturii pe axa  $x'$   
M3 - multiplicator cu  $k_v$  a vitezei de avans pe axele  $x, x'$   
M4 - multiplicator cu  $k_v$  a vitezei de avans pe axele  $y, y'$   
FC - fotocelula  
FCO - fotocelula de lectura centrala  
FCD - fotocelula de lectura pe partea dreapta a liniei  
FCS - fotocelula de lectura pe partea stanga a liniei  
RED - reductor din capul optic  
I - inele colectoare din capul optic  
VAR.X - variator de turatie pentru axa  $x$   
VAR.Y - variator de turatie pentru axa  $y$   
VAR.x' - variator de turatie pentru axa  $x'$   
VAR.Y' - variator de turatie pentru axa  $y'$   
VAR.Z - variator de turatie pentru axa  $z$   
VAR.Z' - variator de turatie pentru axa  $z'$   
Pz - formator de purtatoare pentru axa  $z$  (rotire cap optic)  
Pxy - formator de purtatoare pentru axele  $x, y$  ( $x-x', y-y'$ )  
m - ax mecanic  
o - ax optic  
K - comutator pentru compensarea fantei taieturii +/-  
Σ - amplificator operational sumator  
PSX - pierderea sincronismului  $x-x'$   
PSY - pierderea sincronismului  $y-y'$   
PT - pierderea traiectoriei  
KT - releu pentru pornire taiere  
KI - releu pentru pornire incalzire

### CAP. 3

ex - eroarea cotei pe axa  $x$  (mm)  
ey - eroarea cotei pe axa  $y$  (mm)  
ex' - eroarea de urmarire pe axa  $x$  (mm)  
ey' - eroarea de urmarire pe axa  $y$  (mm)  
j - eroarea unghiulara a capului optic ( $^\circ$ )  
fo - diametrul real al diafragmei fotocelulei (mm)  
fd - diametrul diafragmei fotocelulei, raportat la desen (mm)  
#U - abaterea tensiunii generate de traductorul optic (V)  
#Umax - excursia de la negru la alb a tensiunii generate de traductorul optic (V)  
#Ux - deriva zeroului tensiunii  $U_x$  generata de DSX (V)  
#Uy - deriva zeroului tensiunii  $U_y$  generata de DSY (V)  
#Uvx - deriva zeroului tensiunii  $U_{vx}$  generata de M3 (V)  
#Uvy - deriva zeroului tensiunii  $U_{vy}$  generata de M4 (V)  
#Uex - deriva zeroului tensiunii  $U_{ex}$  generata de DSXX' (V)  
#Uey - deriva zeroului tensiunii  $U_{ey}$  generata de DSYY' (V)  
q - abaterea unghiulara a pinionului pe cremalierile  $x', y'$  ale masinii ( $^\circ$ )  
s - scara de urmarire ideala (/)  
s1 - scara de urmarire reala (/)  
exo - eroarea la o tura a pinionului pe cremaliera (mm)  
j - jocul la reductoarele selsinelor  $msx', msy'$  (mm)  
p - unghiul intre ghidajele  $x, y$ , in plan orizontal ( $^\circ$ )  
m - unghiul intre ghidajul  $x$  si planul de lucru ( $^\circ$ )  
q' - unghiul de abatere al ghidajului vertical al aparatului de taiere ( $^\circ$ )  
s - sageata in plan orizontal a ghidajului longitudinal (mm)  
sa - sageata in plan orizontal a ghidajului transversal cu capul optic (mm)  
sb - sageata in plan orizontal a ghidajului transversal cu aparatul de taiere (mm)

sc	- sageata in plan vertical a ghidajului transversal cu capul optic (mm)
sd	- sageata in plan vertical a ghidajului transversal cu aparatul de taiere (mm)
sai	- sageata in plan orizontal a ghidajului transversal inferior cu capul optic (mm)
sbi	- sageata in plan orizontal a ghidajului transversal inferior cu aparatul de taiere (mm)
a	- bratul orizontal al capului optic (mm)
b	- bratul orizontal al aparatului de taiere (mm)
c	- bratul vertical al capului optic (mm)
d	- bratul vertical al aparatului de taiere (mm)
e	- bratul stang minim al riglei elastice (mm)
f	- bratul drept minim al riglei elastice (mm)
g	- inaltimea bratului stang al riglei elastice (mm)
h	- inaltimea bratului drept al riglei elastice (mm)
v	- distanta intre ghidajele transversale (mm)
i	- cursa verticala a aparatului de taiere (mm)
b1	- bratul minor orizontal al aparatului de taiere (mm)
b'	- bratul orizontal de ghidare a aparatului de taiere (mm)
e1	- bratul stang al grinzii transversale (mm)
f1	- bratul drept al grinzii transversale (mm)
E	- modulul de elasticitate al riglei elastice (N/mp)
Iz	- momentul de incovoiere al riglei elastice (m4)
F1	- forta elastica in rigla, in pozitia din stanga (N)
F2	- forta elastica in rigla, in pozitia din dreapta (N)
eo	- eroarea cauzata de traductorul optic (mm)
ex	- eroarea cauzata de zona de insensib. a motorului mx (mm)
ey	- eroarea cauzata de zona de insensib. a motorului my (mm)
ez	- eroarea cauzata de zona de insensib. a motorului mz (mm)
Ua	- tensiunea generata de nivelul de alb (V)
Ub	- tensiunea generata de nivelul de negru (v)
#Uo	- tensiunea de decalaj a traductorului optic (V)
#Ux	- zona de insensibilitate a motorului mx (V)
#Uy	- zona de insensibilitate a motorului my (V)
#Uz	- zona de insensibilitate a motorului mz (V)
x	- axa mecanica transversala a masinii
y	- axa mecanica longitudinala a masinii
xe	- axa electrica transversala a rezolverului
ye	- axa electrica longitudinala a rezolverului

#### CAP. 4

vt'	- viteza tangentiala reala (m/min)
vx'	- viteza pe axa x, reala (m/min)
vy'	- viteza pe axa y, reala (m/min)
#vx	- eroarea de viteza pe axa x (m/min)
#vy	- eroarea de viteza pe axa y (m/min)
#i	- eroarea unghiulara a vectorului viteza tangentiala (°)
e	- eroarea de pozitie din vina interpolarii liniare (mm)
tA	- temporizarea la "agatarea liniei desenate" (s)
tPT	- temporizarea la "pierderea traiectoriei" (s)
PJ	- "prag jos" la $\beta E 555$ (V)
PS	- "prag sus" la $\beta E 555$ (V)
E	- iluminarea (lx)
I	- intensitatea radianta (cd)
r	- distanta intre emitator si receptor (mm)
Uoc	- tensiunea de circuit deschis a fotodetectorului (mV)
Isc	- curentul de scurtcircuit al fotodetectorului (uA)
Rs	- rezistenta de sarcina ( $\Omega$ )
d1	- grosimea liniei desenate (mm)

d2 - imaginea grosimii liniei desenate (mm)  
d3 - diametrul fotodetectorului (mm)  
D1 - distanta obiectiv-desen (mm)  
D2 - distanta obiectiv-fotodetector (mm)  
do - diametrul diafragmei fotodetectorului (mm)  
 $\mu$  - eficacitatea traductorului optic (/)  
Ialb - curentul generat de fotodetector pe alb ( $\mu$ A)  
Inegru- curentul generat de fotodetector pe negru ( $\mu$ A)  
Ualb - tensiunea generata de fotodetector pe alb (mV)  
Unegru- tensiunea generata de fotodetector pe negru (mV)

### CAP. 5

vx - viteza de avans intrinseca a cap.optic pe axa x (mm/min)  
vy - viteza de avans intrinseca a cap.optic pe axa y (mm/min)  
x - deplasarea pe axa x (mm)  
y - deplasarea pe axa y (mm)  
tx - timpul necesar parcurgerii distantei x (s)  
ty - timpul necesar parcurgerii distantei y (s)  
Ux - tensiunea generata de rezolverul optic pe axa x (V)  
Uy - tensiunea generata de rezolverul optic pe axa y (V)  
Uxd - tens.gen.de rezolv.optic pe axa x, in regim dinamic (V)  
Uyd - tens.gen.de rezolv.optic pe axa y, in regim dinamic (V)  
Uxs - tens.gen.de rezolv.optic pe axa x, in regim stationar (V)  
Uys - tens.gen.de rezolv.optic pe axa y, in regim stationar (V)  
Tm - constanta de timp electromecanica (s)  
Te - constanta de timp electrica a capului optic (s)  
kds - coeficientul dinamic al capului optic (/)  
ec - tesirea coltului de 90° (mm)  
ktc - constanta de tesire a coltului (s)  
P n - puterea nominala utila (W)  
M - cuplul motor (N.m)  
M n - cuplul nominal in regim stationar (N.m)  
M s - cuplul in regim stationar specific (N.m)  
M p - cuplul la pornire (N.m)  
M f - cuplul la franare (N.m)  
MR - cuplul static rezistent (N.m)  
M .imp- cuplul impulsional maxim admis (N.m)  
IA - curentul prin motor (A)  
IAo - curentul la mers in gol (A)  
IAN - curentul nominal in regim stationar (A)  
IAS - curentul in regim stationar specific (A)  
IAp - curentul la pornire (A)  
IAf - curentul la franare (A)  
IA.imp- curentul impulsional maxim admis (A)  
Icirt - curentul de circulatie (A)  
UA - tensiunea la borne (V)  
UAN - tensiunea la borne nominala, in regim stationar (V)  
UAs - tensiunea la borne, in regim stationar specific (V)  
UA.max- tensiunea la borne maxima - la unghi de aprind.minim (V)  
Uen - tensiunea de eroare de turatie (referinta de curent) (V)  
Uei - tensiunea de eroare de curent (V)  
Uo-v - tensiunea pe suntul R (Vo-v)  
Utaho.x - tensiunea generata de tahogeneratorul tx (V)  
UD - tensiunea pe tiristor (v)  
Uef.trafo - tensiunea efectiva in secundarul transform. (V)  
EA - tensiunea electromotoare (V)  
n - turatia (rpm)  
nn - turatia nominala (rpm)  
ns - turatia in regim stationar specific (rpm)  
n.max - turatia maxima admisa (rpm)

$\Omega$  - viteza unghiulara (rad/s)  
 $\Omega_n$  - viteza unghiulara nominala (rad/s)  
 $\Omega_s$  - viteza unghiulara in regim stationar specific (rad/s)  
 $\Omega_o$  - viteza unghiulara in gol (rad/s)  
K - cuplul pe amper (N.m/A)  
TA - constanta de timp electrica a rotorului (s)  
Jm - momentul de inertie al motorului (kg.mp)  
Js - momentul de inertie al sarcinii (kg.mp)  
Js.max - momentul de inertie maxim al sarcinii (kg.mp)  
Jsurub - momentul de inertie al surubului cu bile (kg.mp)  
Jcuplaj - momentul de inertie al cuplajului (kg.mp)  
Jtranslatie - momentul de inertie de translatie (kg.mp)  
RA - rezistenta rotorului ( $\Omega$ )  
R - rezistenta suntului ( $\Omega$ )  
LA - inductanta rotorului (H)  
L - inductanta de filtrare (H)  
Aio - amplificarea erorii in momentul zero (/)  
Ai - amplificarea erorii in regim stationar (/)  
 $\tau_{ir}$  - constanta de timp de filtrare, a reactiei de curent (s)  
 $\tau_i$  - constanta de timp a regulatorului de curent (s)  
 $t_p$  - timpul de pornire (s)  
 $t_f$  - timpul de franare (s)  
 $\sigma_c$  - suprareglarea pozitiei, la colt (mm)

## CAPITOLUL 1

TEHNOLOGII MODERNE DE TAIERE  
A MATERIALELOR IN SCOPUL  
CRESTERII CALITATII TAIETURII  
A PRODUCTIVITATII SI  
A ECONOMICITATII

### 1.1. Istorie si motivatie

Domeniul taierii termice a fost abordat de ISIM Timisoara ( de fapt, sub denumirea initiala "CSIO" ) in 1973, prin demararea procedeelor de taiere : cu flacara oxigaz si cu plasma . In cei 20 de ani de activitate s-au realizat progrese permanente , fie in domeniul conceptiei aparatelor de taiere, fie in domeniul echipamentelor conexe responsabile de miscarea aparatelor de taiere in planul x,y (conturare).

Astfel, se noteaza aparatele de taiere oxigaz:

- ATOG-A, acetilena, table 3-300 mm
- ATOG-M, metan, table 3-300 mm
- ATOG-2A, acetilena, scurtat, table 3-300 mm
- ATOG-2M, metan, scurtat, table 3-300 mm
- ATOG-500, metan, table 300-500 mm
- ATOG-S, metan, pentru scobire (fisuri table)
- ATOG-F, metan, pentru flamare (destunderizare)
- ATOG-TB, metan, taiere blocuri turnate
- ITTPM, acetilena + pulberi metalice, oteluri aliate, et c.

De asemenea, se noteaza echipamentele de conturare:

- MATTOR-1, oxigaz, optic 1:10
- MATTOR-2, oxigaz, optic 1:10
- MATTO-G, oxigaz, optic 1:1
- MATTO-GI, oxigaz, optic 1:1
- MATTO-P, plasma, optic 1:1
- MATTO-GP, gaz + plasma, optic 1:1
- MINI-MATTO, oxigaz, optic 1:1
- MATTOM-G, oxigaz, optic 1:1 + magnetic
- MATTO-FV, oxigaz + plasma, optic 1:1
- MATT-P-CN, plasma, comanda numerica
- MATT-PG-CN, plasma + oxigaz, comanda numerica
- MATT-GL, oxigaz, benzi
- MATT-S, oxigaz, benzi
- MATT-B, oxigaz, benzi
- ICO-PL, laser, optic 1:1
- SMF, freza deget pentru sculptare lemn, optic 1:1, et c.

Cercetarile s-au concentrat la inceput asupra tehnologiei taierii, asupra fenomenelor fizico - chimice care au loc in procesul taierii termice , urmarindu-se realizarea unor aparate de taiere (oxigaz, plasma) care sa realizeze taieturi de calitate (rizuri si bavuri mici , fanta a taieturii mica) , precise si cu productivitate mare (viteza de avans mare).

In continuare , in scopul oferirii unor servicii complete beneficiarilor , a aparut si necesitatea conceptiei si executiei unor echipamente responsabile de conducerea aparatului de taiere in planul x,y (al tablei care se supune procesului de debitare).



Aceasta conducere trebuie sa fie precisa, fara vibratii, si cu domeniu reglabil de prescriere a vitezei de avans, in functie de procesul fizico-chimic al taierii . In cazul contururilor de forma complexa , se pune conditia unei viteze tangentiale constante pentru un anumit regim tehnologic . Analiza cauzelor care genereaza erori ale pieselor taiate , precum si permanenta imbunatatire a solutiilor tehnice , a condus la incadrarea preciziei in prescriptiile normelor nationale si internationale.

Desi aceste echipamente de conturare au fost realizate ca o necesitate conexa a taierii oxigaz si cu plasma, pe parcursul anilor au aparut si solicitari ale unor beneficiari, pentru adaptarea echipamentelor de conturare la taierea cu laser ("ICO-PL") si la sculptarea lemnului cu freza deget ("SMF") . De asemenea , aceste echipamente de conturare se pot adapta si in cazul altor aparate de taiere: cu jet de apa sub presiune , cu ultrasunete , et c.

Un caz deosebit il constituie taierea cu fascicul laser . Tehnologia taierii cu fascicul laser permite precizie mare si viteza de avans mare, raportat la procedeul cu oxigaz si cu plasma. De aceea, in ultimii ani s-au realizat cercetari pentru conceperea unor echipamente de conturare mai performante : cap optic cu urmarire rapida si precisa, actionari x,y fara joc, et c.

## 1.2. Taierea termica oxigaz

Procedeul este denumit de unii utilizatori "taierea cu oxigen", sau "taierea cu flacara oxigaz".

Se aplica numai la debitarea otelurilor nealiate (cu continut de carbon sub 0,25 %), cu grosimea de 3 ... 2000 mm . In cazul otelurilor cu incluziuni de carbon , se utilizeaza injectia de pulberi metalice , care prin ardere, elibereaza un surplus de energie termica.

Fanta taieturii are peretii paraleli , in cazul unui regim stabilit corect.

Regimul corect de taiere rezulta prin stabilirea unei corelari optime intre urmatoorii parametri:

- grosimea tablei de debitat
- viteza de avans
- diametrul diuzei
- profilul ajutorajului diuzei
- presiunea oxigenului de taiere
- presiunea oxigenului de incalzire
- presiunea gazului combustibil
- tipul gazului combustibil (metan, acetilena, propan, hidrogen, butan)

Scopul consta in realizarea unei taieturi fara rizuri, fara bavuri si cu fanta a taieturii cat mai redusa . Calitatea suprafetei taieturii se poate compara cu cea obtinuta prin prelucrari mecanice. Rugozitatea este de 16 ... 630 microni, comparabila cu rugozitatea rabotarii de exemplu, de 1 ... 250 microni.

### 1.2.1. Viteza de avans in functie de grosimea materialului

In principiu, viteza de avans descreste cu cresterea grosimii materialului, conform valorilor din tabelul 1.1.

Calitatea taieturii este foarte buna in domeniul grosimilor medii si mari (20 ... 305 mm), ceea ce recomanda utilizarea acestui procedeu de taiere inaintea procedeuului de taiere cu plasma si cu laser. La grosimile mici (3 ... 5 mm) , calitatea taieturii este slaba , manifestandu-se in special prin bavura mare.

Viteza de avans nu depaseste 0,8 metri / minut, deci echipamentul de conturare aferent nu pune probleme deosebite de dinamica.

Domeniul de grosimi de 3 ... 300 mm este cel utilizat in mod curent in constructiile metalice.

Grosime (mm)	Viteza de avans (m/min.)
3,2	0,40 - 0,80
6,4	0,40 - 0,60
12,7	0,30 - 0,60
19,0	0,30 - 0,50
25,4	0,20 - 0,40
38,1	0,15 - 0,35
50,8	0,10 - 0,30
101,6	0,10 - 0,25
152,4	0,07 - 0,20
203,2	0,07 - 0,10
254,0	0,05 - 0,10
305,0	0,05 - 1,10

### 1.2.2. Intensitatea flacarii oxigaz

In cazul taierii de otel cu flacara oxigaz, prin definitie, intensitatea flacarii "qf" reprezinta cantitatea de caldura care trece prin unitatea de suprafata in unitatea de timp:

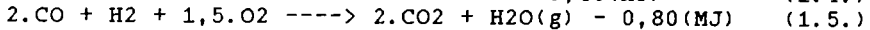
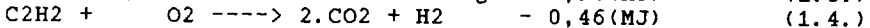
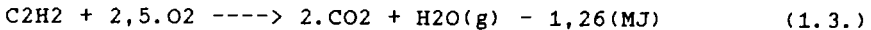
$$qf = Qf / Af \cdot tf \quad (\text{MJ/m.m.s}) \quad (1.1.)$$

Af este aria orificiului diuzei

tf este timpul de curgere a gazului prin diuza

$$Af = \pi \cdot (d/2)^2 \quad (1.2.)$$

In cazul acetilenei utilizate ca gaz combustibil, reactiile chimice sunt :



Contributia energetica Qef (MJ/s) are expresia:

$$Qef = Vg \cdot Hf \cdot mg \cdot kr \quad (1.6.)$$

Vg este debitul volumic (m.m.m/s)

Hf este puterea calorica minima (MJ/m.m.m)

mg este contributia de gaz (l/m.m.m)

kr este factorul de reactie chimica

Puterea calorica minima Hf (7) are valorile :

Hf = 10,76 (MJ/m.m.m) la hidrogen

Hf = 56,94 (MJ/m.m.m) la acetilena

Hf = 108 (MJ/m.m.m) la propan si butan

Contributia de gaz mg are valorile :

mg = 0,74 (l/m.m.m) la hidrogen

mg = 0,47 (l/m.m.m) la acetilena

mg = 0,21 (l/m.m.m) la propan si butan

Puterea calorica minima a amestecului are valorile :

Hf1 = 7,96 (MJ/m.m.m) la hidrogen

Hf1 = 26,76 (MJ/m.m.m) la acetilena

Hf1 = 22,68 (MJ/m.m.m) la propan si butan

Produsul "Kf" = Hf.mg.kr se numeste "energie primara a flacarii si are valorile :

Kf = 6 (MJ/m.m.m) la hidrogen

Kf = 11 (MJ/m.m.m) la acetilena

Kf = 12 (MJ/m.m.m) la propan si butan

Conform (7) :

$$qf = Qef/Af = Vg \cdot Kf/Af \quad (\text{MJ/m.m.s}) \quad (1.7.)$$

iar :

$$vo = Vg/Af \quad (1.8.)$$

este " viteza de curgere a flacarii oxigaz " (m/s)

Rezulta deci :

$$qf = vo \cdot Kf \quad (1.9.)$$

Relatia pune in evidenta un aspect foarte important si anume ca intensitatea flacarii oxigaz qf este direct proportionala cu viteza de curgere a flacarii oxigaz vo . Fiecare gaz are Kf specific .

Tinand seama de acest aspect , se creeaza posibilitatea optimizarii diuzei. De exemplu, la ZIS Halle din Germania, in 1990 s-au stabilit pentru diuzele SK0, SK1, SK2, SK3, SK4, curbele care exprima relatia intre timpul de incalzire si presiunea a-mestecului pentru diferite grosimi de table  $s = 5, 16, 30$  mm, pen- diuze cu 8,10,12 fante. Curbele sunt prezentate in figurile 1.1. si 1.2. (7).

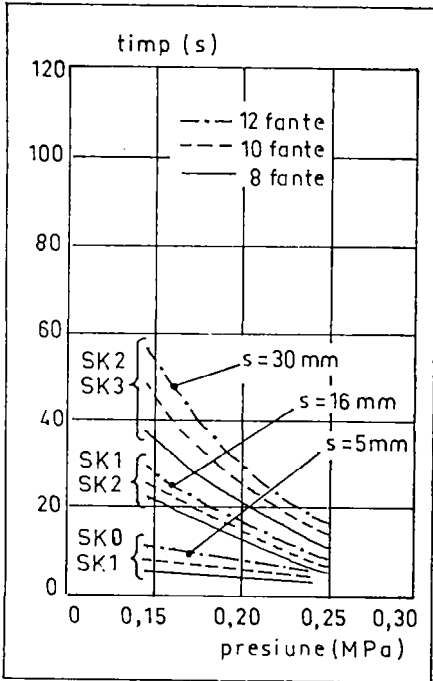


Fig. 1.1. Timpul de incalzire la diuzele: SK0,SK1 SK2,SK3, cu  $\phi$  8 mm

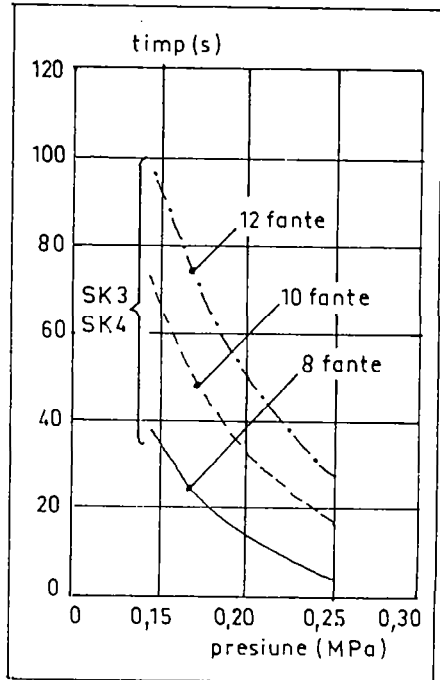


Fig. 1.2. Timpul de incalzire la diuzele: SK3,SK4 cu  $\phi$  8 mm

### 1.2.3. Relatia intre fanta taieturii si diametrul diuzei

Relatia a fost stabilita si teoretic si experimental de R. Gunnert , in cadrul firmei AGA-Suedia (88):

$$F_n = 1,3 \cdot \text{de} \cdot \left( \frac{p}{p_s} \right) \quad (1.10.)$$

$F_n$  este fanta taieturii (mm)

$\text{de}$  este diametrul echivalent de calcul, al diuzei (mm)

$p$  este presiunea oxigenului de taiere (Pa)

$p_s$  este presiunea critica a oxigenului de taiere (Pa), (care conduce la o viteza de curgere egala cu viteza sunetului)

In figura 1.3.se evidentiaza marimile geometrice ale diuzei Fanta taieturii  $F_n$  , poate rezulta mai mica decat canalul diuzei de , daca presiunea oxigenului este mica in raport cu presiunea critica  $p_s$  .

Presiunea este "ps" și "pe" în funcție de diametrele "da" și "db" și de forma canalului diuzei: cilindric, divergent et c.

Consumul de oxigen este minim, dacă  $p = p_s$ . În acest caz :

$$F_n = 1,3 \cdot d_e \quad (1.11.)$$

În cazul canalului cilindric ( $d_a = d_b$ ) pentru scurgerea oxigenului cu viteza sunetului, se obține :  $p = 190.000 \text{ Pa}$  (cca. 1,9 ata). Dacă p este mai mare decât 190.000 Pa, viteza de curgere a oxigenului depășește viteza sunetului.

În cazul în care diuza nu are forma cilindrică, în relația (1.10.) se utilizează diametrul echivalent de calcul "de" :

$$d_e = d_b \cdot \sqrt{p / 190000} \quad (1.12.)$$

în care p se exprimă în pascal (Pa)

Pentru canalele divergente, în care  $p = 190.000 \text{ Pa}$ , rezulta  $d_e = d_b$  deci relația pentru determinarea fanței tăieturii  $F_n$ , devine :

$$F_n = 1,3 \cdot d_b \quad (1.13.)$$

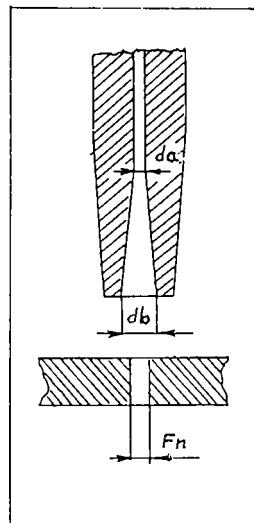


Fig. 1.3. Diametrul diuzei și fanta tăieturii

#### 1.2.4. Diuze cu număr mare de fante

În 1990 firma "GCE-Rhona-Fulda" din Germania comunică realizarea unei geometrii noi la ajutorul amestecului de încălzire, conform figurii 1.4. (3).

În cazul unui număr mic de fante pentru ieșirea amestecului de încălzire, nu se obține o uniformitate a "cilindrului termic" care înconjoară jetul central al oxigenului de tăiere (cu presiune mare). Aceasta soluție a fost adoptată din considerente de reducere a prelucrărilor la execuția diuzei.

Ideal ar fi un interstitiu inelar uniform și îngust, dar în acest caz, este dificilă centrarea diuzei exterioare față de diuza interioară. Excentrizarea ar conduce la regimuri termice diferite pentru diferite sensuri de avans ale aparatului de tăiere în planul x,y (paralel cu planul tablei debitate. Soluția propune mărirea numărului fantelor.

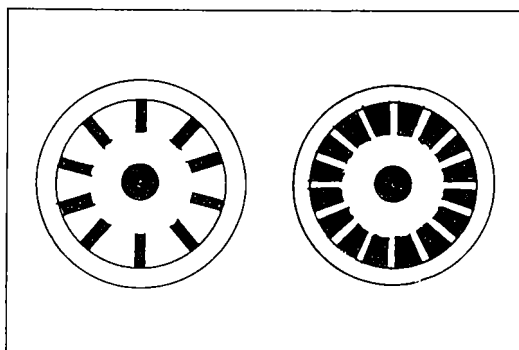


Fig. 1.4. Modernizarea diuzelor oxigaz, prin creșterea numărului de fante

### 1.2.5. Taierea cu presiune marita a oxigenului (" higher cutting speed ") Diuza divergenta Laval

Atunci când diuza Laval, conform figurii 1.5., este mai dificil de realizat, dar ofera avantaje asupra productivitatii la taiere, datorita posibilitatii obtinerii unei viteze sporite de avans, cu 20-30%.

Profilul special al canalului diuzei conduce la curgere laminara a oxigenului de taiere, se elimina curgerea turbulenta. In acest caz, curgerea este silentioasa (nu se aude acel suierat su arator) si se creeaza posibilitatea maririi presiunii la o astfel de valoare (pana la 1 MPa), incat viteza de curgere a oxigenului atinge o valoare de 3 ori mai mare decat viteza sunetului.

Ceea ce este foarte important in acest caz este faptul ca nu este necesara marirea debitului oxigenului si nici a gazului combustibil (diuza este mai ingusta). Deci rezulta economie de gaze pe metrul de taietura, tinand seama de faptul ca si viteza de avans este mai mare.

Firma GCE-Rhona-Fulda recomanda (3) pentru taierea tablelor cu grosimea sub 10 mm utilizarea aparatului de taiere normal, adica la o presiune a oxigenului de taiere sub 0,5 MPa (5 bari), iar pentru taierea tablelor cu grosimea peste 100 mm se recomanda utilizarea aparatelor de taiere special construite pentru presiune mare de 1 MPa (10 bari).

Costul taierii la presiune marita este de cca. 100 DM/ora.

Realizarea taierii la presiune marita este comunicata si de firma AGA-Suedia (135). Viteza de curgere a oxigenului de taiere este hipersonica (600 m/s). Se realizeaza o economie a gazelor de pana la 30 % fata de taierea la presiune scazuta.

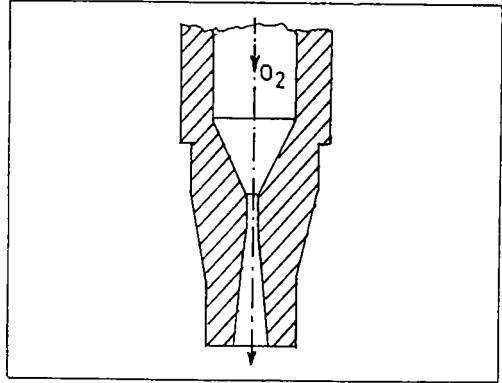


Fig. 1.5. Diuza Laval

### 1.2.6. Puritatea oxigenului de taiere

In figura 1.6. este evidentiat faptul ca prin utilizarea oxigenului impur, (de obicei cu resturi de apa sau azot), viteza de ardere scade mai mult decat proportional. Impuritati de 2 % conduc la scaderea vitezei de ardere cu 15 %. Notam ca practic, oxigenul contine sub 0,5 % impuritati.

In plus, prezenta impuritatilor conduce la cresterea rizurilor in taietura.

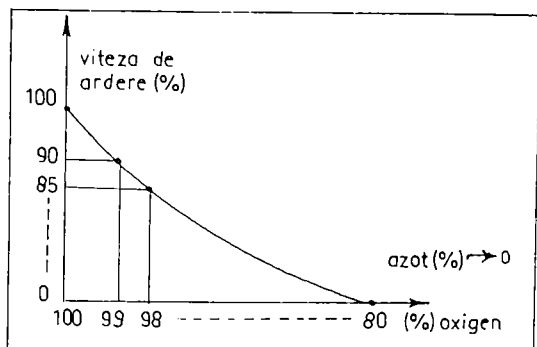


Fig.1.6. Viteza de ardere in functie de puritatea oxigenului

### 1.2.7. Alegerea gazului combustibil

Raportul de consum "r", definit ca debit oxigen / debit gaz combustibil, are valorile:

$r = 1,1 \dots 1,2$  in cazul acetilenei

$r = 2,0$  in cazul etilenei

$r = 4,5$  in cazul propanului

$r = 3,5$  in cazul tetraetanului

$r = 2,0 \dots 2,5$  in cazul gazului metan natural

Taierea cu metan este mai comoda, in sensul ca parametrii de taiere nu trebuie stabiliti foarte precis. In plus, pretul este mai scazut.

Taierea tablelor cu grosimi mari (peste 300 mm) motiveaza utilizarea propanului.

### 1.2.8. Inclinarea aparatului de taiere

În (87) -- ----i-t-  
o metoda de marire a productivitatii, prin simpla inclinare a aparatului de taiere fata de sensul de avans (figura 1.7.).

La taierea tablelor cu grosime sub 25 mm, prin inclinarea cu  $5 \dots 25^\circ$  se obtine o crestere a vitezei de avans si a productivitatii cu  $20^\circ$ . La grosimi mai mari nu se obtin efecte notabile. Calitatea taieturii insa este mai slaba (rizuri mai mari).

Bineinteles, procedeul se aplica numai la taierea in linie dreapta.

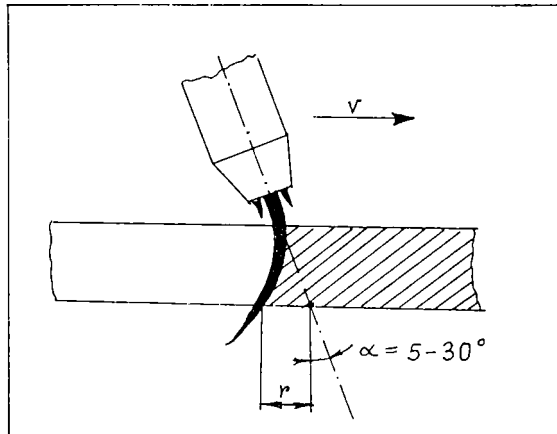


Fig. 1.7. Inclinarea aparatului de taiere oxigaz

### 1.2.9. Scurtarea timpului de strapungere prin sistemul "high - low"

In timpul strapungerii tablei, in faza initiala oxigenul de taiere este intrerupt. Aparatul de taiere lucreaza numai cu oxigenul de incalzire si cu gazul combustibil. Cu flacara rezultata din acest amestec se incalzeste tabla timp de  $1 \dots 2$  minute, apoi se conecteaza oxigenul de taiere care, datorita presiunii mai ridicate, produce o ardere mai intensa si expulzeaza "dopul" de metal incalzit. In timpul strapungerii sar stropi de metal topit si zgura, care de multe ori, infunda orificiile diuzei. In acest moment aparatul de taiere trebuie sa fie ridicat ("high") 15 mm. Imediat (dupa  $0,5 \dots 2$  secunde), simultan cu avansul x, y, diuza este coborata din nou ("low") la distanta de  $3 \dots 6$  mm.

Sistemul necesita un servomecanism automat foarte rapid de coborare / ridicare a aparatului de taiere (axa z).

1.2.10. Regimuri tehnologice  
ale taierii termice oxigaz  
pentru grosimea de 2-250 mm

Regimurile tehnologice (23) sunt prezentate sintetic in tabelul 1.2., pentru otel cu maxim 0,25 % carbon :

Regimuri tehnologice, otel 2-250 mm Tabelul 1.2.

Grosime de taiere (mm)	Viteza de avans (mm/min)	Presiune (MPa)			Fanta taieturii (mm)
		Oxigen de taiere	Oxigen de incalzire	Gaz combust.	
2- 4	720	0,20	0,20	0,02	0,6-1,0
4- 6	680	0,35	0,25	0,03	
6- 8	680	0,40	0,25	0,03	1,2-1,6
8- 10	570	0,50	0,30	0,03	
10- 15	500	0,50	0,30	0,03	
15- 20	450	0,55	0,30	0,03	1,5-1,9
20- 25	400	0,60	0,30	0,03	
25- 30	350	0,60	0,30	0,03	2,0-2,4
30- 40	320	0,60	0,30	0,03	
40- 50	300	0,60	0,45	0,03	
50- 75	250	0,65	0,45	0,03	2,0-2,6
75-100	220	0,75	0,45	0,03	
100-125	160	0,75	0,45	0,05	2,6-3,0
125-200	140	0,75	0,50	0,05	4,0
200-250	120	0,75	0,50	0,05	6,0

(1 MPa = 10 bari)

Gazul combustibil poate sa fie : acetilena, propan, gaz natural (metan), gaz urban (butan).

Pentru fiecare tip de gaz combustibil exista diuze exterioare (de incalzire) specifice :

- acetilena - A : 500, 501, 502
- propan - P : 521, 522
- butan - L : 541, 542
- metan - M : 561, 562

De asemenea, difera si diuzele interioare (de taiere) :

- acetilena - A : 000, 001, 002, 003, 004, 005, 006, 007
- propan - PLM : 020, 021, 022, 023, 024, 025, 026, 027
- butan - PLM : ----- idem -----
- metan - PLM : ----- idem -----



1.2.11. Consumurile de gaze  
la taierea termica oxigaz  
pentru grosimea de 2-250 mm

Aceste consumuri de gaze (23) sunt prezentate sintetic in  
tabelele 1.3. si 1.4., in Nmc/ora :

Consum de oxigen, otel 2-250 mm Tabelul 1.3.

Grosime (mm)	Oxigen de taiere (Nmc/ora)				Oxigen de incalzire (Nmc/ora)				
	*	A	P	L	M	A	P	L	M
2- 4		0,83	0,30	0,30	0,30	0,22	0,29	0,42	0,43
4- 6		1,23	1,23	1,23	1,23	0,22	0,58	0,83	0,84
6- 8		1,34	1,34	1,34	1,34	0,30	0,78	0,89	0,96
8- 10		1,61	1,61	1,61	1,61	0,30	0,78	0,89	1,02
10- 15		2,86	2,86	2,86	2,86	0,30	0,96	1,02	1,02
15- 20		3,06	3,06	3,06	3,06	0,36	0,96	1,02	1,02
20- 25		3,60	3,60	3,60	3,60	0,36	1,32	1,08	1,14
25- 30		3,60	3,60	3,60	3,60	0,42	1,32	1,08	1,14
30- 40		3,60	3,60	3,60	3,60	0,42	1,32	1,08	1,20
40- 50		4,81	4,81	4,81	4,81	0,42	1,44	1,27	1,27
50- 75		5,58	5,58	5,58	5,58	0,42	1,75	1,27	1,33
75-100		9,25	9,25	9,25	9,25	0,73	1,96	1,27	1,33
100-125		9,25	9,25	9,25	9,25	0,73	2,06	1,39	0,78
125-200		17,18	17,18	17,18	17,18	0,84	2,64	1,84	1,83
200-250		26,42	26,42	26,42	26,42	1,02	3,12	2,05	2,29

Consum de gaz combust.  
otel 2-250 mm Tabelul 1.4.

Grosime (mm)	*	Gaz combustibil (Nmc/ora)			
		A	P	L	M
2- 4		0,26	0,14	0,77	0,17
4- 6		0,28	0,23	1,50	0,31
6- 8		0,34	0,96	1,56	0,36
8- 10		0,34	0,27	1,56	0,42
10- 15		0,34	0,34	1,70	0,46
15- 20		0,39	0,34	1,70	0,46
20- 25		0,39	0,47	1,83	0,48
25- 30		0,45	0,47	1,83	0,48
30- 40		0,45	0,47	1,83	0,48
40- 50		0,45	0,61	1,97	0,49
50- 75		0,45	0,68	1,97	0,49
75-100		0,78	0,77	1,97	0,49
100-125		0,78	0,87	2,92	0,49
125-200		0,90	1,03	3,21	0,47
200-250		1,08	1,20	3,21	1,08

\*  
A - taiere cu acetilena  
P - taiere cu propan  
L - taiere cu butan  
M - taiere cu metan

1.2.12. Taierea termica oxigaz prin injectie de pulberi metalice  
Taierea otelurilor cu grosime foarte mare

taia cu oxigaz , materialele trebuie sa indeplineasca urmatoarele conditii :

- temperatura de aprindere sa fie mai mica decat temperatura de topire a materialului .
- temperatura de topire a oxizilor materialului sa fie mai mica decat temperatura de topire a materialului .
- caldura dezvoltata de ardere sa fie mare .
- conductibilitatea termica sa fie cat mai mica.

Aceste conditii sunt indeplinite de otelurile carbon si slab aliate (cu continut de carbon sub 0,25 % . In mod normal, nu se poate taia otelul inalt aliat , cuprul si aluminiul , decat daca in flacara oxigaz se injecteaza pulbere de fier. Aceasta conduce la cresterea temperaturii de reactie peste temperatura de topire a oxizilor greu fuzibili (oxidul de cupru, oxidul de aluminiu , oxidul de crom, et c.). Procedul se aplica si la taierea otelului cu grosime foarte mare, pana la 2 metri, la retezarea capetelor blocurilor turnate (in metalurgie) . In figurile 1.8. si 1.9. este ilustrat acest fapt.

In figura 1.10. este prezentat un aparat de taiere oxigaz cu injectie de pulberi metalice tip "AC.4", realizat de firma Messer Griesheim (68) . Materialele care se pot taia sunt urmatoarele :

- otel aliat: max. 300 mm
- cupru: max. 15 mm
- aluminiu: max. 100 mm



Fig. 1.8. Aparat de taiere "HHC" BOC Anglia pentru grosime 1,5m

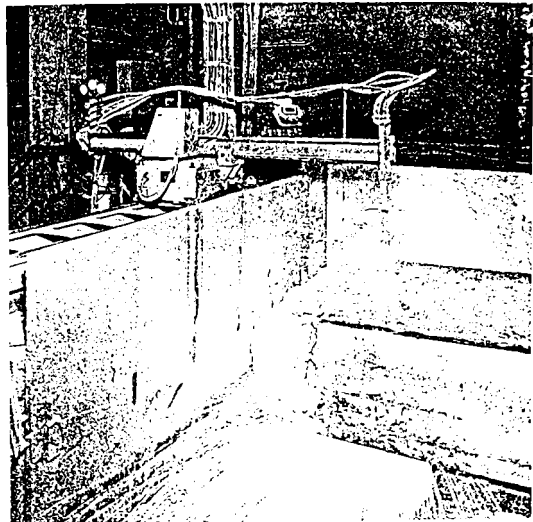


Fig. 1.9. Aparat de taiere "BSE.2" Messer Griesheim, pt.1,2m

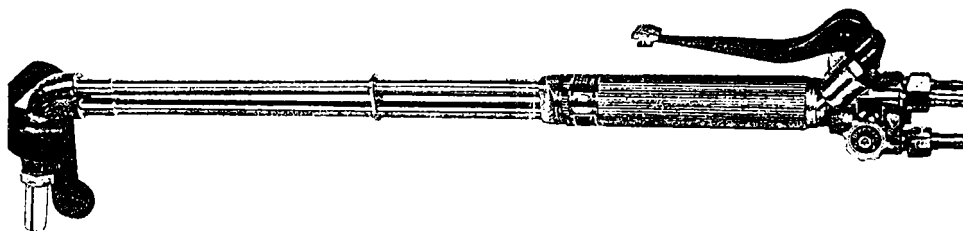


Fig. 1.10. Aparat de taiere oxigaz, cu injectie de pulberi metalice, tip "AC.4"

Pulberea metalica este injectata prin antrenare cu aer comprimat la presiunea de 0,15 MPa .

In tabelul 1.5. sunt prezentate regimurile tehnologice de taiere, iar in tabelul 1.6. sunt prezentate consumurile de gaze si de pulbere metalica .

Regimuri de taiere ("AC.4") Tabelul 1.5.

Grosime (mm)	Viteza de avans (mm/min)	Fanta taieturii (mm)	Presiune gaze (MPa)			
			Oxigen	Acetilena	Propan	Metan
5- 10	800-500	3,5	0,35	0,05	0,01	0,03
10- 25	440-360	4,5	0,35	0,05	0,01	0,03
25- 40	320-230	6,0	0,40	0,05	0,01	0,03
40- 60	190-140	8,0	0,40	0,05	0,03	0,05
60-100	120-100	9,0	0,40	0,05	0,03	0,05
100-200	80- 70	12,0	0,50	0,05	0,03	0,05
200-300	60- 40	17,0	0,60	0,05	0,03	0,05

(1 MPa = 10 bari)

Consumuri ("AC.4") Tabelul 1.6.

Grosime (mm)	Consum pe ora				
	oxigen (Nmc/ora)	acetilena (Nmc/ora)	propan (Nmc/ora)	metan (Nmc/ora)	pulbere (kg/ora)
5- 10	2,5- 3-2	0,50	0,30	0,90	6- 8
10- 25	4,7- 5,5	0,60	0,36	1,08	6- 8
25- 40	8,7- 9,7	0,75	0,45	1,35	6- 8
40- 60	13,0-14,3	1,00	0,60	1,80	8-10
60-100	20,0-21,6	1,20	0,72	2,16	8-10
100-200	29,0-30,8	1,40	0,77	2,50	10-12
200-300	40,0-42,4	1,80	1,08	3,25	12-15

Aparatul de taiere termica oxigaz tip "PRESTOCUT 1200", realizat de firma Messer Griesheim (100) se poate utiliza in 2 regimuri: cu pulbere metalica si fara pulbere metalica, prin schimbarea diuzelor. Grosimea otelurilor debitate este de 50 ... 1200 mm . Gazul combustibil poate sa fie: propan, butan, sau metan .

In tabelul 1.7. sunt prezentate regimurile tehnologice de taiere, iar in tabelul 1.8 . sunt prezentate consumurile de gaze si de pulbere metalica .

Regimuri de taiere ("PRESTOCUT 1200") Tabelul 1.7.

Grosime Viteza Fanta			Presiune gaze (MPa)				
piesa	avans	taiere	Oxigen taiere	Oxigen incalz.	Propan	Butan	Metan
(mm)	(mm/min)	(mm)					
50-300	360-150	5-10	0,30-0,8	0,08-0,10	0,01-0,02	0,02-0,07	0,02-0,03
300-600	150-60	8-15	0,65-1,0	0,08-0,10	0,01-0,02	0,06-0,10	0,03-0,05
600-900	60-55	13-19	0,65-1,0	0,10-0,15	0,02-0,03	0,08-0,12	0,05-0,07
900-1200	55-40	14-34	0,75-1,0	0,15-0,20	0,03-0,05	0,12-0,18	0,07-0,10

(1 MPa = 10 bari)

Consumuri ("PRESTOCUT 1200") Tabelul 1.8 .

Grosime (mm)	Consum pe ora					
	Oxigen taiere	Oxigen incalz.	Propan (Nmc/ora)	Butan	Metan	Pulbere (kg/ora)
50-300	16-60	5-7	4-8	10-20	6-10	6-15
300-600	60-120	7-10	4-8	20-40	10-16	20-25
600-900	120-180	10-15	6-13	40-70	16-35	25-30
900-1200	180-240	15-20	13-20	70-110	35-50	25-30

Pentru taierea otelurilor cu grosime foarte mare se pot nota aparatele de taiere :

- " BSE 3K " ( firma BOC Anglia ), pentru grosime de 2 metri , viteza de avans 20 - 500 mm/minut .

- " PRESTOCUT GIGANT " ( firma Messer Griesheim Germania ), pentru grosime de 2 metri .

- " HHC " ( firma BOC Anglia ), pentru grosime de 1,5 metri , variantele : standard , scurt si racit cu apa , viteza de avans 25-250 mm/minut .

### 1.2.13. Taierea tevilor cu flacara oxigaz

Taierea se executa in scopul imbinarii ulterioare prin sudura. Problema este dificila, din cauza ca , pe langa deplasarea in spatiu cu viteza constanta pe contur , mai este necesara si rotirea inclinarii aparatului de taiere in scopul sanfrenarii variabile pe contur.

In figura 1.11. sunt prezentate cateva exemple de tevi taiate in sanfren .

Curba comuna a intersectiei de suprafete este prescisa fie prin comanda numerica (de obicei in 6 axe), fie prin elemente mecanice (roti, came, culise, parghii, et c.), actionate toate de un singur motor electric .

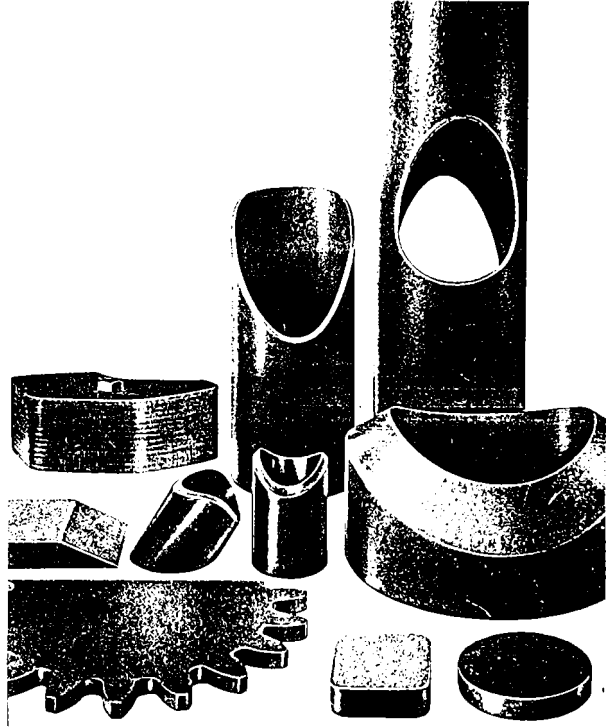


Fig. 1.11. Tevi taiate in sanfren

### 1.3. Taierea cu plasma

Taierea cu plasma se aplica la oțeluri nealiate și aliate , cupru , aluminiu , în general , la metale cu grosime de 0,7 ... 50 mm . Domeniul se poate extinde până la 160 mm , la un curent de 1000 A (125) , cu motivatie economica mai redusa .

Spre deosebire de taierea oxigaz , unde efectul termic rezulta din oxidare , în cazul plasmei , taierea se executa prin topire .

Exista , în general , urmatoarele aparate de taiere cu plasma ( "generatoare de plasma" ) :

a) Aparat de taiere cu 2 gaze : un gaz genereaza plasma , celalalt concentreaza jetul de plasma și realizeaza protectia fata de atmosfera ambianta . Se utilizeaza combinatiile : hidrogen / argon , azot / argon , azot / bioxid de carbon , argon / argon , azot / oxigen , azot / hidrogen , et c.

b) Aparat de taiere " plasma-aer " : se utilizeaza un singur gaz , aerul , însa electrodul trebuie executat din zirconiu . Se noteaza generarea de noxe și se recomanda taierea sub apa .

c) Aparatele de taiere cu injectie de apa : pe langa cele 2 gaze , se injecteaza apa , care , prin disociere și eliberare de hidrogen , contribuie la cresterea aportului energetic .

Fanta taieturii , de obicei , are forma de " V " (nu are peretii paraleli) . Inclinarea este mai mare de 2 - 3 ° . În cazul turbionarii , cei doi pereti au inclinari diferite , în functie de sensul turbionarii : 7° și 2° .

#### 1.3.1. Regimuri de taiere cu plasma

În tabelul 1.9 . se prezinta taierea oțelului nealiat , a oțelului aliat și a aluminiului (125) .

Parametrii regimului de taiere cu plasma variaza considerabil , în functie de echipamentul cu care se lucreaza , de material , de calitatea sollicitata , de productivitatea propusa , de tipul gazelor utilizate , de curentul electric al arcului , de grosimea materialului , de diametrul diuzei , et c.

Astfel , în (142) se prezinta regimuri de taiere și consumuri de gaze , pentru cateva echipamente de taiere cu plasma , conform tabelului 1.10.

Tabelul 1.9 .

Material	Grosime (mm)	Viteza de avans (m/min)
Oțel nealiat	6	5,0
	13	2,5
	25	1,2
	50	0,6
Oțel aliat	6	5,0
	13	2,5
	25	1,2
	50	0,5
	100	0,2
Aluminiu	6	7,5
	13	5,0
	25	2,2
	50	0,5
	100	0,3

Regimuri de taiere cu plasma  
ale unor echipamente

Tabelul 1.10.

Echip. tip	Grosime tabla (mm)	Viteza avans (mm/min)	Curent in arc (A)	Putere in arc (kW)	Debite gaze (Nmc/ora)		
					Ar	H2	N2
"PA-20-2"	5	7.000	150	30	1,1	0,8	-
Mansfeld	15	1.800	150	30	1,1	0,8	-
Germania	20	1.300	150	30	1,1	0,8	-
	30	700	150	30	1,1	0,8	-
	40	500	150	30	1,1	0,8	-
	50	300	150	30	1,1	0,8	-
	60	200	160	29,7	1,1	0,8	-
"PCR-50Y"	6,25	4.430	80	12	-	-	0,6
BOC	12,5	3.080	80	12	-	-	1,2
Anglia	25	1.510	150	46,5	-	0,6	0,8
	51	630	225	69,7	-	0,6	0,8
	76	400	350	84	2,7	0,8	-
	102	200	500	120	2,7	0,8	-
"UPR-601"	4-10	4.200	500	42,5	2,5	2	-
Rusia	20	2.200	600	60	3	2,5	-
	30	1.500	650	71,5	3	3	-
	40	850	700	84	3	3	-
	60	500	700	94,5	3,5	3,5	-
	80	400	700	98	3,5	3,5	-
	100	300	700	101,5	4	3,5	-
	120	200	700	108,5	4	3,5	-
	160	100	700	115,5	4	4	-

1.3.2. Taierea cu plasma de azot si injectie de apa

In timpul taierii cu arc de plasma, conform figurii 1.12., nu exista contact intim continuu intre jetul de plasma si piesa, ci in cateva puncte de contact. In punctul de contact curentul are valoare maxima (de scurtcircuit) Din cauza aceasta temperatura este maxima, conducand imediat la topirea punctului de contact si intreruperea curentului. Fenomenul se petrece cu o frecventa de cca.1000 de scurtcircuite pe secunda, avand si efectul sonor de fluierat. Aceste intreruperi, corelate cu avansul (mai ales in cazul avansului rapid), conduc la striuri in taietura, care sunt mai mari decat in cazul taierii cu flacara oxigaz.

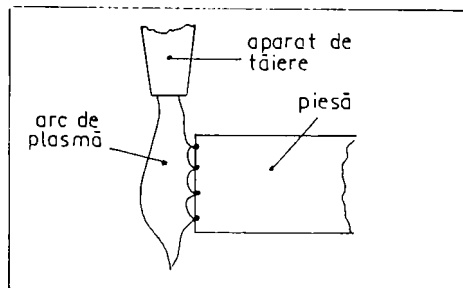


Fig. 1.12. Contactul între arcul de plasma și piesa în timpul taierii

Remedierea , in cazul plamei, se face prin taierea sub apa si prin rotirea jetului de plasma ( figura 1.13. ). Gazul (azot) se rotește in acelasi sens cu apa, conform figurii 1.14.

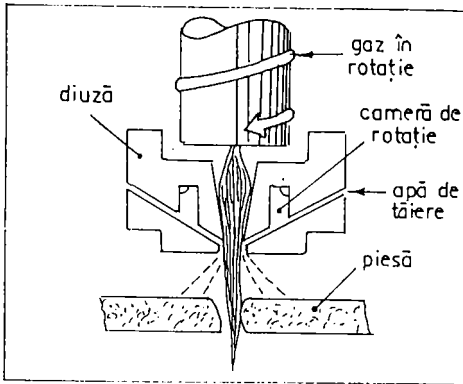


Fig. 1.13. Rotirea jetului de plasma

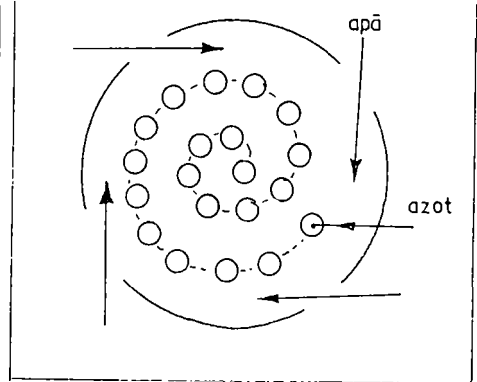


Fig. 1.14. Rotirea gazului si rotirea apei

Fanta de taiere este asimetrica , din cauza rotirii ( turbionarii ) gazului, conform figurii 1.15.

- Variabilele procesului :
- distanta diuza-piesa
  - intensitatea curentului
  - viteza de avans

Parametrii care afecteaza calitatea taieturii sunt :

- tipul gazului
- debitul gazului
- presiunea gazului
- temperatura apei de racire
- debitul apei de taiere
- tensiunea arcului
- materialul piesei debitate

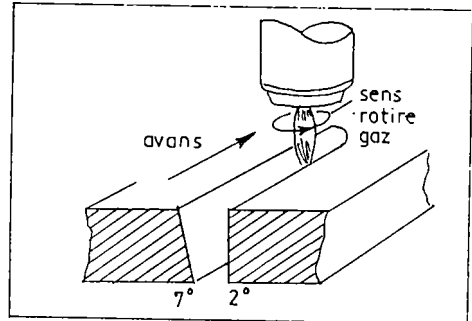


Fig. 1.15. Asimetria fantei taieturii, in cazul rotirii gazului

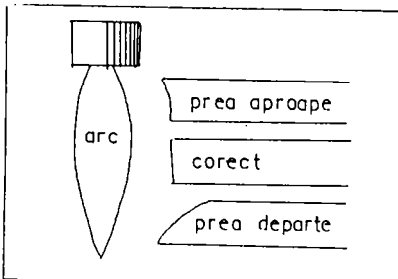


Fig. 1.16. Influenta distantei diuza - piesa

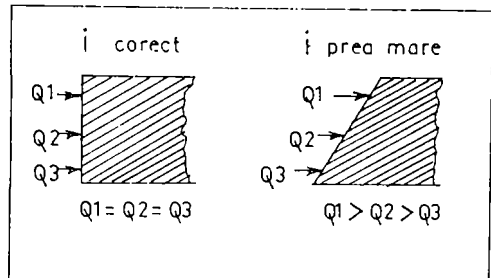


Fig. 1.17. Influenta curentului electric in arc

In figura 1.16. este evidentiata infuenta distantei diuza - piesa debitata . Un curent electric in arc , prea mare , conduce la taietura in V , conform figurii 1.17.

Se noteza ca in cazul taierii sub apa, azotul nu trebuie sa fie pur, in schimb, apa de taiere trebuie sa fie demineralizata, avand rezistivitatea de minim 34 kohmi/cm<sup>2</sup>/cm .



Daca apa de taiere are rezistivitatea mai mica, rezulta bavura la taiere , in schimb , daca rezistivitatea apei de taiere este mare , intre coloana de plasma si piesa exista un film izolant de jur-imprejuri, care favorizeaza stabilitatea arcului .  
Debitul apei de taiere este de 1,5 litri / minut .

Viteza de avans prea mare conduce la scaderea bavurii , dar aceasta este sudata de piesa si se indeparteaza foarte greu, iar fanta taieturii este in V simetric .

Viteza de avans prea mica , conduce la bavura mare, dar nesudata si se indeparteaza usor , iar fanta taieturii are peretii paraleli, dar inclinati fata de normala la tabla . Practic , viteza de avans este de 600 ... 6.000 mm/minut si curentul de plasma 150 ... 750 A (12) .

In cazul taierii sub apa , nu exista noxe industriale si nu mai este necesara instalatia de exhaustare .

In 1989 firma " L-TEC " comunica (12) parametrii de taiere prezentati in tabelul 1.11.

Taierea cu injectie de apa Tabelul 1.11.

Parametrii regimului tehnologic	Grosime tabla (mm)	Viteza de avans (mm/min)		
		OLC	INOX	AL
de = 3,2 mm	0,7	6.000	6.000	6.000
I = 250 A	1,5	6.000	6.000	6.000
Qg = 50 l/min	3,0	6.000	6.000	6.000
Qa = 1,4 l/min	5,0	4.500	4.700	5.000
p = 0,3 MPa	6,5	2.800	3.000	4.000
hdp = 6,3 mm	9,5	2.000	2.500	2.800
-----				
de = 4,0 mm	1,5	6.000	6.000	6.000
I = 400 A	3,0	6.000	6.000	6.000
Qg = 66 l/min	5,0	6.000	6.000	6.000
Qa = 1,6 l/min	6,5	3.500	3.600	4.000
p = 0,35 MPa	9,5	3.000	3.100	3.800
hdp = 9,5 mm	13,0	2.500	2.600	2.800
	19,0	1.400	1.600	2.500
	25,0	900	1.100	1.400
-----				
de = 5,0 mm	13,0	3.000	3.100	4.000
I = 600 A	19,0	1.700	1.800	2.500
Qg = 70 l/min	25,0	1.400	1.500	1.900
Qa = 1,7 l/min	30,0	700	800	1.000
p = 0,4 MPa	50,0	400	500	800
hdp = 13 mm				
-----				
de = 6,1 mm	19,0	1.800	2.000	NU
I = 750 A	25,0	1.600	1.700	NU
Qg = 78 l/min	30,0	800	1.000	NU
Qa = 1,8 l/min	50,0	600	700	1.000
p = 0,5 MPa	35,0	250	300	600
hdp = 15 mm				

de -diametru diuza    Qg -debit de gaz    p    -presiune gaz  
I -curent in arc    Qa -debit de apa    hdp -distanța diuza-piesa

Procedul de tăiere sub apă, cu plasma, introdus de firma L-TEC la Santierul Dubigeon din Nantes, Franta, a condus la efecte economice în 1988, în cazul tablelor cu grosimea de 5 ... 8 mm, astfel: scăderea costului de la 5 FF la 1,5 FF pe un metru de tăietură, fata de tăierea oxigaz.

În plus, se notează scăderea zgomotului de la 110 dB la 82 dB, prin trecerea de la tăierea cu plasma în aer la tăierea cu plasma sub apă (13).

Firma "ESAB" Suedia (24) prezintă dependentă vitezei de avans de grosimea tablei de debitat, conform figurii 1.18., utilizând instalația de tăiere sub apă "Hypertherm" montată pe mașini de conturare cu comandă numerică tip: "Telerec TXB", "Numorex NXB", "Suprarec SXD". Utilizând surse de curent cu DA = 100%, se pot tăia grosimile de tablă:

- 25 mm cu I = 400 A (cu 65% argon + 35% apă)
- 60 mm cu I = 600 A
- 75 mm cu I = 800 A
- 150 mm cu I = 1000 A

Asocierea apei la tăierea cu plasma conduce la creșterea temperaturii în coloana arcului până la + 50.000 °C, datorită energiei termice suplimentare produsă de hidrogenul rezultat prin disocierea apei.

### 1.3.3. Tăierea cu plasma de aer

În acest caz, electrodul (catod) nu se execută din wolfram din cauza proprietății sale de a se oxida foarte intens, dacă temperatura depășește 1000 °K. În acest caz, se execută din zirconiu. Zirconiu nu se poate utiliza în curent alternativ, pentru că stratul de oxid protector se distruge la alternanța inversă (plusul pe electrod), de aceea nu se poate utiliza la tăierea aluminiului. De asemenea, zirconiu nu se poate utiliza în mediu de hidrogen (mediu reductor) și la tăierea cu injecție de apă. În (143) se apreciază domeniul de parametri:

- grosime oțel debitat: 0,3 ... 20 mm
- curent maxim: 80 A
- viteză de avans: 0,5 ... 6 m/min

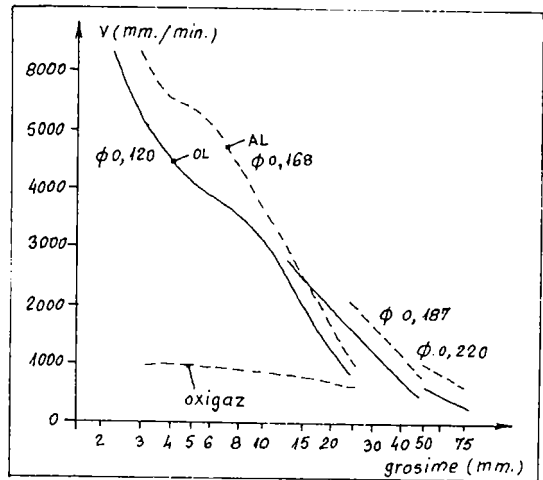


Fig. 1.18. Viteza de avans în funcție de grosimea tablei, la tăierea cu plasma sub apă

### 1.3.4. Taierea cu plasma de azot si injectie de oxigen

Gazul plasmagen este azotul, iar in jurul jetului de plasma se injecteaza un jet cilindric de oxigen . Acesta produce la jonctiunea cu arcul de plasma un surplus de temperatura prin oxidare, iar in exterior produce un gradient de temperatura ( viteza de scadere a temperaturii ), negativ, foarte mare in valoare absoluta, rezultand o fanta a taieturii mai ingusta .

In 1992 firma "L-TEC" comunica performantele realizate , apreciind ca finetea taieturii si viteza de avans sunt aproape similare cu cele realizate la taierea cu fascicul laser.

Parametrii comunicati sunt :

- grosime otel debitat : 1,5 ... 25 mm
- curent maxim : 260 A
- viteza de avans : 1,5 ... 12 m/min

In cazul taierii tablei subtiri ( 0,5 ... 3 mm ), performantele realizate sunt prezentate in tabelul 1.12.

Plasma de azot, cu injectie de oxigen Tabelul 1.12.

Grosime (mm)	Viteza de avans (m/min)	Curent in arc (A)	Diametru diuza (mm)	Presiune oxigen (MPa)	Fanta a taieturii (mm)
0,5	9,0-12,0	15	0,7	0,55	0,5
0,8	6,0- 8,0	15	0,7	0,55	0,5
1,2	4,2- 5,0	15	0,7	0,55	0,5
1,5	3,0- 3,2	25	0,9	0,55	1,0
2,0	2,5- 2,8	25	0,9	0,55	1,5
3,0	1,0- 1,6	25	0,9	0,55	1,5

### 1.3.5. Taierea cu plasma de azot si injectie de hidrogen

Gazul plasmagen este azotul , iar gazul de protectie este hidrogenul . Se prezinta (143) parametrii :

- grosime otel debitat : 0,5 ... 20 mm
- curent maxim : 120 A
- viteza de avans : 0,5 ... 6 m/min

### 1.3.6. Taierea cu plasma de argon si injectie de hidrogen sau azot

Gazul plasmagen este argonul , iar gazul de protectie este hidrogenul sau azotul . In tabelul 1.13. sunt prezentate regimurile tehnologice de taiere (143) .

- grosime otel debitat : 3 ... 125 mm
- curent maxim : 480 A
- viteza de avans : 1,11 ... 4 m/min

Plasma de argon  
cu injectie de hidrogen sau azot

Tabelul 1.13.

Grosime tabla (mm)	Viteza de avans (m/min)	Curent in arc (A)	Diametru diuza (mm)	Gaze ../..	Debite gaze (l/min)	Fanta a taieturii (mm)
3	4,00	100	1,6	Ar/N2	10/20	2,0
5	1,80	100	1,6	Ar/N2	10*20	2,0
6	1,70	100	1,6	Ar/N2	10/20	2,5
12	1,50	250	2,0	Ar/H2	20/ 5	2,5
13	1,40	250	2,0	Ar/H2	20/ 5	3,5
16	1,00	250	2,0	Ar/H2	25/ 5	3,5
19	0,90	250	2,0	Ar/H2	25/ 5	3,5
25	0,80	250	2,0	Ar/H2	25/ 5	4,5
30	0,60	250	2,0	Ar/H2	25/ 5	4,5
38	0,40	250	2,0	Ar/H2	30/ 8	4,5
50	0,30	250	2,0	Ar/H2	30/ 8	5,5
65	0,18	250	2,0	Ar/H2	30/ 8	6,0
75	0,20	250	2,0	Ar/H2	40/20	8,0
80	0,15	250	2,0	Ar/H2	40/20	8,0
90	0,40	450	2,5	Ar/H2	45/20	8,0
120	0,12	480	3,0	Ar/H2	45/25	11,0
125	0,11	480	3,0	Ar/H2	45/25	11,0

1.3.7. Taierea cu plasma de hidrogen  
si injectie de argon

Parametrii sunt prezentati (143) in tabelul 1.14.

Plasma de hidrogen, cu injectie de argon

Tabelul 1.14.

Material debitat	Grosime maxima (mm)	Viteza de avans (m/min)	Curent in arc (A)	Presiune (MPa)	
				hidrogen	argon
aluminu	35	1,5	70	0,6	0,6
aluminu	35	3,0	120	0,6	0,6
otel nealiat	35	2,5	120	0,6	0,6
otel aliat	35	2,5	120	0,6	0,6

1.3.8. Taierea cu plasma de hidrogen  
si injectie de aer

Parametrii sunt prezentati (143) in tabelul 1.15.

Plasma de hidrogen, cu injectie de aer

Tabelul 1.15.

Material debitat	Grosime maxima (mm)	Viteza de avans (m/min)	Curent in arc (A)	Presiune (MPa)	
				hidrogen	aer
aluminu	35	3,0	150	0,6	0,6
aluminu	35	2,0	125	0,6	0,6
aluminu	35	1,5	70	0,6	0,6
otel nealiat	35	6,0	150	0,6	0,6
otel aliat	35	6,0	150	0,6	0,6

## 1.4. Taierea cu laser

### 1.4.1. Categoriile de laseri pentru taieri de materiale

- In domeniul industrial s-au impus 3 categorii de laseri :
- laserul cu bioxid de carbon ( 10,6 microni )
  - laserul cu neodim-ytriu-aluminiu (Nd:YAG, 1,06 microni)
  - laserul cu excimer (ultraviolet)

In domeniul taierii termice se utilizeaza pe scara larga laserii cu CO<sub>2</sub> in domeniul de puteri 25W ... 25 kW . In general, peste 1,5 kW nu se mai obtine o distributie gaussiana a intensitatii fascicului (TEM 00) , de aceea s-a "batatorit" mai mult domeniul 25W ... 1,5 kW .

### 1.4.2. Coeficientul de absorbtie a radiatiei

Taierea cu laser a diferitelor materiale se explica pe baza caracteristicii spectrale de absorbtie a fiecarui material . Un material se poate taia usor , daca are proprietatea de a absorbi radiatia incidenta cu o anumita lungime de unda . Daca materialul reflecta radiatia respectiva, materialul nu se poate taia .

In figura 1.19. sunt prezentate cateva caracteristici spectrale de absorbtie, pentru diferite materiale (144) .

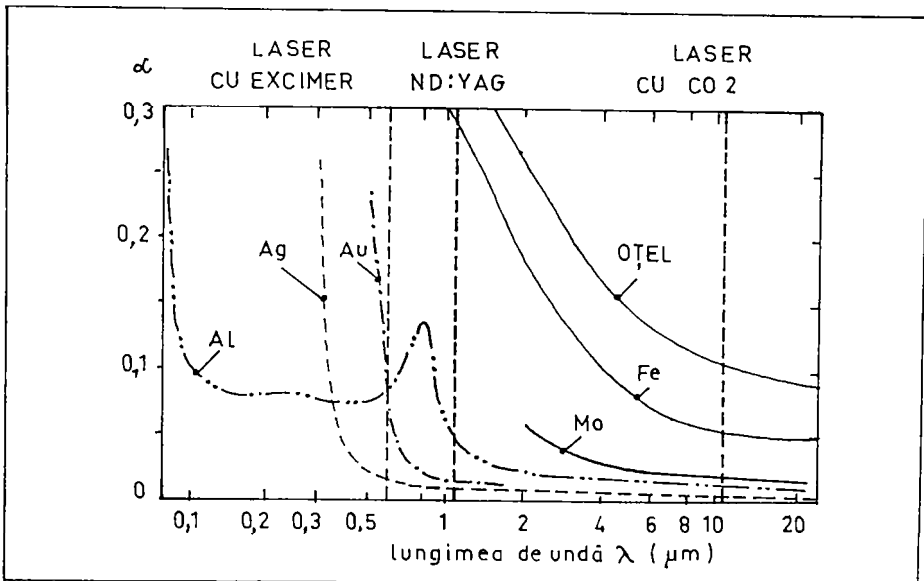


Fig. 1.19. Caracteristici spectrale de absorbtie a radiatiei pentru diferite materiale

Coeficientul de absorbtie " $\alpha$ " are valoarea relativa 1, daca absoarce toata radiatia incidenta (nu reflecta nimic) .

Se remarca cele trei verticale corespunzatoare celor trei tipuri de laseri :

- cu CO<sub>2</sub> (10,6 microni)
- cu Nd:YAG (1,06 microni)
- cu excimer (ultraviolet)

De asemenea, se constata ca : argintul, aurul, cuprul, aluminul, moliбdenul, se taie foarte greu cu laserul cu CO<sub>2</sub>, avand pentru lungimea de unda de 10,6 microni, un coeficient de absorbtie foarte mic . In acest caz , se recomanda laserul cu excimer. Acesta insa, nu se poate realiza pentru puteri mari .

#### 1.4.3. Laserul cu Nd:YAG

Laserul cu Nd:YAG ( "neodymium-yttrium-aluminium-garnet" ) are mediul activ solid sub forma de tija rezonatoare , iar excitatatorul este o lampa cu descarcare ("flash") . Opereaza , de obicei, in regim pulsant ( 1 ... 10.000 pulsuri/secunda ) . In special , poate crea impulsuri scurte de intensitate foarte mare ( 5 ... 8 Joule/puls ) , de aceea se utilizeaza cu succes la gaurirea adanca de precizie. Domeniul de puteri este de 100...400 W iar durata unui puls este de 0,5 ... 2 ms (127) .

#### 1.4.4. Laserul cu bioxid de carbon

Mediul activ este un amestec de gaze :

- heliu (60 ... 80%)
- azot (13 ... 35%)
- CO<sub>2</sub> ( 1 ... 9%)

Poate opera in unda continua (CW) si in regim pulsant (1 ... 10.000 pulsuri/secunda) . Pana la puteri de 100 W laserii cu CO<sub>2</sub> pot fi de tip "inchis" ( tubul laser este umplut periodic cu gazele mediu laser ) , iar la puteri peste 100 W ( pana la 25 kW ) se executa cu circulatie de gaze .

Inafara de heliu, azot, CO<sub>2</sub>, amestecul mediu laser poate contine si : xenon si hidrogen .

Concentratia diferitelor gaze ofera diferite moduri de distributie a intensitatii in sectiunea fascicului laser : TEM 00 (gaussian), TEM 01, TEM 21, et c.

Fasciculus laser natural are diametrul de 2 ... 20 mm .

Generatorul laser se prezinta in mai multe variante constructive :

a) Un singur tub cilindric lung, prevazut la capete cu cele 2 oglinzi concave (din care una are prevazut orificiul de iesire al fascicului laser ) si cu electrozii conectati la sursa de tensiune inalta .

b) "Impachetat" - mai multe tuburi dispuse in paralel, care sunt strabatute in serie de fasciculus laser deviat cu oglinzi inclinate la 45° .

Oglinzile se executa din aur sau alt material reflectorizant pentru lungimea de unda de 10,6 microni si sunt racite cu apa .

Laserii cu circulatie de gaze , in functie de modul de circulatie a gazelor, se clasifica astfel (127) :

a) cu circulație longitudinală lentă ( "slow axial flow" ), cu puteri de max. 50 W pe metru de rezonator, până la puteri totale de 1 kW în regim CW .

b) cu circulație longitudinală rapidă ( "fast axial flow" ) cu puteri de max. 500 W pe metru de rezonator, până la puteri totale de 1,5 kW în regim CW .

c) cu circulație transversală ( "transverse flow" ), cu puteri de max. 1 kW pe metru de rezonator , până la puteri totale de 20 kW în regim CW .

În funcție de sursa de excitație , laserii cu CO<sub>2</sub> se clasifică astfel :

a) cu sursa de tensiune continuă (DC), 10 ... 20 kV .

b) cu sursa de tensiune alternativă (AC) de înaltă frecvență : 2 kV , 13,5 MHz sau 27 MHz ( frecvențe alocate domeniului industrial ) .

#### 1.4.5. Construcția capului laser pentru tăieri de materiale

Capul laser ( figura 1.20. ) are concentra fasciculul natural și de a crea jetul gazului de tăiere coaxial cu fasciculul laser.

Fasciculul laser natural , cu diametrul de 2 ... 20 mm este deviat la 90° (în jos) cu ajutorul unei oglinzi plane care este racită cu apă și are coeficient de absorbție foarte mic pentru lungimea de undă de 10,6 microni (aur) și coeficient de reflexie mare.

Fasciculul este focalizat cu ajutorul unei lentile din selenura de zinc sau din arsenura de galiu, în cazul laserului cu CO<sub>2</sub>. La laserul Nd:YAG lentila se poate executa din sticlă . Aceasta lentila este racită cu apă și este relativ groasă , pentru a rezista la presiunea de 0,1 ... 0,6 MPa (1 ... 6 bar) din colectoare a gazului de tăiere.

Diuza trebuie să fie foarte bine centrată, pentru a crea o panza cilindrică de gaz în jurul fasciculului laser. Pentru aceasta , capul laser este prevăzut cu vernier pentru centrare.

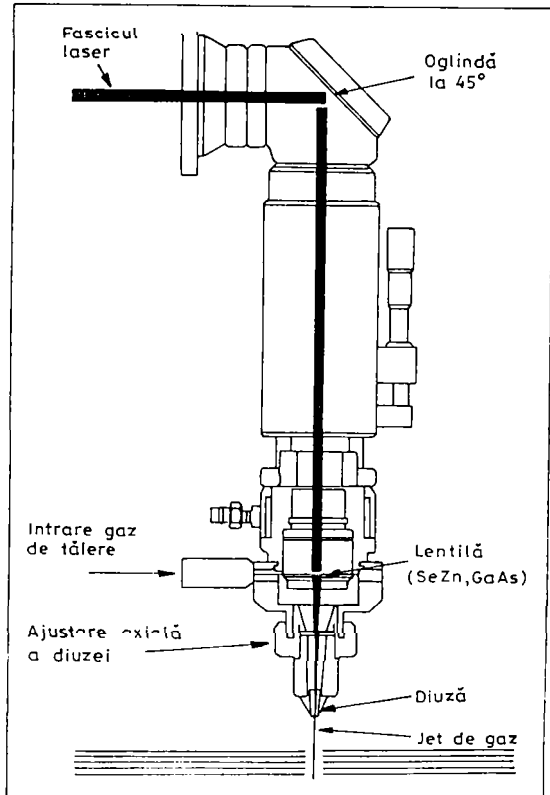


Fig. 1.20. Cap laser pentru tăieri de materiale

In procesul de taiere se produce un fenomen de opacifiere a lentilei de focalizare . Opacifierea este intensificata in cazul taierii unor materiale reflectorizante pentru lungimea de unda de 10,6 microni, cum ar fi : aurul, cuprul, aluminiul , ajungandu-se chiar la accidente de fisurare sau ciupire a lentilei . In mod normal, lentila, oglinda plana si oglinzile din tubul laser se inlocuiesc dupa cateva mii de ore de functionare efectiva .

#### 1.4.6. Focalizarea fascicului laser

Lentilele de focalizare, de obicei, se construiesc in variantele :

- cu focalizare scurta, cu distanta focala de 63 mm
- cu focalizare lunga , cu distanta focala de : 127, 190, 250 mm

Diametrul fascicului laser in focar depinde de distanta focala : cu cat dorim un fascicul mai ingust, cu atat trebuie sa lucram cu distante focale mai mici. Aceasta conduce, de fapt, si la o fanta a taieturii mai ingusta , dar se ajunge la inconvenientul ca variatia diametrului fascicului este foarte brusca in directie axiala . Acest lucru conduce practic la imposibilitatea taierii unor grosimi mari de materiale.

In cazul unor grosimi mari , suntem obligati sa lucram cu lentile cu focalizare lunga , chiar daca aceasta conduce la o fanta a taieturii mai mare. In general , distanta focala se coreleaza cu grosimea metalului taiat astfel (127) :

- df = 63 mm, pentru grosimi sub 5 mm
- df = 127 mm, pentru grosimi 5...16 mm
- df = 190 .. 250 mm, pentru grosimi peste 16 mm

Diametrul fascicului laser in focar "  $\phi f$  " (123) , conform figurii 1.21., se determina cu relatia :

$$\phi f = \frac{4 \cdot \lambda \cdot df}{\pi \cdot Dl} \quad (1.14.)$$

$\lambda$  este lungimea de unda a radiati  
 $df$  este distanta focala a lentilei  
 $Dl$  este diametrul fascicului laser natural

Adancimea focalizarii "Hf" (123) se determina cu relatia :

$$Hf = \frac{2 \cdot \lambda}{\pi} \cdot \left( \frac{2 \cdot df}{Dl} \right)^2 \quad (1.15.)$$

In tabelul 1.16. sunt prezentate  $\phi f$  si  $Hf$  , pentru 3 tipuri de lentile, cu distantele focale: 63,5 mm, 127 mm, 190,5 mm in cazul laserului cu CO<sub>2</sub> (123) .

Problema focalizarii fascicului laser a fost studiata si de F.Hauser (2), la Institutul de Sudura (ZIS) din Halle, Germania, Utilizand laserul "GTL-452" :

- putere : 1 kW, cu circulatie transversala de gaze
- distanta focala df : 127 mm
- diametru lentila : 75 mm

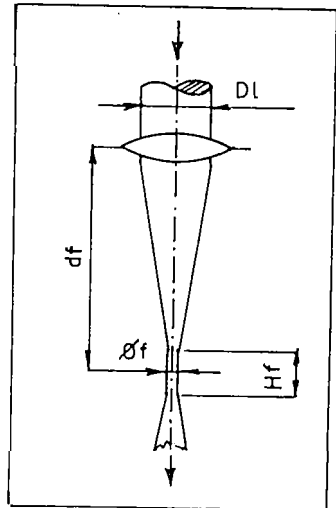


Fig.1.21. Focalizarea fascicului laser



Diametrul in focar si adancimea focalizarii Tabelul 1.16.

df (mm)	Dl (mm)	$\phi f$ (mm)	Hf (mm)
63,5	5	0,170	4,35
	10	0,086	1,09
	15	0,057	0,48
	20	0,043	0,27
	25	0,032	0,17
127	5	0,340	17,42
	10	0,170	4,36
	15	0,110	1,94
	20	0,086	1,09
	25	0,068	0,70
190,5	5	0,520	38,99
	10	0,260	9,74
	15	0,170	4,33
	20	0,130	2,44
	25	1,100	1,56

In (2) sunt prezentate cateva sisteme complexe de focalizare, conform figurii 1.22.

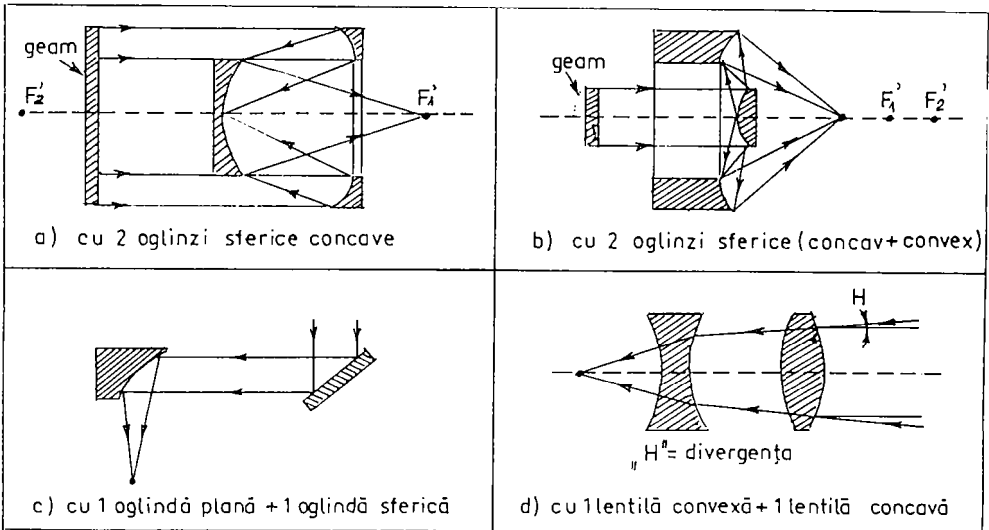


Fig. 1.22. Sisteme complexe de focalizare

In cazul radiatiei cu lungimea de unda de 10,6 microni, indicii de reflexie pentru materialele din care se executa lentilele sunt : GaAs - 3,27, ZnSe - 2,42, KCl - 1,46.

Densitatile de putere maxim admise sunt : GaAs - peste 2000 W/cmp, ZnSe - peste 1000 W/cmp, KCl - sub 100 W/cmp. Bineinteles ca cele mai performante sunt lentilele din arsenura de galiu, dar si pretul este mai ridicat.

Lentilele se pastreaza curate. Degresarea se face cu : alcool, etanol, metanol, acetona, sau tricloretilena.

Diametrul fascicului laser in focar depinde si de materialul lentilelor (2). In figura 1.23. este prezentata dependenta diametrului fascicului laser in focar  $\phi_f$  de distanta focala  $d_f$ , pentru trei lentile :

- 1 - KCl , lentila plan - convexa
- 2 - ZnSe , lentila plan - convexa
- 3 - ZnSe , lentila menisc

Diametrul fascicului in focar este minim la lentilele cu distanta focala de 50 mm . Sub 50 mm variatia nu se mai supune relatiilor (1.14.), (1.15.) .

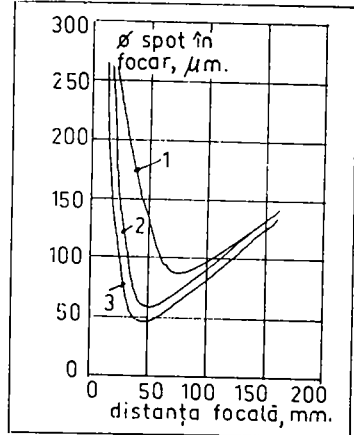


Fig. 1.23. Dependenta  $\phi_f - d_f$

#### 1.4.7. Focalizarea fata de piesa debitata

In timpul deplasarii in planul x,y, trebuie mentinuta constanta distanta intre diuza si materialul debitat. Focarul trebuie dispus la un anumit nivel in sectiunea piesei . In figurile 1.24. si 1.25.este prezentata infuenta abaterii axiale de la focar asupra vitezei de avans .

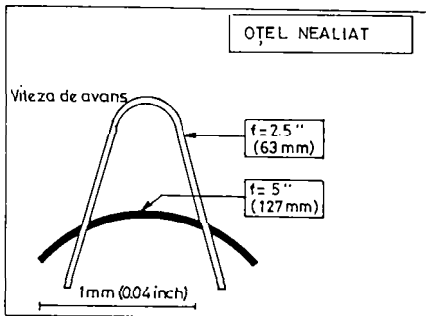


Fig. 1.24. Viteza de avans in functie de abaterea axiala fata de focar, la otel nealiat

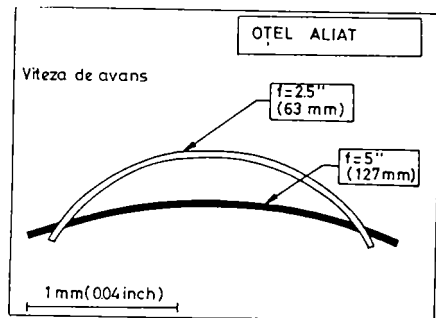


Fig. 1.25. Viteza de avans in functie de abaterea axiala fata de focar, la otel aliat

Practic, din cauza lipsei de focalizare, suntem obligati sa scadem viteza de avans. Se remarca faptul ca o abatere axiala de 1 mm nu produce efecte deranjante asupra vitezei de avans. De asemenea , se remarca si faptul ca , in cazul lentilelor cu distanta focala mai mare, efectul este mai scazut .

In majoritatea cazurilor focarul este dispus la nivelul de 30 % din grosimea piesei , fata de suprafata de atac cu fascicul laser .

H.J.Telzer remarca in (5) faptul ca aceste abateri au efect si asupra rugozitatii taieturii: in cazul taierii unor table din aliajul "St-T-Zn-A3" cu grosimea de 2 mm, la focalizare cu 1,2mm sub suprafata de atac, se obtine o rugozitate de 24,4 microni ,

iar la focalizare cu 3 mm deasupra suprafetei tablei rugozitatea este de 30,4 microni (mai proasta) . Rugozitatea taieturii creste cu grosimea tablei debitate :

- 40 microni, la grosimea 0,8 ... 3 mm
- 80 microni, la grosimea 4 mm
- 150 microni, la grosimea 5 mm

#### 1.4.8. Diuza capului laser

Diuza se executa de obicei din cupru.

Diametrul diuzei este de 0,25 ... 3,0 mm si reprezinta un parametru al tehnologiei de taiere. In cazul otelurilor nealiatate diametrul diuzei creste de la 1,1 mm (pentru grosimea de 1 mm) , la 1,6 mm (pentru grosimea de 10 mm) . In cazul otelurilor aliate, diametrul diuzei creste de la 1,1 mm ( pentru grosimea de 1 mm) la 2,0 mm (pentru grosimea de 5 mm) .

Necentrarea diuzei fata de fasciculul laser , conduce la un aspect striat al taieturii .

Distanta intre diuza si lentila este ajustabila . De fapt , se poate ajusta si pozitia lentilei (axial) in domeniul de 20 mm si pozitia diuzei (axial) in domeniul de 2,5 mm. Ajustarea radiala este in domeniul 0,1 ... 0,2 mm .

In general , calitatea taieturii creste daca se lucreaza cu diuza mai mica si cu presiune mai mare a gazului de taiere .

Cea mai buna calitate a taieturii se obtine prin utilizarea unor distante foarte mici diuza-piesa, chiar 0,1 mm ! Bineinteles , acest lucru este dificil de realizat , deoarece se creeaza probleme cu pastrarea distantei diuza-piesa .

In tabelul 1.17. este prezentata relatia intre diametrul diuzei , distanta diuza-piesa , presiunea gazului de taiere si grosimea piesei de debitat .

Tabelul 1.17.

Material debitat	Grosime piesa (mm)	Presiune gaz de taiere (MPa)	Diametru diuza (mm)	Distanta diuza-piesa (mm)
Otel nealiat	1	0,30	1,0	0,4
	3	0,20	1,0	0,4
	6	0,15	1,5	0,4
	9	0,12	1,5	0,4
Otel aliat	1	0,50	1,0	0,2
	3	0,70	1,5	0,2
	6	0,90	1,5	0,2
Aluminiu	1	0,60	1,0	0,2
	3	0,90	1,5	0,2

(1 MPa = 10 bari)

#### 1.4.9. Eficienta taierii cu laser

Energetic , "eficienta taierii cu laser" (134), este caracterizata de coeficientul "Klas" :

$$\text{Klas} = \frac{4 \cdot \lambda \cdot df}{\pi \cdot D1 \cdot \phi f} \quad (1.16.)$$

Valoarea cea mai buna a lui "Klas" este 1 (ideal) .

#### 1.4.10. Gazul mediu laser

AGA-Suedia (127) apreciaza in cazul unor laseri cu CO2 de puteri mari ( 1,5 kW ), consumurile de gaze :

- heliu : 40 litri/ora
- azot : 20 litri/ora
- CO2 : 3 litri/ora

In (134) AGA-Suedia apreciaza ca anual, pentru un laser cu puterea CW de 1 kW , se consuma :

- heliu : 150 Nmc/an
- azot : 60 Nmc/an
- CO2 : 30 kg/an

apreciate la un debit total de 50 ... 200 litri/ora .

#### 1.4.11. Gazul de taiere

Consumul este variabil in functie de diametrul diuzei si presiune, in principiu este in functie de materialul care se debiteaza . Cu aproximatie suficient de mare se apreciaza (134) consumurile , pentru un laser cu CO2 cu puterea de 1 kW :

- aer : 50 ... 200 litri/minut
- oxigen : 20 ... 50 litri/minut (la oteluri nealiate)  
40 ... 90 litri/minut (la oteluri aliate)
- azot : 100 ... 400 litri/minut (la oteluri aliate)
- argon : 30 ... 150 litri/minut (la titan)

Aerul se utilizeaza in general pentru taierea materialelor nemetalice. Se utilizeaza reseaua industrială de aer comprimat , de 0,1 ... 0,6 MPa (1 ... 6 bari) .

Oxigenul se utilizeaza la taierea metalelor .

Argonul se utilizeaza la taierea titanului si a unor oteluri aliate la care se doreste diminuarea produselor de oxidare.

Azotul se utilizeaza la taierea otelurilor aliate .

#### 1.4.12. Puterea electrica instalata a laserilor

Randamentul este suficient de scazut . In cazul unui laser cu CO2 , randamentul este de cca. 10 % . Se opereaza curent cu consumuri in domeniul 5 ... 10 kVA pentru laseri cu puterea utila de 0,5 ... 1 kW (puterea fasciculului laser).

In cazul laserilor cu Nd:YAG, randamentul este de numai 1 % Tipic este consumul de 20 kVA al unui laser cu puterea utila de 200 W.

In cazul laserilor cu Nd:YAG nu exista gaze mediu laser , deci nu se pune problema acestor consumuri. In schimb, elementul consumabil este lampa "flash" care suporta cca. 10 milioane de impulsuri.

#### 1.4.13. Taierea otelurilor slab aliate

In acest caz, gazul de taiere este oxigenul Pentru a se asigura taierea uniforma in orice directie , este necesar ca fasciculul laser sa aiba o distributie a intensitatii uniforma (TEM 00).

In figura 1.26. se poate remarca dependenta vitezei de avans de grosimea materialului , pentru 3 variante de putere laser. Se remarca faptul ca diametrul diuzei in valori intre 1,1 si 1,6 mm si creste cu grosimea materialului . Presiunea oxigenului descreste pe masura ce creste grosimea materialului si ia valori in domeniul 0,05.. ..0,3 MPa (0,5..3 bari)

Nu este posibil sa se taie cu viteza mai mica decat 0,5 m/minut, din cauza tesirii colturilor prin ardere . A ceasta se intampla in cazul laserilor cu CO2 lucrând in regim de unda continua (CW) . Un aspect frumos al colturilor pe contur se obtine prin utilizarea regimului pulsant ( sursa de tensiune pentru laser este mai scumpa ). Se lucreaza cu 200 ... 1000 Hz . Eliminarea arderilor se mai poate realiza si prin pulverizarea apei in zona de taiere.

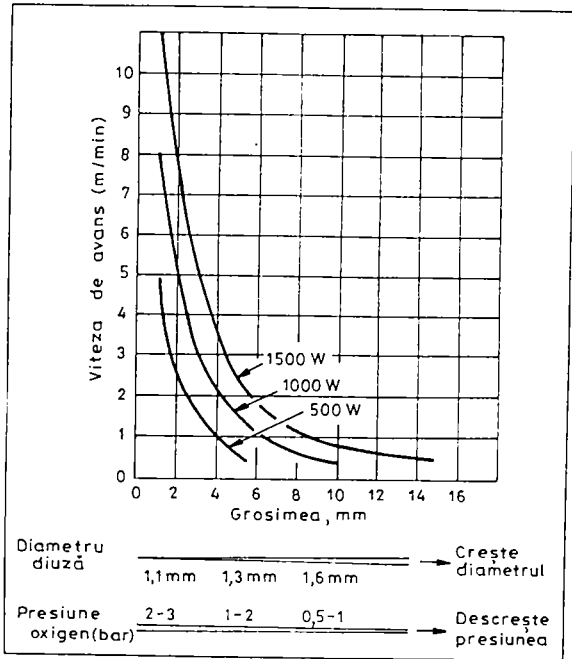


Fig. 1.26. Viteza de avans in functie de grosimea materialului, in cazul otelurilor nealiate

#### 1.4.14. Taierea otelurilor inalt aliate

Fata de taierea otelurilor slab aliate, in cazul otelurilor inalt aliate, prezenta carbonului conduce la alte mecanisme tehnologice.

La oțelurile inoxidabile, prezenta  
 lui conduce la aparitia unor bavuri deranjante in zona iesirii fascicului laser din taietura (oxizi de crom). Aceste bavuri au o aderență foarte puternică și nu se pot îndepărta decât prin polizare. O măsură de reducere a bavurii este reducerea vitezei de avans, de altfel, acest lucru rezulta și din figura 1.27.

Spre deosebire de oțelurile nealiatate, în acest caz, după cum rezulta și din figura 1.27 presiunea oxigenului crește cu grosimea materialului și este mai mare și anume, de 0,2 .. 1 MPa (2 .. 10 bari). Diuza are diametru mai mare (1,1 ... 2,0 mm).

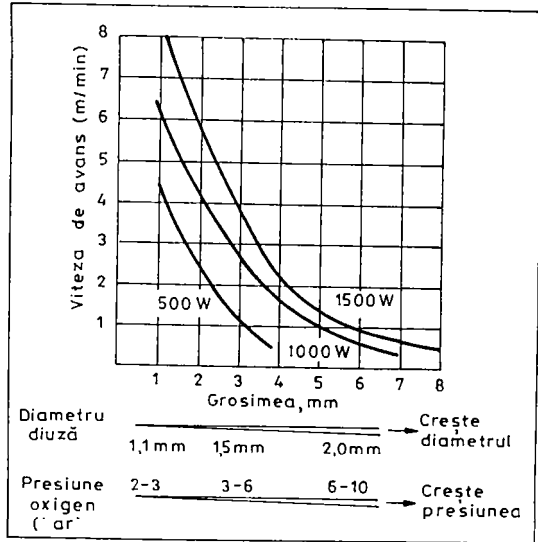


Fig. 1.27. Viteza de avans in functie de grosimea materialului, in cazul oțelurilor aliate

1.4.15. Taierea metalelor neferoase

a) Aliajele de aluminiu

Viteza de avans este cu mult mai mică, după cum rezulta și în figurile 1.28. și 1.29.

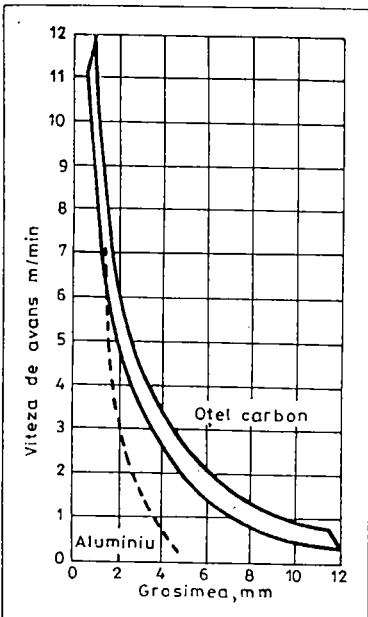


Fig. 1.28. Viteza de avans in functie de grosime la aluminiu și oțel

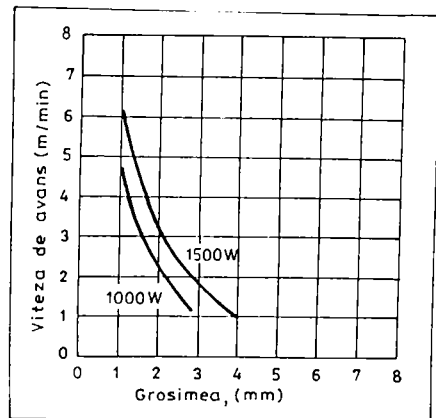


Fig. 1.29. Viteza de avans in functie de grosime la aluminiu

Acest lucru se explica prin urmatoarele aspecte :

- aluminiul reflecta foarte puternic radiatia cu lungimea de unda de 10,6 microni
- conductivitatea termica a aluminiului este foarte mare
- oxidarea este foarte puternica

Cel mai dificil lucru in cazul taierii aluminiului este initierea taierii . Aluminiul rece are un coeficient de reflexie foarte mare , iar aluminiul topit are un coeficient de reflexie mic ( pentru 10,6 microni ). Acest lucru conduce de multe ori la accidente tehnice si anume la distrugerea diuzei prin reflexie , sau chiar a lentilei concentratoare.

O solutie de diminuare a fenomenului consta in slefuirea suprafetei, pentru a deveni mata, cu o solutie chimica ( pe baza de hidroxid de sodiu ). In cazul inceperii taierii in material , o alta solutie este executia unei gauri mici cu o masina de gaurit (cu burghiu), in locul de inceput al taierii.

#### b) Aliajele de titan

Gazul de taiere poate sa fie oxigenul sau un gaz inert ( de obicei argon ).

In cazul utilizarii oxigenului, rezulta oxizi de titan , ceea ce constituie un fapt negativ , pentru ca daca piesele taiate urmeaza a fi sudate , acesti oxizi inclusi in sudura conduc la suduri defectuoase.

Solutia este de a poliza marginile taiate, sau de a utiliza in locul oxigenului - argonul. Utilizarea argonului, inasa, conduce la scaderea aportului energetic , deci , conduce la scaderea vitezei de avans , conform fi\_urii 1.30.

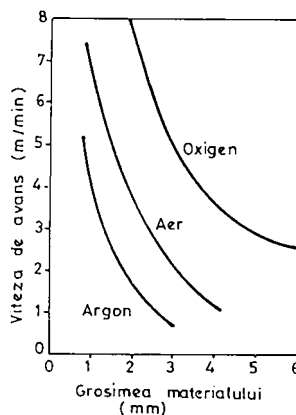


Fig. 1.30. Viteza de avans in functie de grosimea materialului , in cazul aliajelor de titan

#### c) Aliajele de nichel

Viteza de avans este aproximativ jumătate din viteza de avans din cazul otelurilor aliate , la aceeași grosime de material și la aceeași putere laser.

#### d) Aliajele de cupru

Cuprul este foarte reflectant pentru radiatia de 10,6 microni, de aceea taierea este foarte dificila . Puterea minima a laserului este de 1kW

In tabelul 1.18 .sunt prezentate cateva date tehnologice ale taierii.

Tabelul 1.18 .

Material	Grosime material (mm)	Viteza avans (m/min)	Putere laser (kW)
cupru	1	1,5	1,5
cupru	2	0,5	1,5
cupru	1	1,0	1,5
alama	1	3,0	1,5
alama	2	1,5	1,5
alama	1	2,0	1,5

### 1.4.16. Taierea materialelor nemetalice

In acest caz , gazul de taiere este aerul . Taierea decurge in conditii foarte bune si se bazeaza pe evaporarea materialului (nu pe topire, cum este in cazul metalelor).

Cu cat viteza este mai mare, cu atat striatiunile din taietura sunt mai pronuntate. Aceste striatiuni sunt specifice fenomenului de evaporare, care produce turbulente . Reducerea turbulentei se face prin reducerea presiunii gazului suflat prin diuza, ajungand chiar la 0,01 MPa (foarte mica).

#### a) Materiale acrilice (PMMA)

Dupa cum rezulta din figura 1.31. viteza de avans este foarte mare. Diametrul diuzei este de 2 mm, presiunea de 0,01 MPa puterea fasciculului laser este de 500 W.

Se noteaza degajarea de vapori cu miros insuportabil, deci este absolut necesara exhaustarea locala.

#### b) Cauciucul

Prezenta carbonului in cauciuc conduce la scaderea vitezei de avans. Porii de dimensiuni variabile conduc la diferite viteze de avans.

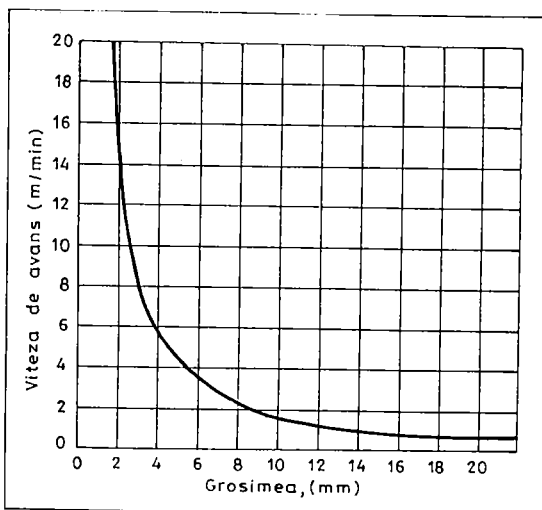


Fig. 1.31. Viteza de avans in functie de grosime la materialele acrilice

### 1.4.17. Taierea materialelor termoplastice (PVC)

Presiunea aerului este de 0,1 .. 0,3 MPa.

In general, cu un laser cu puterea de 100 W se pot efectua servicii in acest domeniu.

In cazul materialelor plastice termorigide, muchiile taiate rezulta netede si inegrite ( rasini formice, fenolice, epoxidice, fibre de sticla).

In tabelul 1.19 . sunt date aplicatii .

Tabelul 1.19 .

Material	Grosime material (mm)	Viteza avans (m/min)	Putere laser (W)
Rasina formica	1,6	7,8	400
Rasina formica	1,6	14,0	1.200
Rasina formica	3,0	2,8	400
Rasina fenolica	3,0	2,9	400
Rasina fenolica	6,0	1,1	400
Rasina epoxidica	1,6	5,2	450
Rasina epoxidica	1,6	15,0	1.200
Rasina epoxidica	3,2	2,4	400
Rasina epoxidica	4,5	1,5	400



Cu un laser cu puterea de 500 W se pot taia urmatoarele materiale plastice, cu grosimea de 1 ... 12 mm :

- polietilena (0,3 ... 11,0 m/min)
- polipropilena (0,4 ... 17,0 m/min)
- polistiren (0,7 ... 19,0 m/min)
- nylon (0,5 ... 20,0 m/min)
- ABS (0,6 ... 21,0 m/min)
- policarbonat (0,6 ... 21,0 m/min)
- PVC (1,0 ... 28,0 m/min)

#### 1.4.18. Taierea lemnului

Gazul de taiere este aerul comprimat , cu o presiune de 0,4 ... 0,6 MPa. Taierea este insotita de degajare masiva de fum de aceea este necesara exhaustarea locala.

In general, este util un laser cu puterea de 100 W , dar se poate lucra si cu puteri mai mari.

#### 1.4.19. Taierea ceramicii si sticlei

In tabelul 1.20. sunt prezentate câteva exemple .

Tabelul 1.20.

Material	Grosime material (mm)	Viteza de avans (m/min)	Putere laser (W)
Sticla	1	1,5	500
Sticla	2	1,0	500
Sticla	3	0,5	500
Alumina	1	1,4	500
Alumina	2	0,6	500
Alumina	2	2,0	1.000
Silicati	1	0,6	1.200
Ceramica	6,3	0,6	1.200

Problema esentiala in acest caz , este realizarea primului impuls laser. Acesta poate conduce la spargerea sticlei . Rezolvarea problemei se face prin cresterea treptata a puterii fasciculului laser , la inceperea taierii , pentru diminuarea socului termic, sau prin preincalzirea sticlei .

O utilizare mai larga o are prelucrarea artistica a ceramicii si sticlei fara penetrare completa , in regim pulsant de obicei , rezultand inscriptionarea materialului, sau prelucrarea in relief .

1.4.20. Taierea materialelor textile  
compozite si alimentare

Unele exemple aplicative sunt prezentate in tabelul 1.21.

Tabelul 1.21.

Material	Grosime material (mm)	Viteza de avans (mm/min)	Putere laser (W)
Azbest (fire)	6,0	1,5	400
Azbociment	5,0	1,2	500
Carpeta auto	3,5	45,0	1.300
Carpeta	6,0	18,0	400
Carpeta	6,0	35,0	1.200
Bumbac	15,0	1,0	500
Pasla	6,0	40,0	1.000
Pasla	6,0	19,0	400
Grafit	1,0	2,0	500
Piele	1,6	18,0	1.200
Hartie par avion	0,05	1.000,0	500
Hartie de scris	0,12	600,0	500
Carton	0,2	90,0	500
Carton	4,6	9,0	350
Lana	0,7	50,0	500

1.4.21. Prezentare rezumativa a taierii  
cu laserii cu Nd:YAG si cu CO2

In tabelul 1.22. se prezinta comparativ, posibilitatile generale de utilizare a laserilor cu Nd:YAG si cu CO2 .

Tabelul 1.22.

Material de debitat	Calitatea taierii cu laserii:	
	cu ND:YAG	cu CO2
Otel nealiat	excelenta	excelenta
Otel aliat	excelenta	excelenta
Aluminiu	buna	buna
Cupru	buna	dificila
Aur	buna	imposibila
Titan	buna	buna
Ceramica	moderata	buna
Materiale acrilice	slaba	excelenta
Polietilena	slaba	excelenta
Policarbonat	slaba	buna
Lemn	slaba	excelenta

In tabelul 1.23. este prezentata o situatie globala a posibilitatilor de taiere cu laserii cu CO2 .

Taierea unor materiale cu laser

Tabelul 1.23.

Material	Grosime (mm)	Viteza (m/min)	Putere (W)
(1)	(2)	(3)	(4)
Plop	10	5,0	500
Pin galben	10	3,2	500
Nuc	10	3,8	500
Cires	10	4,3	500
Pin scotian	10	3,3	500
Fag	10	4,0	500
Mahon	10	3,1	500
Stejar	10	2,9	500
Carbune	10	2,6	500
Abanos	10	1,2	500
PAL	17	1,2	1000
PAL	15	1,7	1000
Placaj	17	1,4	1000
Placaj	12	4,0	1000
Placaj	12	1,4	500
Placaj	9	2,8	500
Brad	7	2,2	75
Brad	25,4	0,3	250
Brad	12,7	4,3	1000
PAL	18	0,2	250
Placaj	8	3,5	250
Furnir	12	0,4	250
Prespan	12	0,4	250
Carpeta auto	3,5	45,0	1300
Carpeta	6	18,0	400
Carpeta	6	35,0	1200
Bumbac	15	1,0	500
Bumbac	15	0,9	250
Pasla	6	40,0	1000
Pasla	6	19,0	400
Pasla	4	6,0	250
Piele	1,6	18,0	1200
Hartie	0,05	1000,0	500
Hartie	0,12	600,0	500
Carton	0,2	90,0	500
Carton	0,2	90,0	500
Carton	4,6	9,0	350
Hartie	3	0,6	250
Lana	0,7	50,0	500
Azbest	6	1,5	400
Azbest cementat	5	1,2	500
Azbest cementat	5	0,6	250
Azbest dur	3	0,3	250
Klingerit	3	0,5	250
Klingerit	1	3,0	250
Klingerit	1	2,0	250
Klingerit	0,5	4,5	250
Acetit	0,3	6,0	250
Termoplastice	1	20,0	500
Termoplastice	5	2,5	500
Termoplastice	10	0,8	500
Nylon	0,1	2000000	250
Plexiglas	20	0,35	250
Plexiglas	12	0,7	250
Plexiglas	10	0,8	250

(1)	(2)	(3)	(4)
Plexiglas	5	1,9	250
Plexiglas	3	5,0	250
Polietilena	1	11,0	500
Polietilena	5	1,2	500
Polietilena	10	0,4	500
Polipropilena	1	17,0	500
Polipropilena	5	2,0	500
Polipropilena	10	0,7	500
Polistiren	1	19,0	500
Polistiren	5	2,3	500
Polistiren	10	0,9	500
Nylon	1	20,0	500
Nylon	5	2,6	500
Nylon	10	0,8	500
ABS	1	21,0	500
ABS	5	2,7	500
ABS	10	0,9	500
Policarbonat	1	21,0	500
Policarbonat	5	2,7	500
Policarbonat	10	0,9	500
PVC	1	28,0	500
PVC	5	3,2	500
PVC	10	1,2	500
PVC	3	3,3	250
PVC	5	2,05	250
PVC	10	1,09	250
PVC dur	16	0,55	250
PVC-s	5	2,75	250
Pvc-s	13	1,0	250
PVC-vinoflex	5	2,5	250
PVC-vinoflex	8	1,8	250
PVC-vinoflex	12	1,0	250
PVC-vinoflex	15	0,73	250
PVC-vinoflex	16	0,55	250
PVC-vinoflex	17	0,5	250
PVC-vinoflex	20	0,48	250
Novolan PP	2	3,2	250
Novolan PP	5	0,9	250
Novolan PP	10	0,42	250
Novolan PP	15	0,25	250
Novolan PP	20	0,175	250
Lupolen PE 5052C	5	1,4	250
Lupolen PE 5052C	10	0,7	250
Lupolen PE 5052C	12	0,5	250
Lupolen PE 5052C	15	0,375	250
Lupolen PE 5052C	20	0,18	250
Lupolen PE	5	0,55	250
Lupolen PE	10	0,3	250
Lupolen PE	15	0,15	250
Lupolen PE	20	0,1	250
Poliester cu sticla	3	0,1	250
Poliester cu sticla	6	0,07	250
Hostiren N 200	4	1,6	250
Hostiren N 200	4	1,6	250
Hostiren S 4200	4	1,7	250
Hostiren S 6600	4	1,7	250
Hostalit	17	0,25	250
Hostalit	4	3,0	250
Hostapor 0,569 t/mc	10	0,7	250

(1)	(2)	(3)	(4)
Hostapor 0,569t/mc	30	0,1	250
Hostapor 0,781t/mc	10	0,45	250
Hostapor 0,814t/mc	10	0,2	250
Hostalen PP17 1050	3	2,0	250
Hostalen PPN 1060	4	2,0	250
Hostalen PPR 1042	4	1,4	250
Hostalen PPN. VP. 7180TV/20	4	1,3	250
Hostalen PPN. VP. 7180GV/20	4	1,25	250
Hostalen GM 5050	5	1,2	250
Hostalen PPN. VP. 7190TV/40	4	1,1	250
Hostalen LD. D 1018	4	1,05	250
Hostalen LD. H 1018	4	1,05	250
Hostalen GC. VP. 7260 GV 1/20	4	1,0	250
Hostalen PPN. VP. 7790 GV 2/30	4	0,95	250
Hostalen GD 7260	4	0,95	250
Hostalen PPT. VP. 7090 AV/40	4	0,9	250
Hostalen PPN. VP. 7790 GV 1/30	4	0,9	250
Hostalen PPH. 2250	5	0,9	250
Hostalen GM. 5050	30	0,1	250
Hostalen PPH. 2250	30	0,1	250
Hostalen GUR	42	0,08	250
Hostaform C. 9021	3,2	3,3	250
Hostaform C. 9021. TF	4	2,2	250
Hostaform C. 9021. K	4	2,1	250
Hostaform C. 2521	4	2,1	250
Hostaform C. 27021	4	2,2	250
Hostadur AVP. 4000	4	2,2	250
Hostadur BVP. 8600	4	2,0	250
Hostadur KVP. 6022	6	1,1	250
Hostadur KVP. 8022. GV 1/30	4	0,75	250
Hostadur KVP. 8022 GV 1/20	4	1,2	250
Rasina formica	1,6	7,8	400
Rasina formica	1,6	14,0	1200
Rasina formica	3	2,8	400
Rasina fenolica	3	2,9	400
Rasina fenolica	6	1,1	400
Fibra de sticla cu epoxy	1,6	5,2	450
Fibra de sticla cu epoxy	1,6	15,0	1200
Fibra de sticla cu epoxy	3,2	2,4	400
Fibra de sticla cu epoxy	4,5	1,5	400
Sticla	1	1,5	500
Sticla	2	1,0	500
Sticla	3	0,5	500
Alumina	1	1,4	500
Alumina	2	0,6	500
Alumina	2	2,0	1000
Silicat	1	0,6	1200
Ceramica	6,3	0,6	1200
Tabla cositorita (Fe+St) (*O2)	1	3,5	250
Tabla cositorita (Fe+St) (*O2)	1,5	3,5	250
Tabla cositorita (Fe+St) (*O2)	2	2,25	250
Tabla cositorita (Fe+St) (*O2)	2,5	1,1	250
Tabla cositorita (Fe+St) (*O2)	3	1,2	250
Tabla cositorita (Fe+St) (*O2)	3,5	0,6	250
Tabla neagra	3	1,5	250
Otel crom/nichel (*O2)	0,5	4,5	250
Otel crom/nichel (*O2)	1	2,0	250
Otel crom/nichel (*O2)	1,5	1,3	250
Otel crom/nichel (*O2)	2	0,7	250

(1)	(2)	(3)	(4)
Otel crom/nichel (*O2)	3	0,2	250
Otel calibil (*O2)	0,2	6,0	250
Otel calibil (*O2)	2	1,5	250
Otel calibil C100 (*O2)	0,3	6,0	250
Otel calibil C75 (*O2)	1	2,8	250
Tabla zincata (*O2)	0,8	3,0	250
Tabla zincata (*O2)	1	2,7	250
Tabla zincata (*O2)	1,5	2,4	250
Titan (*Ar)	3	13,0	250
Titan (*Ar)	8	3,0	250
Titan (*Ar)	10	2,8	250
Titan (*Ar)	40	0,5	250
Plumb (*O2)	2	2,5	250
Plumb (*O2)	3	1,8	250
Cupru (*O2)	1	1,5	1500
Cupru (*O2)	2	0,5	1500
Alama (*O2)	1	3,0	1500
Alama (*O2)	2	1,5	1500
Alama (*O2)	1	2,0	1500
Aliaj de titan (*Ar)	1,6	1,5	500
Aliaj de titan (*Ar)	3,2	0,3	500
Aliaj de titan (*O2)	3,2	2,0	500
Aliaj de titan (*O2)	6,4	1,0	500
Aliaj de titan (*O2)	6,4	2,0	1000
Aliaj de titan (*O2)	2,5	6,0	1000
Aluminiu (*O2)	1	4,7	1000
Aluminiu (*O2)	2,5	1,5	1000
Otel nealiat (*O2)	0,5	15,0	500
Otel nealiat (*O2)	1	11,0	800
Otel nealiat (*O2)	2	7,0	1000
Otel nealiat (*O2)	4	4,0	1000
Otel nealiat (*O2)	6	2,5	1000
Otel nealiat (*O2)	8	2,0	1500
Otel nealiat (*O2)	12	1,0	1500
Otel aliat (*O2)	0,5	15,0	500
Otel aliat (*O2)	1	11,0	800
Otel aliat (*O2)	2	7,0	1000
Otel aliat (*O2)	4	3,0	1000
Otel aliat (*O2)	6	0,6	1500
Otel aliat (*N2)	1	2-5,5	1500
Otel aliat (*N2)	2	1,3-2,5	1500
Otel aliat (*N2)	3	0,5-1,1	1500
Otel aliat (*N2)	4	0,5-0,6	1500
Otel nealiat (*O2)	1	6,0	500
Otel nealiat (*O2)	2	2,5	500
Otel nealiat (*O2)	3	1,5	500
Otel nealiat (*O2)	4	1,2	500
Otel nealiat (*O2)	5	0,6	500
Otel aliat (*O2)	1	4,0	500
Otel aliat (*O2)	2	2,3	500
Otel aliat (*O2)	3	1,1	500
Otel aliat (*O2)	4	0,3	500

NOTA:   "(\*O2)"--taiere cu oxigen  
          "(\*Ar)"--taiere cu argon  
          "(\*N2)"--taiere cu azot  
          "      "--taiere cu aer (nespecificat)

## 1.5. Taierea cu jet de apa sub presiune

### 1.5.1. Presiunea si viteza la impact

Eroziunea materialului in procesul taierii se produce prin utilizarea energiei cinetice de impact "Wc" a particulelor antrenate de fluidul utilizat.

$$W_c = \frac{m_p \cdot v_p^2}{2} \quad (1.17.)$$

$m_p$  este masa particulei,  $v_p$  este viteza particulei

Efectul este deranjant in cazul panourilor solare ale satelitilor, unde particule cosmice cu masa de 0,0000001 ... 0,1 mg si diametrul de 0,1 mm care sosesc cu viteza de 100 km/s (foarte mare), produc la impact un orificiu adanc de 2 mm.

La taierea cu jet de apa sub presiune se utilizeaza uneori pulbere abraziva pentru cresterea efectului de coroziune.

In baza legii lui Bernoulli, presiunea fluidului "pf" este proportionala cu patratul vitezei de curgere a fluidului, deci si cu patratul vitezei particulelor antrenate "vp":

$$p_f = \frac{\rho \cdot v_p^2}{2} \quad (1.18.)$$

in care:  $\rho$  este densitatea fluidului

Utilizand presiuni pana la 380 MPa (3800 bari), se obtine o viteza de curgere de 500 m/s (123).

### 1.5.2. Echipamentul de taiere cu jet de apa sub presiune

Presiunea de 380 MPa se realizeaza cu ajutorul unui amplificator hidraulic, conform figurii 1.32. Amplificatorul (126) are un circuit de joasa presiune (20 MPa) cu ulei antrenat de o pompa de debit relativ mare si un circuit de mare presiune (380 MPa) cu apa filtrata, la debit relativ mic.

Filtrarea apei se face mecanic si ionic, pentru a elimina particulele cu dimensiuni mai mari de 0,45 micrometri.

Circuitul de mare presiune nu se poate realiza cu furtune flexibile, ci cu tevi metalice rigide. Daca este necesara deplasarea diuzei de taiere pentru taierea prin conturare, aceste tevi au articulatii speciale.

Diua primara are diametrul de 0,2 ... 0,5 mm si se executa din safir (diamant).

In cazul injectarii de pulbere abraziva in jetul de apa, camera de mixare are 2 diuze: prima din safir (diua primara) numai pentru apa filtrata si a 2-a (diua secundara) din ceramica, pentru amestecul apa + pulbere abraziva, cu diametrul de 0,75 ... 2,5 mm.

Granulatia pulberii abrazive este de 60 ... 120, la un consum de 0,25 ... 2,0 kg/minut (123).

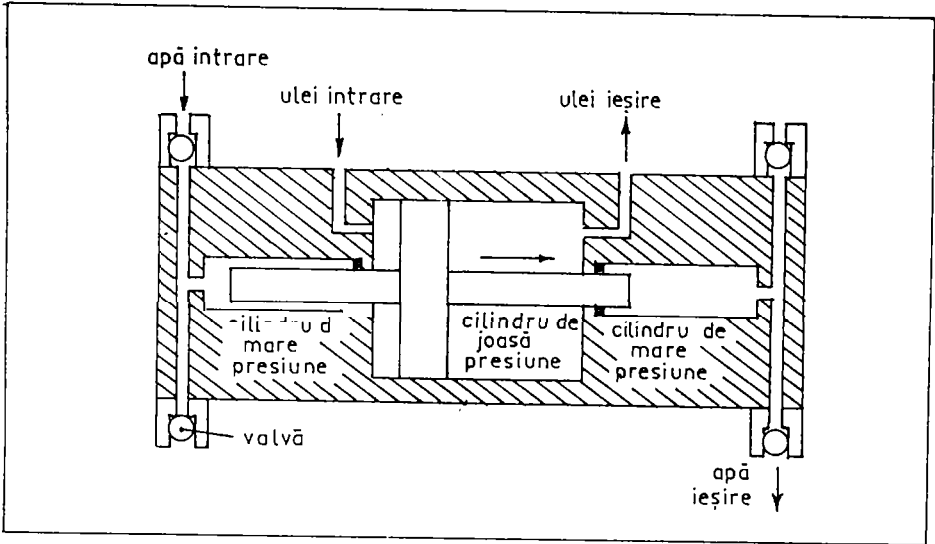


Fig. 1.32. Amplificator hidraulic

Bazinul colector al jetului trebuie sa permita o lungime a a jetului de minim 600 mm, pentru a nu fi taiat sau supus eroziunii. Piesa taiata trebuie sa fie fixata in asa fel , incat dupa taiere, sa nu fie aruncata in bazinul colector datorita presiunii jetului de apa. Accidentul conduce la ciupiri ale suprafetei piesei, sub actiunea jetului de apa.

Nivelul de zgomot este mare, de 120 dB. Cel mai mare zgomot il face , de fapt, amplificatorul hidraulic.

Durata de viata a diuzei din safir este mai mare daca apa este filtrata mecanic si ionic (200 ... 500 ore).

Distanta diuza-tabla este de 2,5 ... 6,5 mm , iar in cazuri izolate , de maxim 50 mm.

### 1.5.3. Taierea cu apa, fara pulbere abraziva

conform (126):

Tabelul 1.24.

Material	Grosime material (mm)	Viteza de avans (m/min)	Diametru diuza (mm)	Presiune apa (MPa)
Carton ondulat	7	3,30	0,25	385
Covor din cauciuc	18	0,12	1,15	380
Piele finisata	1	1,27	0,13	275
Azbest placa	18	1,52	0,20	190
Cauciuc	3	0,15	0,13	380
Uretan	2	0,10	0,10	380
Sticla izolanta	300	0,42	0,15	350
Policarbonat	2	0,02	1,15	380
Polipropilena	2	0,06	1,10	380
poliester	12	0,60	0,15	380
PVC	0,75	0,30	1,10	380
Placa circuit imprimat	1,5	0,05	0,15	380
Grafit	1,6	0,01	0,15	380
Fibra sticla cu epoxy	1,6	0,04	0,20	385
Spuma poliuretana	50	0,10	0,13	380



1.5.4. Avantaje si dezavantaje ale taierii cu jet de apa sub presiune fata de taierea cu laser

a) Avantaje :

- Grosimea materialelor care se pot taia este mai mare .
- Taierea este omnidirectionala la materialele armate cu fibre .
- Nu se rotunjesc colturile conturului (sub aspect tehnologic).
- Costul utilajului este mai redus.
- Nu este necesara gaurirea tablei la inceperea taierii.
- Nu exista zona influentata termic (ZIT).
- Diversitatea de materiale este mai mare (Cu,Al,Au,Ag).
- Nu se degaja fum in timpul taierii.

b) Dezavantaje :

- Fanta taieturii este mai mare (cca.2 mm).
- viteza de avans este mai mica. De exemplu , la otel nealiat cu grosimea de 1,6 mm , viteza de avans este de numai 0,5 m/min. , fata de taierea cu un laser cu CO2 cu puterea de 1 kW, la care viteza de avans este de 9 m/min (123).
- Costul pe metru liniar de taietura este mai ridicat, din cauza vitezei de avans mai mica.
- Zgomotul este foarte mare (120 dB).

1.6. Analiza comparativa a procedeelor de taiere: cu oxigaz, cu plasma, cu laser, cu jet de apa sub presiune

1.6.1. Performantele unor procedee de taiere fata de taierea cu laser cu CO2

In tabelul 1.25. sunt prezentate performantele procedeelor de taiere: cu laser cu Nd:YAG, cu plasma, cu jet de apa sub presiune (cu pulbere abraziva), cu oxigaz, - fata de taierea cu laser cu bioxid de carbon :

Tabelul 1.25.

Domeniu	Parametru comparat	Performante la taierea cu :			
		Nd:YAG	Plasma	Apa	Oxigaz
Taiere metale:	Cost investitie	S	B	S	FB
	Cost productie	S	S	S	B
	Viteza de avans	R	B	FR	R
	Calitate taietura	S-B	FB	FB	R
	Grosime maxima	S	FB	FB	FB
Taiere ceramica:	Zona infl.termic	S-B	FR	FB	R
	Fanta a taieturii	S-B	FR	FR	FR
	Viteza de avans	R	NU	R	NU
	Calitate taietura	S-B	NU	B	NU
	Grosime maxima	S-B	NU	FB	NU
Taiere polimeri:	Fanta a taieturii	S-B	NU	R	NU
	Viteza de avans	NU	NU	S	NU
	Calitate taietura	NU	NU	S	NU
	Grosime maxima	NU	NU	B	NU
	Fanta a taieturii	NU	NU	R	NU

Nota : FB-foarte bine, B-bine, S-similar, R-rau, FR-foarte rau, NU-neaplicabil

Cel mai larg domeniu al tipurilor de materiale care se pot taia, îl are taierea cu apă sub presiune, apoi taierea cu laser cu CO<sub>2</sub>. Taierea cu plasma se aplica la metale (inclusiv: inox, aluminiu, cupru), iar taierea cu oxigaz nu se poate aplica decât la oțelurile cu carbon puțin (sub 0,25 %). Totuși, volumul productiv în acest caz este foarte mare, având în vedere costul redus al investiției.

Fanta tăieturii este foarte îngustă (0,1...1 mm) numai la taierea cu laser, în special la Nd:YAG.

Viteza de avans, în cazul metalelor, este performanța la plasma. În special, aluminiul se taie foarte bine cu plasma; cu laser CO<sub>2</sub> și cu oxigaz nu se poate taia în condiții economice.

### 1.6.2. Taierea oțelului nealiat

În cazul oțelului nealiat, în figura 1.33 sunt prezentate vitezele de avans în funcție de grosime, în 3 cazuri:

- taierea cu oxigaz
- taierea cu laser
- taierea cu plasma

În figura se remarcă creșterea exponențială a vitezei de avans, în cazul laserului, la grosimile mici de tablă. De aceea, în domeniul 0-5 mm se recomandă taierea cu laser. Taierea cu plasma se recomandă (sub aspect calitativ

il) la grosimea de 1-50 mm. Peste 50 mm devine necompetitivă cu taierea oxigaz, cu observația că taierea oxigaz se aplică numai la oțeluri nealiat și cu carbon puțin. În cazul altor metale, plasma este utilizabilă până la grosimi de 120-150 mm. Taierea oxigaz se extinde până la 2000 mm (oțel cu carbon puțin).

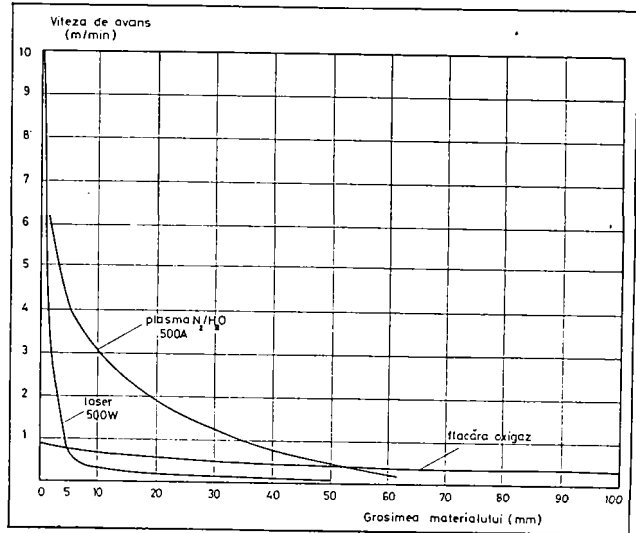


Fig. 1.33. Viteza de avans în funcție de grosime, în cazul oțelului nealiat

În tabelul 1.26., conform (134), firma AGA-Suedia prezintă taierea oțelului nealiat cu grosimea de 6 mm, prin 3 procedee:

- cu laser de 1,5 kW, cu CO<sub>2</sub>
- cu plasma
- cu flacăra oxigaz

și analizează relația între fanta tăieturii și energia consumată pentru a realiza 1 milimetru liniar de tăietură.

Cheltuielile de producție sunt proporționale cu consumurile energetice (kJ/mm), rezultând recomandarea utilizării laserului.

Tabelul 1.26.

Procedeul de taiere	Viteza de avans (m/min)	Fanta taieturii (mm)	Zona infl. termic (mm)	Energia pt.1 mm (kJ/mm)
a) cu laser 1,5 kW	2,20	0,3	0,15	0,16
b) cu plasma	3,78	3,2	0,50	0,91
c) cu oxigaz	0,60	1,3	1,00	1,10

Sub aspectul investitiilor, insa , cheltuielile se prezinta astfel :

- a) Laser de 1,5 kW si masina cu CNC : 530.000 US\$
- b) Plasma si masina cu CNC : 250.000 US\$
- c) Oxigaz si masina cu CNC : 190.000 US\$

Deci pretul investitiei este mai mare in cazul laserului , amortizarea realizandu-se numai daca se debiteaza cantitati mari de materiale.

CAPITOLUL 2

ECHIPAMENTE DE CONTURARE X, Y  
PRIN URMARIRE DE DESENE  
CU CAPURI OPTICE ROTITOARE

2.1. Probleme generale specifice

2.1.1. Principiul conturării x,y, prin urmarire optică

In figura 2.1. se prezintă componența minimală a unui echipament de conturare x,y echipat cu cap optic rotitor.

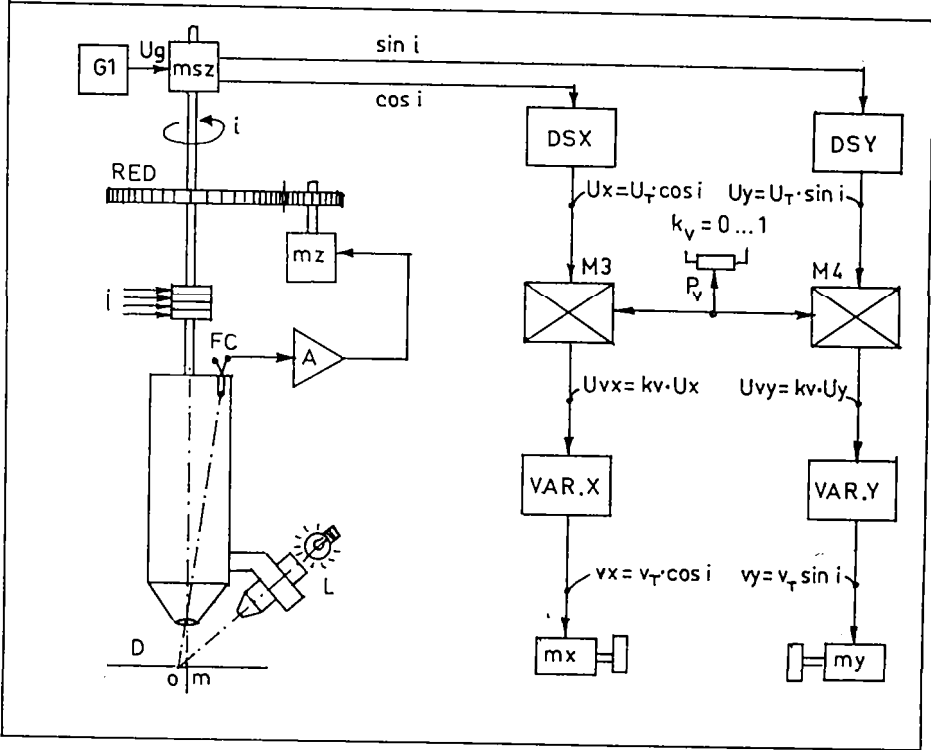


Fig. 2.1. Componența minimală a unui echipament de conturare x,y prin urmarire optica utilizând cap optic rotitor

Urmărirea liniei desenate D, cu ajutorul fotocelulei FC, se bazează pe existența excentricității (axul optic "o") față de centrul rulmentului (axul mecanic "m"), în virtutea geometriei euclidiene, de a determina o direcție, având 2 puncte. În cazul nostru, vectorul optic  $\vec{m}_o$  indică sensul de avans, deci vectorul viteza tangențială la curba  $\vec{v}_T$  este  $\vec{v}_T \perp \vec{m}_o$ .

Dacă apare o deviere unghiulară a conturului față de vectorul optic  $\vec{m}_o$ , conform figurii 2.2., fotocelula FC va genera un semnal electric mai mic sau mai mare, în funcție de nivelul de alb/negru "văzut".

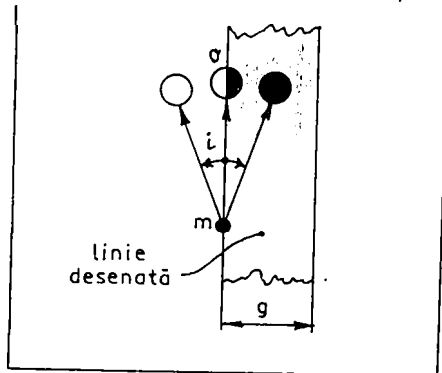


Fig. 2.2. Deviația fotocelulei față de linia desenată

Acest semnal se prescrie variatorului de turatie A , care , prin intermediul motorului mz si a reductorului RED , se reduce in mod automat fotocelula pe jonctiunea alb/negru a liniei desenate . Aceasta este bucla minora de reglare unghiulara a pozitiei fotocelulei pe linia desenate si este inclusa in bucla de reglare globala x,y de pozitie si de viteza .

Solidar, pe axul rotitor al tubului optic, se afla dispozitivul de descompunere in coordonate sinus/cosinus "msz" (tip potentiometru, sau tip rezolver bipolar), care are rolul de a descompune vectorul viteza tangentiala  $\vec{v}_T$  in cele 2 componente  $v_x$ ,  $v_y$ , conform figurii 2.3. Vectorul viteza tangentiala  $\vec{v}_T$  trebuie sa aiba modulul constant pe curba , prescris prin tehnologia taierii .

$$\begin{aligned} U_x &= U_T \cdot \cos i & (2.1.) \\ U_y &= U_T \cdot \sin i & (2.2.) \\ v_x &= v_T \cdot \cos i & (2.3.) \\ v_y &= v_T \cdot \sin i & (2.4.) \\ U_T &= 10 \text{ V} & (2.5.) \end{aligned}$$

Prin inelele si periile colectoare "I" (figura 2.1.) se transmite semnalul de la fotocelula FC si se alimenteaza lampa "L" cu tensiune .

Aparatul de taiere este sincronizat in miscare , cu axul mecanic "m"(centrul rulmentului).Existenta excentricitatii  $m_0$  conduce la fenomenul nedorit de tesire a colturilor pe contur.Suntem tentati sa reducem excentricitatea  $m_0$ , pentru a reduce tesirile . Dar constatam ca , la un moment dat , excentricitatea nu se mai poate reduce , pentru ca apare fenomenul de pendulare unghiulara a capului optic ( instabilitate dinamica ) . Practic , se considera ca exista o legatura intre viteza de avans si excentricitatea  $m_0$  : cu cât dorim o viteza de avans mai mare , cu atât este necesară o excentricitate  $m_0$  mai mare , deci va rezulta o tesire a colturilor mai pronunțată .

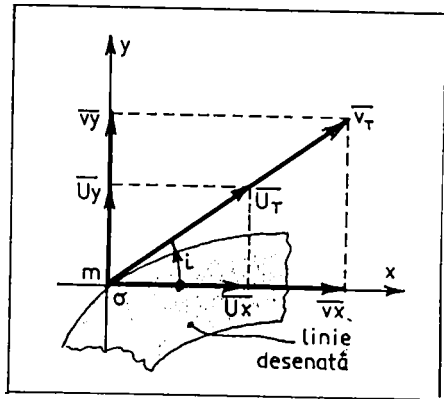


Fig. 2.3. Descompunerea in coordonate  $v_x, v_y$

Semnalele  $\sin i$ ,  $\cos i$ , generate de "msz" sunt prelucrate cu dispozitivele DSX, DSY . Se disting doua situatii :

a) Daca "msz" este de tip potentiometru (dublu, cu sectoare rezistive distribuite in cuadratura sinus/cosinus ), atunci generatorul "G1" este de tensiune continua +/- 10V , iar DSX SI DSY nu mai sunt necesare .

b) Daca "msz" este de tipul rezolver bipolar , atunci generatorul "G1" este de tensiune alternativa ( 400 Hz ... 4 kHz ) si este denumit "oscilator pilot" (O) in unele scheme electrice.

Multiplicatoarele M3 si M4 realizeaza multiplicarea semnalelor  $U_x$  si  $U_y$  cu aceeași constanta  $k_v = 0 \dots 1$ , prescrisa cu potentiometrul Pv de pe panoul de comanda , in scopul modificarii vitezei de avans  $v_T$  :  $U_{v_x} = k_v \cdot U_x$ ,  $U_{v_y} = k_v \cdot U_y$ . Acestea constituie referintele de viteza care se prescriu celor 2 variatoare de turatie VAR.X si VAR.Y , reversibile .

Motoarele electrice  $m_x$  si  $m_y$  pot fi de tipul de curent continuu sau de tipul asincron bifazat , necesitind blocuri de comanda VAR.X , VAR.Y specifice celor 2 cazuri .

### 2.1.2 Moduri de urmarire a liniei desenate

In figura 2.4. se prezinta 3 moduri de urmarire a liniei desenate :

- a) cu 1 fotocelula , pe marginea liniei desenate
- b) cu 2 fotocelule , pe mijlocul liniei desenate
- c) cu modulare - demodulare

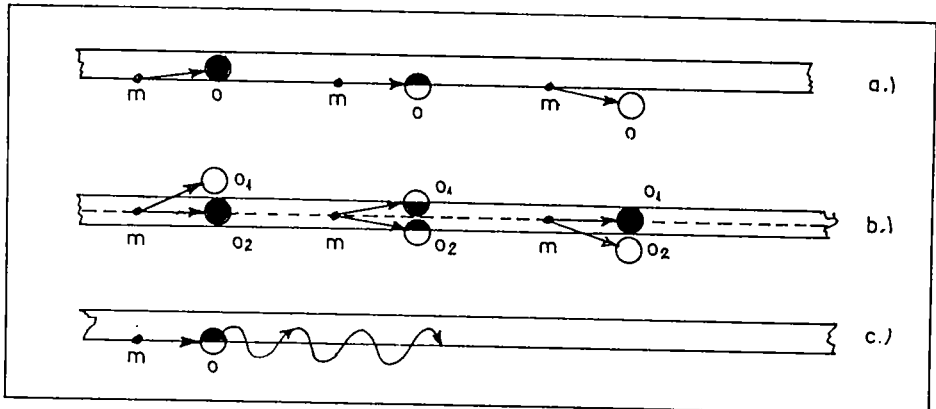


Fig. 2.4. Moduri de urmarire a liniei desenate

Modul de urmarire cu 1 fotocelula permite urmarirea unor linii desenate cu colt, pe cand modul de urmarire cu 2 fotocelule pretinde desenarea cu raze de curbura ( fara colt ). Modul b) reduce cu un ordin de marime efectul perturbator al derivei optice si termice, iar modul c) reduce total acest efect. Modul c), in schimb, necesita dispozitive de pendulare a imaginii. Frecventa de pendulare este de obicei de 50 de Hz. Filtrarea dupa demodulare la 50 Hz introduce in sistemul automat o constanta de timp de filtrare  $T_f$ , care are efect negativ asupra vitezei de avans a capului optic. Dispozitivul de pendulare (de vibrare) este realizat in mai multe feluri : cu motor sincron, cu vibrator electromagnetic, cu tija piezoceramica, et c. Acest dispozitiv, in practica, s-a dovedit a nu fi suficient de fiabil, din cauza ruperii prin oboseala. Chiar si in cazul tijei piezoceramice, dupa un timp se constata dezlipirea monturii reflectorizante. In plus, dispozitivul de pendulare necesita 2 ... 4 inele colectoare in plus la tubul optic.

### 2.1.3. Incetinirea la colt

Incetinirea la colt a aparut ca o necesitate in cazul vitezelor mari de avans pe linia desenate, caz in care ar apare pericolul pierderii urmaririi.

Procedeu consta in dispunerea in tubul optic a inca 2 fotocelule, de "avangarda" care sesizeaza colturile liniei desenate, cu cateva fractiuni de secunda mai devreme decat fotocelula principala (de lectura).

Acest sistem, adoptat de multi constructori la generatiile mai vechi de echipamente, a fost abandonat, pe masura progreselor realizate la viteza de raspuns a actionarilor electrice, dar si motivat de variatia fantei taieturii in cazul variatiei vitezei de avans.

#### 2.1.4. Problema contactului electric la perile colectoare

Circuitul fotocelulei, fiind de impedanta mare (cca.1 M $\Omega$ ) nu pune probleme de rezistenta de contact, ci de rezistenta de izolatie.

Circuitul lampii este de impedanta mica (2,2V/0,18A/12,2 $\Omega$ , sau 6V/2,5A/2,4 $\Omega$ ) si pune probleme deosebit de spinoase in privinta rezistentei de contact.

S-au experimentat cateva variante de materiale pentru inelele si perile colectoare, diferite forte de contact si duritati Brinell.

Compozitia aliajelor s-a studiat prin spectrometrie de masa. Desi varianta inel aur / perie argint a oferit performanta, din motive economice s-a stabilit varianta inel alama / perie argint. In acest caz, rezultate bune s-au obtinut cu alamele care contin numai cupru si zinc, fara incluziuni de Pb, S, Fe. Periile se executa din argint dur (aliaj special pentru contacte de releu). Esential este ca duritatea periiilor din argint sa fie mai mare decat a inelelor din alama. In acest fel, se inlatura uzura argintului, obtinandu-se si un efect de autocuratare a oxizilor de pe inelele din alama.

O alta cale adoptata pentru realizarea unui bun contact electric consta in dublarea periiilor (in paralel). In acest fel, probabilitatea nerealizarii simultane a contactului se reduce de cateva mii de ori. Acest lucru se explica prin faptul ca in timpul rotirii inelului colector, timpul de lipsa contact ( $t_1$ ) este foarte scurt in raport cu timpul de contact ( $t_2$ ) si este foarte improbabil intreruperea simultana la cele 2 perii, conform figurii 2.5.

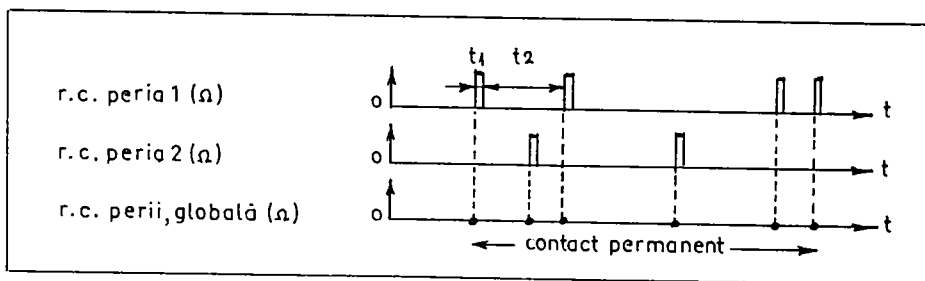


Fig. 2.5. Probabilitatea lipsei contactului la 2 perii colectoare, simultan

Adoptand dublarea periiilor si utilizand materiale adecvate, durata de functionare fara interventie de curatare, s-a marit de la cca.2 zile la cca.2 ani.

#### 2.1.5. Dispozitive pentru descomponerea in coordonate sinus / cosinus

Exista 2 tipuri de dispozitive care realizeaza aceasta functie:

- Potentiometrul dublu cu distributie sinusoidala / cosinusoidala a rezistentei.
- rezolverul bipolar

In figura 2.6. se prezinta conexiunile exterioare ale potentiometrului dublu:



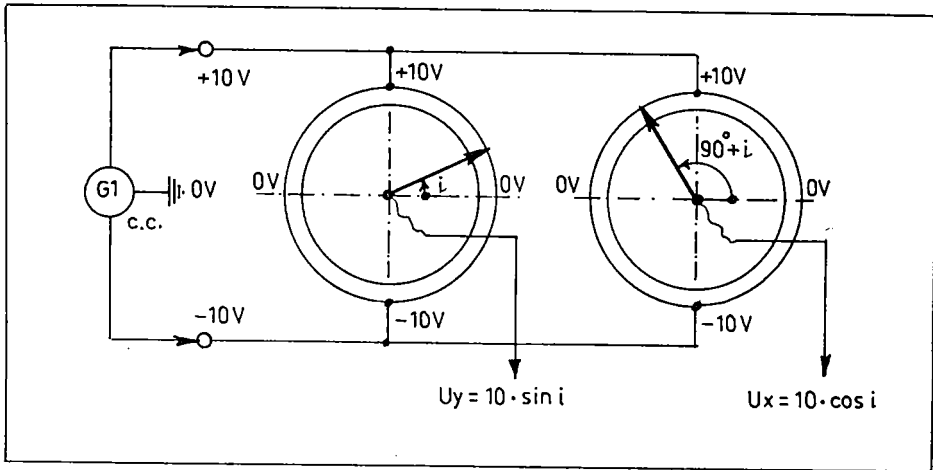


Fig. 2.6. Conexiunile potentiometrului dublu P1, P2 ( msz ) pentru descompunerea in coordonate sinus/cosinus

Acest dispozitiv a fost utilizat la utilajele mai ieftine si din generatia veche . Chiar daca ofera avantajul raspunsului electric instantaneu, acest dispozitiv nu este suficient de fiabil din cauza contactelor alunecatoare pe cele doua sectoare rezistive .

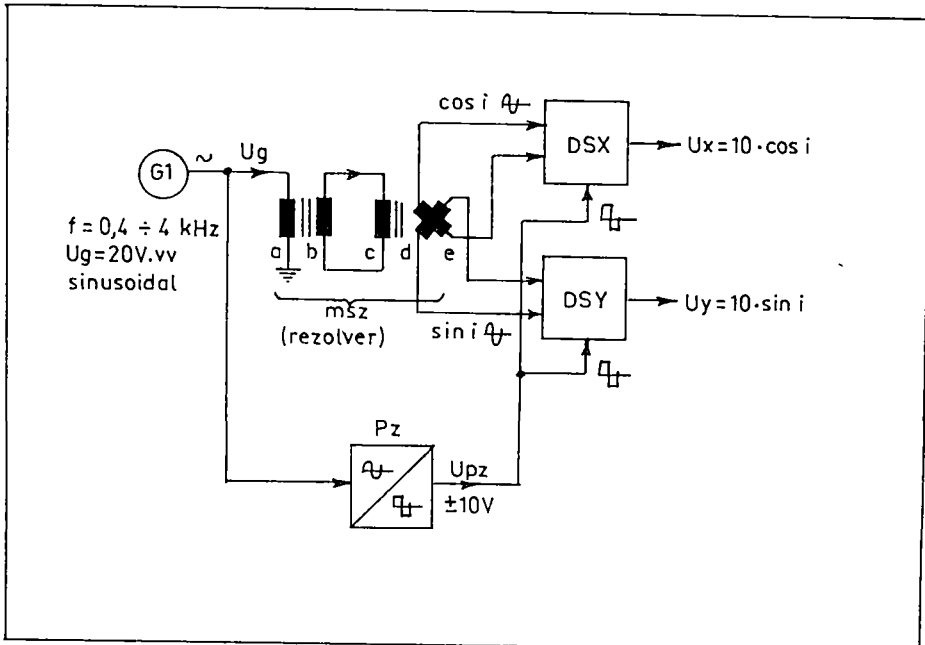


Fig 2.7. Conexiunile rezolverului bipolar msz , pentru descompunerea in coordonate sinus / cosinus

In figura 2.7. se prezinta conexiunile exterioare ale rezolverului bipolar msz .

Rezolverul msz , in tehnologie moderna, este construit fara perii. Infasarurile a si b sunt cuplate inductiv axial , deci amplitudinea tensiunii induse din primarul a (fix) in secundarul b (mobil) este constanta pentru orice pozitie unghiulara.

Infasarurile c si d+e sunt cuplate inductiv radial, deci amplitudinea tensiunii induse din primarul c in secundarele d si e depinde de unghiul geometric intre c si d , respectiv intre c si e . Bobinele c si e dispuse in cuadratura sunt fixe .

Amplitudinea tensiunii din infasurarea d este maxima daca infasurarea d este paralela cu infasurarea c ; amplitudinea este zero daca infasarurile c si d sunt perpendiculare. Similar se petrec lucrurile intre infasarurile c si e , cu observatia ca atunci cand in infasurarea d tensiunea este maxima, in infasurarea e tensiunea este zero ( sunt in cuadratura ).

Infasurarea a este alimentata cu un semnal sinusoidal cu amplitudine si frecventa constanta ( de exemplu  $U_g = 20 \text{ V.vv}$  si  $f = 0,4 \dots 4 \text{ kHz}$  ). Acest semnal sinusoidal este transformat in semnal dreptunghiular sincron, cu limitare stabila la  $\pm 10 \text{ Vcc}$ , in formatorul de purtatoare Pz .

Frecventa purtatoare este utilizata la sincronizarea demodulatorilor sincrone DSX, DSY .

Conform figurii 2.8., daca primarul a se alimenteaza cu tensiunea  $U_g$  , atunci la iesirea din DSY se obtin semnalele  $U_{y'}$ , reprezentate in figura 2.8., pentru 6 unghiuri  $i$  .

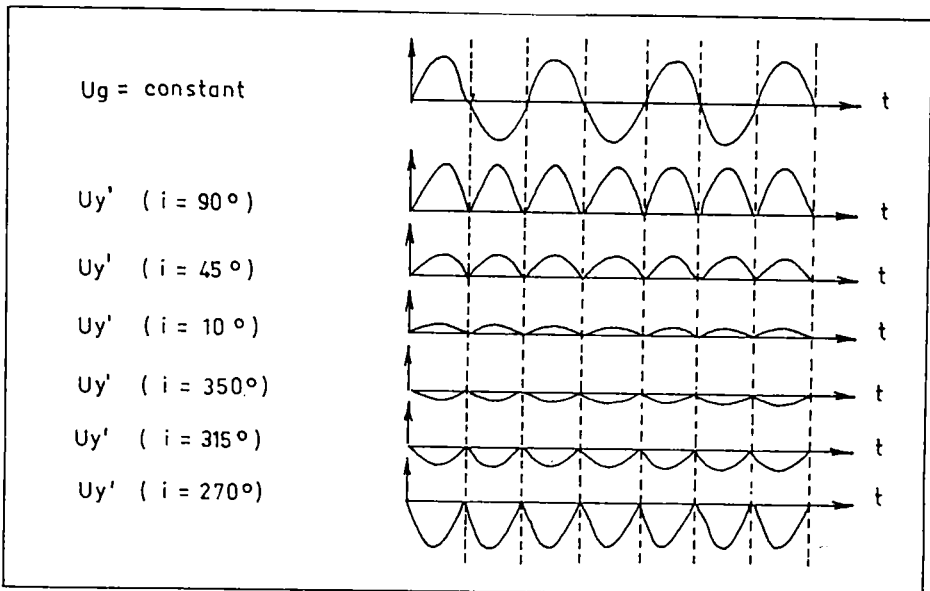


Fig. 2.8. Tensiunea  $U_{y'}$  la iesirea demodulatorului sincron DSY

De fapt , aceasta tensiune  $U_{y'}$  este filtrata , rezultand in final tensiunea  $U_y$  ( valoarea medie ) .

### 2.1.6. Urmarirea la scara redusa

Masini mari, cu deschideri de 8 ... 17 metri si cãi de rulare de 16 ... 32 metri, utilizate de obicei in santierele navale pentru debitarea cu oxigaz a tablelor din otel, utilizeaza urmarirea unor desene executate la scara 1:10.

Spre deosebire de urmarirea la scara 1:1, urmarirea la scara redusa necesita cremaliere de precizie sau suruburi conductoare de precizie in scopul sincronizarii deplasarilor :  $x-x'$ ,  $y-y'$ .

Sincronizarea miscarii aparatului de taiere cu miscarea capului optic se face in doua moduri :

a) Sincronizarea mecanica ( prin raport de transmisie la rotile dintate ) este o solutie mai ieftina si mai imprecisa . Masina necesita numai 2 motoare electrice (  $m_x$  si  $m_y$  ) si nu necesita selsine ( pentru sincronizarea deplasarii ) .

b) Sincronizarea electrica se face separat pe cele 2 coordonate  $x'$  cu  $x$  si  $y'$  cu  $y$  . Masina necesita 4 motoare electrice  $m_x, m_x', m_y, m_y'$  si 4 selsine :  $m_{sx}, m_{sx'}, m_{sy}, m_{sy}'$  .

Exista astfel 2 masini distincte : o masina pentru urmarirea desenului ( cu cap optic ) si o masina pentru taiere ( echipata cu 1 sau mai multe aparate de taiere ) .

Semnalul de eroare  $U_{ex}$  între selsinele  $m_{sx}$  si  $m_{sx}'$  comanda variatorul motorului  $m_x'$  ( "slave" ), iar semnalul de eroare  $U_{ey}$  între selsinele  $m_{sy}$  si  $m_{sy}'$  comanda variatorul motorului  $m_y'$  . Motoarele  $m_x$  si  $m_y$  au rolul de pilot ( "master" ) .

Selsinele sunt conectate in regim de transformator, conform figurii 2.9. iar semnalul alternativ generat , este prelucrat cu demodolatoarele sincrone  $DSXX'$ ,  $DSYY'$  .

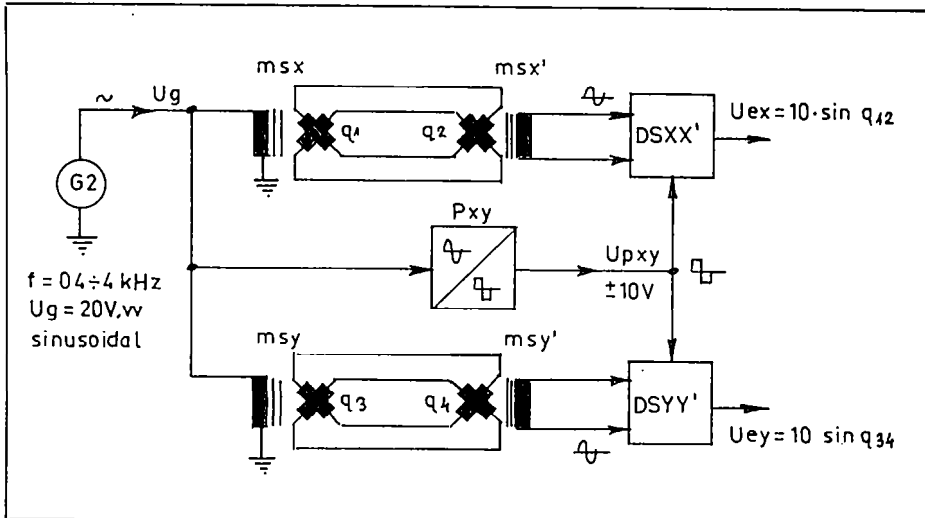


Fig. 2.9. Conexiunile selsinelor  $m_{sx}, m_{sx'}, m_{sy}, m_{sy}'$  pentru sincronizarea deplasarii

Demodolatoarele sincrone  $DSXX'$  si  $DSYY'$  sunt concepute identic cu  $DSX, DSY$ , iar formatorul de purtatoare  $Pxy$  este similar cu  $Pz$  . Semnalele  $U_{ex}$  si  $U_{ey}$  sunt tensiuni continue care primesc valori in domeniul  $-10V \dots +10V$  si constituie semnalele de eroare de pozitie între  $x-x'$ , respectiv  $y-y'$  . Practic , in timpul urmaririi,  $U_{ex}$  si  $U_{ey}$  oscileaza in jurul valorii zero.

Amplitudinea acestor oscilatii, de fapt, este o masura a calitatii executiei mecanice a masinii, in sensul ca la o executie ingrijita, aceste oscilatii au o amplitudine mica, ideal zero.

Existenta jocului in reductoarele cuplate la motoarele electrice  $m_x, m_x', m_y, m_y'$ , conduce la cresterea oscilatiilor  $U_{ex}$  si  $U_{ey}$ . Din cauza acestui joc mecanic, calitatea sistemului automat scade. Marirea amplificarii in regulatorul de pozitie este limitata de intrarea in pendulare.

## 2.1.7. Reductorul RED al motorului mz, din capul optic

### 2.1.7.1. Raportul de transmisie $z_1/z_2$

Pentru a se obtine o viteza mare de raspuns, se lucreaza cu raport de transmisie mic : 5 ... 30. Motoarele electrice care exceleaza prin posibilitatea functionarii la turatii mici (cele cu rotor disc sau pahar, de exemplu) sau cele cu multe lamele la colector, permit utilizarea unui raport de transmisie  $z_1/z_2 = 5$ . La motoarele electrice de curent continuu cu rotor cu fier, precum si la motoarele asincrone bifazate se utilizeaza reductoare cu raport de transmisie mai mare :  $z_1/z_2 = 30$ .

### 2.1.7.2. Problema jocului

Se doreste existenta unui joc zero. Executia reductorului cu roti compensate (arcuite tangential), elimina jocul la viteze mici de avans, putandu-se aproxima functionarea ca un regim stationar (acceleratie zero). La variatii rapide insa, arcuirea conduce la existenta unor elemente elastice in sistemul automat, care produce intrarea in pendulare. De aceea, se prefera rotile dintate simple, dar cu joc foarte mic. In acest caz, modulul danturii este relativ mic, sub 0,7.

## 2.1.8. Aspecte constructive de ordin mecanic

### 2.1.8.1. Ghidarea

Pana la ecartamente de 10 metri se prefera ghidarea pe o singura cale de rulare, cu 4 role, conform figurii 2.10.

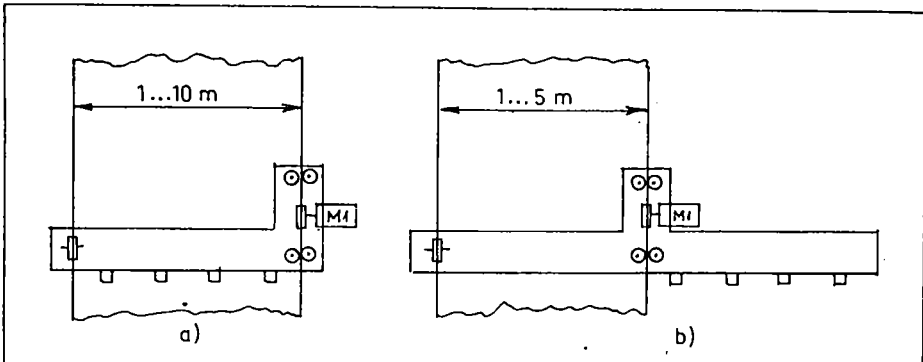


Fig. 2.10. Ghidarea pe o singura cale de rulare, cu 4 role  
a) tip portal b) tip consola

In acest fel, se utilizeaza un singur motor pentru antrenarea longitudinala si 4 role de ghidare laterala .

In cazul unor ecartamente foarte mari, pana la 18 metri, se utilizeaza antrenarea grinzii la ambele capete, prin arbore electric . In acest caz se utilizeaza 2 motoare pentru antrenare longitudinala si numai 2 role de ghidare laterala, conform figurii 2.11.

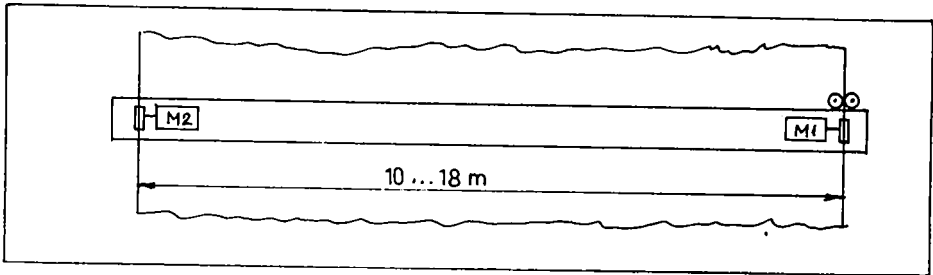


Fig. 2.11. Ghidarea pe o singura cale de rulare, cu 2 role

#### 2.1.8.2. Antrenarea si controlul deplasarii x,y

Pe directia longitudinala , la lungimi mari, controlul deplasarii se face numai cu cremaliera de masura , pe care ruleaza traductorul de pozitie ( selsina, traductor incremental, et c. ) Antrenarea se face fie pe aceeași cremaliera ( rol dublu: de masura si de cuplu ), fie cu roata de fuga ( prin frictiune ) .

Pe directia transversala , controlul deplasarii se face fie cu cremaliera de masura, fie cu surub conductor . Antrenarea se face fie cu roata de fuga, fie pe cremaliera , fie cu surub conductor , fie cu banda conductoare . In cazul antrenarii cu surub cu bile, se elimina total reductorul cu roti dintate, pentru a se obtine joc zero . Motorul electric se cupleaza direct la surubul conductor .

#### 2.1.8.3. Constructia masinii "MATTOR"

Masina automata de taiere termica prin urmarire optica la scara redusa , tip MATTOR (56) , reprezentata in figura 2.12., are un ecartament de 7,5 metri , este de tip portal si are ghidarea laterala cu 4 role . Antrenarea longitudinala se face cu roata de fuga , numai la unul din capetele grinzii . Antrenarea transversala se face cu banda conductoare . Fiecare aparat de taiere se poate cupla pe ramura de sus sau de jos a benzii , realizandu-se posibilitatea taierii de piese simetrice, simultan .

Controlul deplasarii se face pe ambele axe cu cremaliere de masura cu modulul 1,25 .

Echipamentul care este responsabil cu urmarirea desenului , la scara 1:10 , are antrenarea cu suruburi conductoare ( pe ambele axe x, y ) .

Deplasarea se controleaza cu aceleasi suruburi conductoare

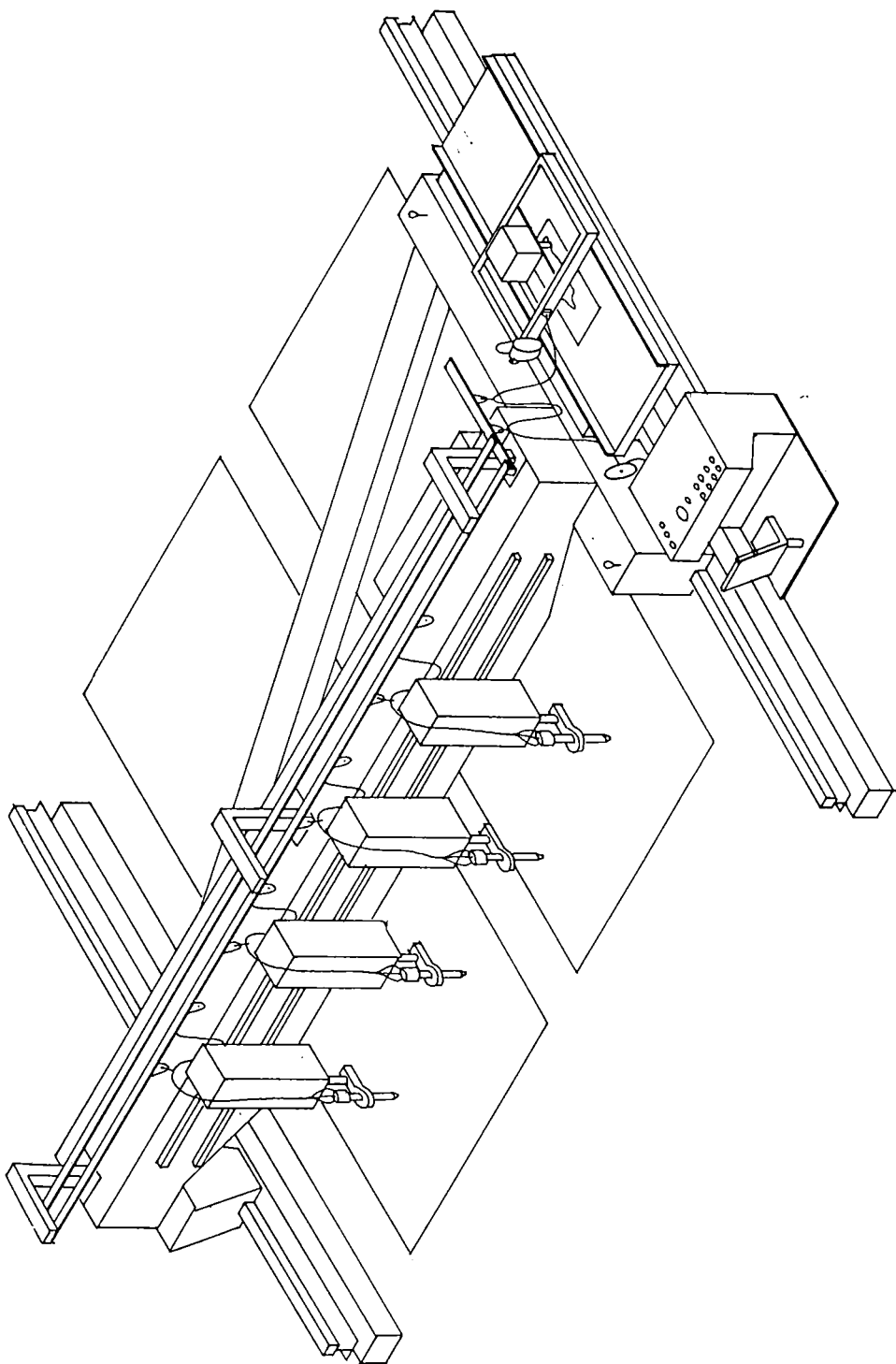


Fig. 2.12. Masina MATTOR

## 2.2. Blocuri electronice functionale

### 2.2.1. Excitarea rezolverului bipolar și a selsinelor emitatoare. Oscilatorul pilot

Excitarea cu frecventa de 50 Hz a fost abandonata , din cauza constantelor electrice de timp mari care s-ar introduce dupa demodularea sincrona ( constante de timp de filtrare ). De aceea se utilizeaza rezolvere si selsine care lucreaza in domeniul de 0,4 ... 4 kHz , sau chiar pana la 10 kHz .

Puterea si tensiunea pe care trebuie sa le ofere oscilatorul pilot sunt dependente de tipul rezolverului utilizat .

S-a ales alimentarea rezolverului la frecventa de 1,3 kHz , ca un compromis intre curentul absorbit si precizia demodularii. Astfel , scaderea frecventei conduce la cresterea curentului absorbit de rezolver . Cresterea frecventei conduce la scaderea preciziei demodularii , fie din cauza purtatoarei trapezoidale , ( se doreste forma rectangulara ) , fie din cauza intarzierii trecerii prin zero , datorita comportarii rezolverului ca o linie de intarziere .

In figura 2.13. se prezinta un exemplu de oscilator pilot .

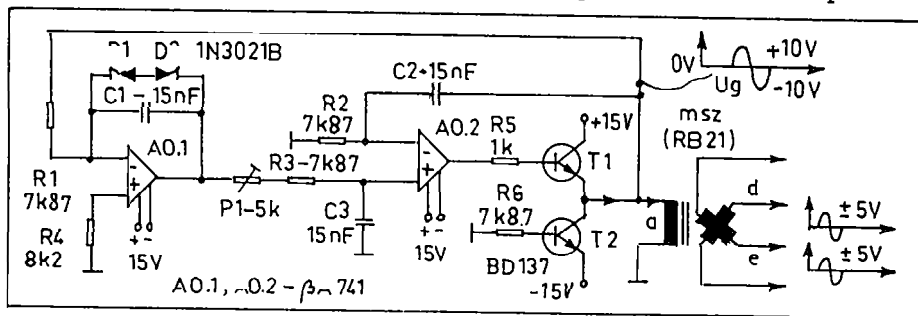


Fig.2.13. Oscilator pilot in cuadratura

Cu ajutorul potentiometrului P1 se stabileste forma sinusoidală a tensiunii generate  $U_g$  , imediat dupa limita de intrare in oscilatie . Urmarindu-se stabilitatea amplitudinii , se prefera o usoara intrare in limitare (datorita diodelor Zener de 11V)

Reactia de la rezolver este globala prin R1 si C2 , obtinandu-se o componenta continua zero in primarul rezolverului . Componenta continua diferita de zero este nedorita , pentru ca produce o incalzire inutila a primarului , care are o rezistenta in curent continuu suficient de mica .

In cazul utilizarii oscilatorului pilot pentru alimentarea selsinelor responsabile de controlul sincronismului  $x-x'$  ,  $y-y'$  , se poate utiliza un singur oscilator pilot pentru ambele axe. In acest caz , primarele selsinelor emitatoare sunt in paralel .

Datorita faptului ca rezolverul msz sau selsinele  $ms_x$  ,  $ms_y$  sunt dispozitive scumpe , circuitele s-au dimensionat de asa maniera , incat aparitia componentei continue in primar si deci a curentului de scurtcircuit , sa nu deterioreze rezolverul sau selsinele , ci mai degraba sa introduca in limitare sursa stabilizata de  $\pm 15V$  sau , in cel mai rau caz , sa distruga tranzistoarele T1 si T2 ( pe post de fuzibil ) .

### 2.2.2. Formarea tensiunii rectangulare in scopul refacerii purtatoarei

In figura 2.14. se prezinta formatorul de purtatoare .

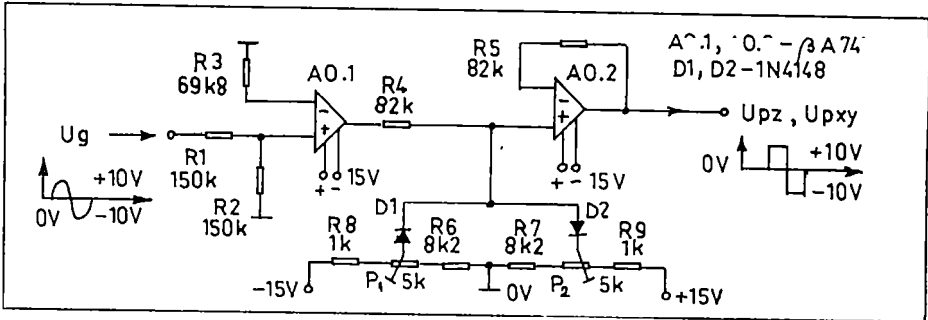


Fig. 2.14. Formatorul de purtatoare Pz, Pxy

Frecventa purtatoare de 1,3 kHz utilizata ca referinta pentru demoduloarele sincrone, trebuie transformata ca forma, din sinusoidal in rectangular .

Pentru realizarea demodularii precise, este necesar ca limitarea la +10V, respectiv, la -10V, a celor 2 alternante sa se stabileasca foarte precis si sa se garanteze pastrarea in timp. Cu potentiometrele P1 si P2 se stabilesc cele doua limite de +10V si -10V ale tensiunii Upz, respectiv, Upxy.

AO.1 este repetor, cu impedanta mare de intrare.

### 2.2.3. Demodularea sincrona in lantul referintelor de viteza x, y si in lantul erorilor de pozitie x-x', y-y'

S-au experimentat mai multe variante de demoduloare sincrone. Varianta care se prezinta in figura 2.15. se considera optima, pentru ca asigura o stabilitate de ordinul 1/10.000 a tensiunii demodate la variatia temperaturii intre +5 ... +40°C. Pe de alta parte, ofera avantajul de a nu folosi transformatoare defazoare, care ar mari gabaritul si manopera la executie.

Demodulatorul este de tipul in inel, cu diodele D1 ... D4.

La bornele A, B se aplica semnalul "puratat" generat de rezolver (cu amplitudine variabila), iar la bornele C, D se aplica semnalul "purcator" (Rectangular, de 1,3 kHz, cu amplitudine constanta).

Pentru asigurarea demodularii bialternanta, s-a recurs la formarea unei prize mediane virtuale (intre R1 si R2) legata la masa, avand in vedere ca rezolverul nu dispune de priza mediana. Pentru aceasta, se utilizeaza rezistentele R1, R2.

Se remarca solutia defazarii cu 180°, de precizie, cu amplificatorul operational AO.1, a semnalului purcator aplicat la borna C. Astfel, la borna D, semnalul este defazat cu 180° fata de semnalul la borna C.

Din punctul median situat intre R3 si R4 se culege semnalul demodat, nefiltrat, atenuat. Acest semnal se aplica amplificatorului operational AO.2, care amplifica si filtreaza acest semnal, generand la iesire o tensiune continua care are excursia intre -10V si +10V.



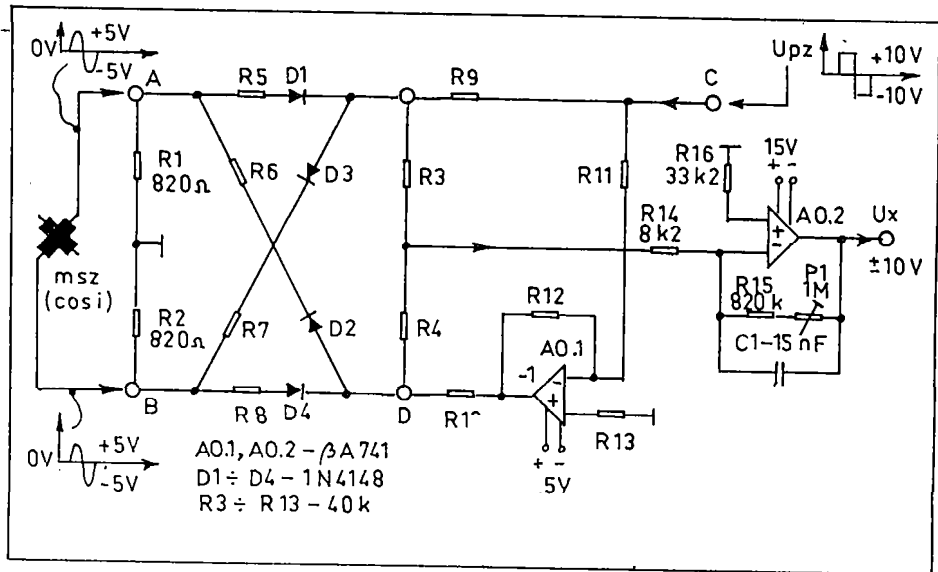


Fig. 2.15. Demodularea sincrona in lantul referintei de viteza x (cos i)

Stabilirea acestor limite se face cu potentiometrul P1. Egalitatea valorilor absolute ale limitelor de  $-10V$  si  $+10V$ , este asigurata prin pretentia utilizarii unei tolerante sub 1% la rezistentele R1 ... R10. De altfel, rezistentele R5 ... R8 in serie cu diodele D1 ... D4 au rolul de a egaliza rezistentele dinamice in sens direct ale diodelor D1 ... D4.

Echipamentele de conturare la scara 1:1 sunt prevazute cu 2 demodulatoare sincrone (DSX, DSY). Echipamentele de conturare la scara redusa sunt prevazute cu 4 demodulatoare sincrone (DSX, DSXX', DSY, DSY'').

#### 2.2.4. Realizarea accelerarii constante Demarourile X, Y

Masinele automate de taiere termica prin urmarire optica de desene, de cele mai multe ori, dispun si de posibilitatea taierii benzilor, dupa directia x sau dupa directia y. De asemenea, dispun si de posibilitatea deplasarii rapide pe distanta mare, in scopul positionarii unei noi debitari. Pornirea si oprirea unor mase inertiabile mari, la viteza mare, impune prevederea unui dispozitiv de accelerare constanta, pentru a se evita supra-curentii mari de pornire / franare la motoarele electrice. Acesti curenti sunt mai mari mai ales in cazul in care la aceste actionari se utilizeaza motoare electrice cu rotor disc cu inertie redusa.

Aceste dispozitive, numite demarourile electronice, sunt dispuse in lantul referintelor de viteza, inainte de multiplicarea cu o constanta kv numai pentru prescrierea manuala a vitezei.

In figura 2.16. este prezentata o varianta de demaror.

Cu ajutorul contactelor K1, K2, K3, se selecteaza una din tensiunile:  $U_{x0}$ ,  $U_{x1}$ ,  $U_{x2}$ . Selectarea tensiunilor  $U_{x1}$ ,  $U_{x2}$ , pentru deplasarea pe o axa inainte sau inapoi conduce la variatia tensiunii la iesire ( $U_x$ ) liniar variabil, cu o panta / rampa determinata de C1 si R3.

AO.2 lucreaza in regim de integrator.

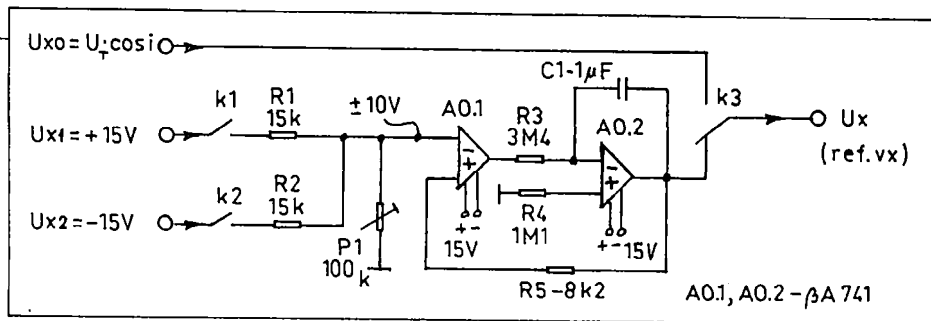


Fig. 2.16. Demaror X

În situația reprezentată în figura 2.16. combinația contactelor K1, K2, K3, determină la ieșire  $U_x = 0V$ . Acționarea lui K1 și K2 conduce la secvența reprezentată în figura 2.17.

Datorită reacției globale prin R5, se remarcă existența tensiunii zero la ieșire  $U_x = 0$  cu o precizie foarte mare. Acest lucru este absolut necesar în cazul echipamentelor de conturare.

Tensiunea  $U_{x0} = U_T \cdot \cos i$  nu este supusă acțiunii de întârziere și este prioritară, în cazul secvenței de urmărire automată (prin K3) a liniei desenate ("lectură").

Similar cu demarorul X, există încă un demaror Y.

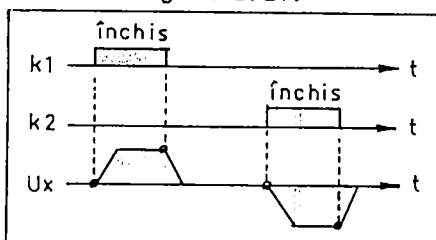


Fig. 2.17. Tensiunea generată de demarorul X

### 2.2.5. Multiplicarea cu o constantă $k_v$ a referințelor de viteză x, y

Înainte de a se aplica variatoarelor de turatie x, y, referințele de viteză:  $U_x = 10 \cdot \cos i$  și  $U_y = 10 \cdot \sin i$  sunt reduse corespunzător cu viteză tehnologică dorită. Pentru a nu se produce o rotire a vectorului viteză tangențială  $v_T$ , ci numai o modificare a modulului acestui vector, reducerea tensiunilor  $U_x, U_y$  trebuie să se facă proporțional, cu același coeficient " $k_v$ ". Conform figurii 2.1. funcția este realizată de multiplicatoarele M3, M4:

$$U_{vx} = k_v \cdot U_x \quad (2.6.)$$

$$U_{vy} = k_v \cdot U_y \quad (2.7.)$$

$$k_v = 0 \dots 1 \quad (2.8.)$$

Soluția cea mai simplă constă în utilizarea potențiometrului dublu, ca în figura 2.18. Deși soluția este simplă, prezintă 2 inconveniente:

a) Coeficientul  $k_v$  nu este riguros același pentru cele 2 potențiometre, la diferite poziții ale cursorilor.

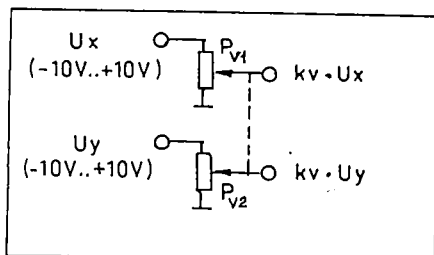


Fig. 2.18. Multiplicarea cu ajutorul potențiometrului dublu

Aceasta conduce la rotirea vectorului viteza tangentiala  $\vec{v}$ , deci la erori diferite ale pozitiei , in timpul urmaririi liniei desenate , in functie de viteza de avans prescrisa cu Pv. Oferta de potentiometre duble, cu precizie foarte mare a liniaritatii , este mica .

b) Fiind piesa de uzura , datorita manipularilor permanente pe panoul de comanda, fiabilitatea sistemului este afectata destul de mult .

Gasirea altor solutii este ingreunata din cauza faptului ca tensiunile  $U_x$  si  $U_y$  au valori de ambele semne si sunt diferite pe cele doua axe x, y .

In figura 2.19. este prezentat un multiplicator realizat pe principiul chopparii cu umplere variabila . Coeficientul kv este chiar coeficientul de umplere . Precizia pastrarii lui kv pe ambele axe x, y, este foarte mare . Comanda kv se realizeaza cu un singur potentiometru Pv .

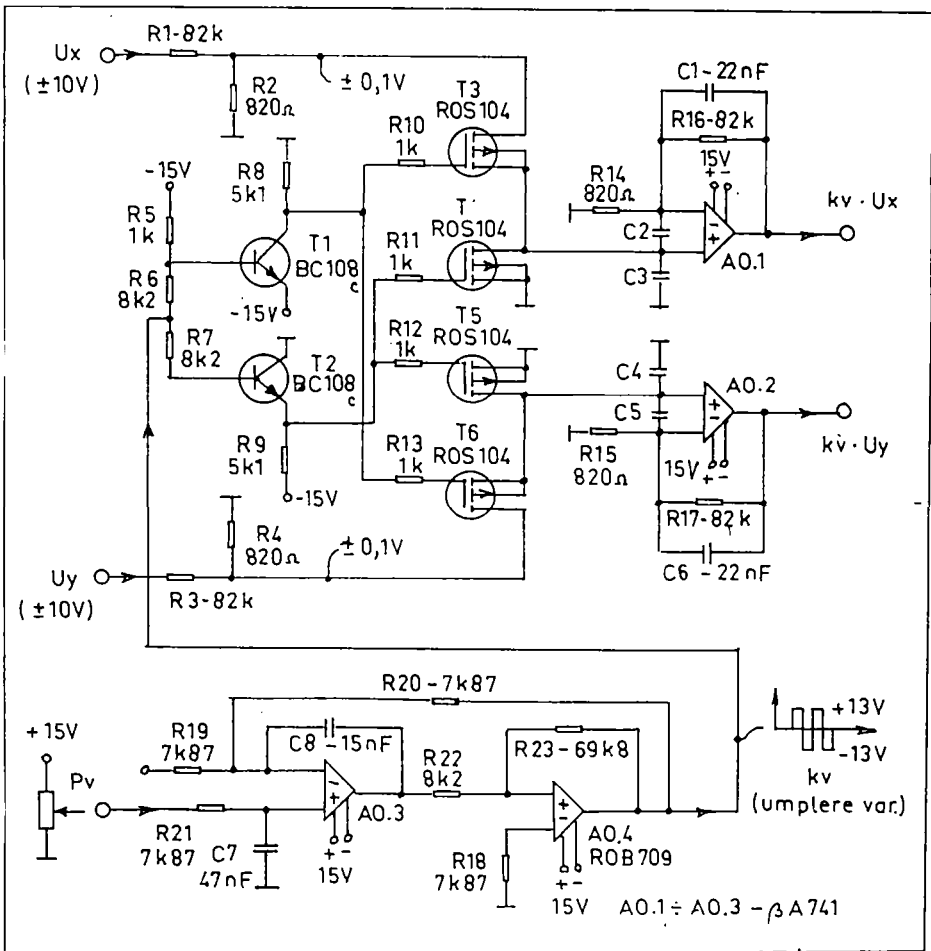


Fig. 2.19. Multiplicator cu choppar serie - sunt

Tranzistoarele cu efect de camp T3, T4 realizeaza chopparea tensiunii  $U_x$  . Tranzistoarele cu efect de camp T5, T6 realizeaza chopparea tensiunii  $U_y$  . Fiecare choppar este de tipul se-

Divizoarele rezistive R1/R2 , R3/R4 coboara tensiunea  $U_x$  la  $U_x/100$  , respectiv ,  $U_y$  la  $U_y/100$  , in domeniul linier de lucru in regim de rezistenta variabila a tranzistoarelor T3 ... T4 .

Chopperul prezentat in figura 2.19. prezinta o dependenta neliniara intre  $k_v$  si pozitia unghiulara a cursorului potenciometrului  $P_v$  . In figura 2.20. este prezentata o varianta de chopper cu dependenta liniara .

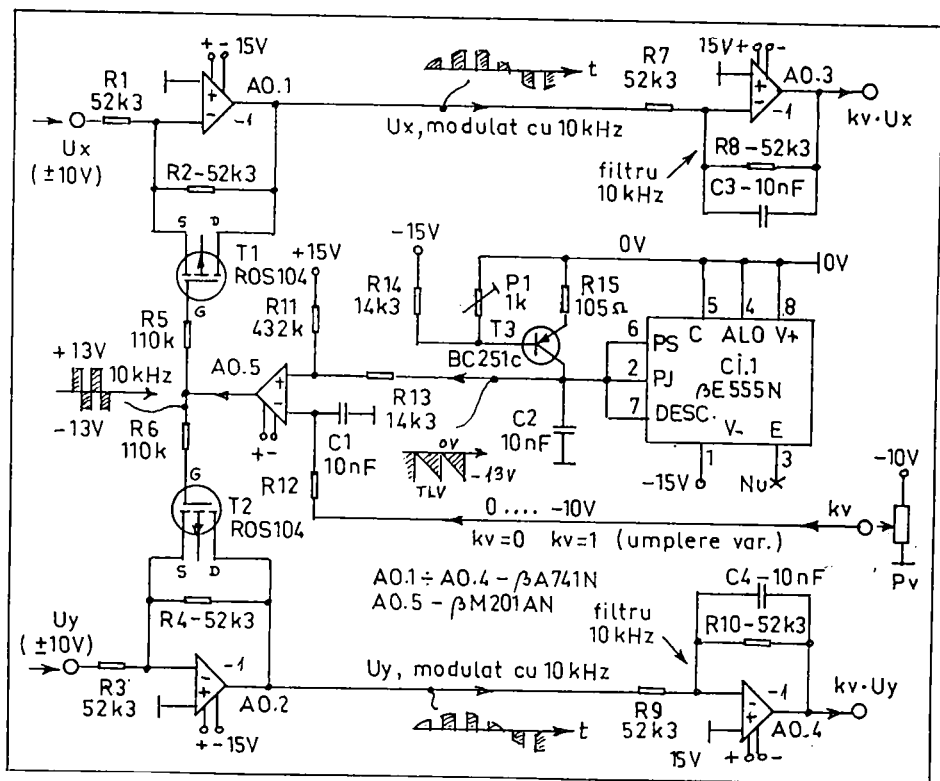


Fig. 2.20. Multiplicator cu chopper cu dependenta liniara  $k_v - P_v$

Daca tensiunea generata de  $P_v$  este 0V , atunci  $k_v = 0$  ; daca tensiunea generata de  $P_v$  este (-10V) , atunci  $k_v = 1$  .

In principiu , multiplicarea cu o constanta se poate face si la nivelul tensiunii alternative  $U_g$  generate de G1 , cu referire la figura 2.7. In acest caz , insa , apar erori suficiente de mari la nivelul formatorului de purtatoare  $P_z$  , in domeniul tensinilor mici  $U_g$  , de aceea , acest sistem a fost abandonat .

### 2.2.6. Detectia pierderii sincronismului $x-x'$ , $y-y'$

Similar cu situatia pierderii urmaririi liniei desenate ( " pierderea traiectoriei - PT " ) , in cazul urmaririi la scara redusa , apare suplimentar posibilitatea pierderii sincronismului ( de avarie ) , fie pe axa x (PSX) , fie pe axa y (PSY) . Si in acest caz , pentru a nu se rebuta piesa taiata , echipamentul este prevazut cu doua dispozitive de sesizare a pierderii sincronismului , care blocheaza in mod automat taierea si avansul . In figura 2.21. este prezentat un dispozitiv de detectia pierderii sincronismului .

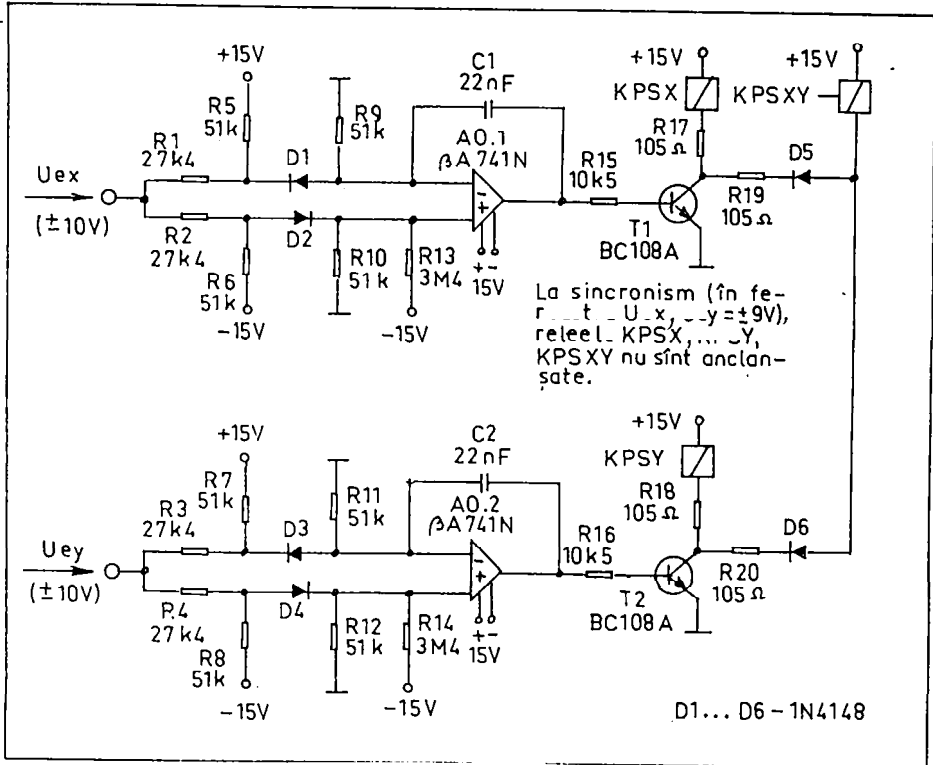


Fig. 2.21. Detectia pierderii sincronismului PSX, PSY

Releele KPSX si KPSY sunt cuplate, la pierderea sincronismului . La intrare se aplica tensiunile de eroare de pozitie  $U_{ex}$  ,  $U_{ey}$  , care pot lua valori in domeniul  $-10V \dots 0V \dots +10V$  . Daca  $U_{ex}$  ,  $U_{ey}$  au valori cuprinse in fereastra ( $-9V \dots +9V$  ) , atunci se considera ca nu este pierdut sincronismul si releele KPSX , respectiv KPSY , nu sunt anclanșate .

### 2.2.7. Reglarea automata a distantei intre diuza si materialul de taiat

Aceasta actiune este necesara in cazul tablelor subtiri , care prezinta fenomenul de ondulare . Mentinerea distantei intre diuza si materialul de taiat este imperios necesara , in special in cazul taierii cu plasma si cu laser .

In practica s-au impus urmatoarele tipuri de dispozitive :

- a) Cu rola
- b) cu microcontacte
- c) cu perna de aer comprimat
- d) cu traductor inductiv de distanta
- e) cu traductor capacitiv de distanta

In cazurile b, d, e, suportul aparatului de taiere este prevazut cu servomotor . De obicei , regulatorul care-l comanda, nu este proportional ci tripozitional cu fereastra .

Se noteaza ca nici unul din tipurile de dispozitive nu ofera performantele dorite, de aceea de cele mai multe ori, se prefera comanda manuala a pozitiei aparatului de taiere fata de material. In cazul traductorului capacitiv, de exemplu, nu se poate asigura distanta constanta in cazul taierii la marginea tablei, pentru ca suprafata condensatorului echivalent este 1/2 sau 1/4 din suprafata armaturii condensatorului echivalent.

Principiul de functionare rezulta din figura 2.22.

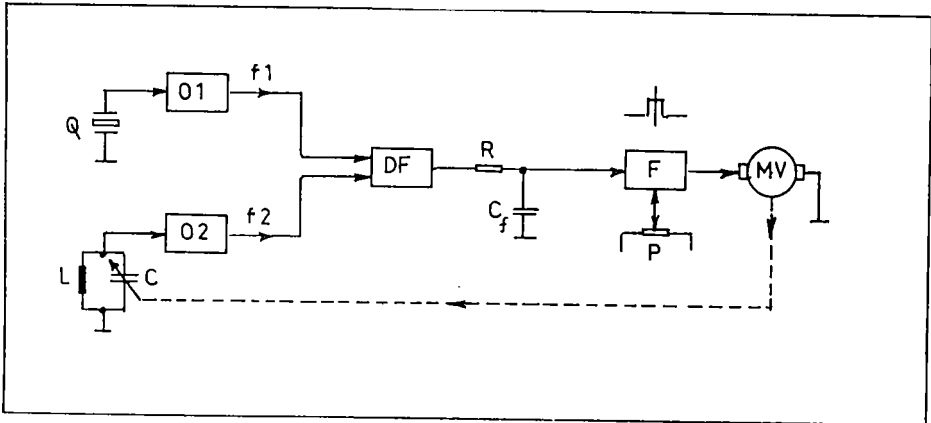


Fig. 2.22. Regulator de distanta diuza - material, realizat cu traductor capacitiv CV

Detectorul de raport  $DF$  compara semnalele generate de oscilatoarele: O1 cu frecventa constanta si O2 cu frecventa variabila. Semnalul rezultat din comparare se aplica la regulatorul tripozitional cu fereastră  $F$  si apoi servomotorului  $MV$  (vertical). Condensatorul  $CV$  este traductorul capacitiv de masura aflat in bucla de reglare. Cu potentiometrul  $P$  se prescrie distanta diuza - material.

Traductoarele capacitive nu se pot utiliza la taierea materialelor nemetalice, iar traductoarele inductive se utilizeaza numai la materialele feromagnetice. Regulatele cu perna de aer au dezavantajul ca produc praf prin suflarea aerului comprimat. In cazul taierii cu plasma, sub apa nu se pot utiliza traductoare capacitive nici regulatele cu aer comprimat.

### 2.2.8. Șanfrenarea tripla automata pe contur

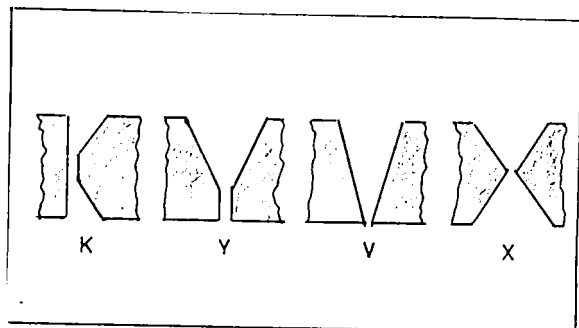


Fig. 2.23. Moduri de șanfren

Sanfrenarea se executa in scopul sudarii ulterioare a pieselor debitate . In figura 2.23. sunt prezentate diferite moduri de sanfren .

Taierea in sanfren (inclinata) se realizeaza numai in cazul procedurii de taiere oxigaz . Se utilizeaza 2 sau 3 aparate de taiere simultana , cu o decalare spatiala de cca. 5-10 mm, unul fata de altul , masurat pe conturul taieturii ( aparatele de taiere 1, 2, 3, nu sunt in acelasi plan ) .

Sanfrenarea la taierea in linie dreapta nu pune probleme deosebite . Insa in cazul sanfrenarii pe contururi curbe, se pune problema rotirii capului multiplu de taiere cu unghiul  $i'$ , fata de normala la contur , conform figurii 2.24.

In cazul taierii prin urmarire optica de desene cu cap optic rotitor capul multiplu de taiere se roteste cu unghiul  $i'$ , sincron cu unghiul  $i$  al capului optic .

Regulatorul de pozitie este similar cu cel din figura 2.9. Servomotorul  $mz'$ , care roteste capul multiplu de taiere, aduce tot timpul in sincronism selsina ( sau sincrozolverul )  $msz'$  ( de pe capul multiplu de taiere ) cu  $msz_1$  ( din capul optic rotitor ), conform figurii 2.25.

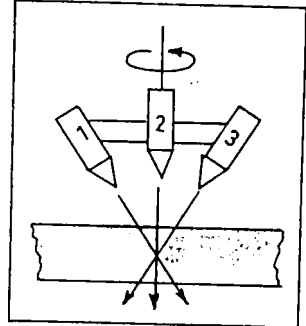


Fig. 2.24. Rotirea capului multiplu de taiere

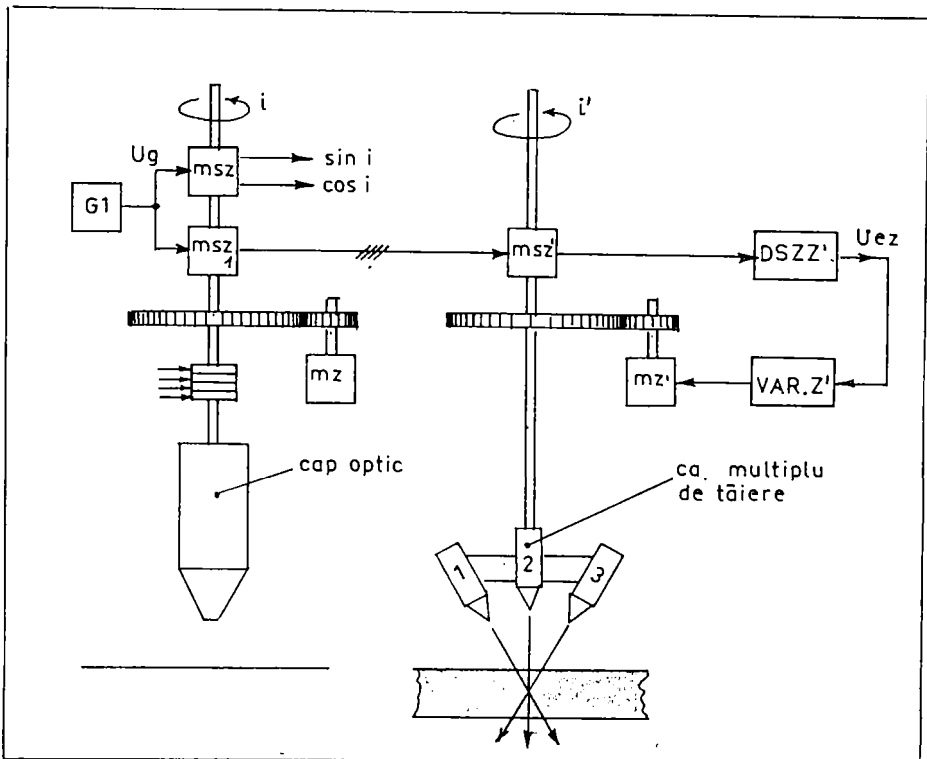


Fig. 2.25. Sincronizarea rotirii capului multiplu de taiere , cu rotirea capului optic

Demodulatorul sincron DSZZ' este similar cu DSX, DSY, DSXX' DSYY'. Tensiunea de eroare Uez comanda variatorului de turatie VAR.Z' pentru actionarea motorului "slave" mz'. Legarea selsinelor msz1 si msz' intre ele, se face similar cu legarea selsinelor msx-msx', msy-msy', reprezentate in figura 2.9.

Capul multiplu de taiere mareste considerabil pretul echipamentului. Inafara de faptul ca necesita : 1 motor, 2 selsine, 1 reductor, 1 variator, - capul multiplu de taiere necesita 3 camere inelare colectoare pentru : oxigenul de taiere, oxigenul de incalzire si gazul combustibil. Aceste camere colectoare dispun de garnituri speciale pentru etansare, cu fiabilitate suficient de scazuta. De aceea, achizitionarea unui cap multiplu de taiere trebuie sa fie bine motivata din punctul de vedere al unor necesitati cu totul speciale.

### 2.2.9. Reglarea turatiei x,y. Variatoare de turatie specifice echipamentelor de conturare

Actionarile x,y ( variator + motor + reductor ), specifice echipamentelor de conturare trebuie sa exceleze prin aspectele :

a) Gama foarte larga de turatie, la cuplu de sarcina variabil 5 ... 3.000 rpm. (1 / 6.000), pentru a nu rezulta taietura in trepte. In special, se urmareste ca turatia minima sa fie cat mai apropiata de zero.

b) Timp de raspuns cat mai mic, pentru a se reduce rotunjirea colturilor conturului, sau a suprareglarilor de pozitie.

c) Joc zero la reductoarele cu roti dintate, actionarea fiind reversibila si de precizie sporita. Pentru a se asigura joc cat mai mic la rotile dintate, se recurge la raport de transmisie foarte mic, chiar daca este in detrimentul utilizarii rationale a motorului electric, sub aspectul raportului gabarit / putere.

Tinand seama de aceste aspecte, alegerea motoarelor de actionare nu se face din conditia de incalzire, ci din conditiile prevazute la punctele a), b), c). Aceasta conduce la necesitatea asigurarii unei rezerve pentru cuplul dinamic, deci se ajunge la o supradimensionare de 10 ... 50 ori a puterii motorului electric, fata de dimensionarea din conditia termica.

In contradictie cu aceste aspecte se prezinta faptul ca actionarile x,y fiind dispuse pe echipamentul mobil ( de cele mai multe ori ), greutatea trebuie sa nu fie prea mare. Raporturi bune gabarit / putere sunt oferite de motoarele de curent continuu, de asemenea, acestea ofera o gama larga de turatie si sunt reversibile. Se utilizeaza cu succes motoarele de curent continuu cu inertie redusa, cu rotor disc, cum ar fi de exemplu tipul " SRD-350 ", cu tahogenerator incorporat. Utilizandu-se in mare parte la utilajele de conturare pentru taiere termica, se prezinta, cu titlu informativ, caracteristicile motorului SRD-350 :

- puterea nominala - 350 watt
- cuplul nominal - 1,12 N.m
- cuplul maxim - 12 N.m
- turatia nominala - 3000 rpm
- tensiunea nominala - 60 V
- curentul nominal - 7,4 A
- momentul de inertie - 0,00016 kg.m
- constanta de timp mecanica - 0,0055 secunde

(145)



La masinile cu gabarit mic (cu ecartament sub 2 metri), de exemplu la masina " MATTO-G ", se utilizeaza motoare de curent continuu de tipul " MA-13 ", " MAA-13 ". Tot cu titlu informativ se dau caracteristicile motorului " MAA-13 " :

- puterea nominala - 13 watt
- cuplul nominal - 0,022 N.m
- turatia nominala - 6.000 rpm
- tensiunea nominala - 12 V
- curentul nominal - 2,5 A
- greutatea - 420 grame

In cazul motoarelor MA-13, MAA-13, se propune variatorul prezentat in figura 2.26.

Regulatorul de turatie este realizat cu amplificatorul operational AO.6, de tipul SA.741N, la care este conectata si retea de acordare a regulatorului, formata din R18, R19, R20, C9

La borna 1 se aplica referinta de viteza kv. Uey, care poate lua valori cuprinse intre -10V si +10V.

Ao.5 este un inversor (amplificare  $A = -1$ ), dar are si rolul de a bloca referinta de viteza cand T5 este in conductie.

Comanda pe grila este blocata cu T6 (in conductie), simultan cu blocarea tensiunii liniar variabile (prin AO.4, D12, R3).

La borna 2 se aplica tensiunea de blocare: la 0V se produce deblocarea, la +10V ... +15V se produce blocarea.

AO.2 are rolul de deplasare nivel in domeniul +/-15V necesar pentru comanda tranzistorului T5. AO.3, D5, R14, C8, realizeaza o temporizare a momentului blocarii comenzii pe grila fata de momentul blocarii referintei de viteza. In acest fel, se accordeaza timp (50 ... 100 ms.) pentru fenomenul de franare in contracurent, prin bucla de reglare, in cazul comenzii de oprire.

La bornele 24, 25, se aplica tensiunea alternativa de sincronizare a generatorului de tensiune liniar variabila (TLV), de 50 Hz.

Amplificatoarele operationale AO.7, AO.8, lucreaza in regim de comparator. Se compara tensiunea liniar variabila cu semnalul de eroare de viteza, realizandu-se conversia tensiune - defazaj. AO.7 afecteaza numai sensul pozitiv de rotatie a motorului, iar AO.8 afecteaza sensul negativ de rotatie.

Cu potentiometrul P1 se stabileste curentul de circulatie.

Tranzistoarele T3, T4, blocheaza succesiv comanda pe grila la tiristoarele Ti1, Ti2 si anume numai alternantele corespunzatoare neconductiei, pentru a nu "obosi" poarta tiristoarelor in mod inutil.

Daca pe axul motorului se cupleaza un tahogenerator, reactia de turatie se aplica la borna 11. Daca nu se dispune de tahogenerator, echipamentul functioneaza satisfactor si numai cu reactie de tensiune. In acest caz, se face o punte intre bornele 6-9 si 11. Pentru cele 2 cazuri se stabilesc pozitii diferite de reglare a potentiometrului P2.

Se remarca gabaritul suficient de redus al variatorului de turatie (160 x 100 mm), util in cazul masinilor usoare.

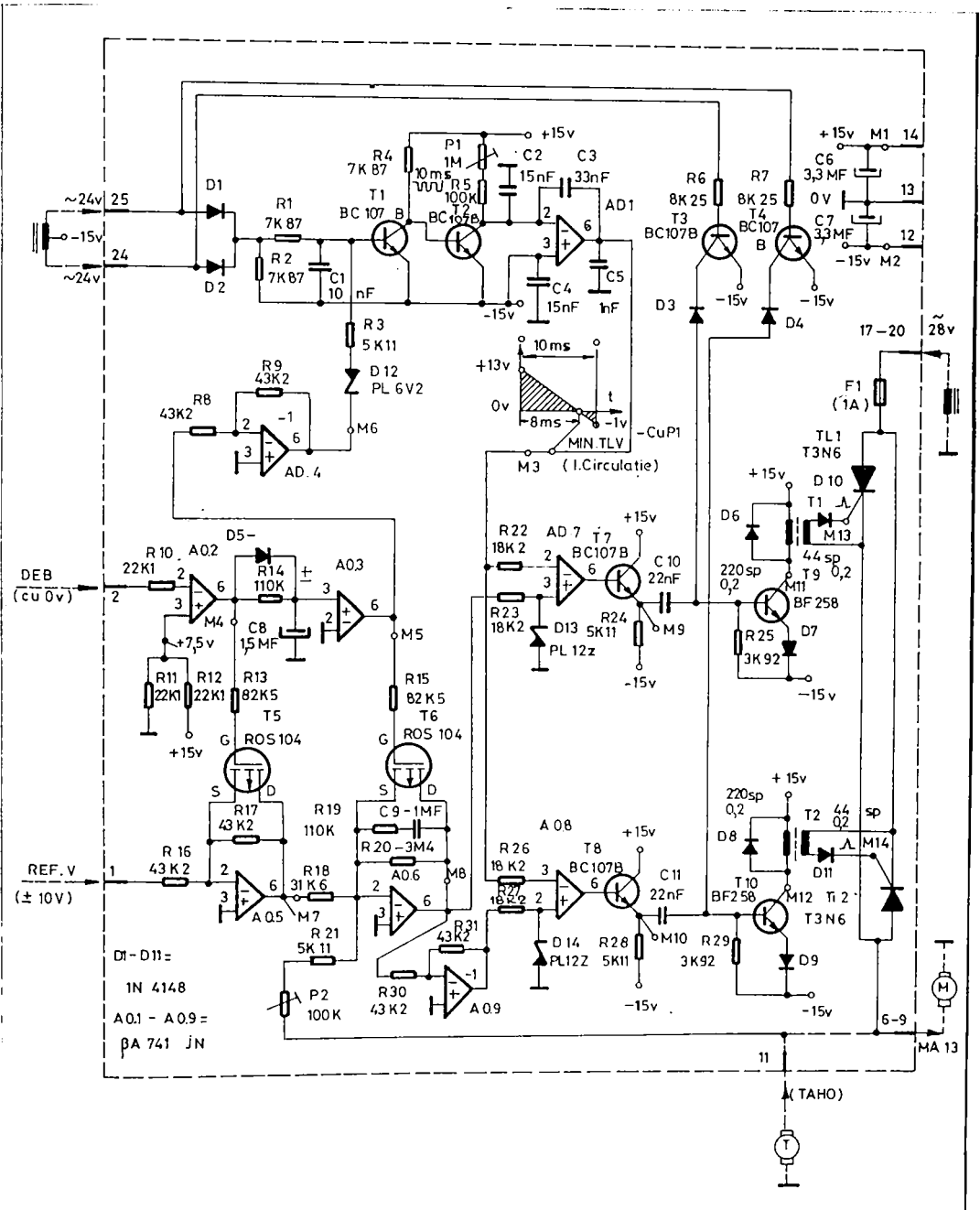


Fig. 2.26. Variator de turatie reversibil, monoalternanta, pentru motor MA-13, MAA-13

### 2.3. Compensarea automata pe normala la contur a fantei taieturii

#### 2.3.1. Fanta taieturii

Diverse procedee tehnologice de taiere conduc la forme si dimensiuni diferite ale fantei taieturii, conform figurii 2.27.

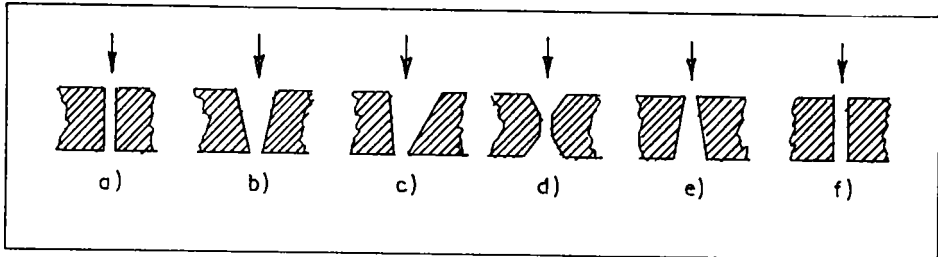


Fig. 2.27. Diverse forme ale fantei taieturii :

- a) taierea oxigaz
- b) taierea cu plasma laminara (simetric)
- c) taierea cu plasma turbionata (nesimetric)
- d) taierea cu fascicul laser focalizat in piesa
- e) taierea cu fascicul laser focalizat sub piesa
- f) taierea cu jet de apa sub presiune

In general , taierea oxigaz produce o fanta cu pereti paraleli , intr-o gama relativ larga a grosimii tablei . In domeniul de grosime 5 ... 150 mm , fanta taieturii are valori cuprinse intre 1,5 ... 4,5 mm , iar viteza de avans este de 500 ... 50 mm / minut.

In cazul taierii oxigaz de inalta presiune si viteza marita ("higher cutting speeds"),fanta taieturii este cu 20 ... 30% mai mica, in conditiile maririi vitezei de avans cu 20 ... 30%.

Taierea cu jet de plasma, fiind un procedeu de taiere de inalta energie , produce fanta de taiere mai mica decit procedeul cu oxigaz , bineinteles viteza de avans este mai mare , depasind in unele cazuri, 6 metri / minut . Fanta inasa, are un aspect mai putin placut, in forma de V, iar in cazul taierii cu turbionare, rezulta un V nesimetric (12).

Taierea cu fascicul laser este motivata, economic, la materialele subtiri, oferind viteza de avans foarte mare. De exemplu pentru nylon gros de 0,1 mm este necesara o viteza de 200 metri/minut (22). Fanta taieturii la taierea de materiale diverse este de 0,1 ... 3,5 mm (22). O fanta ingusta se obtine la " focalizarea scurta " (lentila cu distanta focala mica), dar in acest caz peretii taieturii nu rezulta paraleli , in special la grosimile mari de materiale. La acestea se recomanda " focalizarea lunga " dar in acest caz , fanta taieturii este mai mare , iar procedeul incepe sa nu fie motivat economic , datorita vitezei mici de avans si consumului energetic.

Taierea cu jet de apa sub presiune realizeaza fante de 1,2 ... 2,5 mm (14) . Acestea se realizeaza cu un jet cu diametrul de 0,1 mm.

#### 2.3.2. Problema compensarii fantei taieturii

Compensarea fantei taieturii consta in decalarea aparatului de taiere cu jumatate din fanta taieturii , in scopul incadrarii piesei debitate in cotele prescrise ( figura 2.28. ).

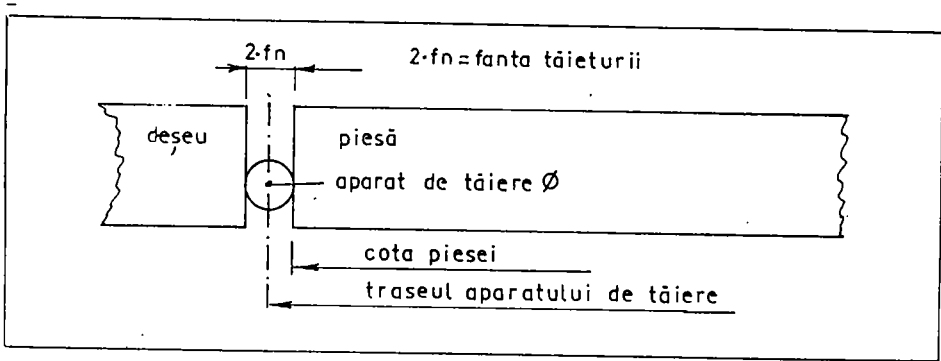


Fig. 2.28. Compensarea fantei tăieturii

Problema este deosebit de simplă în cazul benzilor, dar în cazul conturilor de formă complexă, se recurge la procedeele de compensare pe normala la contur.

Pentru a se realiza piesa la cotele prescrise: sau se execută un desen compensat cu  $1/2$  din fanta tăieturii, sau se utilizează un dispozitiv de compensare automată în decursul tăierii

Prima soluție nu se utilizează de obicei, pentru că valoarea compensării nu este cunoscută de desenator (sau programator, în cazul NC), ci de tehnologul care deservește mașina. Deci corectia trebuie să fie la îndemina tehnologului și să fie reglabilă. Compensarea trebuie să aibă semn (+) și semn (-), pentru a exista posibilitatea urmăririi conturului în două sensuri, la alegere.

Dispozitivul de compensare se poate prevedea în cazurile:

- urmărire desene la scara 1:1
- urmărire desene la scara redusă ( 1:10 , 1:5 )
- comanda numerică

O problemă delicată (în toate cele 3 cazuri) este urmărirea colturilor ascuțite ale conturului, pe exterior sau pe interior, conform figurii 2.29.

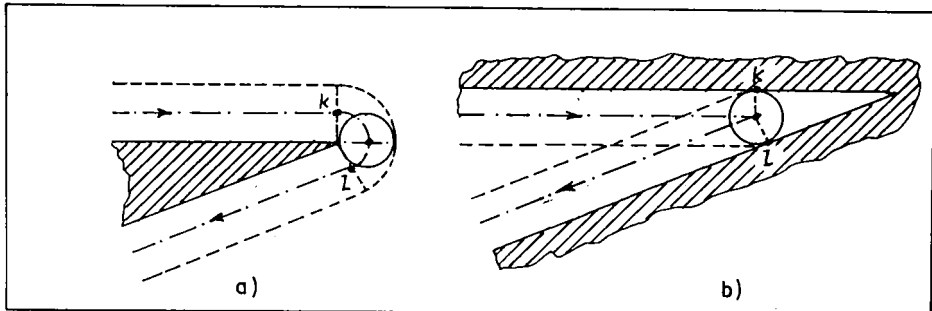


Fig. 2.29. Compensarea fantei tăieturii în zona colturilor ascuțite:  
a) pe exterior; b) pe interior

În cazul compensării pe exterior, șansa de a obține colțuri ascuțite este mai mare. Se remarcă în figura 2.29. că traseul aparatului de tăiere pe porțiunea k-l este un arc de cerc, rezultând totuși colț la piesa debitată. Transformarea punctului (ideal) în arc de cerc se realizează printr-un software special, în cazul controlului numeric.

Mai dificil este cazul b). Aici, intre punctele k si l rezulta intotdeauna o rotunjire a coltului . Pentru a fi cit mai mica , singura rezolvare consta in apelarea la procedeele de taiere cu densitate mare de energie (laser si plasma), care realizeaza fante inguste ale taieturii.

Exista 2 procedee de compensare automata :

- compensare mecanica
- compensare electronica

### 2.3.3. Compensarea mecanica

Compensarea mecanica se poate aplica atat la urmarirea optica la scara 1:1 (cu legatura rigida intre aparatul de taiere si capul optic), cit si la urmarirea optica la scara redusa (cu legatura electrica de sincronizare intre miscarea aparatului de taiere si miscarea capului optic). Compensarea mecanica se aplica numai la capurile optice rotitoare.

#### 2.3.3.1. Compensarea mecanica prin translatie

Capul optic este prevazut cu un vernier , cu care se poate deplasa fotocelula, pe directia normala la contur . Se remarca faptul ca odata cu deplasarea fotocelulei se deplaseaza si becul de iluminare, pentru a asigura iluminare constanta in zona " vazuta " de fotocelula.

Se poate vorbi de o dubla excentrizare a axului optic "o" fata de axul mecanic , realizata cu 2 verniere:

- o excentrizare  $mm'$ ,  $mm''$ , pe normala la contur, in scopul compensarii fantei taieturii.
  - o excentrizare  $mo$ , pe tangenta la contur, in scopul directio-
- narii vectorului viteza de avans.

Acest lucru este evidentiat in figura 2.30.

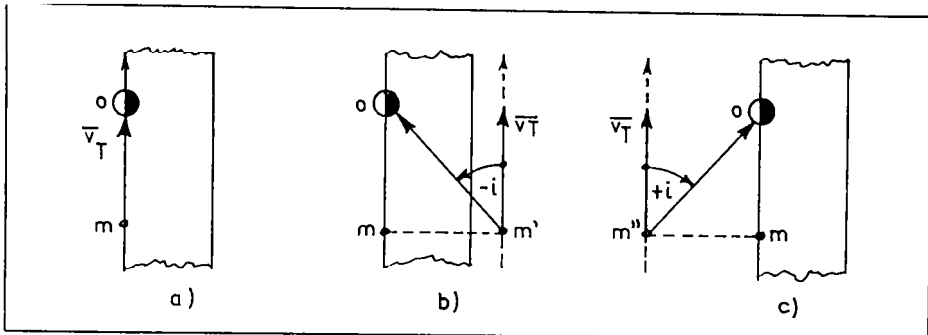


Fig. 2.30. Dubla excentrizare a fotocelulei

- a) compensare 0
- b) compensare + ( $mm'$ )
- c) compensare - ( $mm''$ )

Aparatul de taiere urmareste traiectoria axului mecanic  $m'$ , respectiv  $m''$ . Decalajul  $mm'$ , sau  $mm''$ , se poate modifica in domeniul  $0 \dots fn$ , unde  $(2.fn)$  este fanta taieturii maxima realizata de aparatul de taiere. Practic, la capurile optice pentru urmarire la scara 1:1, vernierul se poate regla in domeniul  $(-2,5) \dots 0 \dots (+2,5)$  mm , rezultind o compensare a fantei taieturii de maxim 5 mm.

Compensarea produce abateri nedorite in zona colturilor conturului, conform figurii 2.31.

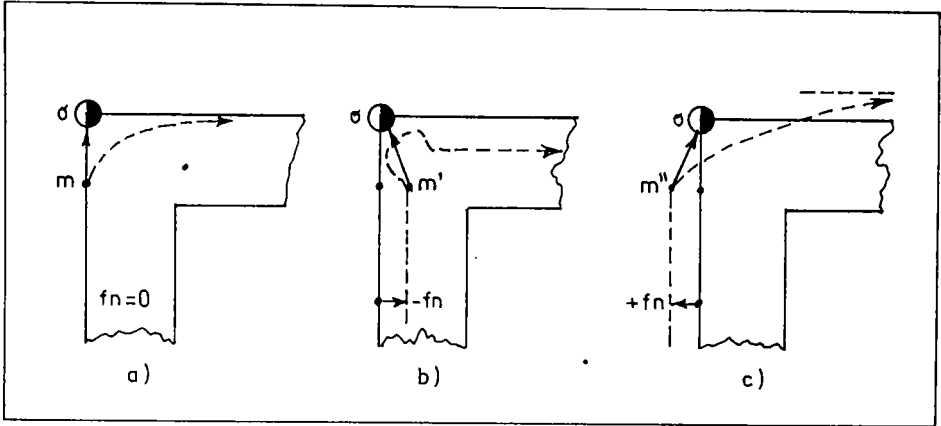


Fig. 2.31. Abateri nedorite in zona colturilor conturului  
 a) compensare 0  
 b) Compensare interioara coltului  
 c) Compensare exterioara coltului

Practic , se constata ca la compensare interioara coltului (cazul b), se obtine un colt pronuntat, iar la compensare exterioara coltului (cazul c) , se obtine o rotunjire mai pronuntata decit in cazul compensarii zero (cazul a) . Cu linie intrerupta s-a reprezentat traiectoria aparatului de taiere (axul mecanic).

### 2.3.3.2. Compensarea mecanica prin rotatie

Se constata in figura 2.30. ca la o translatie  $mm'$ , corespunde o rotire cu unghiul  $\pm i$  a vectorului optic  $m'o$ , respectiv  $m''o$ . Aceasta inseamna ca se realizeaza, de fapt, o rotire a sistemului de axe de coordonate electrice  $x_e, y_e$  fata de sistemul de axe de coordonate mecanice  $x, y$  (ghidajele masinii) .

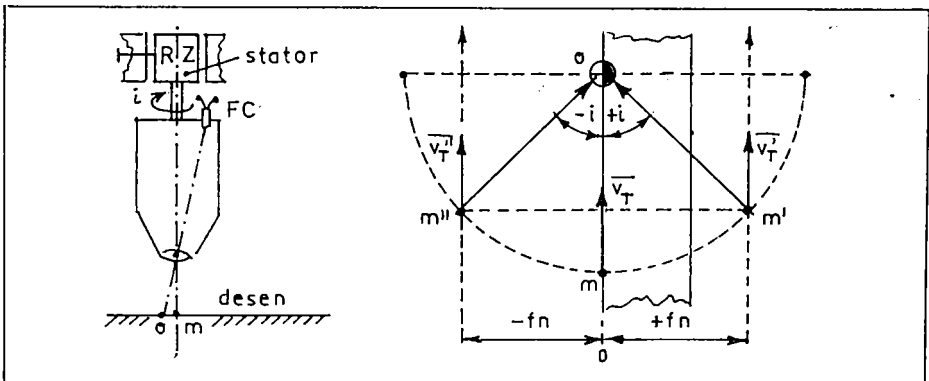


Fig. 2.32. Compensarea fantei taieturii prin rotirea rezolverului RZ in colierul sau de fixare

Aceasta conduce la ideea ca se poate realiza o compensare a fantei taieturii si prin alt procedeu si anume , prin rotirea statorului rezolverului RZ in colierul sau de fixare, cu unghiul +/-i, conform figurii 2.32.

In acest caz insa, in exploatare, se constata ca la compensarile maxime +/-i, capul optic este instabil (intra in pendulare unghiulara). Explicatia rezida in faptul ca , pe masura cresterii unghiului i, proiectia vectorului optic m''o , m'o pe directia de avans vT, scade.

Fenomenul nu se produce in cazul compensarii prin translatie, conform figurii 2.30. In acest caz, proiectia vectorului optic m'o , m''o pe directia de avans vT, ramine constanta . In plus, vernierul are scala liniara.

### 2.3.3.3. Calibrarea vernierului de compensare a fantei taieturii

Calibrarea pozitiei zero a vernierului se face tinand seama de efectul aditiv al compensarii prin translatie si al compensarii prin rotatie. Calibrarea se face la fabricatie, printr-o procedura specifica:

a) Se orienteaza segmentul mo, paralel cu o linie dreapta desenata . Garantia realizarii acestui fapt o da citirea valorii zero la iesirea traductorului optic, pe tot parcursul translatiei de la vernierul de excentrizare pe directia tangentei la contur mo. In tot acest timp, fotocelula "citeste" jonctiunea alb /negru a liniei desenate . Daca nu se realizeaza acest lucru , se roteste desenul, conform figurii 2.33.

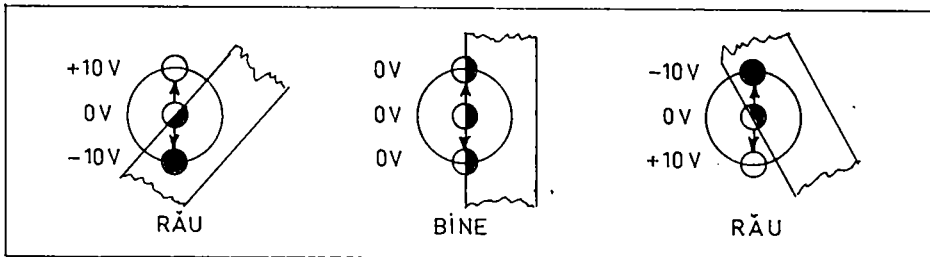


Fig. 2.33. Translatia tubului optic dupa tangenta la contur (pentru orientarea segmentului mo)

In acest fel, chiar daca fotocelula nu este dispusa pe compensare zero , exista garantia paralelismului segmentului mo cu linia desinata.

b) Se roteste manual tubul optic, exact cu 180 grade , conform figurii 2.34.

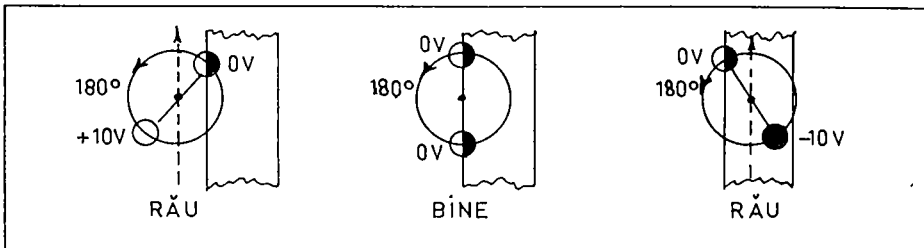


Fig. 2.34. Rotirea tubului optic cu 180 grade (pentru stabilirea compensarii 0)

In cele doua pozitii, trebuie ca tensiunea la iesirea tractorului optic sa se pastreze la valoarea zero. Daca nu se realizeaza acest lucru, se actioneaza vernierul de compensare (pe directia normala la contur).

Dupa aceasta operatie, exista garantia stabilirii compensarii si se traseaza pe vernierul de compensare diviziunea zero.

c) Apoi, in ultima faza, se urmaresc optic ambele jonctiuni alb / negru ale unei linii desenate cu grosime calibrata  $x$ , conform figurii 2.35. Trebuie ca dispozitivul de scriere montat in locul aparatului de taiere, sa realizeze aceeasi dimensiune calibrata  $x$ . Daca nu realizeaza acest lucru, se roteste statorul rezolverului RZ in colierul sau de fixare intr-o altitudine unghiulara si apoi se repeta proba. Aceasta operatie este necesara datorita efectului aditiv al rotirii rezolverului asupra compensarii fantei taieturii.

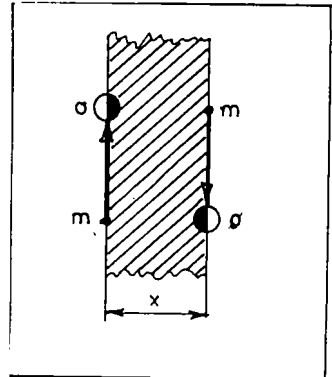


Fig. 2.35. Urmarirea unei linii desenate cu grosime calibrata  $x$

### 2.3.4. Compensarea electronica

Procedeul de compensare electronica se poate aplica numai la masinile cu legatura electrica de sincronizare intre miscarea aparatului de taiere si miscarea capului optic. De obicei, aceste masini lucreaza la scara diferita de 1:1.

Ideea compensarii pe cale electronica, pleaca de la faptul ca motoarele  $mx', my'$  ( pentru deplasarea aparatelor de taiere) pot fi decalate ca pozitie unghiulara, fata de motoarele  $mx, my$  ( pentru deplasarea capului optic). Deoarece decalajul trebuie sa fie constant pe normala la contur, este necesar un anumit algoritm de corespondenta intre unghiul  $i$  si decalajele actionarilor  $mx', my'$ .

In (55) se prezinta o metoda si un dispozitiv care realizeaza acest lucru :

Conform figurii 2.36.

daca se face insumarea vectoriala pe axele  $x$  si  $y$ , rezulta referintele de viteza care se prescriu variatoarelor de turatie  $x'$  si  $y'$  :

$$U_{ref.x} = U_{vx} + U_{fx} = 10.kv.\cos i + 10.kf.\sin i \quad (2.9.)$$

$$U_{ref.y} = U_{vy} + U_{fy} = 10.kv.\sin i + 10.kf.(-\cos i) \quad (2.10.)$$

In figura 2.36. :

$\vec{v}_T$  este viteza de avans, pe tangenta la contur

$f_n$  este compensarea fantei taieturii, pe normala la contur

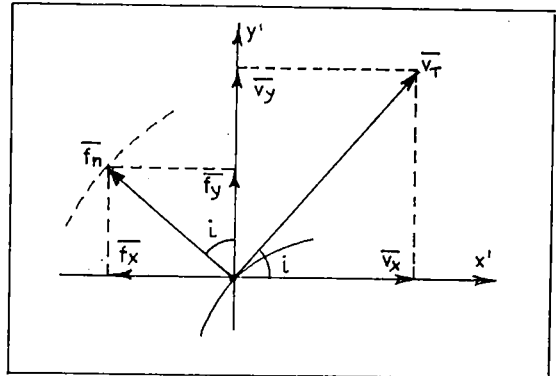


Fig. 2.36. Compuarea vectoriala a vectorului viteza de avans  $\vec{v}_T$  cu vectorul compensare  $f_n$



Relatiile 2.9. si 2.10. sunt valabile in ipoteza unei sincronizari perfecte  $x-x'$ ,  $y-y'$ . In practica, variatoarelor de turatie  $x', y'$  li se aplica si erorile de pozitie (de sincronizare)  $x-x'$ ,  $y-y'$ , notate "Uex" si "Uey". In acest caz, relatiile 2.9. si 2.10. devin :

$$U_{ref.x'} = U_{vx} + U_{fx} + U_{ex} \quad (2.11.)$$

$$U_{ref.y'} = U_{vy} + U_{fy} + U_{ey} \quad (2.12.)$$

Termenii din relatiile 2.11. si 2.12., daca sunt transpusi in domeniul electric (lantul referintelor de la variatoarele de turatie), iau valori in domeniul (-10) ... 0 ... (+10) V. Aplicarea acestor tensiuni la variatoarele de turatie se face aditiv, prin rezistentele ponderate  $R_v, R_f, R_e$ , conform figurii 2.37.

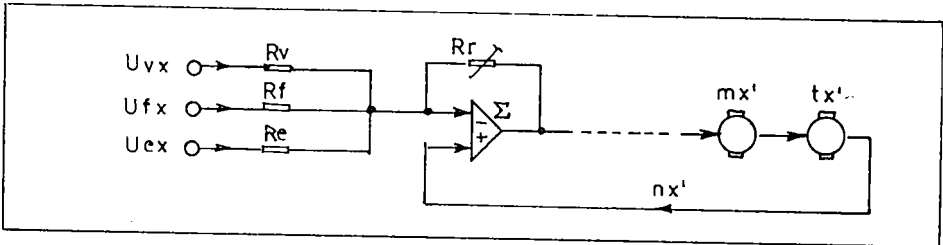


Fig. 2.37. Aplicarea semnalelor  $U_{vx}, U_{fx}, U_{ex}$ , la variatorul de turatie  $x'$

Dispozitivul de compensare automata nu complica prea mult echipamentul, avind in vedere ca si asa, sunt disponibile semnalele  $\cos i$ ,  $\sin i$  si variatoarele de turatie  $x', y'$ . In figura 2.38. se prezinta schema de principiu a dispozitivului.

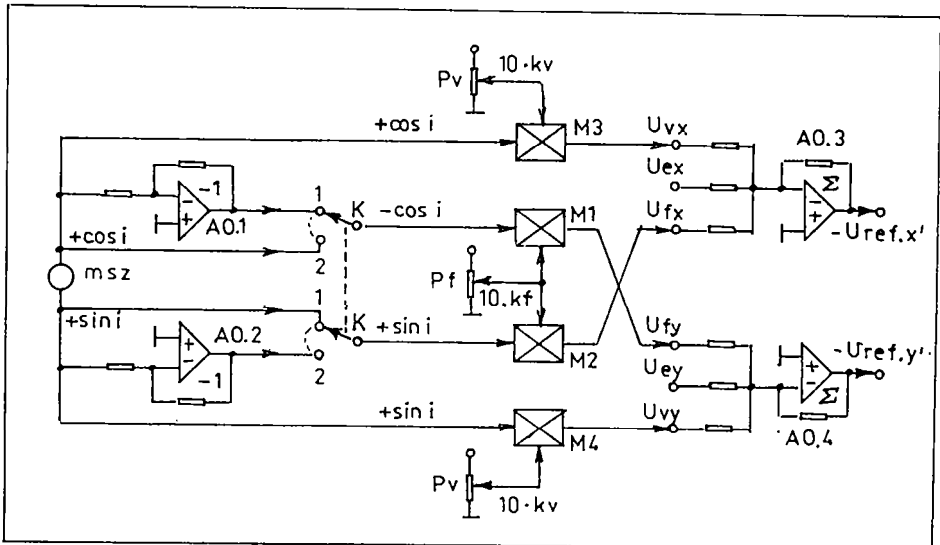


Fig. 2.38. Dispozitiv de compensare electronica automata a fantei taieturii

In figura 2.38. :

$$U_{vx} = 10 \cdot kv \cdot \cos i \quad (2.13.)$$

$$U_{vy} = 10 \cdot kv \cdot \sin i \quad (2.14.)$$

$$U_{fx} = 10 \cdot kf \cdot \sin i \quad (2.15.)$$

$$U_{fy} = 10 \cdot kf \cdot (-\cos i) \quad (2.16.)$$

Dispozitivul de compensare este format din elementele:

- AO.1 si AO.2 - inversoare operationale
- M1 si M2 - multiplicatoare analogice
- Pf - potentiometru pentru prescrierea fantei taieturii (fn)
- K - comutator inversor: compensare (+), compensare (-)

Rezolverul RZ genereaza semnalele  $\cos i$ ,  $\sin i$ , in domeniul (-10)...0...( +10) volti.

Multiplicatoarele analogice M3, M4 realizeaza multiplicarea cu aceeasi constanta  $k_v = 0 \dots 1$ , in scopul modificarii vitezei de avans (cu potentiometrul Pv dispus pe panoul de comanda).

Multiplicatoarele analogice M1, M2 realizeaza multiplicarea cu aceeasi constanta  $k_f = 0 \dots 1$ , in scopul modificarii compensarii fantei taieturii (cu potentiometrul Pf dispus pe panoul de comanda).

Comutatorul inversor K, realizeaza cele 2 situatii de compensare: in stanga sau in dreapta liniei desenate.

Amplificatoarele sumatoare AO.3, AO.4 fac parte din variatoarele de turatie  $x', y'$ .

Daca variatoarele de turatie au buclele de pozitie si turatie acordate in cascada, atunci semnalele de compensare a fantei taieturii  $U_{fx}, U_{fy}$ , se aplica aditiv cu erorile de pozitie,  $U_{ex}, U_{ey}$ , conform figurii 2.39.

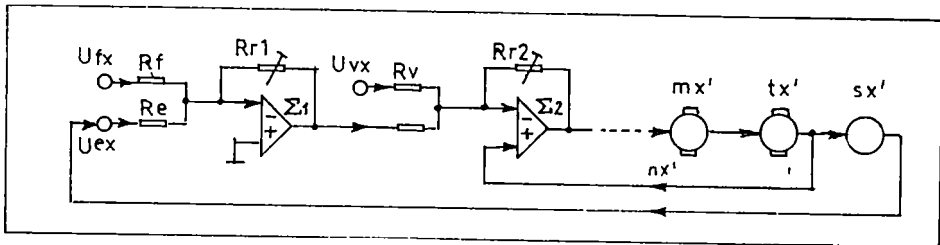


Fig. 2.39. Aplicarea semnalelor  $U_{ex}, U_{fx}, U_{vx}$  in cazul acordarii in cascada a buclei de pozitie si a buclei de turatie, la variatorul de turatie  $x'$

O problema importanta, in cazul compensarii pe cale electronica a fantei taieturii, este aceea a alegerii incrementului de control al deplasarii pe calea de rulare  $x'$  sau  $y'$ .

In cazul lipsei compensarii electronice, incrementul de control se alege din considerente de precizie si stabilitate fata de pendulare: un increment mic conduce la o precizie ridicata dar in acest caz, riscul de intrare in pendulare este mai mare, mai ales cind in sistem exista jocuri mecanice si elemente elastice.

In cazul existentei compensarii electronice, incrementul de control se alege din considerente de incadrare in domeniul maxim necesar pentru compensarea fantei taieturii. Un increment de control "L" corespunde cu o tura a selsinei bipolare, sau cu 1/5 ture a selsinei decapolare.

In cazul axelor  $x, x'$ , tensiunea de eroare de pozitie intre selsina receptoare (axa  $x'$ ) si selsina emitatoare (axa  $x$ ), variaza conform relatiei :

$$U_{ex} = 10 \cdot \sin \left( \frac{x}{L} \cdot 360^\circ \right) \quad (2.17.)$$

$U_{ex}$  - tensiunea de eroare (V) ; L - incrementul de control (mm) ;  
 $x$  - decalajul pe calea de rulare (mm)

Tensiunea de eroare ex primește valoarea maxima de +10 V , in situatia  $x/L = 1/4$  , deci la un sfert din incrementul de control.

Sistemul de reglare a pozitiei forteaza in mod automat situatia  $U_{ex} = -U_{fx}$  (cu referire la figura 2.39.) . Deci :

$$U_{fx} = - 10 \cdot \sin \left( \frac{x}{L} \cdot 360^\circ \right) \quad (2.18.)$$

In relatia 2.18. decalajul  $x$  , pe calea de rulare  $x'$  , constituie, de fapt, chiar valoarea compensarii fantei taieturii. Se remarca variatia neliniara a compensarii (  $x$  , in mm ) cu tensiunea de compensare ( $U_{fx}$  , in volti) . Tensiunea de compensare este prescrisa , pe de o parte, cu potentiometrul  $P_f$  de pe panoul de comanda, pe de alta parte, depinde de unghiul  $i$  , conform relatiei 2.15.

De asemenea, se remarca in relatia 2.18. faptul ca pentru a nu depasi tensiunea maxima disponibila de 10 V , trebuie ca  $1/4$  din incrementul de control  $L$  , sa fie mai mare decit valoarea maxima a compensarii :

$$x < L/4 \quad (2.19.)$$

Cu cit  $x$  este mai mic decit  $L/4$  , cu atit scala potentiometrului de prescriere a compensarii  $P_f$  , este mai liniara . In cazul limita (  $x = L/4$  ) , scala are diviziunile repartizate sinusoidal .

Situatia se prezinta similar pe axa  $y'$  :

$$U_{fy} = - 10 \cdot \sin \left( \frac{y}{L} \cdot 360^\circ \right) \quad (2.20.)$$

$$y < L/4 \quad (2.21.)$$

In cazul masinilor automate de debitare tip " MATTOR " (56) s-a stabilit incrementul de control  $L = 60$  mm si compensarea maxima  $x = +/- 6$  mm .

In acest caz :

$$U_{fx} = - 10 \cdot \sin 36^\circ = - 10 \cdot 0,587 = 5,87 \text{ V} \quad (2.22.)$$

Aceste masini sunt echipate cu compensare electronica a fantei taieturii .

## 2.4. Marcarea automata in timpul urmaririi conturului

### 2.4.1. Scopul marcarii

#### 2.4.1.1. Marcarea pieselor debitate

De obicei, piesele debitate sunt utilizate la realizarea unor ansambluri sudate. Pozitionarea spatiala relativa, in scopul sudarii, este usurata, daca pe conturul pieselor sint marcate locurile de jonctiune. Marcarea se face fie simultan cu debitarea, fie prin urmarirea conturului a doua oara, fara a deplasa piesele din planul de debitare  $x,y$ . In acest fel, se elimina operatiile de trasaj manual.

#### 2.4.1.2. Marcarea desenului urmarit

In cazul taierii cu fascicul laser a furnirului, in scopul realizarii mobilei artistice cu entarsii, se pune problema obturarii fasciculului laser pe anumite portiuni de contur: fie in timpul traversarii spre o noua piesa, fie pentru realizarea unor unghiuri ascutite ale conturului (figura 2.40.).

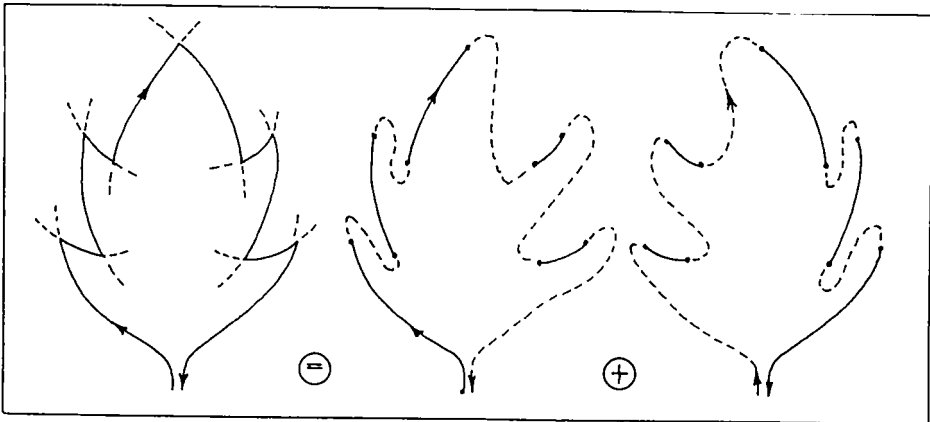


Fig. 2.40. Realizarea unghiurilor ascutite ale conturului

Problema se pune si in cazul comenzii numerice si in cazul urmaririi optice de linii desenate. In cazul comenzii numerice, la unghiurile ascutite ale conturului este necesara o decelerare si accelerare a fiecarei actionari  $(x,y)$ , pentru a nu depasi curentul maxim permis la motoarele electrice de actionare. Aceasta conduce la o "stationare" a procesului termic in zona coltului de contur, deci la o marire a fantei taieturii si la o rotunjire a coltului. Solutia prin care se evita aceste fenomene, consta in parcurgerea de doua ori a conturului, fie prin comanda numerica, fie prin urmarire optica, utilizand "bucle lente de racordare" reprezentate cu linie intrerupta in figura 2.40., in timpul carora taierea este blocata.

Rotunjirea coltului din motive termice este suplimentata, in cazul capurilor optice rotative, cu o rotunjire determinata de existenta excentricitatii fotocelului fata de axa rulmentului tubului optic.

Sistemul de pornire/ oprire pe contur nu este aplicabil decat la taierea cu fascicul laser. In cazul taierii oxigaz, sau cu plasma, perforarea se face inafara conturului piesei, pentru a elimina craterul neaspectuos din locul perforarii. Perforarea este precedata de o stationare in scopul preincalzirii materialului.

## 2.4.2. Sisteme de marcare a pieselor

### 2.4.2.1. Marcarea cu aparat de taiere oscilant

Sistemul este adoptat în special la taierea oxigaz a pieselor utilizate la construcțiile navale. Aparatul de taiere poate pendula cu o cursă de 1-5 mm în 8 sensuri, în planul x,y (figura 2.41.).

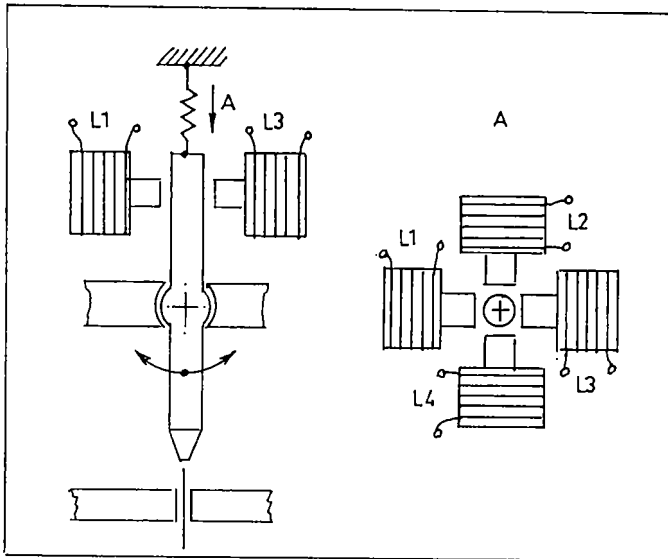


Fig. 2.41. Marcarea cu aparat de taiere oscilant

Cei 4 electromagneți sunt acționați sau cite unul, sau cite 2 adiacenți (pentru diagonale). Logica de alegere este impusă de pendularea aproximativ perpendiculară pe contur, spre partea piesei (nu spre deseu), cu menținerea timp de 1-5 secunde. Conturul piesei este "ciupit" în locurile marcate pe desen, sau în program (la NC). Sensul de marcare este corelat cu un anumit algoritm al referințelor de viteză pentru variatoarele de turatie x, y (combinational x,y, cu element de prag).

### 2.4.2.2. Marcarea cu poanson electromagnetic

Există două sisteme:

- cu un singur poanson și aparat de tăiere rotitor
- cu patru poansoane și aparat de tăiere rigid

În primul caz, poansonul este montat lateral pe aparatul de tăiere, pe partea piesei (nu a deseului). Există un sistem de sincronizare cu selsine, a poziției unghiulare a aparatului de tăiere cu poziția unghiulară a capului optic. Aparatul de tăiere este prevăzut cu inele colectoare pentru alimentarea electromagnetului și cu camere colectoare pentru transmiterea gazelor la aparatul de tăiere.

În al 2-lea caz, cu 4 poansoane, sistemul este similar cu sistemul de la aparatul de tăiere oscilant. Selectarea celor 4 electromagneți se face similar, cu deosebirea că nu se obține o pendulare ci o percutor. Fata de primul caz, oferă avantajul că nu-s necesare inele colectoare și nici camere colectoare de gaze

### 2.4.3. Sisteme de marcare a desenelor

În cazul echipamentelor de debitare prin urmărirea de desene executate la scară, utilizând capuri optice rotitoare, există mai multe sisteme de marcare a desenelor. "Marcherii" sunt dispusi pe desen, fie în scopul marcării piesei debitate, fie în scopul pornirii și opririi automate a tăierii, în timp ce se urmărește un contur.

#### 2.4.3.1. Marcarea asimetrică

În figura 2.42. este prezentat modul de dispunere a "marcherilor".

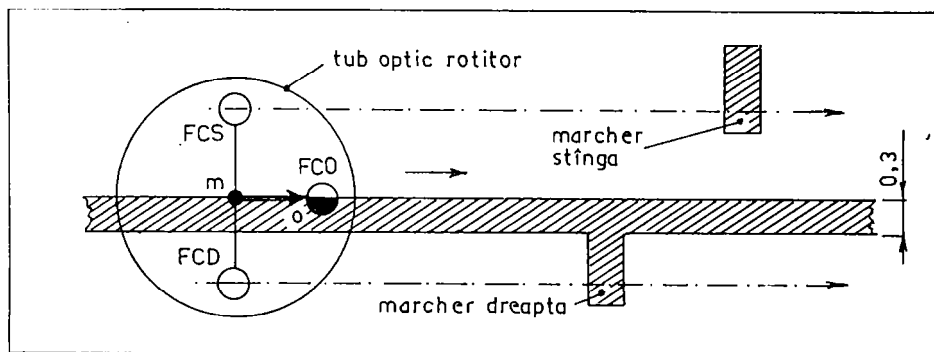


Fig. 2.42. Marcarea asimetrică

Marcherii sunt dispusi pe acea parte a liniei desenate, spre care se dorește oscilarea aparatului de tăiere. Capul optic dispune de 3 fotodioduri: FCO pentru urmărire, FCS pentru "citirea" marcherilor de pe partea stângă, FCD pentru "citirea" marcherilor de pe partea dreaptă. FCS și FCD sunt dispuse simetric față de axul mecanic "m" (al rulmentului tubului optic). Se remarcă faptul că marcherii de pe partea stângă a liniei desenate nu sunt lipiți de linia desenate, pentru a nu deranja fotodiodul pentru urmărire FCO.

Sistemul oferă avantajul sesizării stânga/dreapta, deci este universal valabil și în cazul marcării de piese și în cazul pornirii/opririi automate pe contur. Dezavantajul constă în utilizarea a 2 fotodioduri suplimentare (FCS și FCD).

#### 2.4.3.2. Marcarea simetrică

Față de sistemul anterior, oferă avantajul de a nu utiliza fotodioduri suplimentare. Este adaptabil numai la capurile optice diferențiale. Acestea sunt echipate cu două fotodioduri de urmărire, una pentru jonctiunea stângă FCS și una pentru jonctiunea dreaptă FCD. În ansamblu, se obține o urmărire a mijlocului liniei desenate.

Urmărirea diferențială crește imunitatea față de deriva optică (variația iluminării hârtiei utilizate) și față de deriva termică.

Sistemul se adaptează la echipamentele de tăiere cu fascicul laser, la care se obturează automat fasciculul în timpul urmăririi liniei desenate, pe anumite porțiuni. În acest fel, este facilitată realizarea unghiurilor ascuțite ale conturului, conform figurii 2.42.

In figura 2.43. este prezentat modul de desenare a "marcherilor".

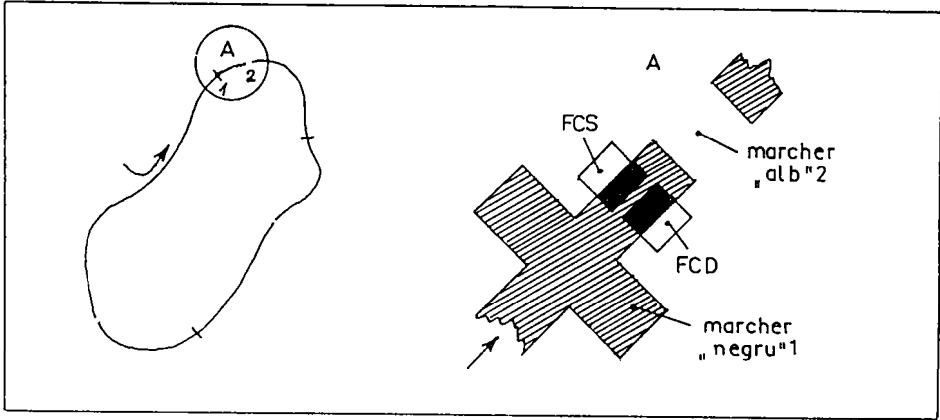


Fig. 2.43. Marcarea simetrica

Sistemul pretinde o linie desenata de grosime bine definita de exemplu 0,3 mm (+/-20%). Markerii "negri" sunt liniute perpendiculare pe contur si sunt destinati activarii fasciculului laser. Markerii "albi" sunt intreruperi de 0,3-0,5 mm ale conturului si sunt destinati dezactivarii fasciculului laser. Se aleg markerii "albi" pentru dezactivare si nu pentru activare, din motivul blocarii automate a taierii in cazul pierderii conturului (iesirea pe cimpul alb al desenului), pentru a nu rebuta piesa.

In figura 2.44.este prezentata schema de principiu a procesorului.

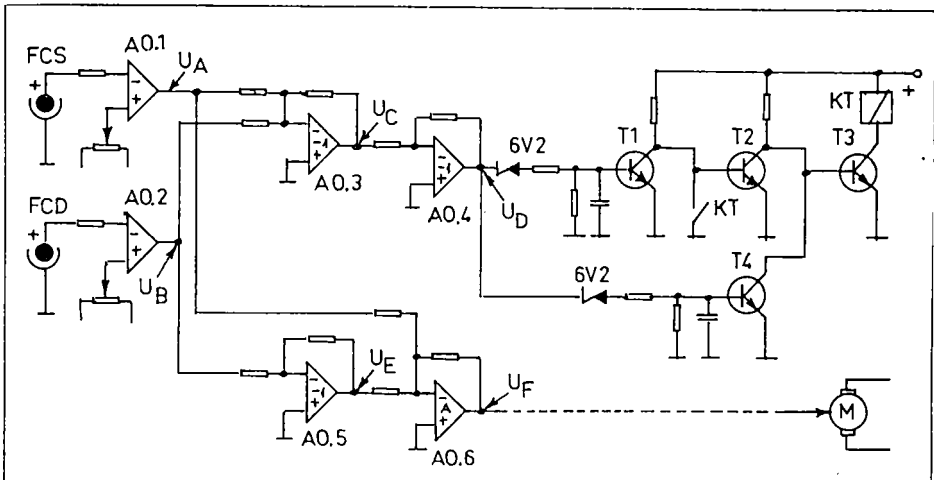


Fig. 2.44. Procesarea marcarii simetrice

Fiecare amplificator operational AO.1 si AO.2, genereaza la iesire semnal zero in cazul dispunerii pe jonctiunea alb/negru, semnal +10 V in cazul dispunerii pe negru si semnal -10 V in cazul dispunerii pe alb a fotocelulei respective.

Procesorul este format din doua dispozitive:

a) Dispozitivul de sesizare a markerilor , format din amplificator sumator AO.3, comanda, prin "impuls de negru" pornirea laserului prin inversorul AO.4 si tranzistoarele T1,T2,T3 si releul KT ("T"=taiere) care realizeaza automentinerea comenzii ; comanda prin "impuls de alb" oprirea laserului prin T4.

b) Dispozitivul de corectie a pozitiei capului optic pe linia desenata, format din inversorul AO.5 ( pentru semnalul fotocelulei din dreapta) si sumator AO.6, sesizeaza diferenta semnalelor generate de cele doua fotocelule, diferenta care comanda motorul M de reglare a pozitiei unghiulare a capului optic pe linia desenata.

	a)	b)	c)	d)	e)
$U_A$ (V)	0	+10	-10	-10	+10
$U_B$ (V)	0	+10	-10	+10	-10
$U_C$ (V)	0	-10	+10	0	0
$U_D$ (V)	0	+10	-10	0	0
$U_E$ (V)	0	-10	+10	+10	-10
$U_F$ (V)	0	0	0	-10	+10

Fig. 2.45. Tensiunile  $U_A, U_B, U_C, U_D, U_E, U_F$  in 5 cazuri specifice a,b,c,d,e,f, de situare a fotocelulelor pe linia desenata .

Dupa cum rezulta din figura 2.45. markerii afecteaza numai dispozitivul de sesizare a markerilor prin  $U_D$  in cazurile b,c si nu afecteaza corectia de pozitie  $U_F$  in cazurile b,c. Pendularile sunt ignorate de catre dispozitivul de sesizare a markerilor prin  $U_D$  in cazurile d,c dar sunt remarcate de dispozitivul de corectie prin  $U_F$  in cazurile d,c.

Sistemul marcarii simetrice a fost aplicat in anul 1988, la echipamentul de taiere cu laser a furnirului pentru entarsii tip "ICO-PL" (48), realizat la ISIM Timisoara.



CAPITOLUL 3

PRECIZIA CONTURARII  
LA MASINILE AUTOMATE  
DE TAIERE TERMICA  
PRIN URMARIRE DE DESENE  
LA SCARA 1:1 SI 1:10

### 3.1. Conditii de precizie geometrica si electrica la masinile automate de taiere termica prin urmarire optica la scara 1:10

In scopul incadrarii in limitele de precizie prevazute prin standarde, este necesara o analiza a cauzelor care contribuie la eroarea cotelor pieselor rezultate prin debitare. Problema preciziei se pune la toate procedeele de debitare termica prin conturare: cu flacara oxigaz, cu plasma, cu fascicul laser, cu ultrasunete, cu jet de apa sub presiune, et c.

In cazul conturarii x,y, prin urmarire optica de desene, se disting doua categorii de echipamente:

- 1 - cu urmarire de desene executate la scara 1:10
- 2 - cu urmarire de desene executate la scara 1:1

In primul caz, precizia este mai scazuta, din cauza unui lant mai lung de elemente generatoare de erori.

Pentru domeniul vast al constructiilor metalice, erorile totale s-au reglementat prin mai multe standarde internationale, norme navale, et c., conturându-se prescriptiile de abateri maxime admise:

- +/- 1,5 mm / 10 m, la urmarire 10:1
- +/- 0,4 mm / 10 m, la urmarire 1:1

Cunoasterea ponderii cu care participa fiecare cauza generatoare de erori, conduce la gasirea metodelor de corectare, atat la executia echipamentului, cât si in exploatare.

In figura 3.1. este prezentat ansamblul elementelor esentiale care contribuie la realizarea unor erori:

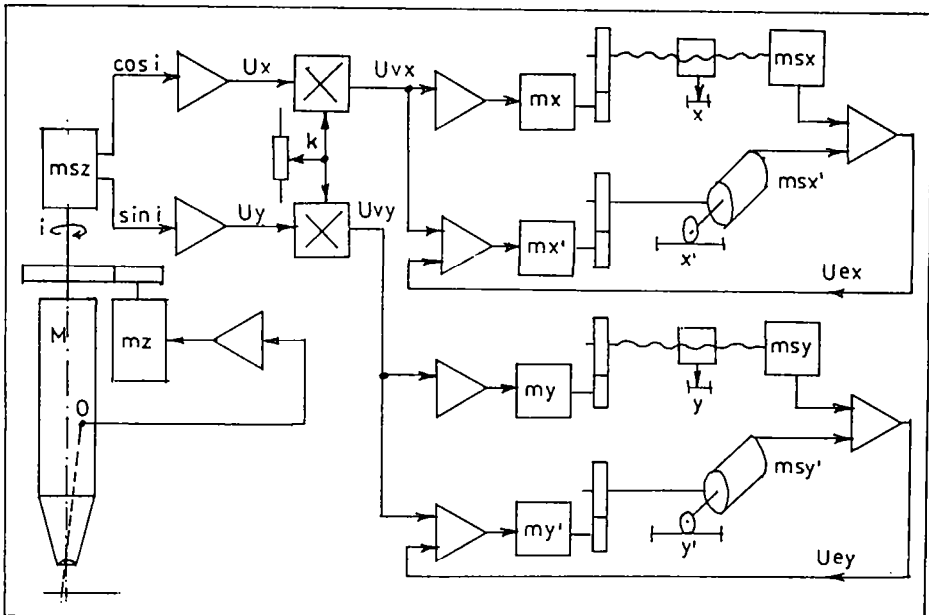


Fig. 3.1. Principiul de functionare

Stabilirea preciziei statice a sistemului se face prin utilizarea unui desen test, care este un patrat cu laturile de 1 m, paralele cu axele de coordonate.

În cazul scării 1:10, dacă gabaritul mesei portdesen nu permite pe una din axe desene mai mari de 30 cm, se poate utiliza ca desen test un pătrat cu latura de 20 cm, iar la rezultatele practice să se țină seama că unele erori depind de cota piesei, altele nu depind. În cazul pătratului, este suficient să se măsoare cele două laturi vecine și diagonalele, rezultând erorile  $e_x, e_y$  pe cele două axe și abaterea de la perpendicularitate.

La stabilirea fiecărui tip de eroare se țin seama numai de cauza specifică și se consideră că toate celelalte cauze nu produc erori. De asemenea, referirea se face numai la cota pe axa  $Oy$ , deoarece pentru axa  $Ox$  aspectele sunt similare.

### 3.1.1. Abaterea unghiulară a satorului rezolverului în colier ( figura 3.2. )

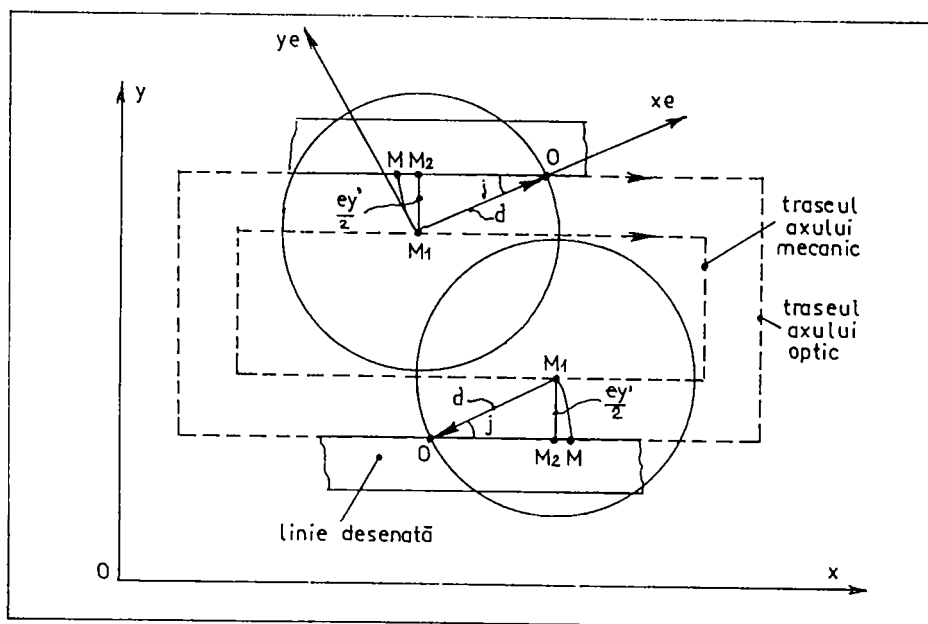


Fig. 3.2. Abaterea unghiulară a satorului rezolverului în colier

Rotirea satorului rezolverului în colierul său de fixare cu unghiul  $j$ , corespunde cu rotirea sistemului de axe electrice  $x_e, y_e$ , față de sistemul de axe mecanice  $x, y$  (ghidajele mașinii).

Deoarece aparatul de tăiere nu urmărește mișcarea axului optic  $O$ , ci mișcarea axului mecanic  $M_1$ , rezultă o piesă mai mare sau mai mică decât cea prescrisă prin desen, eroarea  $e_x = e_y$  având aceeași valoare pe normala la contur:

$$e_y = 2 \cdot 10 \cdot d \cdot \sin j = 20 \cdot d \cdot \sin j \quad (3.1.)$$

Se consideră mărimea  $10 \cdot d$ , având în vedere scara de urmărire 10:1. Din relație rezultă două concluzii importante:

1. Eroarea nu depinde de cota piesei.
2. Eroarea depinde de excentricitatea  $d$  (între axul optic

si axul mecanic). Alegerea unei excentricitati prea mici, inasa , conduce la instabilitatea buclei de pozitie din capul optic, instabilitate favorizata de jocuri in angrenaj si masele inertiiale ale capului optic.

Practic, in situatia optima, in care excentricitatea d este egala cu 0,2 mm, pentru diferite abateri unghiulare j , ale statorului rezolverului fata de colierul sau, rezulta erorile :

- la j = 10' ..... ey = 0,058 mm
- la j = 30' ..... ey = 0,349 mm
- la j = 1 grad ..... ey = 0,698 mm
- la j = 2 grade ..... ey = 1,395 mm

Pozitia rezolverului in colier se stabileste , urmarind de mai multe ori un patrat desenat, pana cand eroarea ex = ey .

In toate cazurile , potentiometrul pentru prescrierea compensarii fantei taieturii este dispus pe zero.

3.1.2. Abateră citirii desenului  
din cauza traductorului optic  
( figura 3.3. )

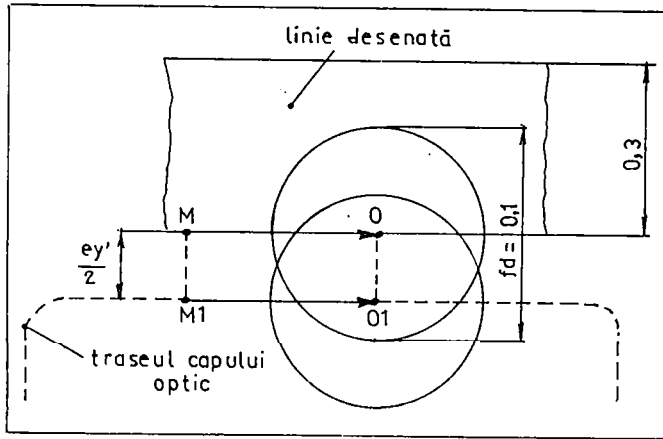


Fig. 3.3. Abateră citirii desenului din cauza traductorului optic

Tinand seama de faptul ca diafragma fotocelulei fo = 0,6 mm si marirea lentilei m = 6 ori , diafragma redusa la desen este :

$$fd = \frac{fo}{m} = 0,1 \text{ mm} \quad (3.2.)$$

Variatia iluminarii hartiei si deriva termica a componentelor electronice, creeaza situatii ca la lectura jonctiunii intre negru si alb sa rezulte o tensiune diferita de zero la iesirea din traductorul optic . Aceasta abatere #U , raportata la excursia utila a tensiunii de la negru la alb #U max. , se aproximeaza ca variaza liniar cu decalajul ey' / 2 raportat la decalajul maxim fd :

$$\frac{\#U}{\#U \text{ max}} = \frac{ey' / 2}{fd} \quad (3.3.)$$

Eroarea piesei ey este mai mare de 10 ori, din cauza scarii

de urmarire :

$$e_y = 10 \cdot e_{y'} \quad (3.4.)$$

Din cele doua relatii rezulta :

$$e_y = 2 \cdot 10 \cdot f_d \cdot \frac{\#U}{\#U_{\max}} \quad (3.5.)$$

Daca :  $\frac{\#U}{\#U_{\max}} < 0,1 \quad (3.6.)$

rezulta :  $e_y < 0,2 \text{ mm} \quad (3.7.)$

In concluzie :

1. Eroarea nu depinde de cota piesei.
2. Eroarea este constanta pe normala la contur.
3. Eroarea depinde de diafragma.

Reglarea "offsetului optic" si reglarea rezolverului in colier , sunt nedorit - aditive la compensarea fantei taieturii de la nivelul buclelor de pozitie  $x',y'$ .

3.3. Deriva termica a demodulateoarelor sincrone din lantul referintelor de viteza ( figura 3.4. )

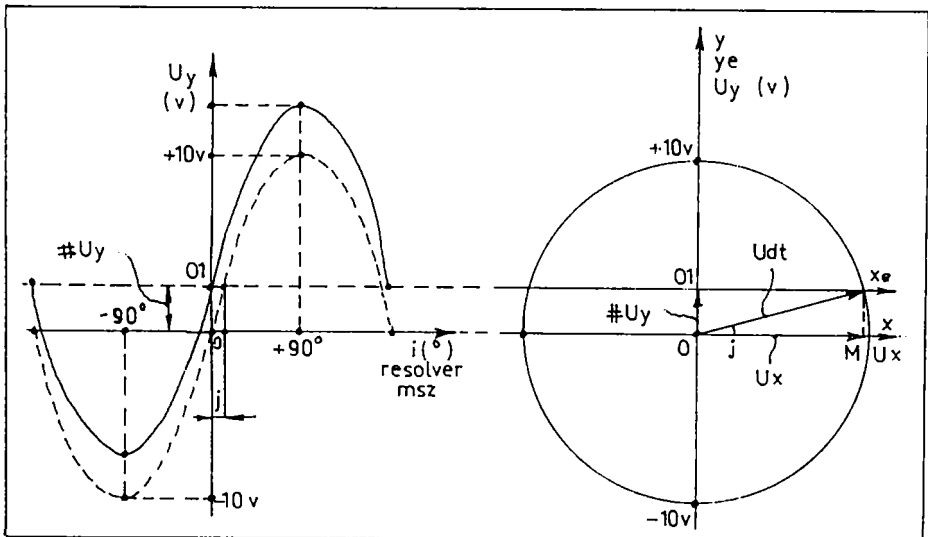


Fig. 3.4. Deriva termica a demodulateoarelor sincrone din lantul referintelor de viteza

Deriva termica poate crea situatia ca la tensiune zero la bornele rezolverului msz , sa corespunda o tensiune diferita de zero la bornele demodulatorului sincron, corespunzator axei respective (  $U_x$  sau  $U_y$  ). Aceasta se traduce prin deplasarea originii din  $O$  in  $O_1$ , de exemplu pe directia  $Oy$  .

Deoarece componentele vitezei  $v_t$  pe cele doua axe :  $v_x$ ,  $v_y$ , sunt proportionale cu tensiunile  $U_x$  si  $U_y$ , o deriva a zeroului demodulatorului  $\#U_y$ , corespunde cu crearea unei componente nedorite de viteza pe axa  $Oy$ , care roteste capul optic cu unghiul  $j$ ,

atunci cand se deplaseaza pe directia Ox.

$$\operatorname{tg} j = \frac{MM1}{OM} = \frac{\#Uy}{10} \quad (V/V) \quad (3.8.)$$

Rotirea capului optic conduce la o eroare pe axa Oy :

$$ey = 10 \cdot d \cdot \sin j \quad (3.9.)$$

Pentru unghiuri  $j$  suficient de mici (sub 2 grade) :

$$\operatorname{tg} j = \operatorname{aprox.} \sin j \quad (3.10.)$$

$$\text{Deci : } ey = d \cdot \#Uy ; \quad d \text{ (mm)} ; \quad \#Uy \text{ (V)} \quad (3.11.)$$

Din relatie rezulta concluziile :

1. Eroarea nu depinde de cota piesei.
2. Eroarea depinde de excentricitatea  $d$  (intre axul optic si axul mecanic).
3. Nu se produce o alterare a cotei , ci numai o deplasare a piesei pe axa afectata de deriva , cu valoarea  $ey$ .

Practic , prin masuratorile efectuate asupra demodulatorilor sincrone, au rezultat derivate mai mici decit 0,1 V ( raportate la excursia utila intre -10 V si +10 V ) . Conform relatiei, aceste derivate duc la deplasarea piesei pe axa respectiva cu :

$$ey = 0,02 \text{ mm} \quad (3.12.)$$

Cota piesei este afectata numai daca in timpul taierii, variaza temperatura mediului ( 0 ...+40 grade C), iar in acest caz, eroarea este 0,02 mm .

### 3.1.4. Deriva termica a multiplicatoarelor din lantul referintelor de viteza ( figura 3.5. )

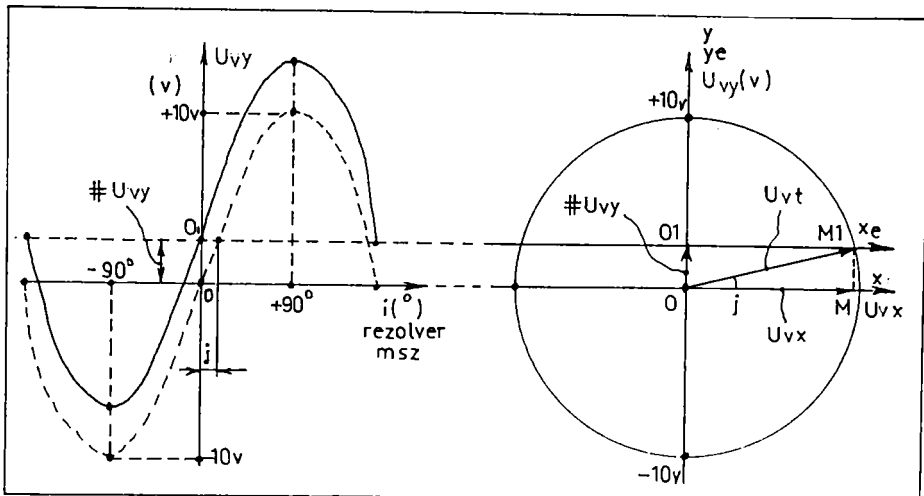


Fig. 3.5. Deriva termica a multiplicatoarelor din lantul referintelor de viteza

Deriva termica a multiplicatoarelor are efect similar cu al demodulateoarelor sincrone, cu deosebirea ca introduce erori care depind si de viteza de taiere (de avans in planul x,y) .

Ne propunem determinarea erorii  $e_y$ , cind aparatul de taiere se deplaseaza paralel cu axa  $Ox$  :

$$U_{vx} = \frac{v_x}{v_{x.max}} \cdot U_{vx.max} \quad (3.13.)$$

unde ,  $v_{x.max}$  este viteza maxima de taiere (1000 mm/minut) , iar  $U_{vx.max}$  este egala cu 10 V. Deci :

$$U_{vx} = \frac{v_x}{100} \quad (V) ; \quad v_x \text{ (mm/minut)} \quad (3.14.)$$

$$\text{tg } j = \frac{MM1}{OM} = \frac{\#U_{vy}}{U_{vx}} = \frac{100 \cdot \#U_{vy}}{v_x} \quad (3.15.)$$

Deriva tensiunii  $\#U_{vy}$  la iesirea multiplicatorului , corespunde cu crearea unei componente nedorite de viteza pe axa  $Oy$  , care roteste capul optic cu unghiul  $j$  . Aceasta produce o eroare pe axa  $Oy$  :

$$e_y = 10 \cdot d \cdot \sin j = 10 \cdot d \cdot \sin \left( \arctg \frac{100 \cdot \#U_{vy}}{v_x} \right) \quad (3.16.)$$

$e_y$  (mm);  $d = 0,2$  mm ;  $\#U_{vy} = 0,1$  V ;  $v_x = 1000$  mm/minut

Concluzii :

1. Eroarea nu depinde de cota piesei.
2. Eroarea depinde de excentricitatea  $d$  intre axul optic si axul mecanic din capul optic.
3. Eroarea depinde de viteza de taiere prescrisa, fiind mai mare la viteze de taiere mai mici.
4. Nu se produce o alterare a cotei, ci numai o deplasare a piesei pe axa afectata de deriva, cu valoarea  $e_y$ .

In cursul taierii unei piese nu se modifica viteza de taiere, din motive tehnologice, deci cota nu este afectata decat daca in timpul taierii variaza temperatura mediului ambiant.

In cazul unei viteze minime de taiere  $v_x = 100$  mm/minut , eroarea  $e_y$  este :

$$e_y = \text{aprox. } 0,2 \text{ mm} \quad (3.17.)$$

In cazul unei viteze maxime de taiere  $v_x = 1000$  mm/minut , eroarea  $e_y$  este :

$$e_y = \text{aprox. } 0,02 \text{ mm} \quad (3.18.)$$

### 3.1.5. Deriva termica a demodulateoarelor sincrone din bucelele de pozitie $x-x'$ , $y-y'$ ( figura 3.6. )

Aceasta produce erori de urmarire  $x-x'$ ,  $y-y'$ . Incrementul de control al selsinelor  $x'$  si  $y'$  este de 60 mm pe tura .

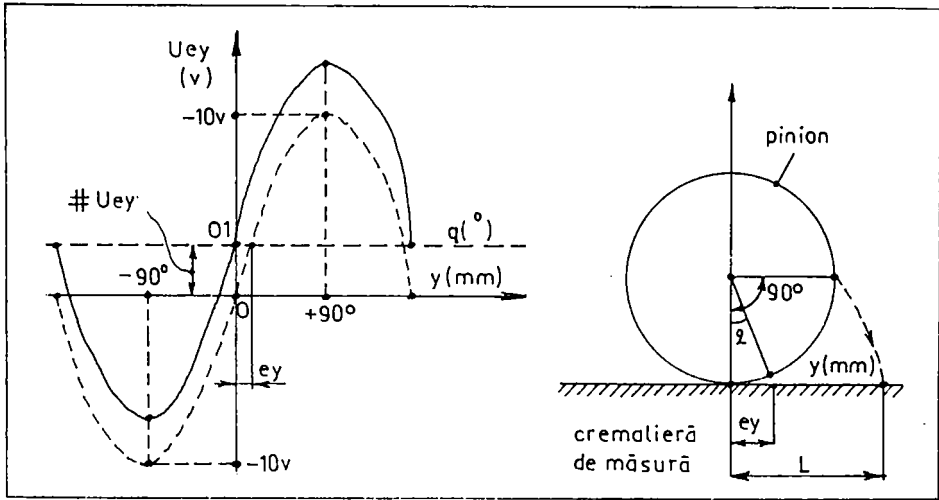


Fig. 3.6. Deriva termica a demoduloarelor sincrone din buclele de pozitie x-x', y-y'

Din caracteristicile selsinelor rezulta ca la un sfert de tura ( $L' = 15 \text{ mm}$ ), demodulatorul sincron corespunzator genereaza  $+10 \text{ V}$  (de exemplu pe axa  $Oy$ ). Deriva termica a acestui demodulator poate crea situatia ca la o tensiune zero generata de selsina sa corespunda o tensiune  $U_{ey}$  diferita de zero la iesirea demodulatorului sincron. Aceasta se traduce prin deplasarea originii din  $O$  in  $O_1$ , cu valoarea  $\#U_{ey}$ . La aceasta deplasare, corespunde o deplasare a pinionului pe cremaliera cu valoarea  $e_y$

$$\#U_{ey} = 10 \cdot \sin\left(\frac{e_y}{L'} \cdot 90 \text{ grade}\right) \quad (3.19.)$$

De unde rezulta valoarea erorii pe axa  $Oy$  :

$$e_y = \frac{L'}{90 \text{ grade}} \cdot \arcsin \frac{\#U_{ey}}{10} \quad (3.20.)$$

Din relatie rezulta concluziile :

1. Eroarea nu depinde de cota piesei.
2. Eroarea depinde de incrementul de control al selsinei.
3. Nu se produce o alterare a cotei, ci numai o deplasare a piesei pe axa afectata de deriva, cu valoarea  $e_y$ .

Prin masurarea derivatei demoduloarelor sincrone, au rezultat abateri  $\#U_{ey}$  mai mici decit  $0,1 \text{ V}$ . Deci, eroarea pe axa  $Oy$  de exemplu, este :

$$e_y = 0,09 \text{ mm} \quad (3.21.)$$

Cota piesei este afectata numai daca in timpul taierii ei, variaza temperatura mediului ( $0 \dots +45 \text{ grade}$ ), iar in acest caz eroarea este sub  $0,09 \text{ mm}$ .



3.1.6. Abateră de la paralelism între surubul conductor și ghidaj  
( figura 3.7. )

Capul optic urmărește conturul ABCD, iar șelșina msy' este sincronă cu msy (la scara 10:1), cota piesei tăiate va fi mai mare decât cea prescrisă și anume, va fi egală cu :  
10 . AB2 . Deci eroarea cotei 10 . a , după axa Oy va fi :

$$e_y = 10 \cdot \frac{(AB_2 - AB)}{1} = 10 \cdot a \cdot \left( \frac{1}{\cos j} - 1 \right) \quad (3.22.)$$

Din relație rezultă că eroarea depinde de valoarea cotei piesei.

Piesa tăiată nu va avea abateri de la perpendicularitate, dar în loc de pătrat, va avea forma de dreptunghi A B1 C1 D , mai alungit după axa Oy, cu valoarea ey . În cazul unui pătrat cu latura 10 . a de 10 metri , rezultă :

la j = 10' ..... ey = 0,042 mm  
la j = 30' ..... ey = 0,380 mm  
la j = 1 grad ..... ey = 1,523 mm

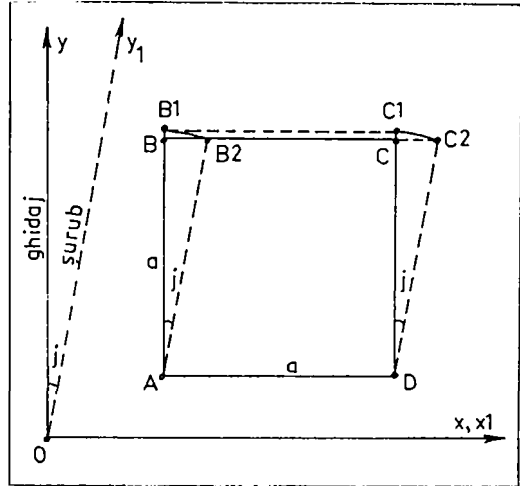


Fig. 3.7. Abateră de la paralelism între surubul conductor și ghidaj

3.1.7. Abateră de la perpendicularitate între ghidajele capului optic  
( figura 3.8. )

În acest caz, piesa tăiată va avea forma de paralelogram A B1 C1 D , în loc de pătrat . Capul optic urmărește conturul ABCD . Latura AD nu este deformată , dar latura AB devine A B1 , mai lungă cu valoarea ey :

$$e_y = 10 \cdot (A B_1 - A B) = 10 \cdot a \cdot \left( \frac{1}{\cos j} - 1 \right)$$

Concluzii : (3.23.)

1. Abateră de la perpendicularitate a ghidajului Oy produce erori numai pe axa Oy, iar aceste erori depind de cota piesei.

2. Se produce și o abateră de la perpendicularitate.

În cazul unui pătrat cu latura 10.a, de 10 metri

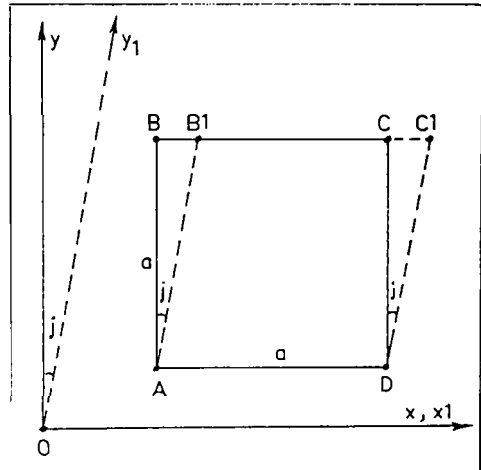


Fig. 3.8. Abateră de la perpendicularitate între ghidajele capului optic

deplasare pe cremaliera #x1':

$$\#x1' = 3,14 \cdot \frac{d1 \cdot d3}{d2} = 60,000767 \text{ mm} \quad (3.26.)$$

Deci, in decursul unei ture, se produce o eroare exo :

$$\text{exo} = \#x1' - \#x' = 0,000767 \text{ mm} \quad (3.27.)$$

Cota de 10 metri cuprinde un numar de 10000 / 60 incremente de control , deci eroarea pe axa Ox sau Oy , raportata la o cota de 10 metri, este :

$$\text{ex} = \text{ey} = \frac{10000}{60} \cdot \text{exo} = 0,13 \text{ mm} \quad (3.28.)$$

Scara de urmarire reala este : ( #x desen = 6 mm )

$$s1 = \frac{\#x1'(\text{piesa})}{\#x(\text{desen})} = 10,000128 \quad (3.29.)$$

In concluzie, scara de urmarire este diferita de 10:1 , iar eroarea cotei piesei depinde de valoarea cotei.

### 3.1.10. Jocul din reductoarele selsinelor

Se presupune ca exista joc J numai intre rotile dintate z1 si z2 (figura 3.10.), roata z3 fiind arcuita pe cremaliera.

$$\text{ey} = J \cdot \frac{d3}{d1} \quad (3.30.)$$

La un joc J < 0,1 mm , d3 = 91,25 mm , d1 = 86 mm , rezulta :

$$\text{ey} = 0,106 \text{ mm} \quad (3.31.)$$

### 3.1.11. Abaterea pasului surubului conducator

Deoarece surubul conducator indeplineste rolul unei rigle de masura, este necesara o executie precisa . O abatere cumulata pe pas la cota de 1 metru , de 0,01 mm conduce la erori ale piesei taiate de 0,1 mm.

### 3.1.12. Abaterea pasului cremalierii de masura

Eroarea de executie a cremalierii de masura x',y' se transpune direct in cota piesei debitate . Cremaliera poate sa introduca abateri de liniaritate . La cota de 10 metri , se recomanda abateri ale cremalierii ex = ey mai mici de 0,1 mm.

3.1.13. Concluzii referitoare la precizia taierii  
prin urmarire optica la scara 1:10

Analiza a scos in evidenta categoriile de erori prezentate  
in tabelul 3.1. :

Categoriile de erori

Tabelul 3.1.

Erori de tipul	Cauze de tipul (nr.de ordine cap.3.1)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Erori care depind de cota piesei	-	-	-	-	-	Da	Da	Da	Da	-	Da	Da
Erori de marire sau de micorare a piesei	Da	Da	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Erori ale cotei pe una din axe	-	-	-	-	-	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
Erori de deplasare a piesei (cote fara erori)	-	-	Da	Da	Da	-	-	-	-	-	-	-
Erori care dpind de viteza de taiere	-	-	-	Da	-	-	-	-	-	-	-	-
Erori de perpendicularitate	-	-	-	-	-	-	Da	Da	-	-	-	-
Erori de rectilinitate	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Da	-	-

Eroarea totala a sistemului de urmarire rezulta prin insu-  
marea erorilor discutate . In cazurile particulare prezentate ca  
situatii limita de erori maxim admise, de acelasi semn , rezulta  
eroarea totala :

$$\begin{aligned}
 e_y &= e_{y1} + e_{y2} + e_{y3} + \dots + e_{y12} = \\
 &= 0,058 + 0,200 + 0,020 + 0,200 + 0,090 + 0,042 + 0,042 + \\
 &+ 0,042 + 0,130 + 0,106 + 0,100 + 0,100 = 1,130 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

(3.32.)

STAS 10959/1-84 , DIN 8253-74 si alte norme internationale  
prevad o eroare maxima de +/- 1,5 mm, raportata la o cota a pie-  
sei de 10 metri (in cazul taierii oxigaz).

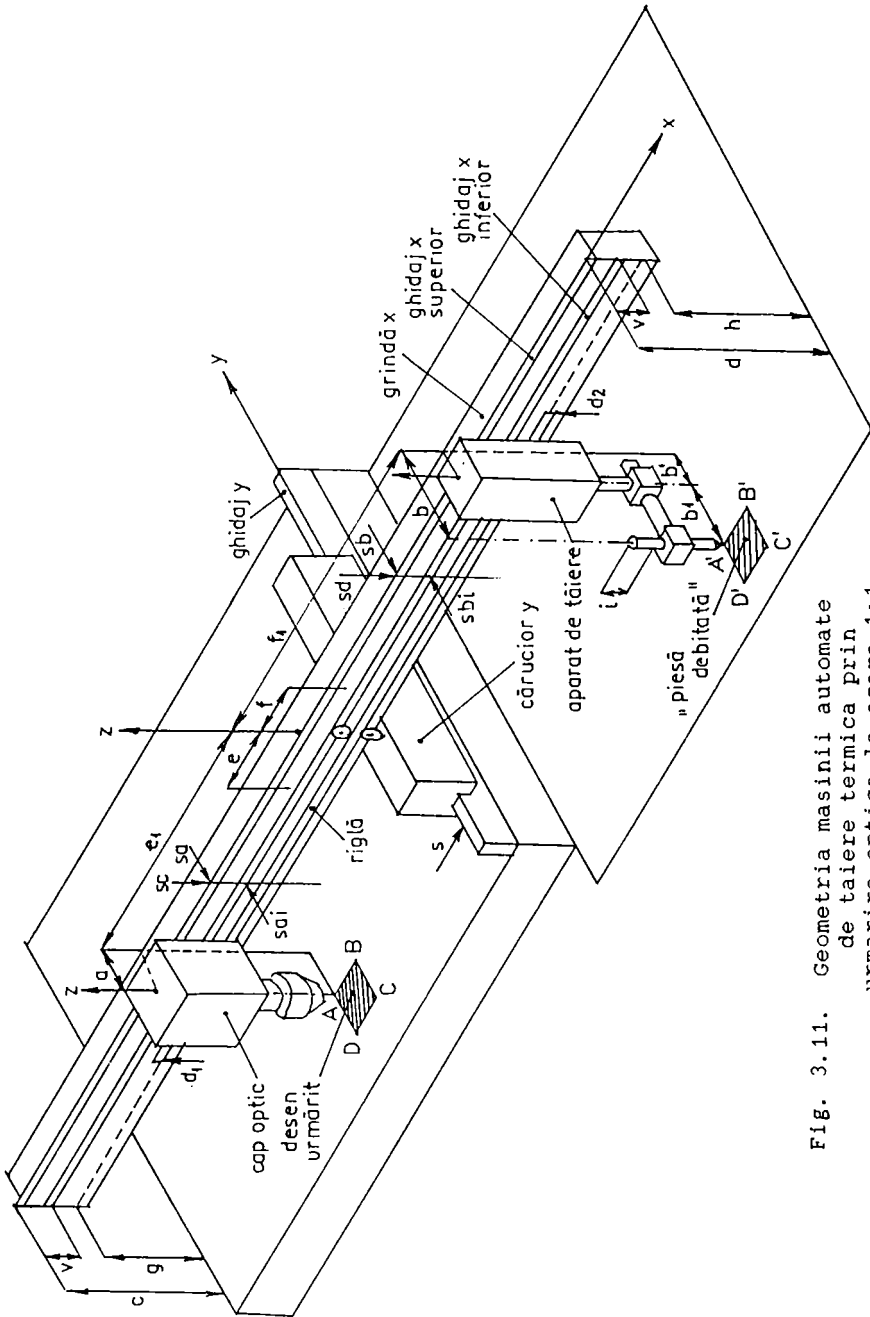


Fig. 3.11. Geometria masinii automate de taiere termica prin urmarire optica la scara 1:1

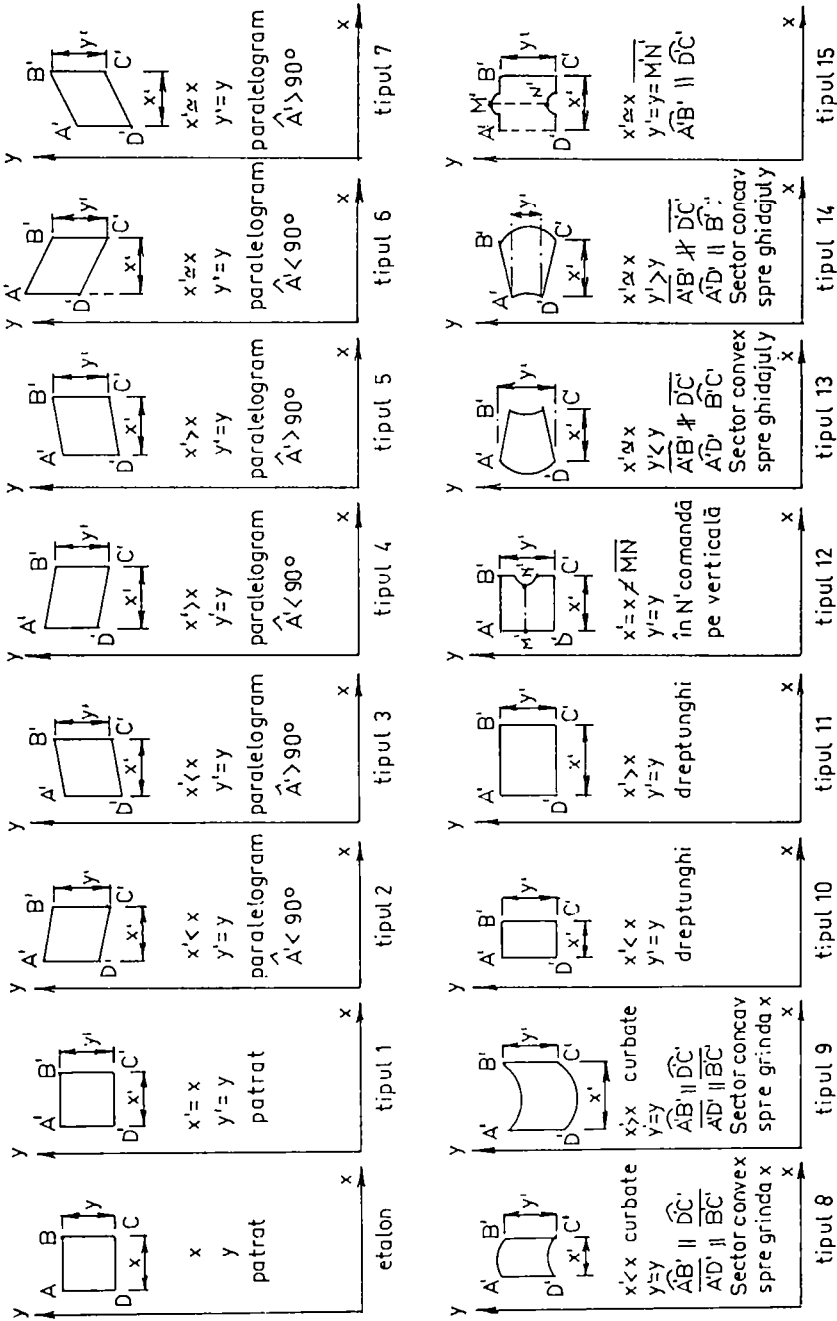


Fig. 3.12. Tipuri de figuri trasate, prin urmarirea patratului etalon

3.2. Conditii de precizie geometrica  
la masinile automate de taiere termica  
prin urmarire optica la scara 1:1

In figura 3.11.este prezentata,simplificat, geometria masinii scara 1:1. Desenul ABCD este urmarit de un cap optic si sincron cu acesta , aparatul de taiere debiteaza o piesa A'B'C'D'. Capul optic si aparatul de taiere , legate intre ele prin intermediul unei rigle, ruleaza pe doua ghidaje (x superior si x inferior) dispuse pe o grinda x . Grinda este montata transversal pe un carucior care ruleaza in lungul ghidajului y.

Inainte de a determina erorile , se calibreaza zeroul compensarii fantei de taiere. In acest scop, in locul aparatului de taiere se monteaza un dispozitiv de trasare. Se noteaza ca in acest capitol , prin "piesa debitata" se intelege de fapt desenul trasat de acest dispozitiv . Cotele efective ale piesei debitate depind de fenomenele termice de debitare, curbare, tensionare si de locul de incepere a debitarii.

Se urmareste de jur imprejur un segment de dreapta cu grosimea de 2,5 mm. Trebuie ca dreptunghiul trasat de masina sa aiba latimea de 2,5 mm.

Pentru determinarea cauzelor generatoare de erori , se propune "metoda urmaririi patratului etalon", cu latura x paralela cu ghidajul x superior.Prin urmarirea patratului etalon ABCD, va rezulta unul din tipurile de figuri reprezentate in figura 3.12.

3.2.1. Tipul 1

Tipul 1 de figura rezulta in situatiile :

a) Ghidajele x,y sunt perfecte , unghiul  $p = 90$  grade ( figura 3.13.).

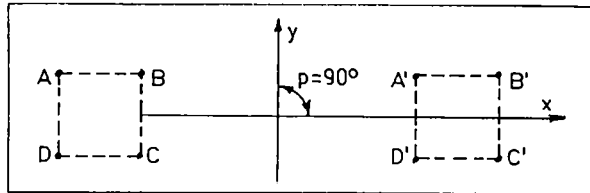


Fig. 3.13. Ghidajele x,y sunt perpendiculare

b) Ghidajul x nu este perpendicular pe ghidajul y in plan orizontal, unghiul  $p < 90$  grade ( figura 3.14. ).

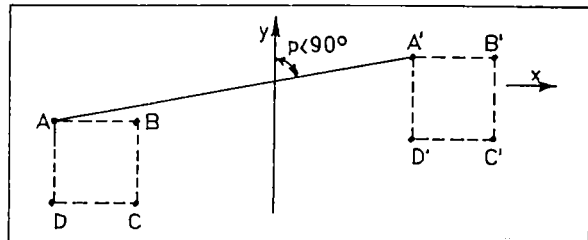


Fig. 3.14. Ghidajele x,y nu sunt perpendiculare si  $p < 90$  grade

c) Ghidajul x nu este perpendicular pe ghidajul y in plan orizontal, unghiul  $p > 90^\circ$  ( figura 3.15. ).

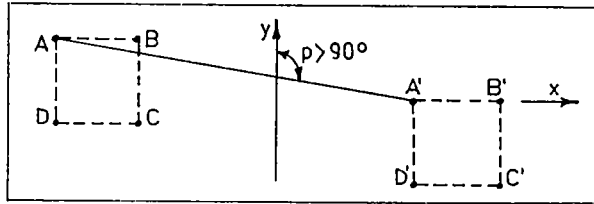


Fig. 3.15. Ghidajele x,y nu sunt perpendiculare si  $p > 90^\circ$

d) Ghidajul x este dublu curbat in plan orizontal , cu convexitatile spre spate ( figura 3.16. ).

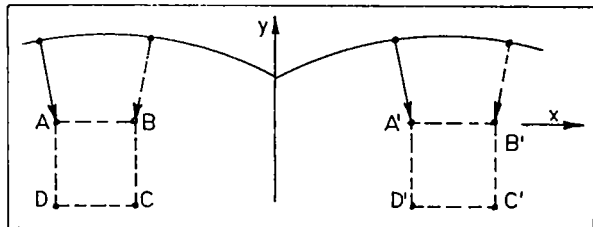


Fig. 3.16. Ghidajul x este dublu curbat cu convexitatea spre spate

e) Ghidajul x este dublu curbat in plan orizontal , cu convexitatile in fata ( figura 3.17. ).

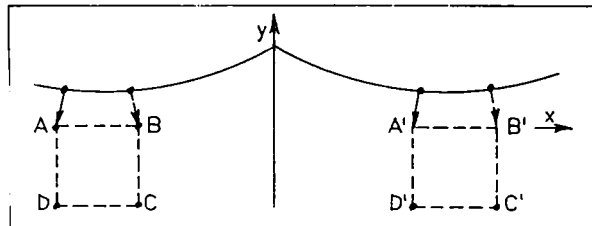


Fig. 3.17. Ghidajul x este dublu curbat cu concavitata spre spate

Deficientele b),c),d),e) sint deranjante numai in cazul taierii benzilor.

### 3.2.2. Tipul 2

rezulta in situatia in care ghidajul x este frant la mijloc , in plan orizontal, avand bratul grinzii cu aparatele de taiere deviat in fata cu unghiul  $p$  ( figura 3.18. ).

$$x' = x \cdot \cos p \quad (3.33.)$$

$$ex = x \cdot (1 - \cos p) \quad (3.34.)$$

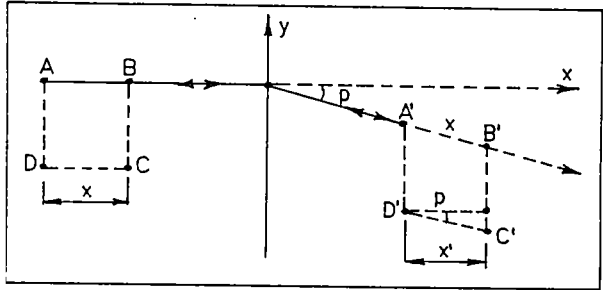


Fig. 3.18. Ghidajul x este frant in plan orizontal, avand bratul grinzii cu aparatele de taiere, deviat inainte

3.2.3. Tipul 3

rezulta in situatia in care ghidajul x este frant la mijloc, in plan orizontal, avand bratul grinzii cu aparatele de taiere deviat inapoi cu unghiul p ( figura 3.19. ).

$$x' = x \cdot \cos p$$

$$(3.35.)$$

$$ex = x \cdot (1 - \cos p)$$

$$(3.36.)$$

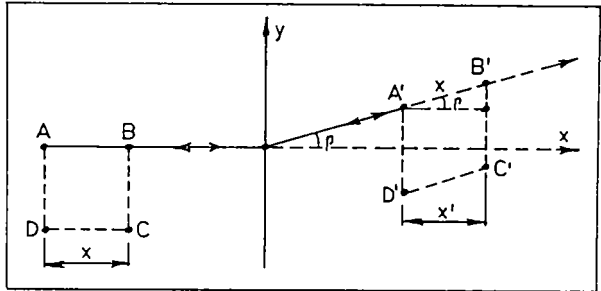


Fig. 3.19. Ghidajul x este frant in plan orizontal, avand bratul grinzii cu capul optic deviat inapoi

3.2.4. Tipul 4

rezulta in situatia in care ghidajul x este frant la mijloc, in plan orizontal, avand bratul grinzii cu capul optic deviat in fata cu unghiul p ( figura 3.20. ).

$$AB''' = A'B'''$$

$$x' = \frac{x}{\cos p} \quad (3.37.)$$

$$ex = x \cdot \left( \frac{1}{\cos p} - 1 \right)$$

$$(3.38.)$$

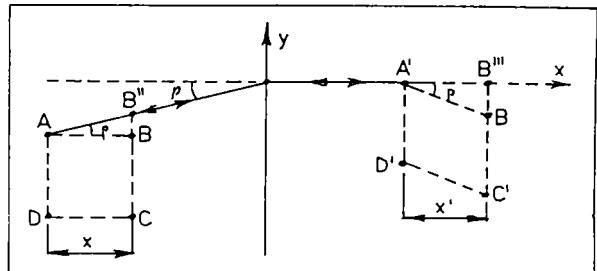


Fig. 3.20. Ghidajul x este frant in plan orizontal, avand bratul grinzii cu capul optic deviat inainte



3.2.5. Tipul 5

rezulta in situatia in care ghidajul este frant la mijloc , in plan orizontal , avand bratul grinzii cu capul optic deviat inapoi cu unghiul  $p$  ( figura 3.21. ).

$$AB'' = AB''$$

$$x' = \frac{x}{\cos p} \quad (3.39.)$$

$$ex = x \cdot \left( \frac{1}{\cos p} - 1 \right) \quad (3.40.)$$

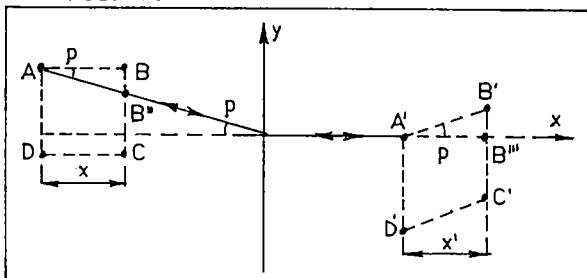


Fig. 3.21. Ghidajul  $x$  este frant in plan orizontal, avand bratul grinzii cu capul optic deviat inapoi

3.2.6. Tipul 6

rezulta in cazul in care ghidajul  $x$  este frant la mijloc , in plan orizontal , avand bratele grinzii deviate cu  $p/2$  in fata ( figura 3.22. ).

$$A'B_1 = AB''$$

$$x' = x \text{ (aprox.)} \quad (3.41.)$$

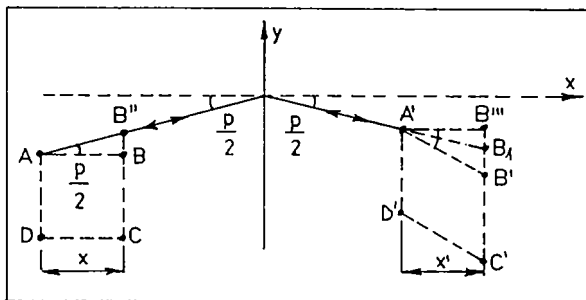


Fig. 3.22. Ghidajul  $x$  este frant in plan orizontal, avand ambele brate deviate inainte

3.2.7. Tipul 7

rezulta in situatia in care ghidajul  $x$  este frant la mijloc , in plan orizontal , avand bratele grinzii deviate cu  $p/2$  inapoi ( figura 3.23. ).

$$A'B_1 = AB''$$

$$x' = x \text{ (aprox.)} \quad (3.42.)$$

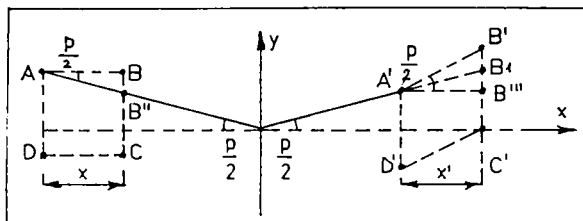


Fig. 3.23. Ghidajul  $x$  este frant in plan orizontal, cu ambele brate deviate inapoi

3.2.8. Tipul 8

rezulta in situatiile :

a) Bratul grinzii cu capul optic este curb in plan orizontal, avand convexitatea spre capul optic ( figura 3.24. ).  
 $\text{arc.}A_1B_1 = \text{segm.}A_2B_2$  ; Cota  $x'$  va rezulta mai mica decat  $x$  cu valoarea :

$$ex = x - x' \quad (3.43.)$$

Daca in figura 3.25.:  
 $x = \text{segm.}AB$   
 (cota desen urmarit)  
 $x' = \text{arc.}A_1B_1$   
 (cota piesei)  
 $a = \text{segm.}A A_1$   
 $= \text{segm.}B B_1$   
 (bratul orizontal al capului optic)  
 $sa = \text{segm.}RP$   
 (sageata in plan orizontal a ghidajului  $x$  superior) ;

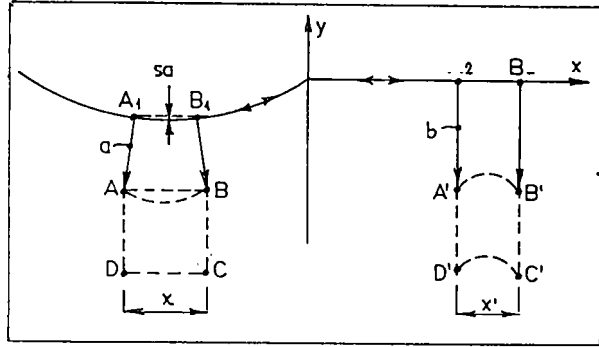


Fig. 3.24 Bratul grinzii cu capul optic este curb in plan orizontal, avand convexitatea spre capul optic

si daca se presupune ca raza de curbura a ghidajului  $x$  este foarte mare in raport cu arcul  $A_1B_1$ , atunci se poate aproxima :  
 $\text{arc.}A_1B_1 = \text{segm.}A_1B_1$  ;  $PR = RS$  ;  $EF = FG$  ;  $\angle B_1A_1S = \angle A A_1A_3$   
 Deoarece la acelasi unghi  $p$  raportul intre raza vectoroare si arcul maturat, este constant, rezulta :

$$\frac{\text{arc.}AA_3}{AA_1} = \frac{PS}{A_1P} \quad (3.44.)$$

$$\frac{ex / 2}{a} = \frac{2 \cdot sa}{x / 2} \quad (3.45.)$$

deci eroarea este :

$$ex = \frac{8 \cdot sa \cdot a}{x} \quad (3.46.)$$

unde  $x' < x$

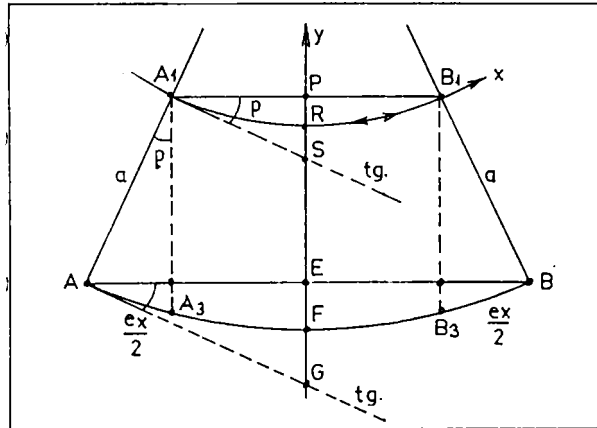


Fig. 3.25. Determinarea erorii in functie de sageata

b) Bratul grinzii cu aparatul de taiere este curb in plan orizontal, avand concavitata spre aparatul de taiere (fig.3.26.)  
 $A_1B_1 = \text{arc.}A_2B_2$  ; Similar, se demonstreaza ca eroarea :

$$ex = \frac{8 \cdot sb \cdot b}{x} \quad ; \text{ unde } x' < x \quad (3.47.)$$

sb este sageata in plan orizontal a ghidajului  $x$  superior

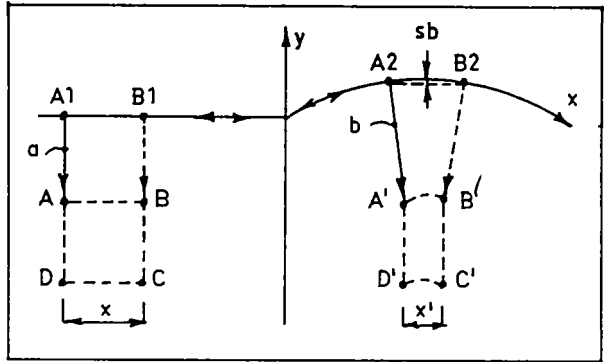


Fig. 3.26. Bratul grinzii cu aparatul de taiere este curb in plan orizontal, avand concavitata spre aparatul de taiere

c) Ambele brate ale grinzii sunt curbe ( in forma de S ) in plan orizontal, avand convexitatea spre aparatul de taiere ( figura 3.27. ).  
 $\text{arc.} A_1 B_1 = \text{arc.} A_2 B_2$   
 Aproximind ca :  
 $s_a \lll x$  si  $s_b \lll x$   
 rezulta :

$$e_x = \frac{8 \cdot s_a \cdot a}{x} + \frac{8 \cdot s_b \cdot b}{x} \quad (3.48.)$$

unde  $x' > x$

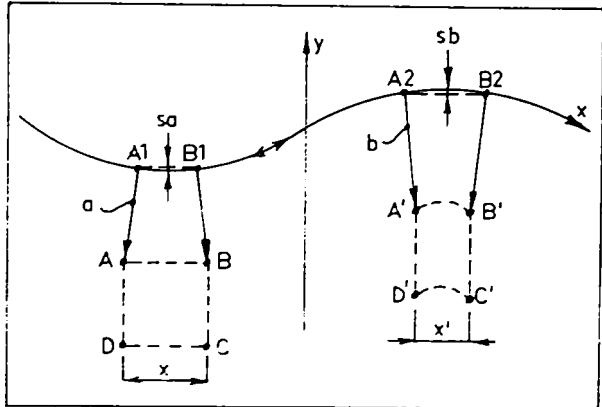


Fig. 3.27. Curbura in forma de S a grinzii, avand convexitatea spre capul optic

### 3.2.9. Tipul 9

rezulta in situatiile :  
 a) Bratul grinzii cu capul optic este curb in plan orizontal, avand concavitata spre capul optic ( figura 3.28. ).

$\text{arc.} A_1 B_1 = \text{arc.} A_2 B_2$

eroarea este :

$$e_x = \frac{8 \cdot s_a \cdot a}{x} \quad (3.49.)$$

unde :  $x' > x$

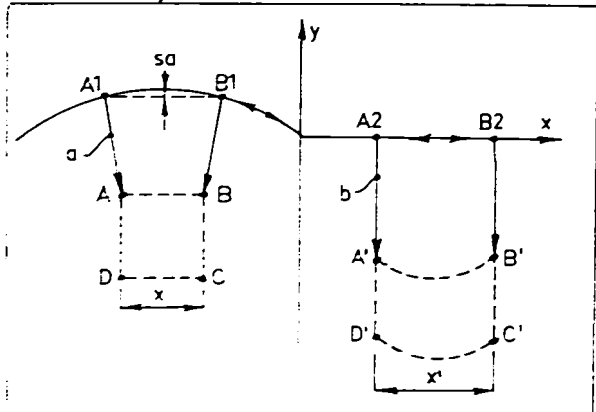


Fig. 3.28. Bratul grinzii cu capul optic este curb in plan orizontal, avand concavitata spre capul optic

b) Bratul grinzii cu aparatul de taiere este curb in plan orizontal, avand convexitatea spre aparatul de taiere (figura 3.29.).

segm.A1 B1 = arc.A2 B2

Eroarea este:

$$ex = \frac{\delta \cdot sb \cdot b}{x} \quad (3.50.)$$

unde:  $x' > x$

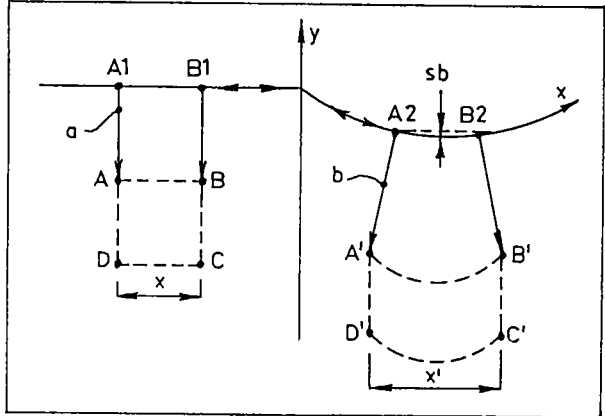


Fig. 3.29. Bratul grinzii cu aparatul de Taiere este curb in plan orizontal, avand convexitatea spre aparatul de taiere

c) Ambele brate ale grinzii sunt curbe ( forma in S ) in plan orizontal, avand concavitata spre capul optic si convexitatea spre aparatul de taiere ( figura 3.30. ).

arc.A1 B1 = arc.A2 B2

Eroarea este:

$$ex = \frac{\delta \cdot sa \cdot a}{x} + \frac{\delta \cdot sb \cdot b}{x} \quad (3.51.)$$

unde:  $x' > x$

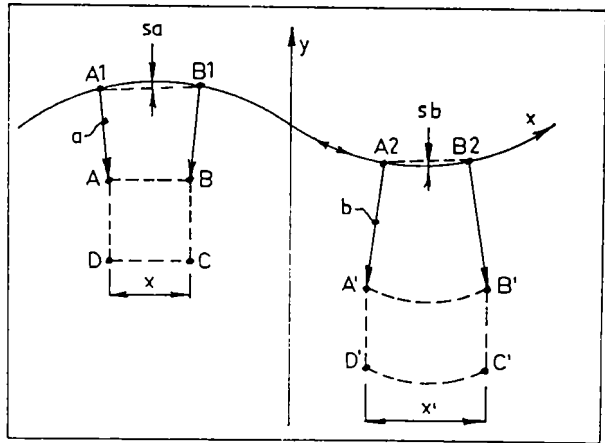


Fig. 3.30. Curbura in forma de S a grinzii x, avand concavitata spre capul optic

### 3.2.10. Tipul 10

rezulta in situatiile

a) Unul, sau ambele brate ale grinzii sunt curbe (forma in S) in plan vertical; bratul grinzii cu capul optic are concavitata in sus, iar bratul grinzii cu aparatul de taiere are concavitata in jos ( figura 3.31. ).

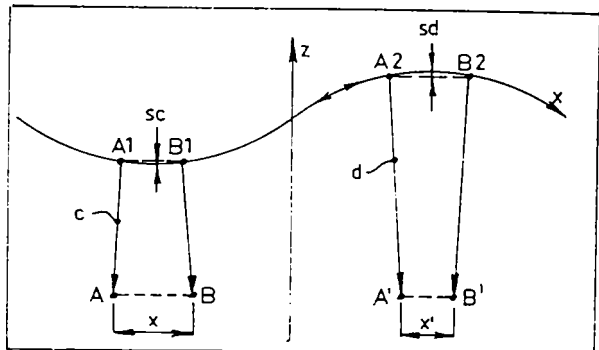


Fig. 3.31. Curbura in forma de S a grinzii x, in plan vertical, avand concavitata in jos pe bratul cu capul optic

arc.A1 B1 = arc.A2 B2  
 c - distanta între ghidajul superior x și desenul următor  
 d - distanta între ghidajul superior x și tabla  
 sc - sagueata în plan vertical a ghidajului x superior la capul optic  
 sd - sagueata în plan vertical a ghidajului x superior la aparatul de taiere . Eroarea este :

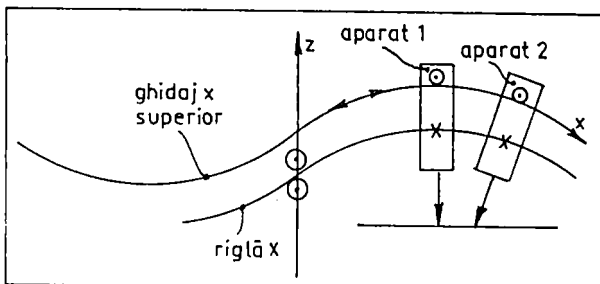


Fig. 3.32. Paralelismul între rigla x și ghidajul x

$$ex = \frac{8 \cdot sc \cdot c}{x} + \frac{8 \cdot sd \cdot d}{x}; \quad \text{unde } x' < x \quad (3.52.)$$

Se considera în calcul sagetile ghidajului x superior și sagetile riglei , deoarece, în cazul în care sunt cuplate mai multe aparate de taiere pe rigla, rigla fiind relativ subtire, se încovoiește sub greutatea aparatelor de taiere și devine paralela cu ghidajul x superior ( figura 3.32. ).

b) Bratul grinzii cu capul optic este frânt cu unghiul m , în plan vertical ( figura 3.33. ).  
 segm.A1B1 = segm.A2B2

Eroarea este :

$$ex = x \cdot (1 - \cos m) \quad (3.53.)$$

unde:  $x' < x$

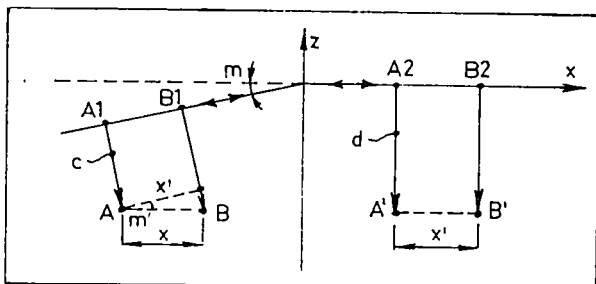


Fig. 3.33. Bratul grinzii cu capul optic este frânt în plan vertical

Erorile de acest tip se pot neglija , deoarece unghiul m este foarte mic practic, fiind impus de conditia ca spotul luminos al capului optic sa nu devieze de sub fotocelula . Aceasta implica necesitatea ca abaterea de la paralelism între ghidajul x superior și planul desenului sa fie mai mica decât +/- 0,5 mm.

c) Rigla este fortată în sus la capatul drept, cu o sageta d2 (figura 3.34.). Ținând seama de expresiile sagetii și tangentei la bare drepte supuse la încovoiere :

În A, A':

$$d2 = \frac{F1 \cdot f \cdot (f + e + x)}{3 \cdot E \cdot Iz} \quad (3.54.)$$

$$tg \ n1 = \frac{ex1}{g} = \frac{F1 \cdot f \cdot (x + e)}{6 \cdot E \cdot Iz} \quad (3.55.)$$

$$tg \ n3 = \frac{ex3}{h} = \frac{F1 \cdot f \cdot (3 \cdot f + 2 \cdot x + 2 \cdot e)}{6 \cdot E \cdot Iz} \quad (3.56.)$$

In B, B':

$$d2 = \frac{F2 \cdot (f + x) \cdot (e + f + x)}{3 \cdot E \cdot Iz} \quad (3.57.)$$

$$\text{tg } n2 = \frac{ex2}{g} = \frac{F2 \cdot (f + x) \cdot e}{6 \cdot E \cdot Iz} \quad (3.58.)$$

$$\text{tg } n4 = \frac{ex4}{h} = \frac{F2 \cdot (f + x) \cdot (3 \cdot f + 3 \cdot x + 3 \cdot e)}{6 \cdot E \cdot Iz} \quad (3.59.)$$

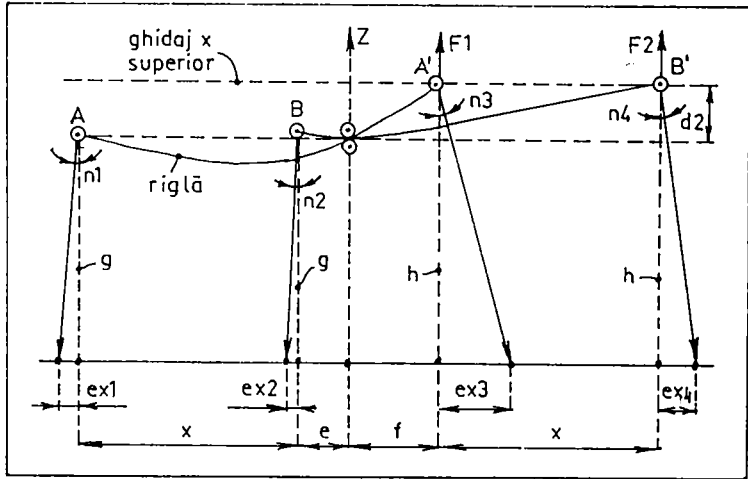


Fig. 3.34. Rigla este fortata in sus la capatul drept

Conform fig. 3.34.:  $ex = (ex1 - ex2) + (ex3 - ex4)$  (3.60.)

$$ex = \frac{d2 \cdot x \cdot (2 \cdot h + g)}{2 \cdot f \cdot (f + x)} ; \text{ unde } x' < x \quad (3.61.)$$

3.2.11. Tipul 11

le: 1. .... tii-

a) Unul sau ambele brate ale grinzii sunt curbe (forma in S) in plan vertical ; bratul grinzii cu capul optic are concavitata in jos, iar bratul grinzii cu aparatul de taiere are convexitatea in jos ( figura 3.35. ).

$$ex = \frac{8 \cdot sc \cdot c}{x} + \frac{8 \cdot \dots}{x} \quad (3.62.)$$

unde:  $x' > x$

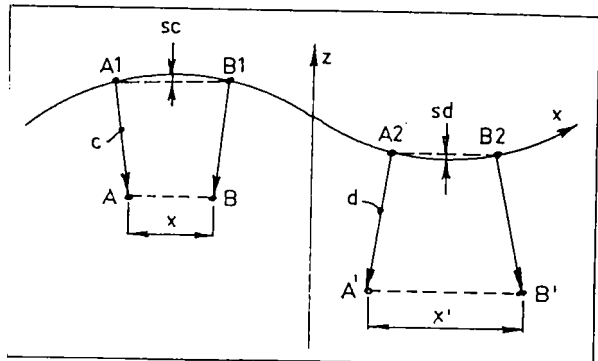
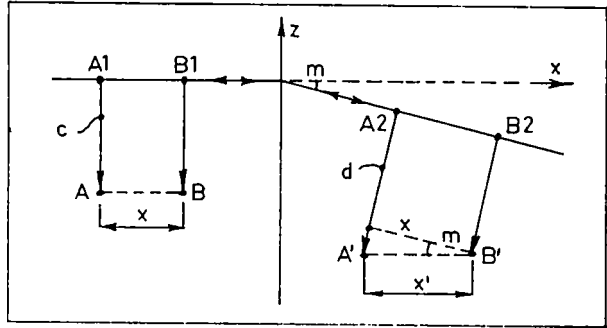


Fig. 3.35. Curbura in forma de S a grinzii x, in plan vertical, avand concavitata in jos pe bratul cu capul optic

b) Bratul grinzii , cu aparatul de taiere este frant in plan vertical cu un unghi  $m$  in plan vertical (fig. 3.36.)  
 $\text{segm.} A_2B_2 = \text{segm.} A_1B_1$   
 Eroarea este :



$$ex = x \cdot \left( \frac{1}{\cos m} - 1 \right) \quad (3.63.)$$

Fig. 3.36. Bratul grinzii cu aparatul de taiere este frant in plan vertical

unde:  $x' > x$

c) Rigla este fortata in sus la capatul sting, cu o sageata  $d_1$  ( figura 3.37. ) . Eroarea este :

$$ex = \frac{d_1 \cdot x \cdot (2 \cdot g + h)}{2 \cdot e \cdot (e + x)} ; \text{ unde } x' > x \quad (3.64.)$$

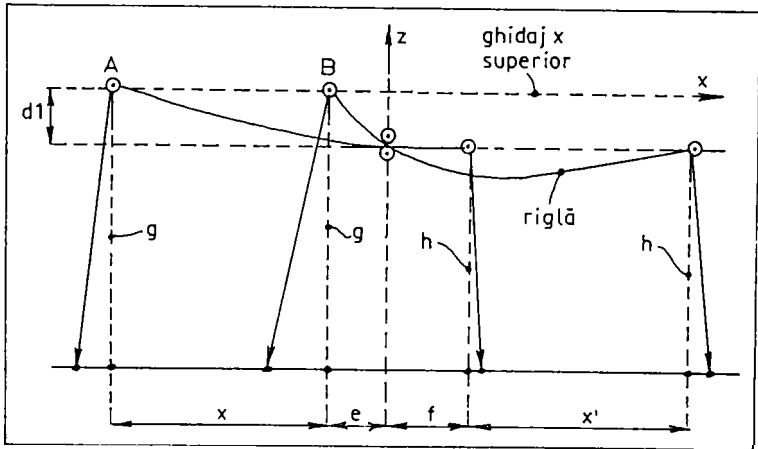


Fig. 3.37. Rigla este fortata in sus la capatul sting

### 3.2.12. Tipul 12

rezulta in situatia in care ghidajul vertical din portaparatul de taiere nu este paralel cu axul rulmentului special ( figura 3.38. ). Daca se noteaza:

$q$  - unghiul de inclinare a ghidajului  $OB''$  fata de axul rulmentului  $O'O''$ .

$i$  - cursa verticala a aparatului de taiere

$b_1$  - bratul orizontal al aparatului de taiere

$b'$  - bratul orizontal de ghidare

rezulta :

$$A''B'' = i \cdot \sin q \quad (3.65.)$$

$$\frac{A'B'}{A'O'} = \frac{A''B''}{A''O''} \quad (3.66.)$$

$$\frac{ex}{b1} = \frac{i \cdot B''}{b'} \quad (3.67.)$$

$$\frac{ex}{b1} = \frac{i \cdot \sin q}{b'} \quad (3.68.)$$

$$ex = \frac{b1 \cdot i}{b'} \cdot \sin q \quad (3.69.)$$

De obicei, la eroarea  $ex$  se mai adauga si o eroare cauzata de joc in rulment (translatie  $x$  si pendulare  $x$ ) si joc pe ghidajul vertical.

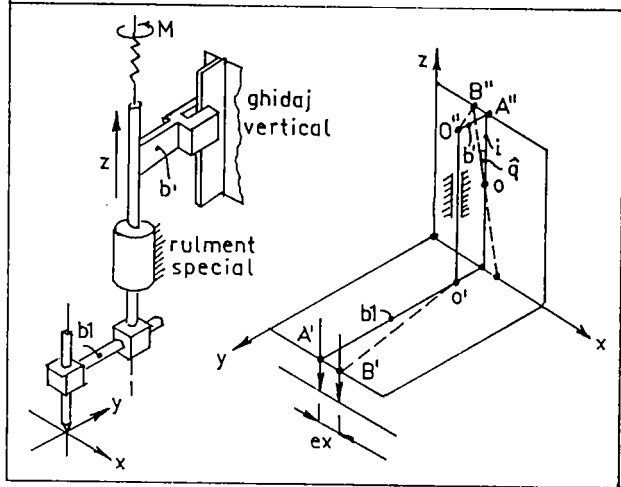


Fig. 3.38. Ghidajul vertical al aparatului de taiere nu este paralel cu axul rulmentului special

### 3.2.13. Tipul 13

rezulta in situatia in care ghidajul  $y$  este curb in plan orizontal, avand concavitata spre aparatul de taiere (figura 3.39.). Eroarea este:

$$ey = \frac{8 \cdot s \cdot (e1 + f1)}{y} \quad (3.70.)$$

unde:  $y' < y$

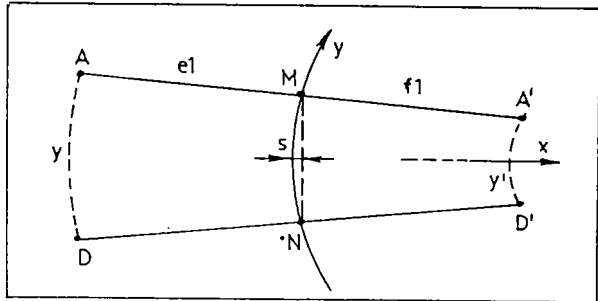


Fig. 3.39. Curbura ghidajului  $y$  in plan orizontal, avand concavitata spre aparatul de taiere

### 3.2.14. Tipul 14

rezulta in situatia in care ghidajul  $y$  este curb in plan orizontal, avand convexitatea spre aparatul de taiere (figura 3.40.). Eroarea este:

$$ey = \frac{8 \cdot s \cdot (e1 + f1)}{y} \quad (3.71.)$$

unde:  $y' > y$

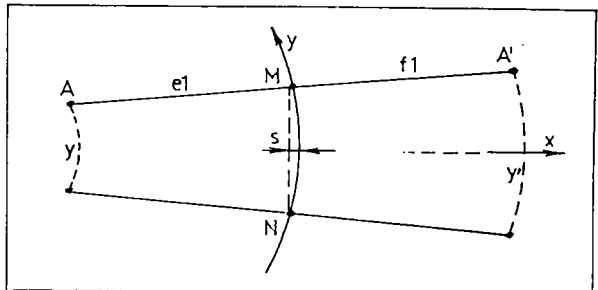


Fig. 3.40. Curbura ghidajului  $y$  in plan orizontal, avand convexitatea spre aparatul de taiere



3.2.15. Tipul 15

rezulta in situatii-  
1 :

a) Ghidajele x pe care ruleaza capul optic nu sunt coplanare (figura 3.41.). Daca "sai" este abaterea de la coplanaritate a ghidajului x inferior, la nivelul capului optic, eroarea este:

$$e_y = \frac{c}{v} \cdot sai \quad (3.72.)$$

b) Ghidajele x pe care ruleaza aparatul de taiere, nu sunt coplanare (figura 3.42.). Daca "sbi" este abaterea de la coplanaritate a ghidajului x inferior, la nivelul aparatului de taiere, eroarea este:

$$e_y = \frac{d}{v} \cdot sbi \quad (3.73.)$$

c) Ghidajele x pe care ruleaza capul optic si aparatele de taiere, nu sunt coplanare (se cumuleaza efectele):

$$e_y = \frac{c}{v} \cdot sai + \frac{d}{v} \cdot sbi$$

sau:

$$e_y = \frac{c}{v} \cdot sai - \frac{d}{v} \cdot sbi$$

$$(3.74.)$$

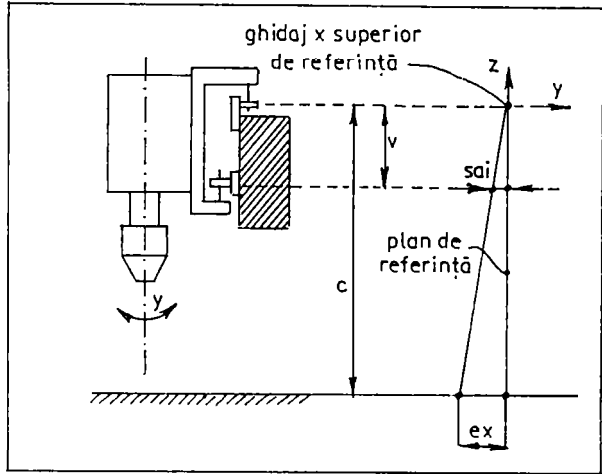


Fig. 3.41. Ghidajele x ale capului optic nu sunt coplanare

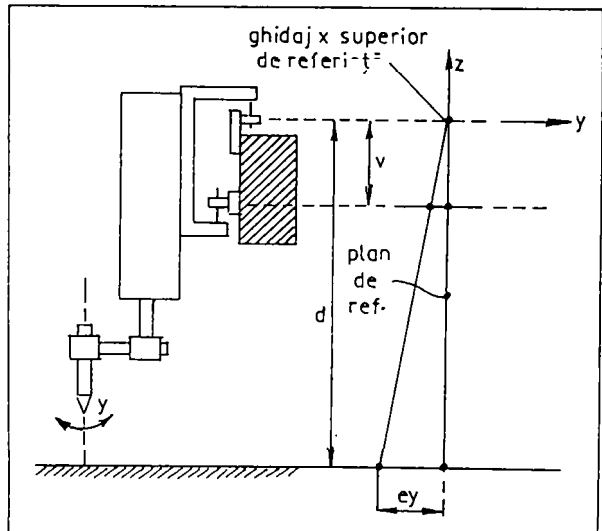


Fig. 3.42. Ghidajele x ale aparatului de taiere nu sunt coplanare

3.2.16. Concluzii asupra celor 15 tipuri de erori geometrice

Prin cumulearea celor 15 tipuri de erori, în ipoteza ca au același semn:

Cota x' va fi afectata de eroarea totala : (3.75.)

$$ex = x \cdot (1 - \cos p) + x \cdot (1 - \cos m) + \frac{8 \cdot sa \cdot a}{x} + \frac{8 \cdot sc \cdot c}{x} + \frac{8 \cdot sb \cdot b}{x} + \frac{8 \cdot sd \cdot d}{x} + \frac{d2 \cdot x \cdot (2 \cdot h + g)}{2 \cdot f \cdot (f + x)} + \frac{b1 \cdot i}{b'} \cdot \sin q$$

Cota y' va fi afectata de eroarea totala :

$$ey = \frac{8 \cdot s \cdot (e1 + f1)}{y} + \frac{c}{v} \cdot sai + \frac{d}{v} \cdot sbi \quad (3.76.)$$

Daca se impune o eroare maxima de +/- 0,4 mm la cota de 1m, deci de +/- 0,8 mm in planul de lucru de 2 x 2 metri si daca se alocata si partii electronice - optice o rezerva de +/- 0,1 mm, se poate atribui fiecarui termen o valoare echitabila:

$$ex = 0,7 \text{ mm} = 0,05 + 0,05 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 \text{ mm} \quad (3.77.)$$

$$ey = 0,7 \text{ mm} = 0,23 + 0,23 + 0,23 \text{ mm} \quad (3.78.)$$

Daca , de exemplu (cazul masinii tip "MATTO-G", varianta 1) geometria masinii consta din :

x = 2000 mm	g = 230 mm
y = 2000 mm	h = 580 mm
a = 187 mm	i = 20 mm
b = 285 mm	b' = 60 mm
c = 390 mm	b1 = 175 mm
d = 705 mm	v = 125 mm
e = 200 mm	e1+f1 = e+f+x = 2650 mm
f = 450 mm	

Rezulta ca reperele masinii trebuie sa fie executate suficient de precis, ca sa asigure:

p = max. 24'	d2 = max. 0,08 mm
m = max. 24'	q = max. 6'
sa = max. 0,13 mm / 2 m	s = max. 0,09 mm / 2 m
sb = max. 0,09 mm / 2 m	sai = max. 0,07 mm / 2 m
sc = max. 0,06 mm / 2 m	sbi = max. 0,04 mm / 2 m
sd = max. 0,035 mm / 2 m	

Analiza fiecarui reper generator de eroare, a condus la regandirea solutiei constructive , rezultind varianta a 2-a a masinii tip " MATTO-G ", la care , rigla elastica x a fost inlocuita cu o grinda rigida care se poate translata in lungul grinzii principale x . Aceasta a condus la reducerea erorilor astfel:

$$ex = \frac{8}{x} (sa \cdot a - sc \cdot c) + \frac{8}{x} (sb \cdot b - sd \cdot d) + \frac{b1 \cdot i}{b'} \cdot \sin q \quad (3.79.)$$

$$ey = \frac{8 \cdot s (e1 - f1)}{y} + \frac{c \cdot sai - d \cdot sbi}{v} \quad (3.80.)$$

$$ex = 0 + 0 + 0,1 = 0,1 \text{ mm} ; \quad ey = 0,23 + 0 = 0,23 \text{ mm} \quad (3.81.)$$

3.3. Conditii de executie a echipamentului electronic la masinile automate de taiere termica prin urmarire optica la scara 1:1

Partea electronica afecteaza precizia prin aspectele :

1. Decalajul de tensiune generat de traductorul optic.
2. Zona de insensibilitate a motorului mz.
3. Zona de insensibilitate a motoarelor mx,my .

S-au analizat si aspectele:

4. Deriva termica a variatoarelor de turatie x, y . Acestea nu afecteaza cota piesei, producand numai o translatare a piesei fata de tabla din care se debiteaza, cu cca. 0,01 mm.

5. Abaterea de la forma curbei sinus si forma curbei cosinus la descompunerea in coordonate . Aceasta nu afecteaza cota piesei, produce numai o modificare a vitezei de avans cu cca. 1% Eroarea maxima ar putea sa apara la 45 grade (cand  $v_x = v_y$ ) . In acest caz,  $v_x' = v_x + \#v$  si  $v_y' = v_y + \#v$  . In relatii,  $\#v$  este deriva de viteza perturbatoare . Nu se produce o rotire a vectorului viteza tangent la curba rezultatant  $v_t = v_x' + v_y'$ , ci numai o modificare a modulului.

3.3.1. Eroarea cauzata de traductorul optic "eo"

Traductorul optic are rolul de a genera o tensiune  $U_0$ , in functie de nivelul de alb/negru al desenului urmarit. In cazul ideal ( eroare zero ), dependenta  $U_0 = f(x)$ , pentru o diafragma  $f_0$  de 2 mm, este reprezentata in figura 3.43., in care s-a notat:

- + $U_a$  - tensiunea generata de nivelul de alb
- $U_n$  - tensiunea generata de nivelul de negru
- x - pozitia fotocelulei pe directia normala la contur

La dispunerea fotocelulei pe jonctiunea intre alb si negru tensiunea generata  $U_0 = 0$  volti.

In cazul real, cu eroare (figura 3.44.), in locul caracteristicii ideale, se dispune de o caracteristica deplasata, ceea ce pune in evidenta faptul ca la jonctiunea intre negru si alb, ( $x = 0$ ), apare o tensiune de decalaj " $\#U_0$ ", variabila in functie de conditiile perturbatoare.

Deoarece sistemul automat de reglare in bucla inchisa readuce fotocelula pe pozitia  $U_0 = 0V$  apare o eroare  $eo$  a pozitiei fotocelulei fata de desen. Din figura 3.44. rezulta :

$$\frac{f_0/2 + eo}{+U_a} = \frac{f_0/2 - eo}{-U_n} = \frac{eo}{\#U_0}$$

(3.82.)

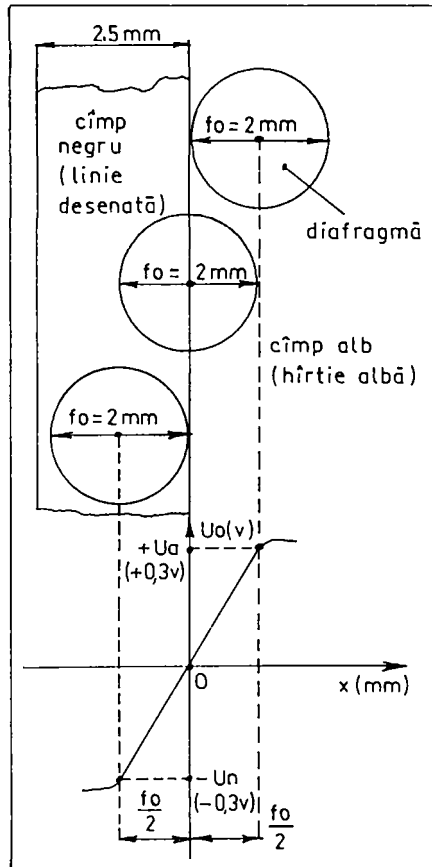


Fig. 3.43. Caracteristica ideală :  $U_0 = f(x)$

deci:

$$e_o = \frac{\#U_o}{(U_a + U_n)} \cdot f_o \quad (3.83.)$$

$$\#U_o = \frac{U_a + U_n}{2} \quad (3.84.)$$

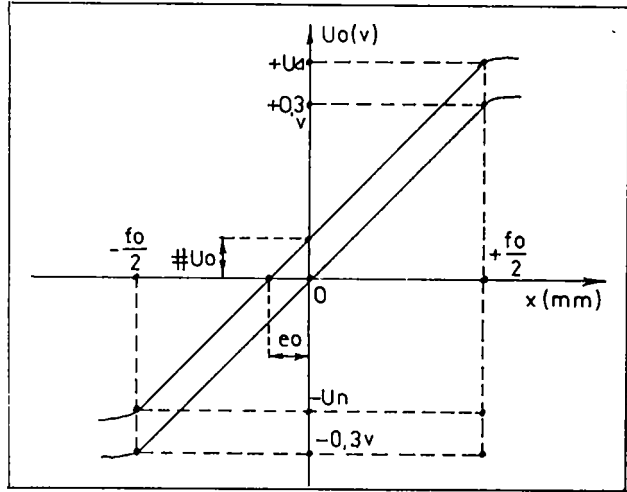


Fig. 3.44. Caracteristica reala:  $U_o = f(x)$

Practic, cu potentiometrul de pe capul optic se regleaza echilibrul  $U_a = U_n$ , iar cu potentiometrul de pe placa electronica se regleaza amplificarea  $U_a + U_n = 0,6$  V. Diametrul  $f_o$  al diafragmei se optimizeaza la  $f_o = 2$  mm, ca un compromis intre deriva termica si iluminare. Deoarece elementele perturbatoare nu afecteaza amplificarea ( $U_a + U_n = \text{constant} = 0,6$  V), rezulta:

$$e_o = \frac{\#U_o}{0,6} \cdot 2 \quad (3.85.)$$

$$e_o = 3,33 \cdot \#U_o \quad (3.86.)$$

in care :  $e_o$  (mm) ,  $\#U_o$  (V).

Tensiunea de decalaj  $\#U_o$  este cauzata de perturbatiile :

- Variatia distantei intre fotocelula si desenul urmarit .  
Practic, se impune o variatie a distantei de maxim +/- 0,5 mm in care, in conditia unei centrari corecte a spotului luminos fata de axa diafragmei, produce tensiune de decalaj minima.

- Subiectivismul reglarii echilibrului  $U_a = U_n$ . Reglarea se face prin aprecierea echilibrului intre turatia capului optic pe alb si pe negru.

- Deriva termica a fotocelulei si a amplificatorului operational.

### 3.3.2. Eroarea cauzata de zona de insensibilitate a motorului care roteste capul optic "ez"

Motorul  $m_z$  roteste capul optic prin reglare in bucla inchisa in scopul aducerii tensiunii generate de traductorul optic  $U_o$  la valoarea zero. Din cauza caracteristicii neliniare  $n_z = f(U_z)$  in zona turatiilor mici exista o zona de insensibilitate in care la o variatie de tensiune  $U_z$  corespunde o turatie  $n_z = 0$ , conform figurii 3.45.

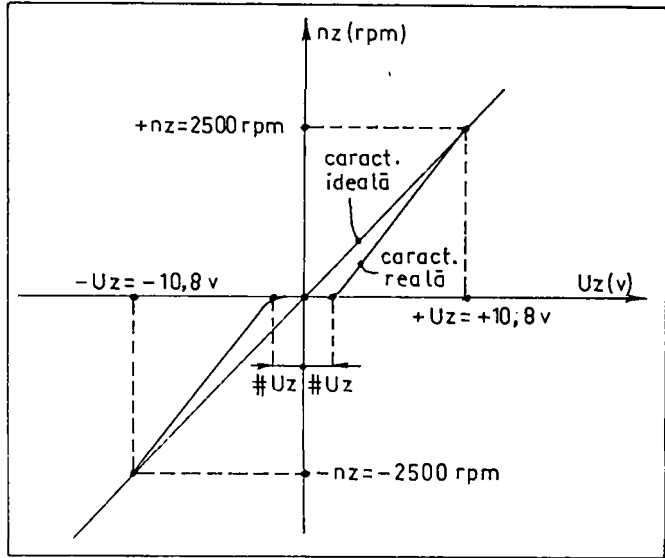


Fig. 3.45. Caracteristica  $n_z = f(U_z)$

Tensiunea  $U_z$  este obtinuta prin amplificarea tensiunii generate de traductorul optic,  $U_z = f(U_o)$ , conform figurii 3.46. Din caracteristica  $U_z = f(U_o)$  rezulta :

$$\frac{U_a + U_n}{2 \cdot U_z} = \frac{\#U_o}{\#U_z} \quad (3.87.)$$

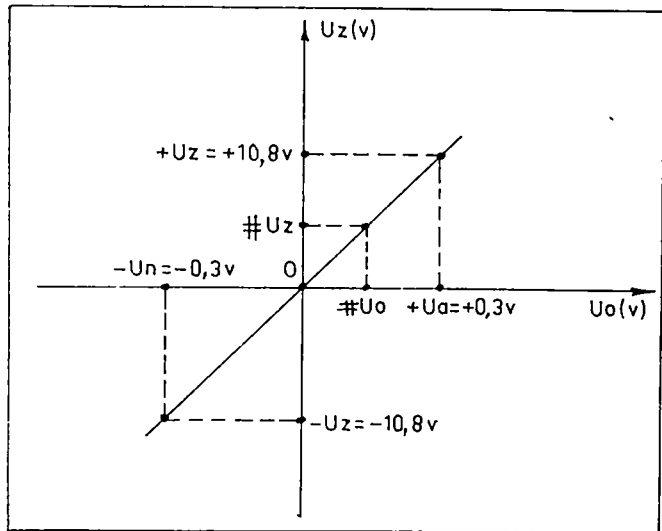


Fig. 3.46. Caracteristica  $U_z = f(U_o)$

Deci traductorul optic genereaza o tensiune  $\#U_o$  care nu reuseste sa roteasca motorul  $m_z$ . Acestei tensiuni  $\#U_o$  ii corespunde o eroare  $e_o$  fata de linia desenata, la nivelul capului optic, pe care, in acest caz, o notam cu "ez" pentru ca apare din cauza motorului  $m_z$ .

$$e_z = \frac{f_o}{U_a + U_n} \cdot \#U_o \quad (3.88.)$$

Din relatiile 3.87. si 3.88 : 
$$e_z = \frac{f_0}{2 \cdot U_z} \cdot \#U_z \quad (3.89.)$$

$f_0 = 2 \text{ mm}$  ;  $U_z = 10,8 \text{ V}$  ; deci :

in care :  $e_z = (\text{mm})$  ;  $\#U_z = (\text{V})$  ; 
$$e_z = 0,092 \cdot \#U_z \quad (3.90.)$$

3.3.3. Eroarea cauzata de zona de insensibilitate a motoarelor de actionare in coordonate "ex"

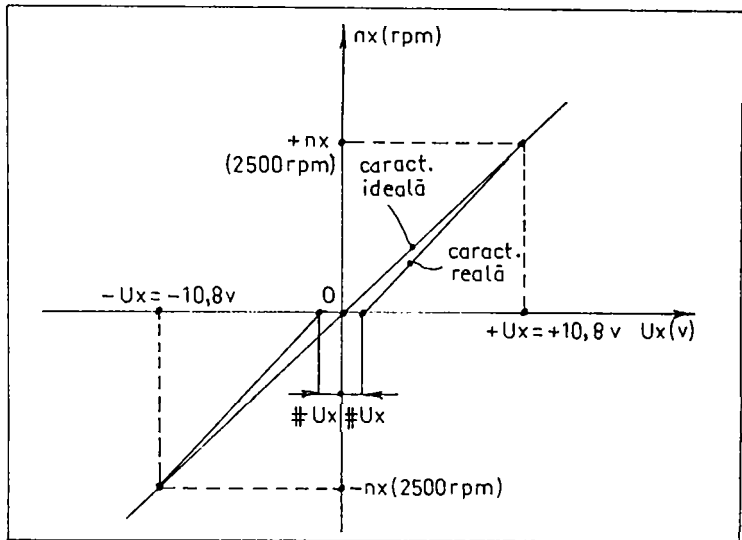


Fig. 3.47. Caracteristica  $n_x = f(U_x)$

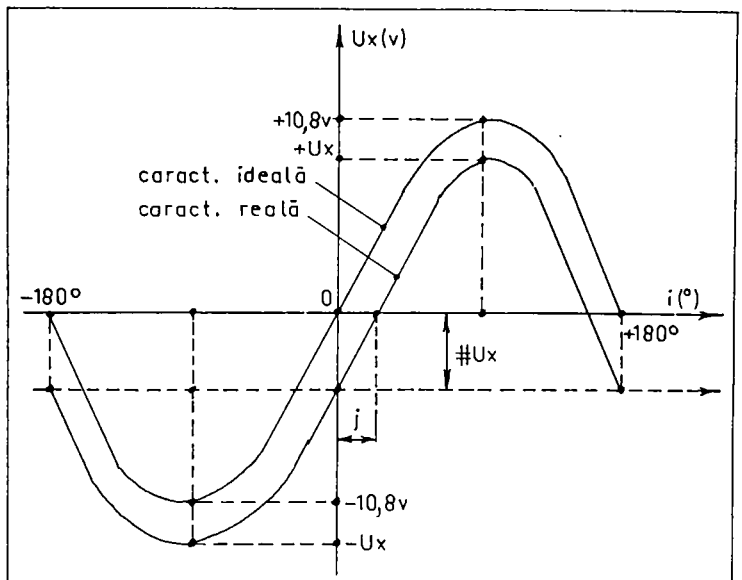


Fig. 3.48. Caracteristica  $U_x = f(i)$

Similar cu motorul  $mz$ , motoarele  $mx$  si  $my$  au zone de insensibilitate. Pe axa  $x$ , rezulta o eroare din cauza zonei de insensibilitate  $\#U_x$ , conform figurii 3.47.

Tinind seama de caracteristica descompunerii in coordonate  $U_x = f(i)$ , reprezentata in figura 3.48., rezulta :

$$\#U_x = U_x \cdot \sin j \quad (3.91.)$$

Zonei de insensibilitate  $\#U_x$ , ii corespunde o rotire a rezolverului cu un unghi  $j$  (de eroare fata de  $i$ ). Acestei rotiri  $j$ , tinand seama de excentricitatea " $d$ " a fotocelulei, ii corespunde o eroare " $ex$ ", conform figurii 3.49.

$$ex = d \cdot \sin j \quad (3.92.)$$

Din cele doua relatii rezulta :

$$ex = \frac{d}{U_x} \cdot \#U_x \quad (3.93.)$$

La  $d = 1\text{mm}$  si  $U_x = 10,8\text{ V}$  :

$$ex = 0,092 \cdot \#U_x \quad (3.94.)$$

in care:  $ex = (\text{mm})$ ;  $\#U_x = (\text{V})$

In regim stationar, zonele de insensibilitate  $\#U_z$  si  $\#U_x$  se reduc practic, prin utilizarea alimentarii motoarelor  $mz$ ,  $mx$ , prin variatoare de turatie (eventual de tensiune) si prin marirea curentului de circulatie al variatoarelor. Din conditii de incalzire si vibratii, acest curent este limitat superior.

In regim dinamic (in timpul urmaririi conturului), zona de insensibilitate este mai mare din cauza jocului in angrenaje. La reversarea turatiei motorului, pina in momentul preluarii jocului trece un timp mort, timp in care capul optic efectueaza un avans eronat. Timpul mort al actionarilor  $x, y$ , este cu atat mai mare, cu cit viteza de avans prescisa este mai mica.

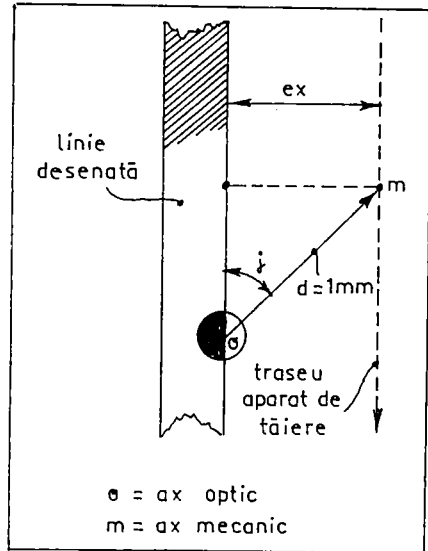


Fig. 3.49. Dependenta  $j = f(ex)$

### 3.3.4. Eroarea totala . Concluzii .

Din cauza inchiderii conturului, cota este eronata cu dublul erorilor calculate in cele 3 situatii :  $e_o, e_z, e_x$ , conform figurii 3.50.

$$e = 2 \cdot e_o + 2 \cdot e_z + 2 \cdot e_x \quad (3.95.)$$

Pentru partea electrica tratata in acest capitol, se afecteaza +/- 0,1 mm. Daca afectam ponderi egale celor 3 cauze, rezulta :

$$e_o = e_z = e_x = \frac{e}{6} = 0,016\text{ mm} \quad (3.96.)$$

Rezulta :

$$\#U_o = \frac{e_o}{3,33} = 0,0048 \text{ V} \quad (3.97.)$$

$$\#U_z = \frac{e_z}{0,092} = 0,174 \text{ V} \quad (3.98.)$$

$$\#U_x = \frac{e_x}{0,092} = 0,174 \text{ V} \quad (3.99.)$$

Valorile deosebit de mici pentru: #U<sub>o</sub>, #U<sub>z</sub>, #U<sub>x</sub>, pun în evidență faptul că se prescriu condiții foarte severe, raportat la posibilitățile tehnice de execuție.

Cele trei tipuri de erori discutate, nu depind de cota piesei, deci pentru determinarea experimentală, nu este necesară urmărirea unui desen mare.

Nota :

Valorile concrete, prezentate în acest capitol, se referă la micromotoarele tip "MA-13" (m<sub>x</sub>, m<sub>y</sub>, m<sub>z</sub>), cu care sunt echipate mașinile automate de tăiere termică oxigaz tip "MATTO-G". Informativ, unele caracteristici ale acestor motoare, sunt (146):

- tip constructiv : de curent continuu, cu magneti permanenți
- puterea nominală : 13 watt
- tensiunea nominală : 28 V
- curentul nominal : 0,8 A
- turația nominală : 6.500 rpm

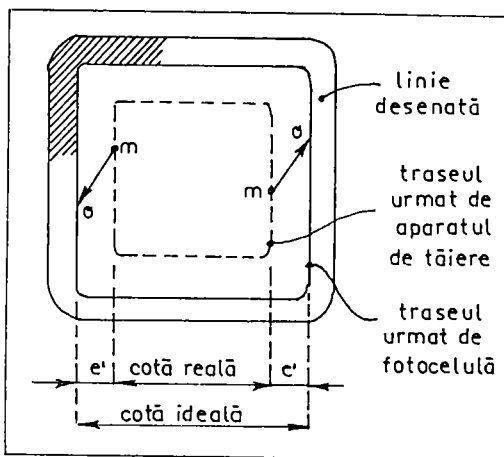


Fig. 3.50. Eroarea totală



CAPITOLUL 4

SOLUTIE NOUA  
CONCEPUTA SI REALIZATA  
DE CAP OPTIC FARA COMPONENTE  
MECANICE IN MISCARE DE ROTATIE  
IN VEDEREA MARIRII VITEZEI DE  
AVANS SI A PRECIZIEI DEBITARII

#### 4.1. Comanda numerica, sau urmarire optica ?

Desigur , aceasta intrebare si-o pun producatorii de masini automate de debitare prin conturare, dar si beneficiarii.

##### 4.1.1. Dezavantajele comenzii numerice :

- Ceea ce pare paradoxal, este faptul ca precizia conturarii nu este mai mare in cazul comenzii numerice. Practic, erorile la debitare nu sunt determinate de partea electronica a echipamentului, ci de partea mecanica: jocuri, erori ale cremaliereilor de masura, et c. Asa se explica si reglementarea acestor erori, in cazul taierii oxigaz, prin standardele germane DIN (DIN 8523-74 ) : - la urmarire optica de desene 1:1, pe curbura lenta : +/- 0,4 mm

- la comanda numerica : +/- 0,6 mm

Urmarirea optica 1:1 nu necesita cremaliere de masura x,y, nici traductoare de pozitie.

- Sub aspectul pretului , comanda numerica este de 8 ... 20 de ori mai scumpa decit urmarirea optica . Pretul este suplimentat si de necesitatea dotarii cu echipamente conexe : digitizor, scanner, plotter, calculator auxiliar, et c.

- Complexitatea utilajului pune sub semnul intrebării fiabilitatea.

- Realizarea unor contururi nedeterminate prin relatii matematice necesita operatii laborioase de programare , sau apelarea la statii grafice de inalta rezolutie de digitizare.

##### 4.1.2. Dezavantajele urmaririi optice :

Referirea se face la capurile optice rotitoare.

- Viteza de avans este de cca. 10 ori mai mica decat in cazul comenzii numerice ( cca. 0,6 metri/minut, fata de cca. 6 metri/minut ). Acest lucru este cauzat de existenta pieselor in miscare de rotatie din capul optic ( roti dintate, motor, tahogenerator, rezolvent rotativ, inele colectoare, bec de iluminare, tub optic ), jocului mecanic, timpului mort de 10 ... 20 ms din variatorul de turatie, constantelor de timp de filtrare ale demodulateoarelor sincrone , constantei de timp electrice a motorului de actionare din capul optic.

- Tesirea colturilor conturului este relativ mare (2,5mm pe bisectoarea coltului de 90 grade ). Or, din prezentarea domeniului de aplicabilitate, rezulta ca ar fi necesare tesiri mai mici ale colturilor . In cazul urmaririi optice se constata o dependenta intre excentricitatea fotocelulei si viteza de avans. Legatura este conditionata de constantele de timp ale sistemului , de jocuri si de timpii morti. Cu cat dorim o viteza de avans mai mare , cu atat suntem obligati sa marim si excentricitatea fotocelulei , altfel sistemul intra in pendulare . De exemplu , cu o excentrizare de 0,3 mm nu se poate realiza o viteza de avans mai mare de 0,1 metri/minut , cu o excentrizare de 2,5 mm se poate realiza o viteza de avans de maxim 0,6 metri/minut. Tesirea colturilor este specifica numai urmaririi optice ; in cazul comenzii numerice, tesirea determinata de conturare, nu exista.

- Inelele si periile colectoare din argint necesita operatii periodice de intretinere ( degresare si curatire cu tetraciorura de carbon ), in plus , au o durata limitata, de altfel , ca si rotile dintate din capul optic.

- O problema deosebit de neplacuta in exploatare, o consti-tuie necesitatea inlocuirii periodice a becului de iluminare a desenului. Utilizarea unor becuri nefiabile conduce la opriri la intervale de 2 ... 3 zile, iar operatia de reglare dupa inlocuire este relativ dificila, in special in cazul filamentelor excentrice fata de balonul becului. De asemenea, inegrarea interioara a balonului conduce la o deriva optica permanenta si la necesitatea corectiei periodice a " offsetului optic ".

- In practica s-a constatat si o oarecare influenta perturbatoare a luminii ambiante asupra semnalului generat de fotoce-lula, datorita operarii in domeniul vizibil al spectrului de ra-diatie .

- Fiabilitatea capului optic nu este cea mai buna, din cau-za existentei mai multor subansambluri : motor electric, tahoge-nerator, rezolver rotitor, variator de turatie, stabilizator de tensiune pentru becul de iluminare , 2 demodulatoare sincrone , perii colectoare, roti dintate, bec de iluminare.

- Pretul de fabricatie al capului optic nu este cel mai mic  
- Raportul semnal/zgomot al traductorului optic nu este su-ficient de mare.

#### 4.2. Solutia propusa : un nou tip de cap optic

Nu in mod intimplator , la punctul 4.1. au fost prezentate numai dezavantaje.

In continuare , se propune o solutie care elimina toate de-zavantajele prezentate: si pentru comanda numerica si pentru ur-marirea optica : realizarea unui cap optic fara componente meca-nice in miscare de rotatie . Performantele sunt spectaculoase si acestea , pentru beneficiar devin interesante :

- Viteza de avans a noului tip de cap optic este de cca.100 metri/minut , deci de cca. 160 de ori mai mare decit a capurilor optice clasice ( rotitoare ) , care au maxim 0,6 metri/minut . Raspunsul se obtine in timp real, realizarea functiilor sinus si cosinus se face numai pe cale electronica . Daca la capurile optice rotitoare limitarea vitezei de avans la 0,6 metri/minut este determinata chiar de capul optic , in cazul noului tip de cap optic , limitarea nu o mai produce acesta , ci actionarile x,y. Din cauza acestora , s-a convenit sa se garanteze viteza maxima de avans de 6 metri/minut , oricum , de 10 ori mai mare decit a capurilor optice rotitoare si similara cu viteza maxima in caz-ul comenzii numerice . Prin extinderea domeniului vitezei de a-vans, se faciliteaza taierea materialelor, prin procedee de mare concentrare energetica : taierea cu plasma si taierea cu laser.

- Marirea preciziei colturilor conturului de 6 ori. Aceasta se manifesta prin reducerea tesirii coltului pe bisectoarea un-giului de 90 grade , de la 2,5 mm la 0,4 mm . Tinand seama de faptul ca tesirea de 2,5 mm se obtine la capurile optice roti-toare la viteza maxima de 0,6 metri/minut, prin extrapolare , la o viteza de 6 metri/minut ar fi necesara o excentricitate de  $2,5 \times 10 = 25$  mm ( deci ar rezulta o tesire de 25 mm ). Deci, de fapt, reducerea echivalenta a tesirii, raportata la aceesi vite-za de 6 metri/minut, ar fi de  $25 / 0,4 =$  cca. 62 ori.

- Marirea productivitatii de cca. 10 ori este un rezultat al maririi vitezei de avans. Bineinteles, trebuie asigurat si un aport energetic la tehnologia de taiere sau un aport al densita-tii energetice, reflectat in obtinerea unor fante mai inguste a-le taieturii.

- Precizia este mai mare decit in cazul comenzii numerice . Raportat la o cota a piesei de 10 metri, se asigura o eroare de +/- 0,4 mm ( fata de +/- 0,6 mm la 10 metri la cda. numerica ).

Aceasta precizie este facilitata de faptul ca in cazul urmaririi optice 1:1 nu sunt necesare cremaliere de masura x,y, nici traductoare de pozitie x,y. Eroarea de +/- 0,6 mm este conditionata aproape in totalitate de eroarea cremalierelor de masura, desi incrementul de masura al comenzii numerice, sau incrementul de programare pot sa fie sensibil mai mici ( de 0,01 ... 0,1 mm, de exemplu, la o cota de 10 metri ).

- Fata de capurile optice clasice ( rotitoare ) de larga circulatie pe piata Europeana, noul tip de cap optic nu contine: motor electric, tahogenerator, rezolver bipolar rotitor, variator de turatie, 2 demodulatoare sincrone, inele colectoare si perii colectoare ( din argint ), roti dintate, bec, stabilizator de tensiune pentru bec. Din aceasta cauza :

- Fiabilitatea este de cca. 100 de ori mai mare decat a capurilor optice rotitoare.

- Gabaritul este de cca. 5 ori mai mic fata de capurile optice pentru urmarire 1:1 si de cca. 20 de ori mai mic fata de capurile optice pentru urmarire 1:10.

- Pretul de fabricatie este de cca. 10 ori mai mic .

- Sistemul de iluminare cu bec cu incandescenta este inlocuit cu un sistem in infrarosu, cu durata de viata infinita, care nu necesita operatii de reglaj . Este garantata o durata de viata de 10 ani , cu regimul de lucru de 24 ore / 24 ore .

- Raportul semnal / zgomot este de cca. 100 de ori mai mare . Prin aceasta , perturbatiile electrice, optice , sunt eliminate . Acest raport marit se realizeaza prin utilizarea fotodetectorului in domeniul spectral infrarosu .

- Fata de comanda numerica, sistemul urmaririi optice ofera avantajul urmaririi oricaror contururi nedeterminate prin relatii matematice . De fapt , acest cap optic de mare viteza poate lucra in regim de "teacher" pentru "invatarea" conturului. Memorarea se face numeric, separat pe axele x,y ; dupa acest moment, desenul urmarit nu mai este necesar . Nu sunt necesare nici scannere nici digitizoare speciale, capul optic tine locul acestora. Se noteaza ca in cazul acesta , masina trebuie prevazuta cu cremaliere de masura si cu traductoare de pozitie , precum si cu echipamentul de comanda numerica .

#### 4.3. Principiul de realizare a capului optic fara piese inertiiale in miscare de rotatie ( figura 4.1. )

Traductorul optic (figura 4.1.) este format din 4, 8, 16, 32, ... celule fotovoltaice dispuse circular (coordonate polare) Rezolutia mai mare se obtine prin utilizarea mai multor celule fotovoltaice . Celulele fotovoltaice au suprafata de forma unor sectoare de cerc . Acestea sunt separate prin interstitii izo-lante foarte inguste, de cca. 0,1 ... 0,3 mm , iar diametrul exterior este de 7 ... 8 mm.

Compromisul : precizie / numar fotocelule , realizat prin 8 bucati se considera optim .

In figura 4.1., s-au notat fotocelulele cu numere ( 1,2,3, 4,5,6,7,8 ), iar jonctiunile cu litere ( a,b,c,d,e,f,g,h ).

Sistemul cartezian x,y coincide cu ghidajele masinii ( x= transversal , y= longitudinal ) . Jonctiunea h este orientata in sensul axei +x , jonctiunea b in sensul axei +y , et c.

Aria fotosensibila cu diametrul de 7 mm , este impresionata de imaginea marita a unei portiuni din linia desenata . In functie de obiectivul ( lentile ) folosit, se pot " vedea " linii de diferite grosimi . Conditia care se pune este ca imaginea marita a liniei desenate sa fie mai mare decit diametrul de 7 mm .

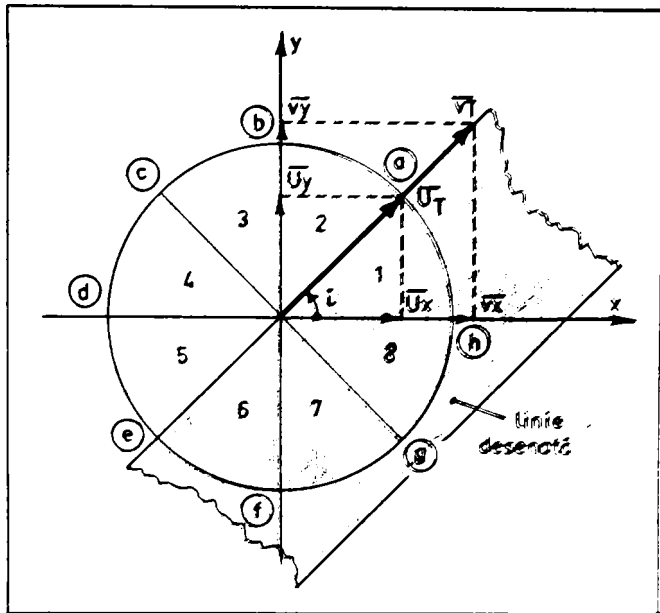


Fig. 4.1. Dispunerea sectoarelor fotosensibile fata de axele de coordonata x y, ale masinii.

Trebuie remarcat faptul ca iluminarea ariei fotosensibile ( fluxul luminos / arie ) este proportional cu patratul marimii lentilei . Deci, pentru urmarirea unor linii foarte subtiri sunt necesare surse de iluminare puternice .

In figura 4.1. este prezentata situatia in care linia desenata este orientata in sensul jonctiunii a . Acest vector optic "a" este suprapus peste vectorul viteza tangentiala  $v_T$  .

In functie de pozitia unghiulara a liniei desenate poate fi activat câte unul din vectorii optici a,b,c,d,e,f,g,h, sau rezultanta a 2 vectori succesivi .

In cazul particular prezentat in figura 4.1. este activat numai vectorul optic "a" . Vectorul optic "e", opus lui "a", nu este activat . Selectia se face prin logica patrarii rezultatului pe partea dreapta fata de sensul de avans  $v_T$  . Fiecarei vector optic a,b,c,d,e,f,g,h, i se asociaza cate un procesor analogic pe care il numim " celula vector " .

In figura 4.2. este prezentata " celula vector a " . Care , in cele 8 situatii tipice de orientare a vectorului  $v_T$  , genereaza la iesirea "a" un semnal (-10 V), numai in cazul 2. In celelalte 7 situatii din totalul de 8 , la iesire genereaza tensiune zero ( 0V ) .

Se stabileste regula ca fotocelula pe alb genereaza -11 V ( logic 1 ), iar fotocelula pe negru genereaza -11 V ( logic 0 ) .

Datorita existentei redresorului ideal , la iesire este posibil sa existe tensiuni pozitive, conform figurii 4.3.

Fiecare celula vector compara numai semnalele generate de 2 fotocelule adiacente . In exemplul din figura 4.2. aduc contributia numai fotocelulele 1 si 2 .

Dioda Zener de 11V are rolul de a nu permite generarea unor tensiuni in domeniul (-10V ... -15V) , acest lucru se realizeaza peste limita admisa de 6 metri/minut .

1			$U_h = -10V$ (activ) $U_{a,b,c,d,e,f,g} = 0V$
2			$U_a = -10V$ (activ) $U_{b,c,d,e,f,g,h} = 0V$
3			$U_b = -10V$ (activ) $U_{c,d,e,f,g,h,a} = 0V$
4			$U_c = -10V$ (activ) $U_{d,e,f,g,h,a,b} = 0V$
5			$U_d = -10V$ (activ) $U_{e,f,g,h,a,b,c} = 0V$
6			$U_e = -10V$ (activ) $U_{f,g,h,a,b,c,d} = 0V$
7			$U_f = -10V$ (activ) $U_{g,h,a,b,c,d,e} = 0V$
8			$U_g = -10V$ (activ) $U_{h,a,b,c,d,e,f} = 0V$

Fig. 4.2. Celula vector "a" in 8 situatii tipice de orientare a vectorului viteza tangentiala  $v_T$

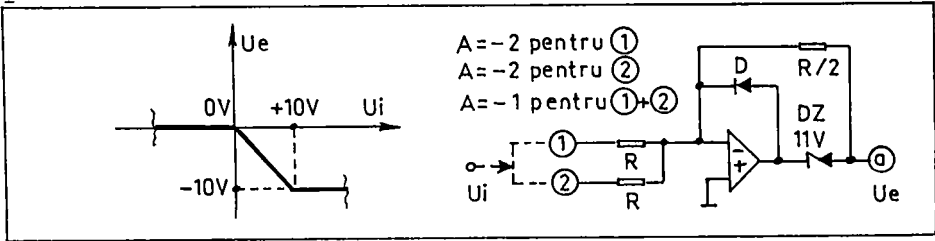


Fig. 4.3. Caracteristica de transfer a circuitului sumator - redresor ideal

4.4. Algoritmul " rezolverului optic " ( figura 4.4. )

Analizind figura 4.1., se poate observa ca viteza tangentiala se poate descompune in doua componente vx, vy :

$$v_x = v_T \cdot \cos i \quad (4.1.)$$

$$v_y = v_T \cdot \sin i \quad (4.2.)$$

Vectorul optic UT, suprapus peste vectorul viteza tangentiala vT, se poate descompune in doua componente Ux, Uy :

$$U_x = U_T \cdot \cos i \quad (4.3.)$$

$$U_y = U_T \cdot \sin i \quad (4.4.)$$

Intre vectorul optic UT si vectorul viteza tangentiala vT exista relatia :

$$v_T = K \cdot U_T \quad (4.5.)$$

In relatie, vT se exprima in metri/minut, iar UT in volti . Algoritmul matematic de tip rezolver (descompunere in sinus si cosinus) este realizat cu ajutorul sumatoarelor x,y, pe principiul insumarii ponderate (cu rezistente ponderate), conform figurii 4.4. Se prezinta acest lucru, tabelat :

Tabelul 4.1.

vector activ	la unghiul i (grade)	rezulta Ux (V)	rezulta Uy (V)
h	0	+10	0
a	45	+7	+7
b	90	0	+10
c	135	-7	+7
d	180	-10	0
e	225	-7	-7
f	270	0	-10
g	315	+7	-7

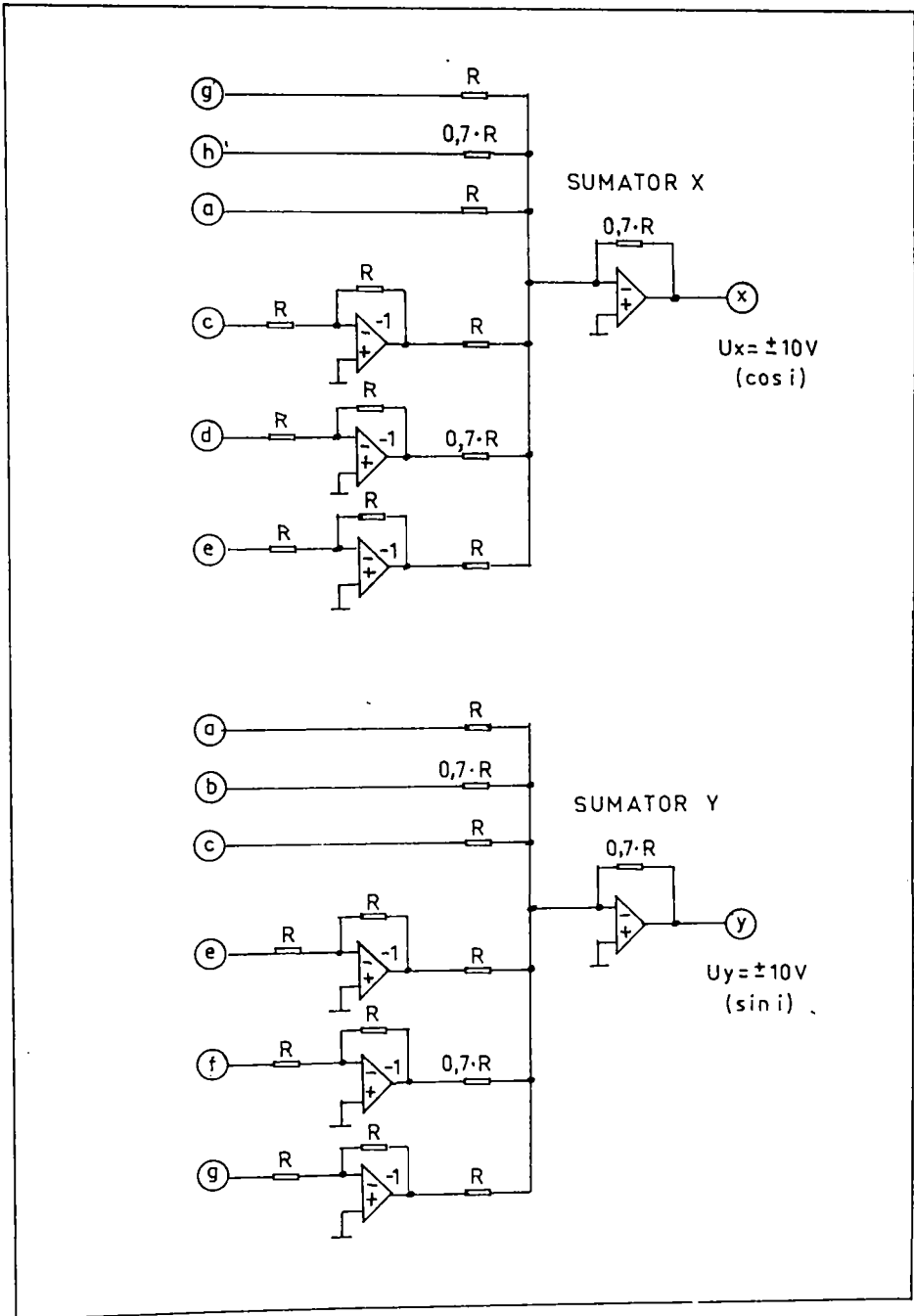


Fig. 4.4. Sumatoarele x, y (rezolverul sin i, cos i)



In rezumat,  $U_x$  descrie o caracteristica de tip cosinus, iar  $U_y$  descrie o caracteristica de tip sinus.

$U_T = 10 \text{ V}$

$k_v \cdot U_T = 0 \dots 10 \text{ V}$ , prin prescriere de pe panou

De notat ca in figura 4.4., la formarea tensiunilor  $U_x$ , respectiv  $U_y$ , nu contribuie toate celulele vector. In cazul  $U_x$  nu apar celulele b, f, iar in cazul  $U_y$  nu apar celulele h, d.

4.5. Functionarea in regim de interpolare  
intre doua celule vector succesive  
( figura 4.5. )

In punctele a, b, c, d, e, f, g, h, compunerea vitezei tangentiale  $V_T$  din componentele  $v_x, v_y$ , se realizeaza exact, respectand valorile din curbele sinus, cosinus.

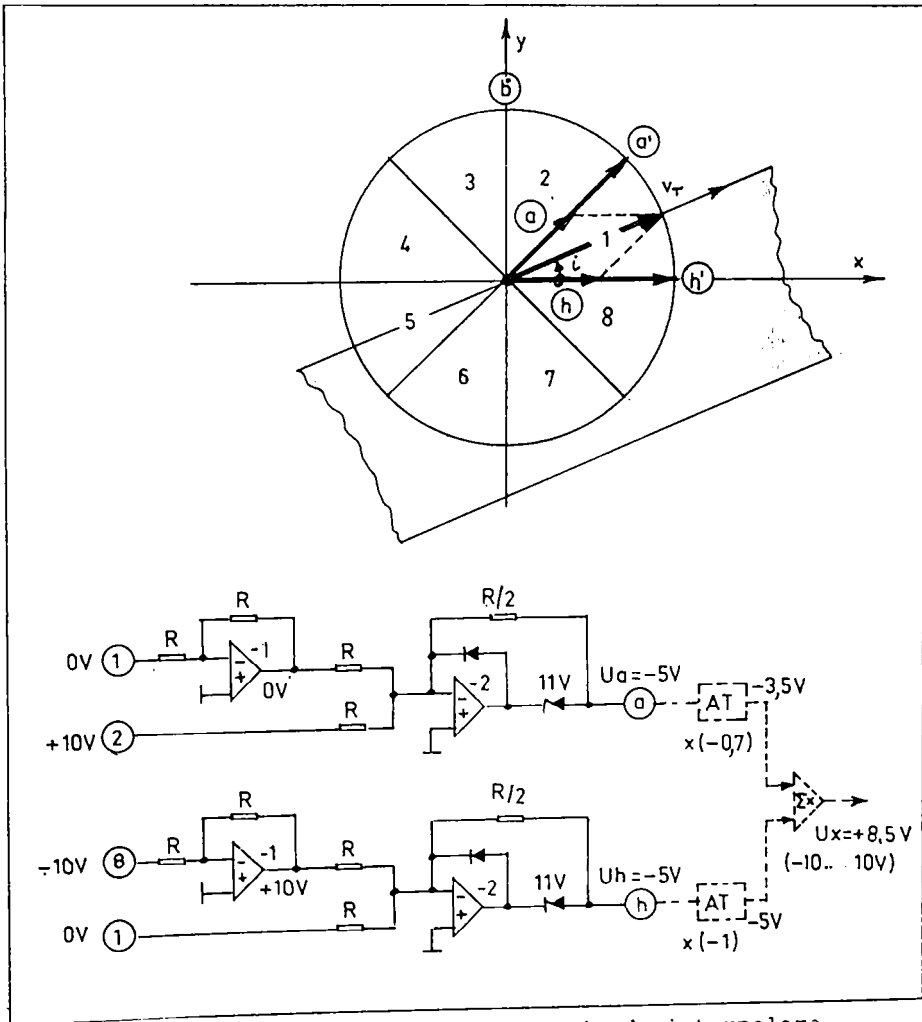


Fig. 4.5. Functionarea in regim de interpolare  
intre doua celule vector succesive

La unghiuri oarecare, diferite de cele 8 tipice ( din tabelul 4.1. ), fiecare celula vector realizeaza o interpolare liniara a tensiunii de iesire . De exemplu,  $U_a = 0 \dots -10$  volti , in cadrul unui sector de 45 grade .

In figura 4.5., la unghiul de 22,5 grade, rezulta :  
 $U_a = -5$  volti,  $U_h = -5$  volti .

$$v_T = v_a + v_b + v_h \quad (4.6.)$$

$$U_x = 0,7.U_a + 0.U_b + 1.U_h = 3,5V + 0V + 5V = +8,5V \quad (4.7.)$$

$$U_y = 0,7.U_a + 0.U_b + 0.U_h = 3,5V + 0V + 0V = +3,5V \quad (4.8.)$$

4.6. Problema erorii de viteza si a erorii de pozitie,  
 din cauza interpolarii liniare  
 ( figura 4.6. si figura 4.7. )

Algoritmul rezolverului optic ofera garantia realizarii exacte a functiilor sinus si cosinus in punctele a,b,c,d,e,f,g,h de pe curbele :  $U_y = U_T \cdot \sin i$  si  $U_x = U_T \cdot \cos i$  , conform figurii 4.6. In aceste puncte nu exista eroare de viteza , nici eroare de pozitie .

In regimul dintre puncte , procesorul " nu stie " sa interpoleze sinusoidal, ci liniar (pe curba reprezentata cu linie intrerupta - curba reala). Din cauza aceasta, apare o eroare a vitezei  $v_y$ , respectiv  $v_x$ , deci si a vitezei tangentiale  $v_T$  rezultante. De asemenea, se pune intrebarea : exista oare si o eroare de pozitie ?

Desigur , eroarea maxima a vitezei exista la jumatatea unui sector, acolo unde distanta intre arc si coarda este maxima, respectiv la unghiurile  $i_1$  si  $i_2$  .

Stabilirea erorii de viteza si a erorii de pozitie din cauza interpolarii are o importanta deosebita pentru decizia alegerii numarului de sectoare fotosensibile.

Alegerea a numai 4 sectoare fotosensibile, evident , nu intra in discutie, din cauza erorilor mari de cuantificare.

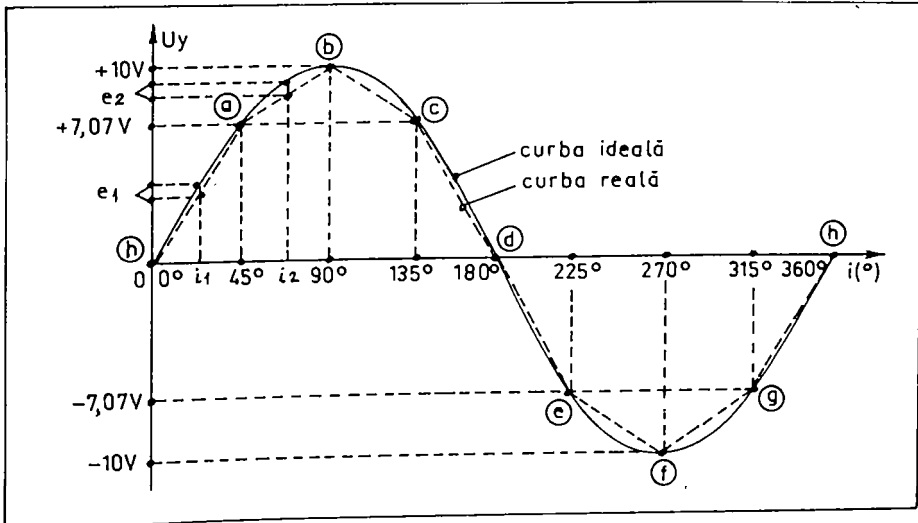


Fig. 4.6. Problema erorii de viteza si a erorii de pozitie

Pe de alta parte , alegerea unui numar mai mare de sectoare fotosensibile , conduce la micșorarea suprafetei fotosensibile a fiecarui sector ( la acelasi diametru exterior ) si in consecinta , conduce la scaderea semnalului generat de fiecare sector fotosensibil , deci la scaderea raportului semnal/zgomot . In acelasi timp , se complica schema procesorului sinus/cosinus , deci scade fiabilitatea sistemului .

In urma considerarii mai multor variante , s-a stabilit un compromis optim prin utilizarea a 8 sectoare fotosensibile , pentru care , in continuare , ne propunem calculul erorii de viteza si a erorii de pozitie . Se considera cazul urmaririi unei linii desenate cu grosimea  $d_1 = 1 \text{ mm}$  , cu o diafragma  $f_0 = 1,91 \text{ mm}$  .

Conform figurii 4.7. , eroarea maxima este posibil sa se obtina la jumatatea fiecarui sector : intre h si a , intre a si b , intre b si c , et c . Situatiile fiind similare , se calculeaza numai cazul h-a , adica pentru unghiul  $i = 22,5 \text{ grade}$  . Referirile se fac la valorile normate , considerind ca la valoarea 1 a functiilor sinus si cosinus , corespunde viteza prescrisa  $v_x = vT$  , respectiv ,  $v_y = vT$  .

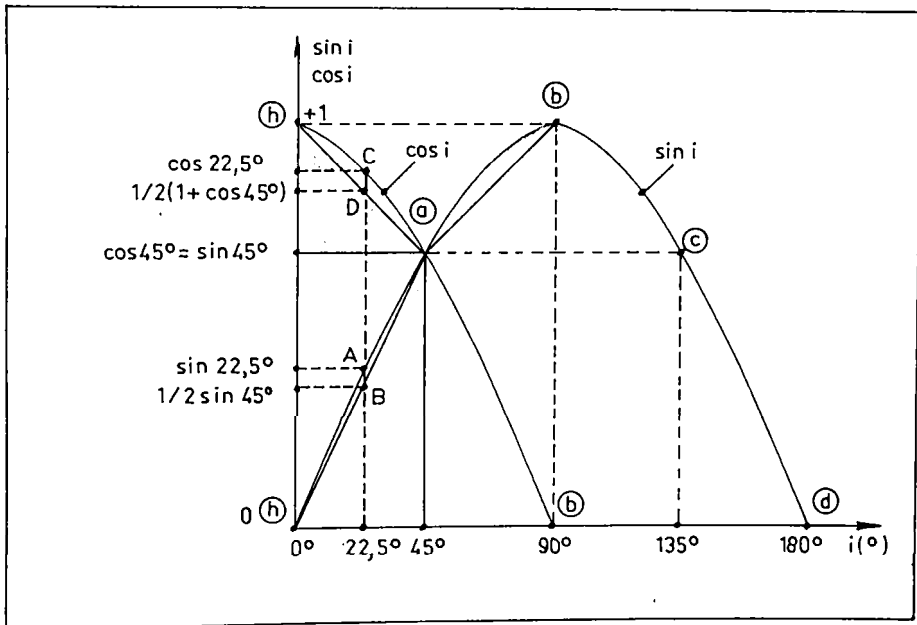


Fig. 4.7. Eroarea de viteza si eroarea de pozitie , la unghiul  $i = 22,5^\circ$

Vectorul  $vT$  (viteza tangentiala ideala) la unghiul de  $22,5^\circ$  are componentele :

$$v_x : \quad \cos 22,5^\circ = 0,92387954 \quad (4.9.)$$

$$v_y : \quad \sin 22,5^\circ = 0,38268343 \quad (4.10.)$$

Vectorul  $vT'$  (viteza tangentiala reala) la unghiul de  $22,5^\circ$  are componentele :

$$v_x' : \quad \frac{1}{2} ( 1 + \cos 45^\circ ) = 0,85355339 \quad (4.11.)$$

$$v_y' : \quad \frac{1}{2} ( \sin 45^\circ ) = 0,3535339 \quad (4.12.)$$

Compunerea vectorilor este evidentiata in figura 4.8.

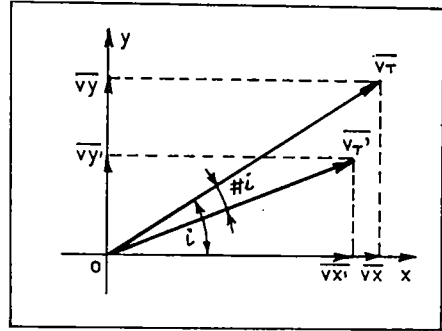


Fig. 4.8.  
Compunerea vectorilor  $v_T$  si  $v_{T'}$   
in cazul  $\#i$  diferit de 0

4.6.1. Eroarea de viteza :

$$\#v_x = \frac{v_x - v_{x'}}{v_x} = 0,076120533 \quad (4.13.)$$

(cca.7,61%)

$$\#v_y = \frac{v_y - v_{y'}}{v_y} = 0,076171321 \quad (4.14.)$$

(cca.7,61%)

Analizand erorile de viteza  $\#v_x$  si  $\#v_y$  , rezulta doua concluzii importante :

a) Viteza de avans  $v_T$  depinde de sensul de avans in planul  $x,y$ . La unghiurile de  $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ, 180^\circ, 225^\circ, 270^\circ, 315^\circ, 360^\circ$  eroarea de viteza este zero .

La jumatatile acestor segmente viteza de avans este mai redusa cu 7,61 % . Daca se aleg punctele a, b, c, d, e, f, g, h, decalate cu  $(+1/2 \cdot \#v_x)$  , respectiv, cu  $(+1/2 \cdot \#v_y)$  , atunci se poate considera o eroare a vitezei de avans de cca. +/- 3,8 % . Se noteaza ca abaterea vitezei de avans cu +/- 3,8 % nu afecteaza calitatea taieturii.

b) Remarcând faptul ca :  $\#v_x = \#v_y$  (aprox.) , se concluzioneaza ca nu se produce o rotire a vectorului viteza tangentiala  $v_T$  , ci numai o micso-rare a modulului, conform figu-rii 4.9.

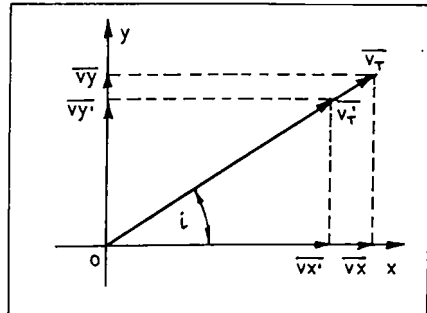


Fig. 4.9.  
Compunerea vectorilor  $v_T$  si  $v_{T'}$   
in cazul  $\#i = 0$

4.6.2. Eroarea de pozitie :

Daca totusi dispunem de o doza de ambitie si luam in consi-derare si inegalitatea lui  $\#v_x$  cu  $\#v_y$  , putem calcula eroarea de pozitie, de fapt, aceasta eroare este esentiala, pentru ca, daca ar avea valori mari, ar afecta cotele pieselor debitate .

Apare eroare de pozitie "e", numai daca exista o rotire a vectorului  $vT'$  cu unghiul  $\#i$  fata de vectorul  $vT$  (ideal) :

$$\#i = \arctg \frac{v_y}{v_x} - \arctg \frac{v_y'}{v_x'} = 0,001113^\circ \quad (4.15.)$$

Conform figurii 4.10., vectorul optic ( vectorul excentricitate ) are modulul de 0,63 mm , in cazul unei diafragme optice  $f_0 = 1,91$  mm .

Vectorul excentricitate are modulul egal cu distanta intre centrul diafragmei si centrul sectorului fotosensibil ("centrul de greutate" devine "centru de suprafata").

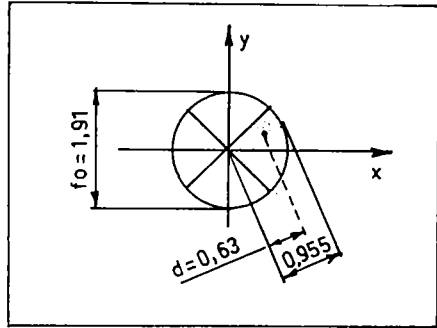


Fig. 4. 10.  
Excentricitatea echivalenta "d", in cazul diafragmei optice  $f_0 = 1,91$  mm

Rotirea vectorului optic  $m'o$  fata de vectorul vitezei tangentiala  $vT$ , de fapt se manifesta printr-o decaleare a centrului diafragmei ( axul mecanic se decaleaza din  $m$  in  $m'$  ), pe normala la contur conform figurii 4.11.

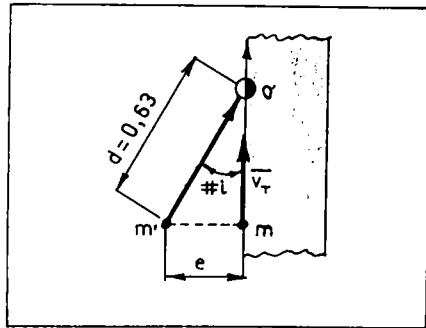


Fig. 4.11.  
Eroarea de pozitie "e", din vina interpolarii liniare

Eroarea de pozitie "e" are expresia :

$$e = d \cdot \sin \#i = 0,000012238 \text{ mm} \quad (4.16.)$$

Rezultatul confirma ipoteza initiala , deci se poate considera ca eroarea de pozitie din vina interpolarii este, practic, zero .

#### 4.7. Cazul translatiei ( figura 4.12. )

La o deplasare laterala a liniei desenate , conform figurii 4.12., singura celula vector activa este "a" (in acest exemplu) In acest caz insa , la iesirea "a" nu rezulta o valoare maxima :  $U_a = -10V$  , ci o valoare mai mica, de exemplu  $U_a = -2,5V$  .

Valoarea  $U_a$  este proportionala cu suprafata de negru din sectiunea 1 .

Celula vector "h" nu este activata din cauza ca diferenta intre tensiunile generate de sectoarele 8 si 1 este zero , deci  $U_h = 0$  volti .

Celula vector "g" nu este activata din cauza redresorului ideal, care taie valorile pozitive  $U_g$ . Deci  $U_g = 0$  volti .

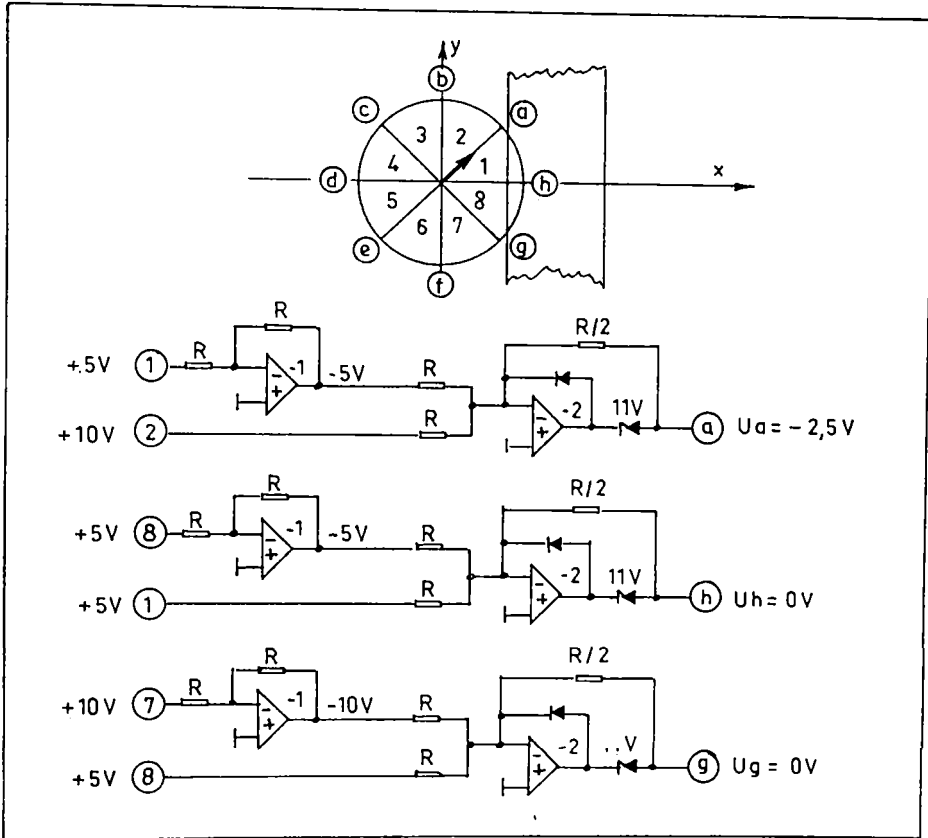


Fig. 4.12. Cazul translatiei (numai celula vector "a" este activata)

Rezulta urmatoarea concluzie : Orice iesire de pe curba , conduce la micșorarea vitezei de avans  $vT$  . Acest lucru este extrem de util, deoarece o tendinta de intrare in pendulare conduce la o micșorare a vitezei de avans (reactie negativa), deci se obtine un efect stabilizant.

Intotdeauna vectorul activat este orientat spre linia desenata.

In cazul extrem, de iesire totala pe alb, sau de iesire totala pe negru, nu este activat nici un vector viteza, deci capul optic se opreste. Acesta este un fapt deosebit de util, deoarece la pierderea traiectoriei PT (a liniei desenate), avansul se opreste instantaneu , automat, evitandu-se rebutarea piesei debitate .

4.8. Cazul coltului  
(figura 4.13.)

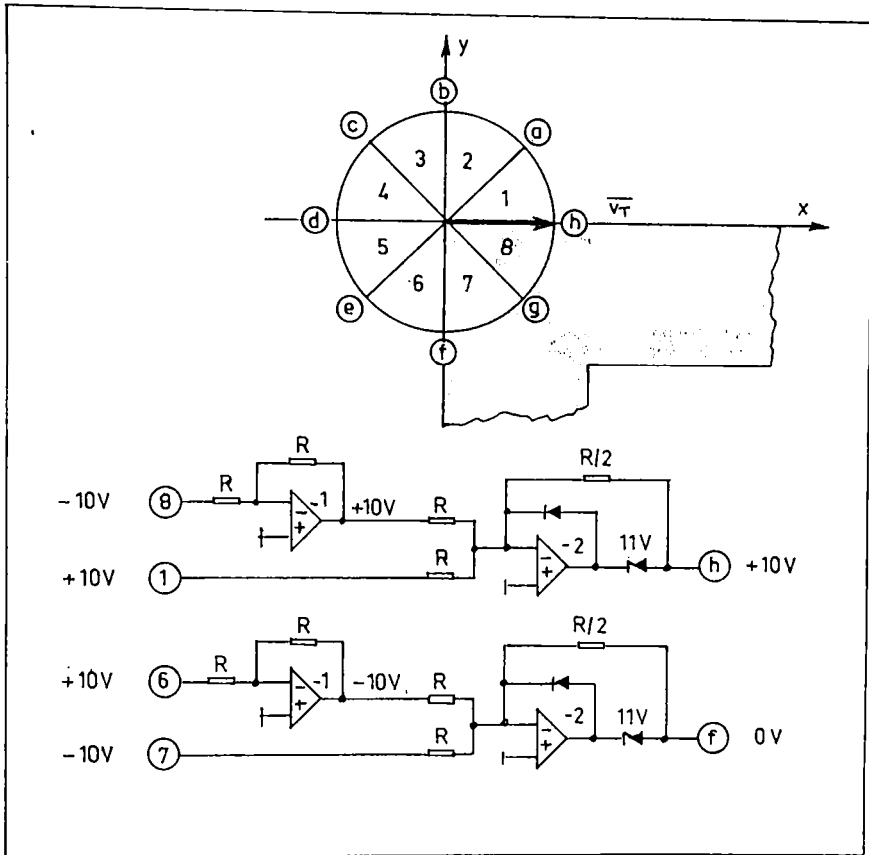


Fig. 4.13. Cazul coltului (numai celula vector "h" este activa)

In cazul exemplului din figura 4.13. in timpul urmaririi , se trece de la vectorul activ "b" la vectorul activ "h" ( dupa colt .

4.9. Problema derivei optice  
( figura 4.14. )

Analizind functionarea unei celule vector a, b, c, d, e, f, g, h, se constata ca o variatie perturbatoare a iluminarii desenului nu afecteaza tensiunea de la iesirea celulei vector .

Explicatia este evidenta: celula lucreaza diferential, deci o variatie in acelasi sens a celor doua semnale de la intrare , conduce la efecte contrare la iesirea celulei vector .

Fara deriva optica:

$$U_a = - ( U_2/2 - U_1/2 ) = - ( U_2 - U_1 ) / 2 \quad (4.17.)$$

Cu deriva optica:

$$U_a = - ( (U_2+U_e)/2 - (U_1+U_e)/2 ) = - ( U_2 - U_1 ) / 2 \quad (4.18.)$$

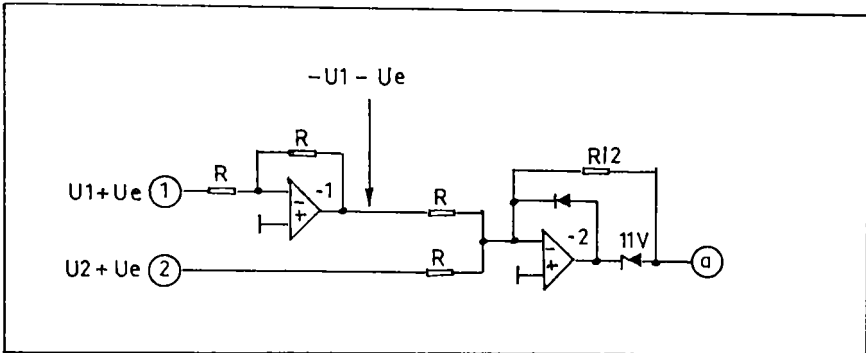


Fig. 4.14. Problema derivei optice

4.10. Circuitele de " agatare automata a traiectoriei " (A)  
si de " pierdere a traiectoriei " (PT)  
( figura 4.15. )

Desi la iesirea pe alb, sau la iesirea pe negru , viteza de avans devine zero , totusi este necesara si sesizarea de tip releu, a pierderii traiectoriei, in scopul opririi taierii (oxigenul in cazul taierii oxigaz, obturatorul in cazul taierii cu laser, et c.) .

De asemenea, la initierea taierii inafara conturului , este necesar sa existe un vector de viteza de avans , desi toate cele 8 fotocelule sint pe alb . La atingerea traiectoriei, trebuie sa existe un dispozitiv care sesizeaza acest lucru si care sa comande comutarea prescrierii de viteza de la o tensiune fixa , la o tensiune generata de rezolverul optic.

S-a ales urmatorul mod de sesizare : Daca exista cel putin un vector optic ( logic SAU - a,b,c,d,e,f,g,h, ) mai mare decit 70 % din nivelul activ (-7 volti) , atunci se produce "agatarea" aproape instantaneu ( temporizare tA = max. 0,1 secunde ) .

Daca in timpul urmaririi traiectoriei apare , la un moment dat situatia iesirii pe alb a capului optic, deci situatia ca nu este activ nici un vector optic (a,b,c,d,e,f,g,h) si daca aceasta situatie se mentine fara intrerupere mai mult de 1,5 secunde si daca nici un vector optic nu-i mai mare decit 30 % din nivelul activ, atunci se da automata comanda de " pierderea traiectoriei " .

Dupa fiecare tranzitie: A --> PT sau PT --> A , se auto-mentine comanda, printr-un circuit de tip bistabil.

Analizand figura 4.15., se remarca logica SAU cu diode , pentru semnal (-10V), circuitul de deplasare a nivelului R1, R2, amplificatorul operational AO, comparatorul cu histerezis CI.1 , releul de timp CI.2.

Semnalul E de la iesire se poate utiliza la interblocarile altor circuite conexe .



Cu R5 se stabilesc pragurile zonei de histerzis (PS = prag sus , PJ = prag jos ).  
 Cu R6 se stabileste temporizarea la "agatare" ( $t_A = 0,1$  s)  
 Cu R7 se stabileste temporizarea la "pierderea traiectoriei" ( $t_{PT} = 1,5$  s).

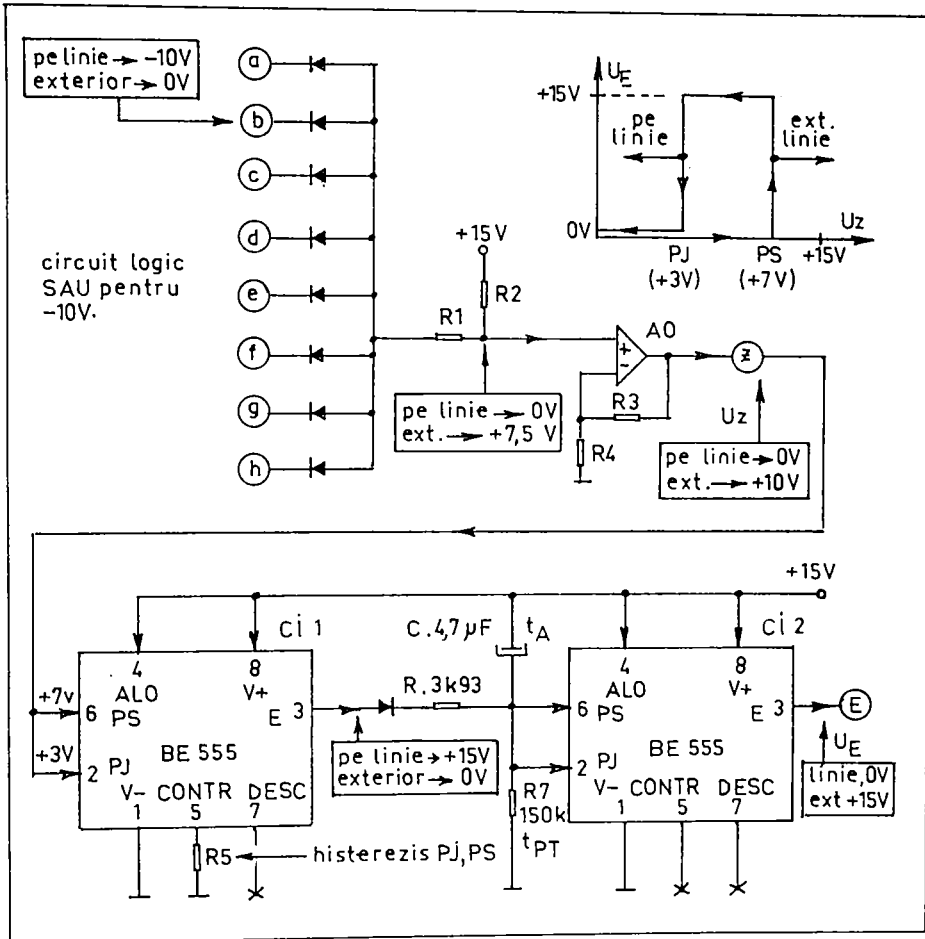


Fig. 4.15. Circuitele de "agatare automata a traiectoriei" (A) si de "pierderea traiectoriei" (PT)

- $t_A$  = temporizare la "agatare linie" (0,1 secunde)
- $t_{PT}$  = temporizare la "pierdere traiectorie" (1,5 secunde)
- PJ = prag jos (la "pierdere traiectorie")
- PS = prag sus (la "agatare traiectorie")

- Cu R5 = 680  $\Omega$  ---> PJ = +1,2V si PS = +2 V
- Cu R5 = 4,64 K $\Omega$  ---> PJ = +3 V si PS = +7 V
- Cu R5 = 10 M $\Omega$  ---> PJ = +5 V si PS = +10V

Spre deosebire de capurile optice clasice , unde inainte de "agatare" , prescrierea se poate face pentru orice sens de avans de catre rezolver , in cazul capului optic fara piese in miscare de rotatie , prescrierea avansului este posibila numai in 8 sensuri fixe: +x, -x, +y, -y, si 4 sensuri intermediare (diagonale)

#### 4.11. Calitatea sistemului de actionare x,y

Desigur ca in cazul unui cap optic "lenes" (cu piese inertiiale in miscare de rotatie) cu timpi de raspuns de ordinul 0,2 secunde, calitatea actionarilor x,y nu trebuie sa fie prea buna. Tinand seama ca din conditia de stabilitate, timpul de raspuns al actionarilor x,y trebuie sa fie de cca. 10 ori mai mare decit al capului optic, deci de cca. 2 secunde, jocurile la angrenajele x,y, constantele de timp mecanice si electrice, timpii morti, rigiditatea insuficienta, nu pot constitui impedimente.

In cazul capului optic rapid, (de cca.160 de ori mai rapid) toata calitatea va fi limitata de actionarile x,y . Deci trebuie realizata o constructie mecanica x,y conexa, de inalta performanta: jocuri zero, inertie mica, rigiditate perfecta. De asemenea, variatoarele de turatie x,y trebuie sa lucreze cu constante de timp cat mai mici si timpii morti cat mai mici.

Jocurile pe ghidaje trebuie sa fie cel putin cu un ordin de marime mai mici decit eroarea garantata, deci sub 0,01 mm, iar timpii morti sa fie sub 10 ms.

#### 4.12. Considerente constructive

Capul optic fara piese inertiiale in miscare de rotatie a fost realizat practic in varianta prezentata in figura 4.16.

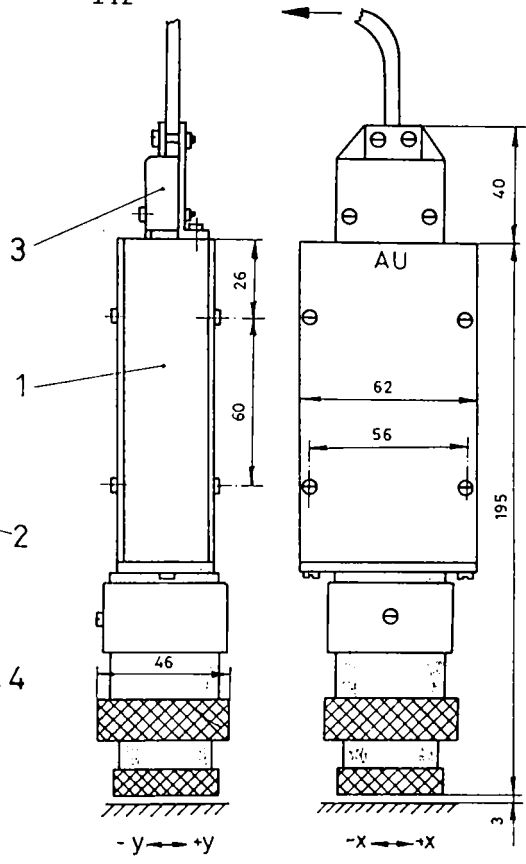
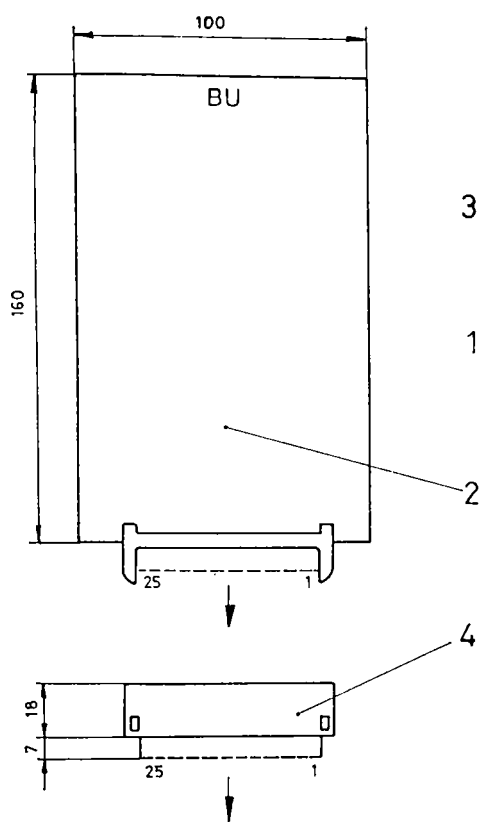
Varianta realizata este constituita din elementele:

- Capul optic AU (sistemul optic AU + bufferele AU)
- Procesorul BU (genereaza functiile  $\sin i$ ,  $\cos i$ )
- Cablul de legatura (echipat cu fise / prize)

Figura 4.16. ofera indicatiile de utilizare si de montaj.

In figura 4.17. este prezentat capul optic AU . Acesta este format din urmatoarele repere :

- |                       |                          |
|-----------------------|--------------------------|
| 1. Placa imprimata AU | 15. Rondela imprimata    |
| 2. Rama               | 16. Piulita olandeza 1   |
| 3. Stift              | 17. Suport lentila / led |
| 4. Capac plan         | 18. Piulita olandeza 2   |
| 5. Coltari            | 19. Stift filetat M3x5   |
| 6. Bucsa distantere   | 20. Piulita M3           |
| 7. Suport priza       | 21. Surub M3x30          |
| 8. Coltari priza      | 22. Surub M3x10          |
| 9. Capac priza        | 23. Surub M3x7           |
| 10. Placuta presoare  | 24. Surub M3x10          |
| 11. Corp intermediar  | 25. Conector priza       |
| 12. Capac circular    | 26. Fotodetector special |
| 13. Corp obiectiv     | 27. Lentila (dublet)     |
| 14. Diafragma         | 28. Dioda LED            |



- 1 Cap optic AU
- 2 Procesor BU
- 3 Cablu cu conector
- 4 Conector

- 1 Optical head AU
- 2 Processor BU
- 3 Cable and plug socket
- 4 Plug socket

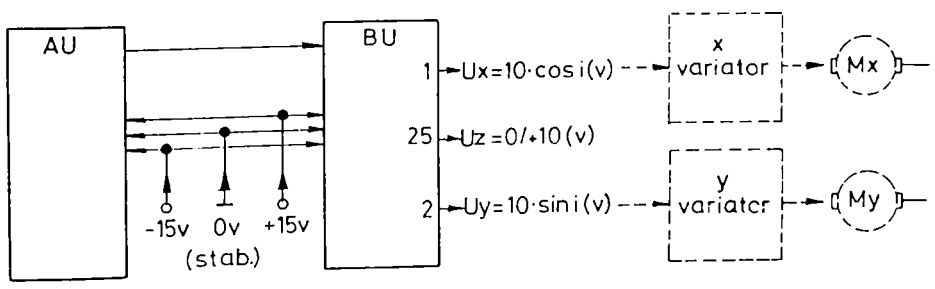


Fig. 4.16. Componenta constructiva

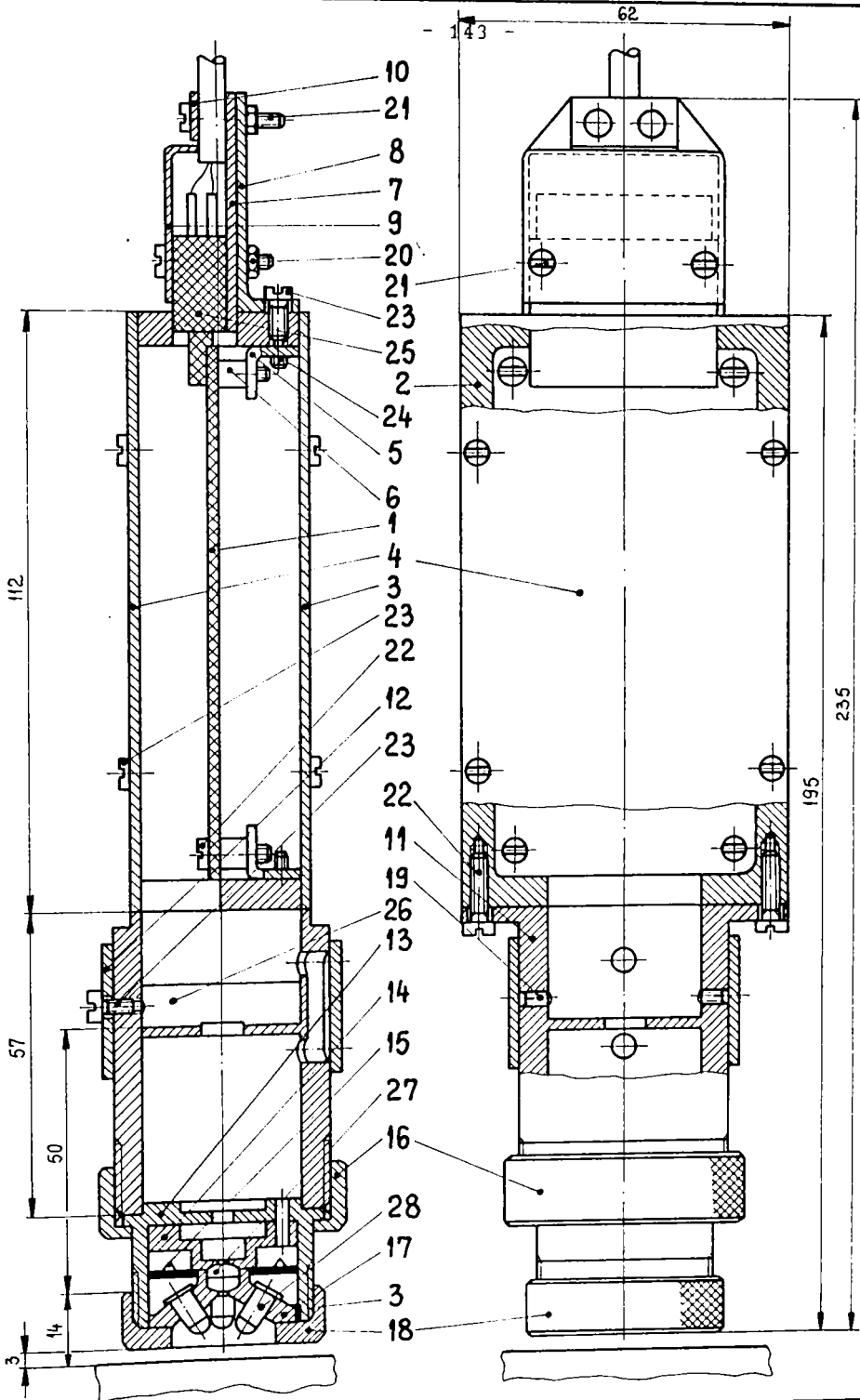


Fig. 4.17. Capul optic AU

#### 4.13. Obiectivul optic detasabil

Repererele 3,13,14,15,16,17,18,27,28 formeaza obiectivul optic detasabil. Acesta se poate construi in diferite variante, in functie de grosimea liniei desenate pe care capul optic o urmareste: 0,3 ... 2,5 mm. In figura 4.17. este prezentat un obiectiv optic pentru linii desenate cu grosimea de 1 mm . Se noteaza faptul ca exista o corelare intre diafragma optica si grosimea liniei desenate : grosimea liniei desenate trebuie sa fie mai mare decat 1/2 din diafragma optica . Avand in vedere faptul ca sistemul optic dispune de un complex de diafragme, prin "diafragma optica" se intelege , de fapt , cea mai mica dintre ele. Celelalte au numai rolul diminuarii reflexiilor multiple de pe peretii interiori ai tubului optic . Diafragma optica este corelata cu marirea lentilelor utilizate in obiectivul optic.

#### 4.14. Dispozitivul radiant

In cazul figurii 4.17., dispozitivul radiant 28 este constituit din 4 diode electroluminiscente (LED) de tipul "ROL-09", care lucreaza in domeniul spectral 700 ... 900 nm ( infrarosu ). Acestea au rolul de a "ilumina" desenul in zona "vazuta" de fotodetectorul 26 . La varianta din figura 4.17., zona "vazuta" este de forma circulara si are diametrul de 1,91 mm . Iluminarea acestei zone trebuie sa fie cat mai mare si cat mai uniforma. In acest sens, s-au experimentat variantele : cu 2 diode, cu 4 diode , cu 6 diode , cu 8 diode . S-a constatat ca un numar mare de diode conduce la necesitatea maririi distantei intre diode si desen si din aceasta cauza, iluminarea scade. Traductorul de masura este chiar fotodetectorul 26 . Un numar mic de diode ( 2 de exemplu ) conduce la neuniformitatea iluminarii. S-a stabilit un optim la 4 diode.

Iluminarea desenului variaza cu patratul distantei "r" intre desen (receptor) si dispozitivul radiant (emitor), conform legii patratelor distantei:

$$E = I / r^2 \quad (4.19.)$$

E - iluminarea ;      I - intensitatea radianta

Din aceasta cauza , este rational sa se lucreze cu distante mici intre capul optic si desen.

Diodele electroluminiscente ROL-09 sunt alimentate cu un curent de 60 mA in regim permanent . Marirea distantei fata de desen, sau urmarirea unor linii desenate mai subtiri ( intre 0,3 si 0,5 mm ) conduce la necesitatea alimentarii diodelor in impulsuri de supracurent , respectand durata relativa de utilizare DA %. Diodele ROL-09 suporta un curent de 1A. In cazul alimentarii in impulsuri, semnalul pulsatoriu generat de traductorul optic trebuie sa fie filtrat. Acest lucru, inasa, introduce in sistem o constanta de timp electrica , ceea ce conduce la inrautatarea raspunsului sistemului automat la viteze mari de avans in planul x, y . Totusi , situatia nu este deosebit de deranjanta , pentru ca desenele cu linii subtiri se utilizeaza la masinile cu urmarire la scara 10:1 . In acest caz , daca aparatul de taiere se deplaseaza cu viteza de maxim 6 metri/minut , capul optic se deplaseaza cu o viteza de 10 ori mai mica (la scara 1:10) , deci cu maxim 0,6 metri/minut.

#### 4.15. Fotodetectorul in infrarosu

Fotodetectorul 26 din figura 4.17., de fapt, este "minicamera" capului optic, cu operare in domeniul spectral infrarosu . Aceasta receptineaza imaginea liniei desenate pe o suprafata circulara cu diametrul de 7 mm .

Spre deosebire de sistemul clasic de televiziune, cu pixeli in linie si baleiaj linii + cadre, sistemul acestui cap optic are pixelii dispusi circular, in cazul de fata pe 1 nivel (o singura raza vectoare) . Se poate spune ca se utilizeaza un sistem de vizionare in coordonate polare, iar procesorul BU realizeaza trecerea de la coordonate polare la coordonate carteziene .

S-a acordat o deosebita importanta realizarii celor 8 sectoare fotosensibile pe un singur cip, in conditii tehnologice identice , pentru asigurarea unei dispersii mai mici a semnalelor generate .

Fotodetectorul ROL-280 realizat la ICCE Bucuresti , in baza unei comenzi speciale, are o dispersie relativ mica a "tensiunii de circuit deschis" Uoc . Astfel , in cazul a 20 fotodetectoare, fiecare format din 8 sectoare fotosensibile, iluminate cu o temperatura de culoare de 2856 °K, la o iluminare de 1 klux , masurata cu un fotometru Tektronix - s-au obtinut urmatoarele valori pentru Uoc :

Tensiunea Uoc ( mV ) Tabelul 4.2.

---

sector nr.

fotodetector nr.	sector nr.							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1.	372	365	370	380	375	375	380	370
2.	385	380	375	380	385	380	385	375
3.	380	380	380	365	375	380	385	380
4.	380	385	380	375	380	385	375	380
5.	390	385	385	390	380	385	390	385
6.	385	375	380	375	375	380	385	380
7.	380	375	370	375	375	370	380	385
8.	375	380	375	380	375	380	385	380
9.	365	370	375	365	370	370	375	375
10.	380	385	385	375	380	385	380	385
11.	375	380	380	385	375	380	380	375
12.	370	375	375	380	380	375	370	380
13.	365	360	370	370	365	375	360	365
14.	385	385	380	385	380	375	380	375
15.	390	380	390	380	385	390	380	385
16.	375	370	380	375	380	375	380	365
17.	380	385	385	380	385	375	385	375
18.	370	375	370	375	370	375	370	380
19.	380	380	385	385	380	385	385	385
20.	385	385	380	385	380	380	385	380

In cazul acestui esantion de 20 x 8 = 160 sectoare fotosensibile, extremele sunt : 360 mV, 390 mV, deci variatia relativa fata de medie, este :

$$\frac{390 - 360}{375} = \frac{30}{375} = 0,08 \quad ( \pm 4 \% ) \quad (4.20.)$$

Interesează, de fapt, dispersia între cele 8 sectoare ale unui singur fotodetector. Din cele 20 fotodetectoare, cel mai defavorabil este cel cu nr.1:

$$\frac{380 - 365}{372,5} = 0,04 \quad (\pm 2\%) \quad (4.21.)$$

Deși această valoare de  $\pm 2\%$  este suficient de mică, se poate compensa total, la nivelul bufferelor din blocul electronic AU (offset și amplificare).

După 200 de ore de funcționare, s-au măsurat aceiași parametri.

Caracteristica  $I = f(U)$  a fotodetectorului ROL-280, la limita maximă  $I, U$ , în cazul unei iluminări foarte puternice (peste 1 klux), este reprezentată în figura 4.18.

La  $\alpha = 45^\circ$ , pentru punctul M1, în cazul unei iluminări puternice, rezistența de sarcină  $R_s$  are valoarea:

$$R_s = \tan \alpha = U_1 / I_1 = U_{oc} / I_{sc}$$

$$R_s = 375 \text{ (mV)} / 0,016 \text{ (mA)}$$

$$= 23,4 \text{ k}\Omega \quad (4.22.)$$

Datorită puterii, relativ reduse a sursei de radiație (4 diode LED tip ROL-09), curentul de scurtcircuit  $I_{sc}$  este foarte redus, deci pentru obținerea unei tensiuni notabile  $U_1$ , este necesar să se lucreze cu rezistențe de sarcină  $R_s$  mari, de ordinul 1 ... 2 M $\Omega$ .

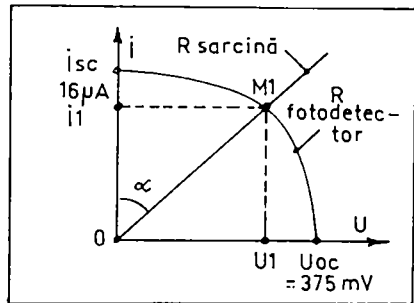


Fig. 4.18. Caracteristica  $I = f(U)$ , ROL-280

#### 4.16. Sistemul optic

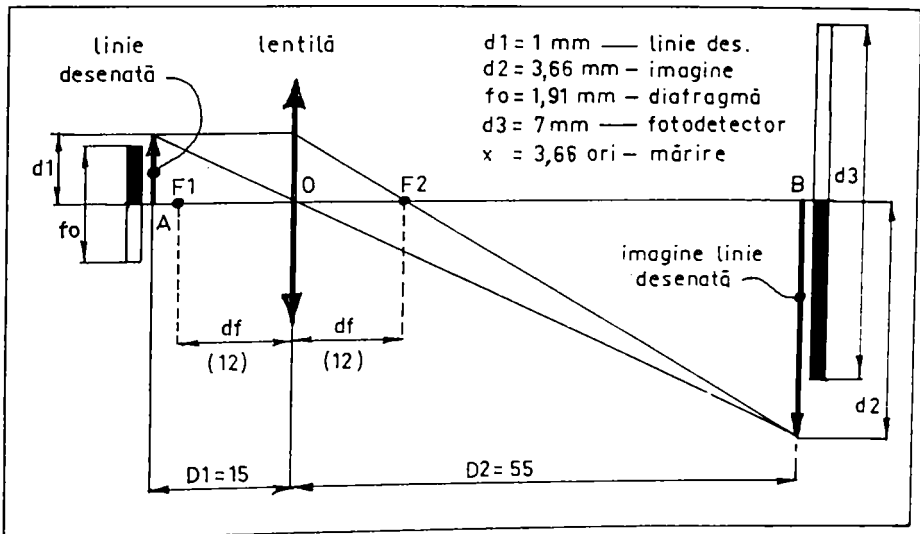


Fig. 4.19. Determinarea grafică a sistemului optic

- Conceperea sistemului optic este conditionata de urmatoarele date initiale :

- grosimea liniei desenate "d1"
- distanta intre lentila obiectiv si desen "D1"
- diametrul fotodetectorului "d3"

Se tine seama de faptul ca puterea radianta necesara este proportionala cu patratul distantei intre lentila obiectiv si desen "D1" si cu patratul "maririi". Marirea "n" este definita ca raport intre imaginea creata pe fotodetector "d2" si grosimea liniei desenate "d1".

In figura 4.19. este prezentata determinarea grafica a sistemului optic .

Pe baza a doua erorii de procesare , in cazul urmaririi jonctiunii alb/negru a liniei desenate , trebuie indeplinita conditia :

$$d2 > d3 / 2 \quad (4.23.)$$

conform figurii 4.20.

Pentru a obtine distante D1 mici, se lucreaza cu lentile cu distanta focala "df" mica. Alegerea distantei D1 este un compromis intre efectele :

- La valori mari D1 , rezulta necesitatea unei puteri radiante mari pentru "iluminarea" desenului.

- La valori mici D1 , rezulta un efect perturbator al variatiei distantei D1, din cauza ondulatiilor hirtiei port-desen .

In cazul in care se decide a se lucra cu distanta D1 mare , simultan cu urmarirea unor linii subtiri ( d1 mic ) , rezulta un tub optic foarte lung ( D1 + D2 ).

Modelul realizat in prima varianta si reprezentat in figura 4.19. este caracterizat prin marimile :

- grosimea liniei desenate, d1 = 1 mm
- diametrul fotodetectorului, d3 = 7 mm
- distanta obiectiv-desen, D1 = 15 mm
- distanta obiectiv-fotodetector, D2 = 55 mm
- marirea imaginii, d2/d1 = 3,66 ori
- imaginea liniei desenate, d2 = 3,66 mm
- diafragma, fo = 7/3,66 = 1,91 mm
- distanta focala dublet, df = 12 mm
- lungimea tubului optic, D1+D2 = 70 mm
- este indeplinita conditia: d2 > d3/2
- lentile: cod 2.360.02.005.0., diametru 6,2 mm (-0,013,-0,027), cu distanta focala df1 = 24 mm

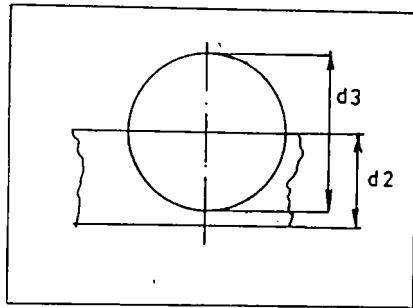


Fig. 4.20. Raportul d3/d2

#### 4.17. Eficacitatea traductorului optic Problema diaframelor

Eficacitatea traductorului optic, notata cu "μ", este definita prin relatia :

$$\mu = \frac{I_{alb} - I_{negru}}{I_{alb}} \quad (4.24.)$$



Ialb - curentul generat de fotodetector, pe alb  
Inegru - curentul generat de fotodetector, pe negru  
(pe linia desenata)

Eficacitatea sporita este asociata unui contrast mare . Aceasta se obtine atunci cand sint eliminate reflexiile pe peretii interiori ai tubului optic, ceea ce, in tehnica fotografica inseamna realizarea unei profunzimi sporite .

Exista doua cai pentru marirea eficacitatii :

- dispunerea de diafragme in tubul optic
- vopsirea peretilor interiori ai tubului optic cu negru mat

Practic , s-a constatat ca a doua cale nu conduce la rezultate notabile .

Determinarea eficacitatii  $\mu$  se face indirect , tinand seama de faptul ca :

$$\frac{I_{alb} - I_{negru}}{I_{alb}} = \frac{U_{alb} - U_{negru}}{U_{alb}} \quad (4.25.)$$

Ualb - tensiunea generata de amplificatorul traductorului optic, pe alb

Unegru - tensiunea generata de amplificatorul traductorului optic, pe negru (pe linia desenata)

Aceste marimi sunt evidentiate in figura 4.21.

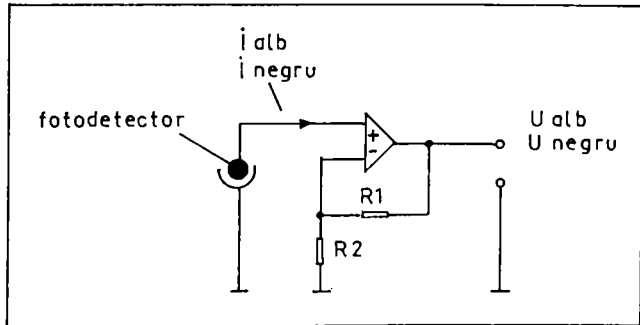


Fig. 4.21. Eficacitatea traductorului optic

Experimental , s-a determinat o eficacitate de cca. 5 % in cazul tuburilor fara diafragme si cca. 80 % in cazul tuburilor echipate cu 4 diafragme, ca in figura 4.22.

Depasirea eficacitatii de 80 % nu este posibila din cauza faptului ca tusul cu care se deseneaza , privit ca substanta chimica , nu are coeficient de absorbtie egal cu 1 (ideal) , ci de cca. 0,8 . Coeficientul de reflexie este de cca. 0,2 la nivelul liniei desenate si cca. 0,95 la nivelul hartiei albe .

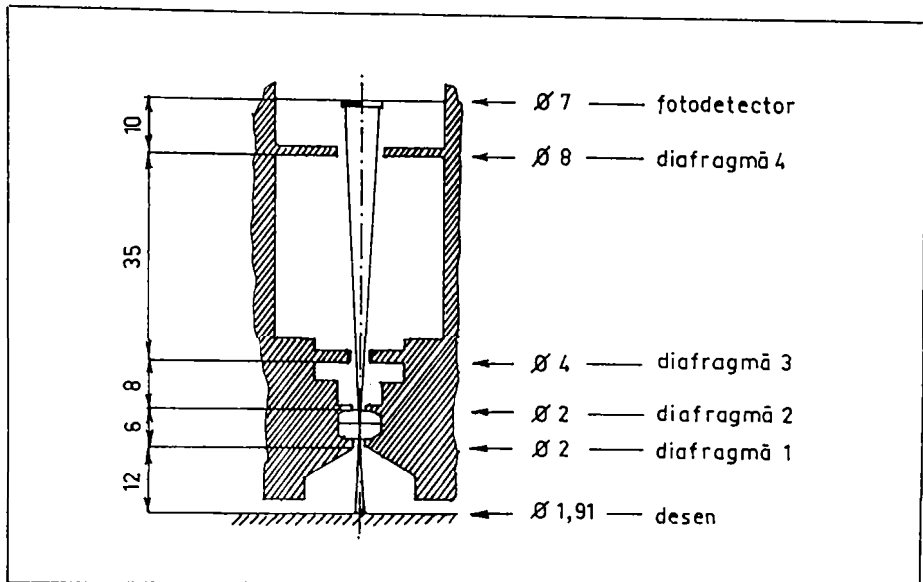


Fig. 4.22. Dispunerea diaframelor in tubul optic

#### 4.18. Descrierea schemei electrice

In figurile 4.23. ... 4.32. este prezentat un exemplu de echipament electric aferent unui cap optic fara componente mecanice in miscare de rotatie. Echipamentul a fost realizat practic.

In figura 4.23. este prezentata schema generala de principiu . Echipamentul electric cuprinde 3 unitati :

- Cutia cu echipament electric CEE ( unitatea centrala )
- Capul optic CO
- Cutia cu transformatoare CT

Echipamentele periferice sunt :

- Actionarile x,y : MX, TX, MY, TY
- Limitatoarele de cursa : +X, -X, +Y, -Y
- Releul pentru oprirea taierii KT ( la conectorul X11 )

##### 4.18.1. Blocul bufferelor AU ( figura 4.24. )

Amplificatoarele operationale AO.1 ... AO.8 au rolul de a prelua semnalele mici (sub 375 mV si sub 16 pA) generate de cele 8 sectoare fotosensibile (la pinii 1,2,3,4,5,6,7,8) sub o impedanta de sarcina de cca. 1M $\Omega$  si de a le aduce la nivelul de +/-5V cu o impedanta mica. In acest fel, aceste semnale sint capabile de a fi transmise la distanta de cca. 3 metri prin cablu necranat , la un raport semnal/zgomot sub 1/1000 .

Este foarte important ca legaturile intre fotodetector si placa AU sa fie cat mai scurte (sub 50 mm) si ecranate .

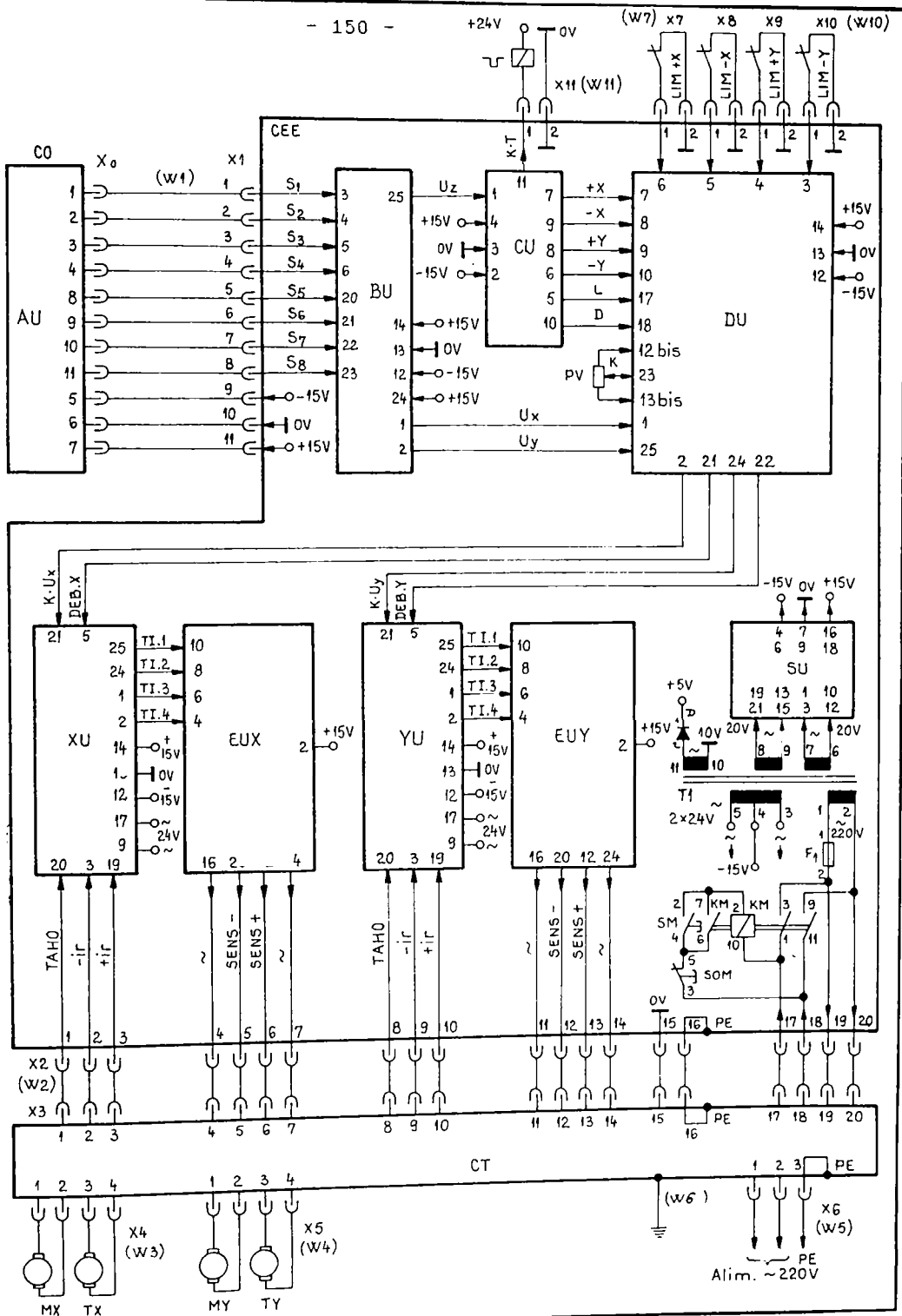


Fig. 4.23. Schema generala de principiu

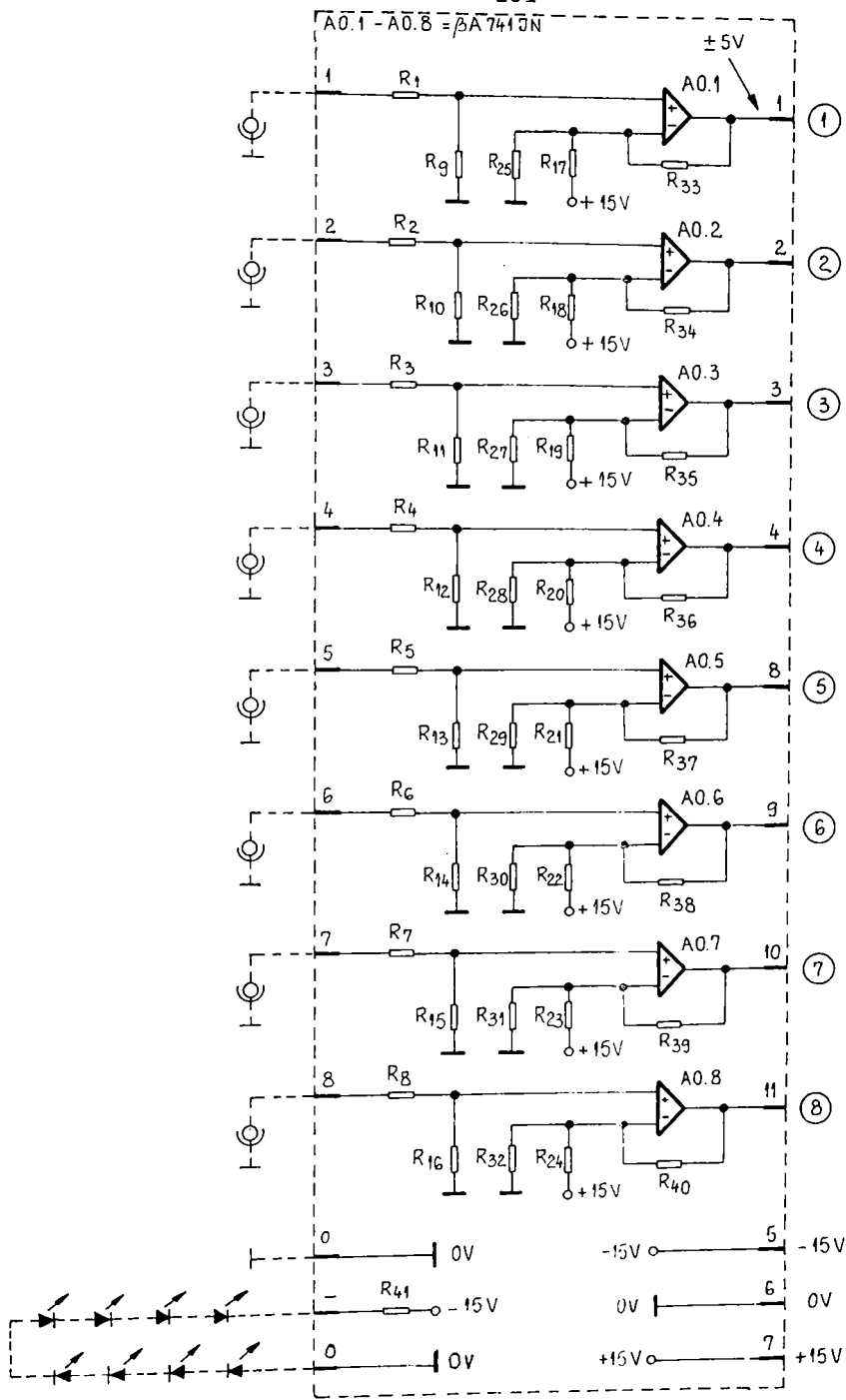


Fig. 4.24. Blocul bufferelor AU

Practic, fotodetectorul si placa AU sunt dispuse in aceeasi cutie "CO".

Rezistentele R9 ... R16 au rolul de a polariza intrarea ne-inversoare (+) a amplificatoarelor operationale cu 0V , atunci cand celulele fotovoltaice lucreaza in domeniul de "intuneric" (vizioneaza linia desenata) . In domeniul de "intuneric", curentul generat de fotodetector (in regim fotovoltaic) ajunge chiar la valoarea zero, deci practic , amplificatorul operational are intrarea "in aer". In aceasta situatie, ar apare o deriva puterica a tensiunii de iesire (offset).

Rezistentele R17 ... R24 de valoare 5 ... 10 M $\Omega$  , au rolul de a introduce o decalare a tensiunii de iesire , de asa maniera incat zeroul tensiunii de iesire sa corespunda cu jumatatea tranzitiei de la negru la alb a fiecarui sector fotosensibil.

Rezistenta R41 , in serie cu lantul diodelor electroluminiscente in infrarosu ROL-09 , stabileste curentul de 60 mA .

#### 4.18.2. Procesorul BU (figura 4.25.)

Functiile procesorului BU sunt:

- Realizarea algoritmului de transfer de la coordonate polare la coordonate carteziane (Ux,Uy).
- Realizarea algoritmului de sesizare a liniei desenate (Uz).

Amplificatoarele operationale AO.25 ... AO.32, pe de o parte, asigura nivelul de +/- 10 V la iesire, pe de alta parte, realizeaza deplasarea nivelului (offset) actionand P1 ... P8 .

Diodele electroluminiscente D25 ... D32 sunt aprinse cand fotodetectorul este pe "negru". Acest fapt usureaza eventuala operatie de depanare , punand rapid in evidenta care din cele 8 linii de intrare S1 ... S8. este defecta .

Algoritmul de transfer de la coordonate polare la coordonate carteziane (algoritmul rezolverului optic) a fost prezentat la punctele 4.3. .... 4.9., iar algoritmul de sesizare a liniei desenate a fost prezentat la punctul 4.10.

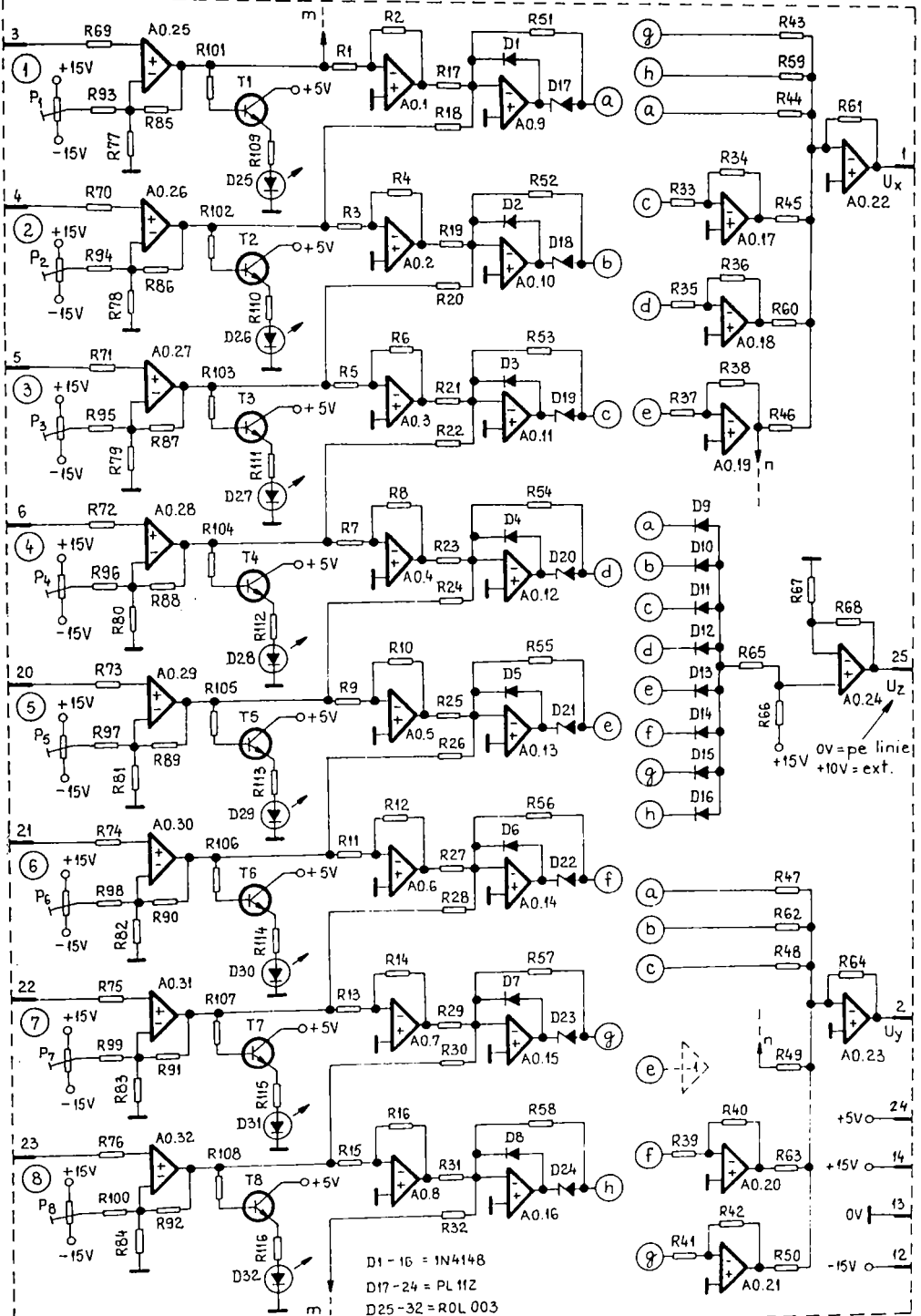
#### 4.18.3. Procesorul CU (figura 4.26.)

Procesorul "CU" face medierea intre tastatura senzoriala aflata la indemina operatorului si actionarile x,y . Medierea se face interblocat cu semnalul Uz de sesizare a liniei desenate si cu selectorul K.

Tastatura senzoriala reprezentata in figura 4.27. contine 9 taste senzoriale si 9 diode electroluminiscente care confirma executia comenzii .

La un moment dat , poate fi activa numai actiunea unei taste . Cu acestea se initiaza avansul aparatului de taiere in planul x , y , in unul din cele 8 sensuri de avans (la intervale unghiulare de 45°.

Din motive tehnologice , operatia de strapungere a materialului se face in afara conturului, pe partea deseului.



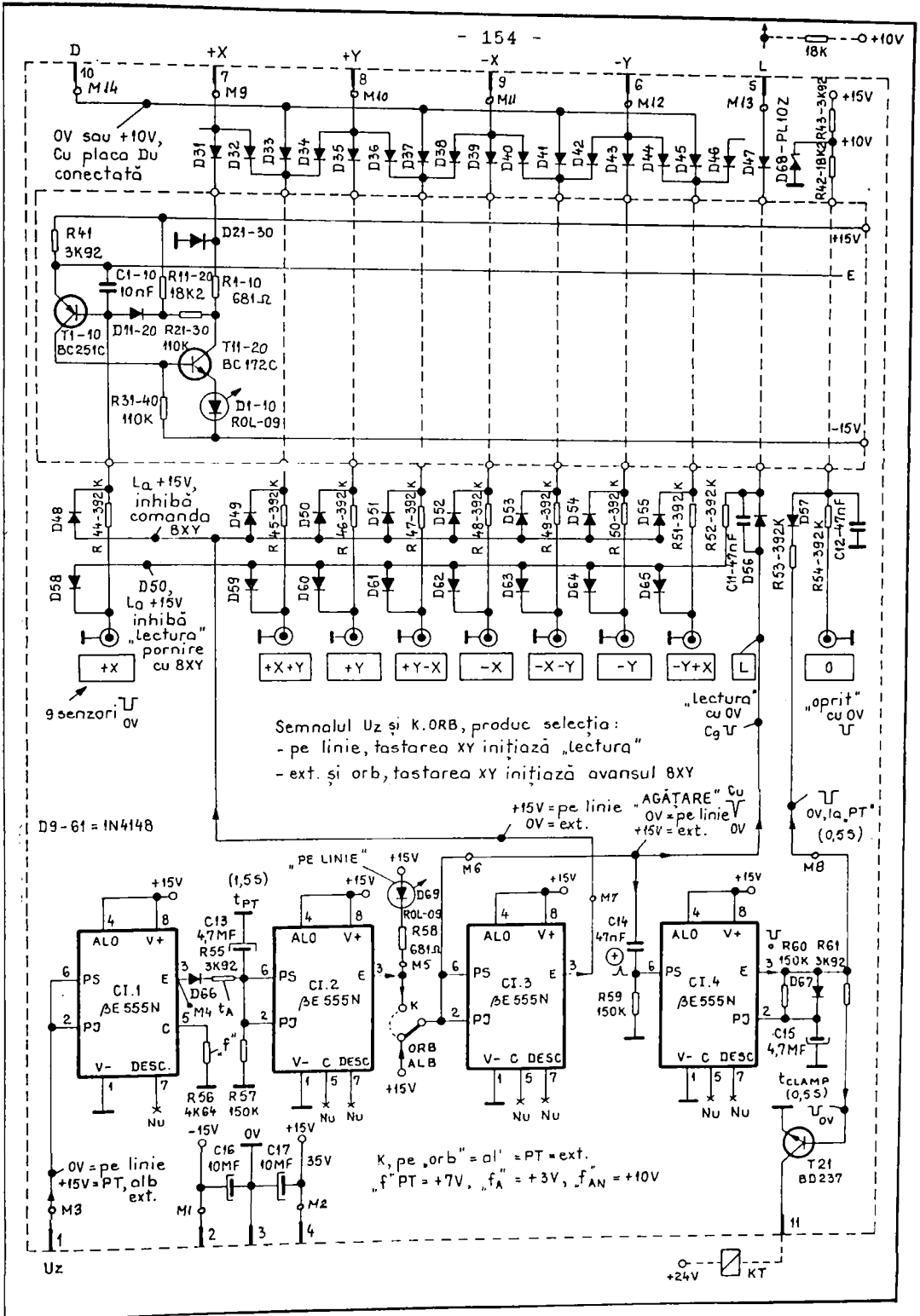


Fig. 4.26. Procesorul CU

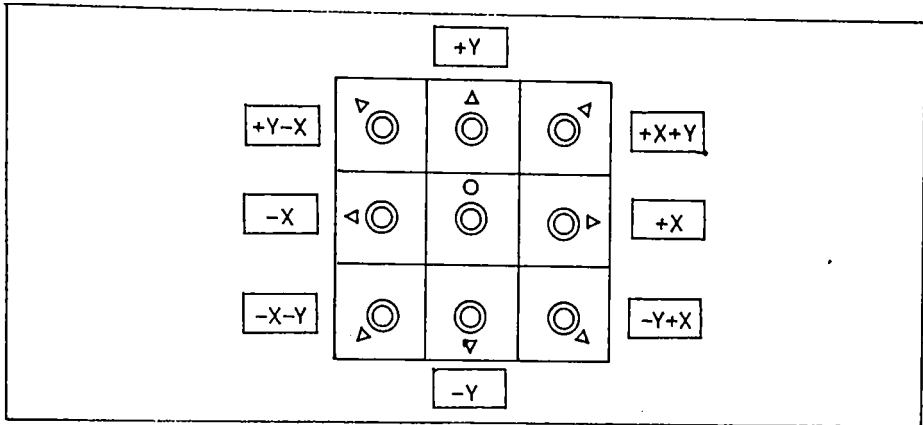


Fig. 4.27. Blocul tastelor senzoriale

Se prescrie un sens de avans, aproximativ spre contur, prin actionarea unei taste senzoriale adecvate.

In momentul in care capul optic ajunge la linia desenata, un dispozitiv format din CI.1 si CI.2, sesizeaza acest lucru si comuta modul de avans: de la avansul dupa sens prescris, la avansul prin "lectura" a liniei desenate ("agatare"). Trecerea se face instantaneu.

Daca selectorul K se afla pe pozitia "orb", aceasta trecere la "lectura" nu se mai produce (capul optic este "orb" - nu vede linia desenate).

Dioda electroluminiscenta D69 este activa când capul optic este pe jonctiunea alb/negru a liniei desenate.

Dioda electroluminiscenta D9 este activa in timpul "lecturii" liniei desenate ("L").

La punerea sub tensiune, intotdeauna echipamentul se auto-seteaza in pozitia "O"; LED-ul rosu "O" (STOP) este aprins si avansul nu-i initiat.

Daca se porneste "pe linie", iar K se afla pe pozitia "neorb", atunci orice actionare x,y (pe oricare sens din cele 8) initiaza chiar "lectura" (avansul automat pe linia desenate).

In timp ce masina avanseaza pe un sens, in scopul trecerii la alt sens de avans, nu este necesara oprirea (cu "O"), ci se poate actiona direct un nou sens de avans, cu ajutorul tastelor senzoriale.

Daca in timpul "lecturii" se trece K de pe pozitia "orb" pe pozitia "neorb", avansul se opreste imediat, in mod automat, sesizind o "pierdere de traiectorie" (PT) virtuala, prin sesizarea unui nivel de alb.

Daca in timpul "lecturii" capul optic pierde linia desenate dispozitivul electronic da comanda opririi taierei, dupa o temporizare de 1,5 secunde (R57,C13). Avansul se opreste instantaneu, datorita realizarii semnalelor  $U_x = 0$ ,  $U_y = 0$ .

La "pierderea traiectoriei", releul KT primeste comanda de intrerupere timp de cca. 0,5 secunde (R60,C15). Acest timp de "clamp" este suficient pentru anularea automentinerii releului KT (anclansat la "taiere"). Releul KT, dispus in echipamentul conex, de taiere, actioneaza asupra electrovalvei oxigenului de taiere (la taierea oxigaz), sau asupra obturatorului laser (la taierea cu fascicul laser), sau asupra sursei de plasma (la taierea cu plasma), et c.



Registrul de memorie format din 10 celule T1 + T11 , cuplate prin rezistenta comuna din emitoarele T1 ... T10 (reactie pozitiva multipla), are proprietatea ca la activarea unei celule , se dezactiveaza automat celelalte 9 celule. Activarea consta in conductia unuia din tranzistoarele T11 ... T20 , deci aprinderea LED-ului corespunzator D1 ... D10. Activarea unei celule coincide si cu trecerea iesirilor 1 ... 10 (anodul diodelor D21 - D30) in starea logica zero (-10V), in timp ce diodele D1 ... D10 ale celorlalte celule sunt in starea logica 1 (+10V) . Registrul posedea calitatea unui consum deosebit de mic , deoarece cele 9 celule inactivate au cele 18 tranzistoare blocate. Tot curentul consumat, practic este cel care trece prin LED-ul (D1 ...D10) activ de aproximativ 30 mA.

S-au experimentat si variantele cu circuite integrate consacrate ( SAS 560, SAS 570, sau MOS ), dar s-a renuntat la acestea, din cauza nerealizarii imunitatii la zgomot foarte puternic ( tiristoarele din oscilatorul de amorsare a generatorului de plasma , sau variatoarele de turatie ). Condensatoarele C1 - C11 asigura aceasta deparazitare.

Cele 10 iesiri din registrul de memorie sunt conectate la o matrice de codificare cu diode (D31 ... D47), cu iesirile +X, +Y -X, -Y, L, D . Aceste iesiri deblocheaza variatoarele de turatie x, y, in sensurile de rotire motoare mx, my : +x, +y, -x, -y, astfel :

- un singur motor mx sau my , cu unul din sensurile de rotire +X, +Y, -X, -Y, sau prescrise manual.

- doua motoare simultan mx si my, pentru miscarile pe diagonale in planul x, y, prescrise manual.

- doua motoare simultan mx si my, prin prescriere automata de lectura "L".

- reducerea turatiei la 70 % , in cazul miscarii pe diagonale si prescriere manuala , prin iesirea "D" ("diagonale"), in scopul mentinerii vitezei tangentiale la aceeasi valoare ca in cazul avansului dupa axele x,y.

#### 4.18.4. Procesorul DU (figura 4.28.)

Procesorul "DU" face medierea intre intrarile :

- registrul de memorie al tastelor senzoriale de prescriere a avansului ( +X, +Y, -X, -Y, L, D ) .

- cele 4 limitatoare de cursa ( +X, +Y, -X, -Y )

- referintele de viteza Ux (cos i), Uy (sin i)

- prescrierea vitezei cu Pv ( k = 0 ... 1 )

si iesirile :

- deblocarea variatoarelor de turatie x,y (M19, M20)

- referintele de viteza atenuata k.Ux , k.Uy

Prin analizarea figurii 4.28. se remarca existenta a doua lanturi ale referintelor de viteza :

- axa x : AO.1 ... AO.5

- axa y : AO.6 ... AO.10

Acestea sânt influentate de circuitele comune: AO.11, AO.12 AO.13, CI.1, T3, T5 ... T10.

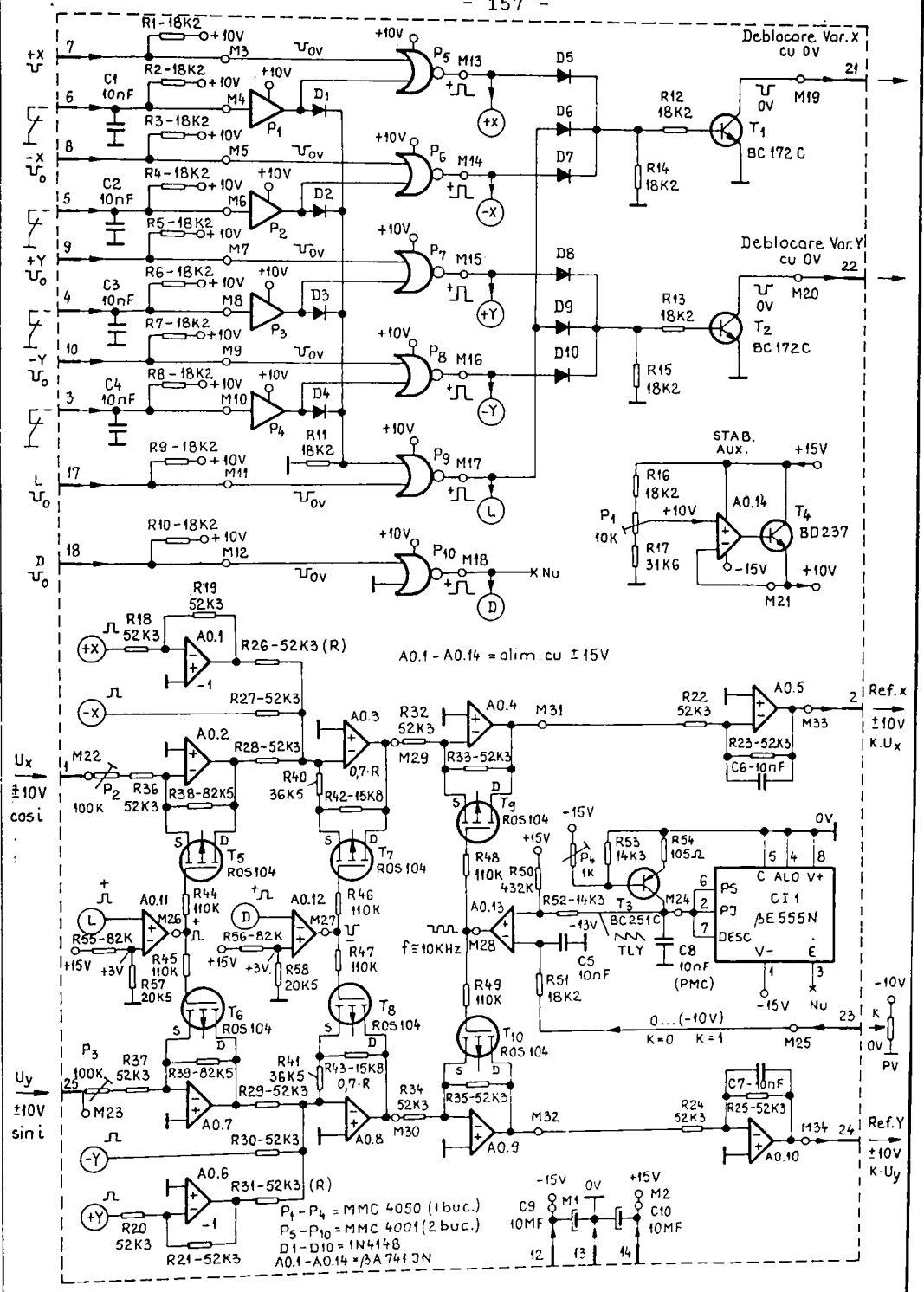


Fig. 4.28. Procesorul DU

Circuitele CI.1 , T3 genereaza tensiune liniar variabila (TLV) in scopul chopparii , la o frecventa relativ mare ( 20-50 kHz , reglabila cu P4 ) . Coeficientul de umplere al chopperului este comandat in tensiune cu Pv ( 0 ... -10V ).

In tabelul 4.3. sunt prezentate tensiunile in punctele de masura M3 ... M34 in 10 situatii de avans in planul x,y. Se presupune situatia in care limitatoarele de cursa nu sunt activate.

Punctele de masura M la procesorul DU : Tabelul 4.3.

=====

SITUATIA DE AVANS IN PLANUL X,Y :

-----

UM ... (V)	STOP	+X	+X +Y	+Y	+Y -X	-X	-X -Y	-Y	-Y +X	L
UM3	+10	0	0	+10	+10	+10	+10	+10	0	+10
UM4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UM5	+10	+10	+10	+10	0	0	0	+10	+10	+10
UM6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UM7	+10	+10	0	0	0	+10	+10	+10	+10	+10
UM8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UM9	+10	+10	+10	+10	+10	+10	0	0	0	+10
UM10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UM11	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	0
UM12	+10	+10	0	+10	0	+10	0	+10	0	+10
UM13	0	+10	+10	0	0	0	0	0	+10	0
UM14	0	0	0	0	+10	+10	+10	0	0	0
UM15	0	0	+10	+10	+10	0	0	0	0	0
UM16	0	0	0	0	0	0	+10	+10	+10	0
UM17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+10
UM18	0	0	+10	0	+10	0	+10	0	+10	0
UM19	+10	0	0	+10	0	0	0	+10	0	0
UM20	+10	+10	0	0	0	+10	0	0	0	0
UM21	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10
UM22	Ux	Ux	Ux	Ux	Ux	Ux	Ux	Ux	Ux	Ux
UM23	Uy	Uy	Uy	Uy	Uy	Uy	Uy	Uy	Uy	Uy
UM24	TLV	TLV	TLV	TLV	TLV	TLV	TLV	TLV	TLV	TLV
UM25	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K
UM26	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	+15
UM27	+15	-15	-15	+15	-15	+15	-15	+15	-15	+15
UM28	CHP	CHP	CHP	CHP	CHP	CHP	CHP	CHP	CHP	CHP
UM29	0	+10	+7	0	-7	-10	-7	0	+7	Ux
UM30	0	0	+7	+10	+7	0	-7	-10	-7	Uy
UM31	0	-10K	-7K	0	+7K	+10K	+7K	0	-7K	-KUx
UM32	0	0	-7K	-10K	-7K	0	+7K	+10K	+7K	-KUy
UM33	0	+10K	+7K	0	-7K	-10K	-7K	0	+7K	KUx
UM34	0	0	+7K	+10K	+7K	0	-7K	-10K	-7K	KUy

=====

Notatii in tabelul 4.3.:

- Ux = -10 ... 0 ... +10 V (cos i , de la rezoliver)
- Uy = -10 ... 0 ... +10 V (sin i , de la rezoliver)
- TLV = tensiune liniar variabila 0/-10 V, 20-50 kHz
- K = 0 ... -10 V (K = 0 ... 1)
- CHP = chopper, semnal dreptunghiular +15/-15 v, 20-50 kHz
- KUx = (0 ... 1) . (-10 ... 0 ... +10) V
- KUy = (0 ... 1) . (-10 ... 0 ... +10) V
- +7K = (+7 V) . (0 ... 1) , ca exemplu

#### 4.18.5. Regulatele de turatie si de curent XU, YU (figura 4.29.)

Problema esentiala in cazul conturarii in coordonate carteziene este realizarea unei game foarte largi de reglare a turatiei la motoarele reversibile de actionare. In special, se urmareste eliminarea discontinuitatii in originea axelor  $x, y$ , a caracteristicii  $n = f(U)$  a motoarelor electrice, pentru a nu rezulta o taietura in trepte. Aceasta s-ar manifesta prin rizuri de 0,5 ... 3 mm la nivelul fantei taieturii. Regulatorul prezentat in figura 4.29. se situeaza la un nivel relativ ridicat de pretentii, asigurand o gama de turatie cuprinsa intre 0,5 si 3000 rpm. Bineinteles, motoarele de actionare trebuie sa fie si ele la un nivel corespunzator a gamei de turatie. De aceea, s-au utilizat servomotoare cu rotor disc (de tipul SRD-350, cu tahogenerator incorporat).

S-a preferat schema din figura 4.29., realizata la un grad mai mic de integrare, din considerentul posibilitatilor multiple de decuplare capacitiva in diferite puncte din circuit, in scopul deparazitarii fata de unele surse foarte puternice de perturbatii, cum ar fi, de exemplu, oscilatorul de amorsare al generatorului de plasma.

O alta cerinta este realizarea unui timp de raspuns cat mai mic, in scopul eliminarii tesirii colturilor conturului, in special in cazul vitezei mari de avans.

Analizand circuitele din figura 4.29., se constata existenta celor 4 tranzistoare T9, T10, T11, T12, la care sunt cuplate transformatoarele de impuls pentru cele 4 tiristoare, cate 2 pentru fiecare faza si sens de rotatie (T11, T12 pentru sens pozitiv si T13, T14 pentru sens negativ).

Regulatorul de turatie reversibila este realizat cu AO.4, regulatorul de curent pentru sens pozitiv - cu AO.5. iar regulatorul de curent pentru sens negativ - cu AO.8.

AO.6 si AO.9 compara o tensiune liniar variabila (TLV) generata de T3, T4, AO.3 in M8, cu semnalul de eroare de la iesirea celor doua regulate de curent, in scopul convertirii tensiune --> faza, la o frecventa de 100 Hz.

Regulatele sunt conectate in cascada.

Reactia de turatie se aplica la pinul 20 (M5). La acest pin este conectat si detectorul de turatie zero, realizat cu AO.1, AO.2, T1, T2. Acest circuit are rolul de a opri comanda pe grila numai dupa frinarea in contracurent realizata in mod implicit in regimul de invertor, deci cu o intarziere fata de momentul aplicarii prescrierii zero pentru referinta de viteza la pinul 21 (M3), sau 23 (M4).

T5 si T6 au rolul de a bloca impulsul de comanda pe poarta la tiristoarele care nu sunt in conductie in faza respectiva.

Cu P2 se stabileste curentul de circulatie prin cele 4 tiristoare, la o valoare de 0,2 ... 0,5 A.

La pinii 9 si 17 se aplica tensiunea de sincronizare 2x24 V la 50 Hz, iar la pinul 5 se da comanda de deblocare (cu 0V).

La pinii 19 si 3 se aplica reactiile de curent corespunzatoare celor 2 sensuri de rotatie.

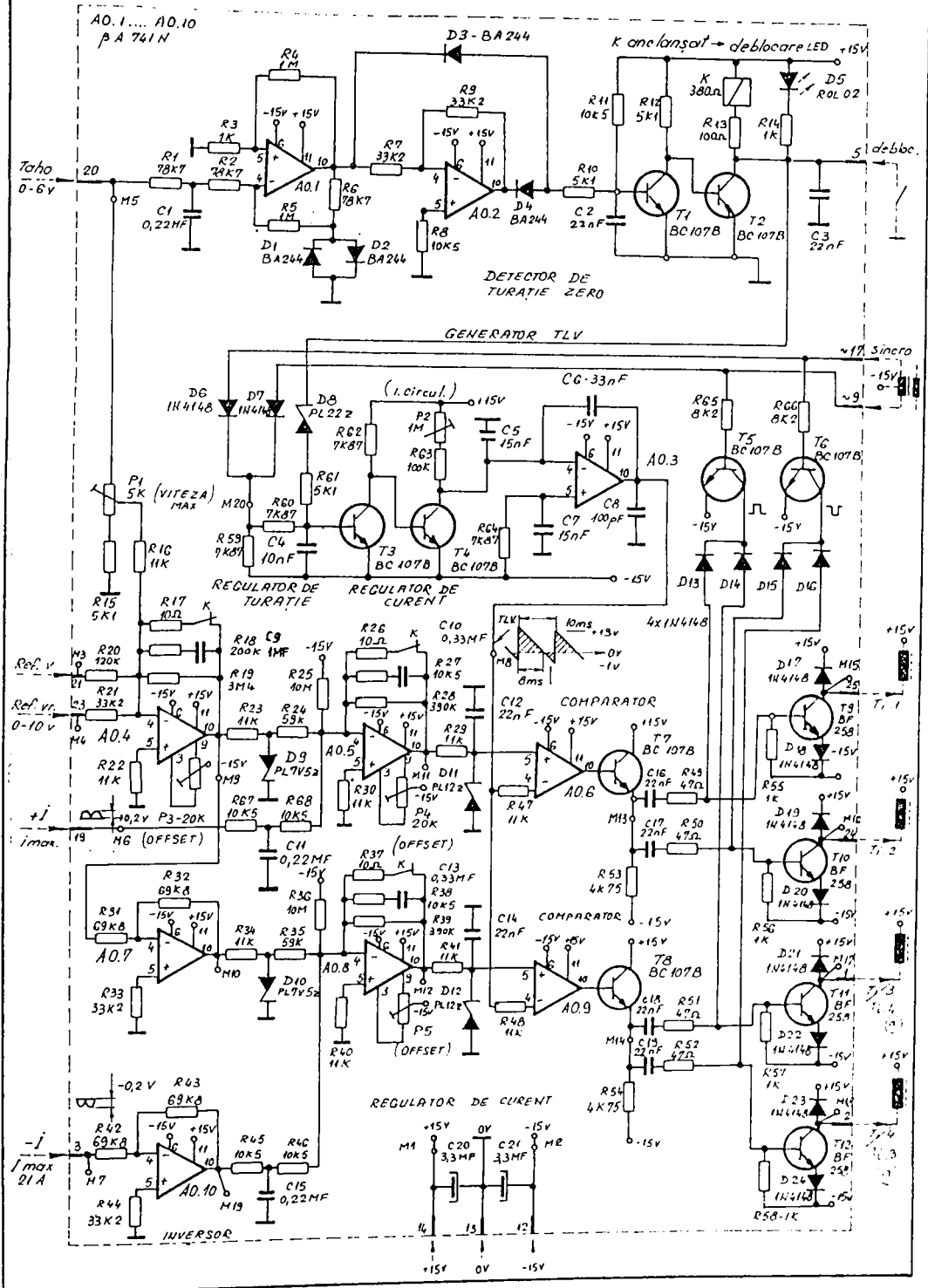


Fig. 4.29. Reglatoarele de turatie si de curent XU,YU

4.18.6. Transformatoarele de impuls, tiristoarele si  
circuitele de protectie, EU  
(figura 4.30.)

Tiristoarele  $Ti1$  si  $Ti2$  aplica motorului M, o tensiune pozitiva, iar tiristoarele  $Ti3$ ,  $Ti4$  - o tensiune negativa .

Grupurile R,C, in paralel pe tiristoare, realizeaza protectia tiristoarelor fata de  $dU/dt$  , iar grupul D5-D8, R5, R6, C6 , realizeaza separarea tensiunilor de comutatie din retea si spre retea .

Sunturile de pe care se ia reactia de curent (  $+I_r$ ,  $-I_r$  ) sunt de  $0,1 \Omega$  .

4.18.7. Stabilizatoarele de tensiune SU  
(figura 4.31.)

Circuitele nu presupun probleme deosebite, reprezentand o solutie clasica . "SU" genereaza la cei 3 pini :  $-15V$ ,  $0V$ ,  $+15V$ , la un curent de  $\pm 0,5 A$  .

4.18.8. Cutia cu transformatoare CT  
(figura 4.32.)

De fapt , inafara de transformatoarele  $T1 - T4$  , CT contine in plus : drosellele de filtraj  $TD1 - TD4$  , sunturile pentru reactiile de curent  $R1 - R4$  , sigurantele fuzibile  $F1 - F6$  si intrerupatoarele automate  $F7$ ,  $F8$  ("AMRO-10"), care realizeaza protectia motoarelor electrice cu rotor disc ( termic la suprasarcini mici cu durata mare si electromagnetic la suprasarcini mari cu durata mica ).

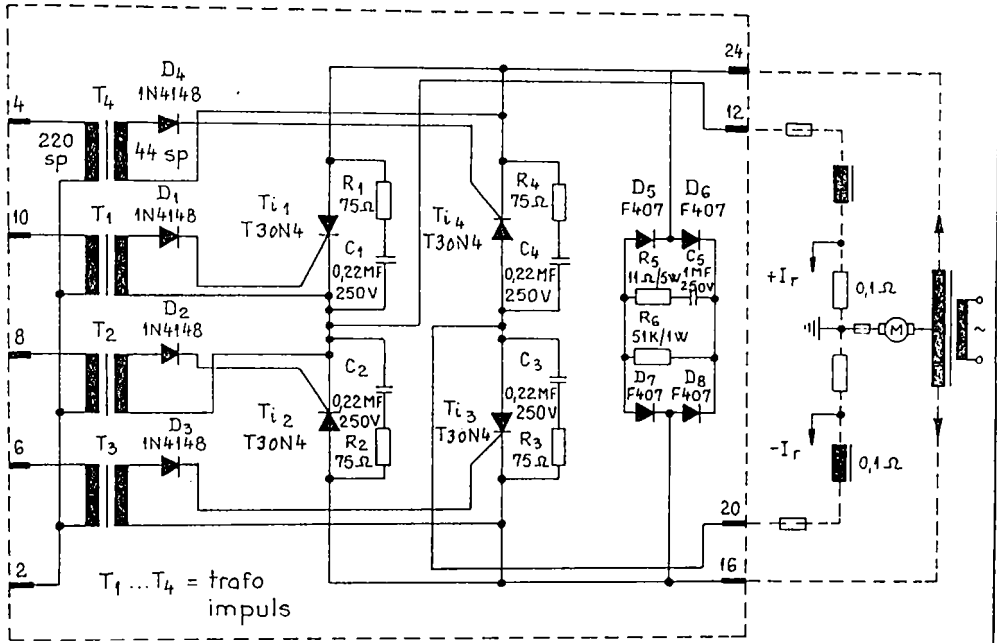


Fig. 4.30. Transformatoarele de impuls, tiristoarele si circuitele de protectie EU

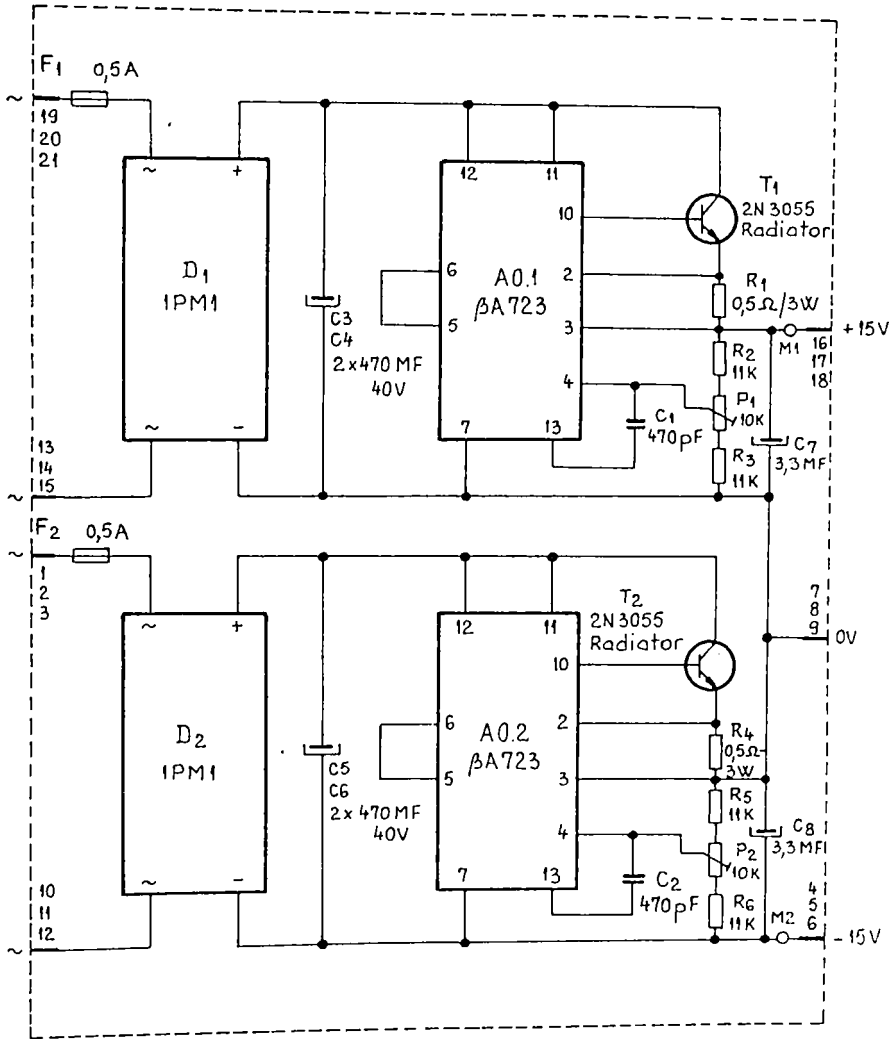


Fig. 4.31. Stabilizatoarele de tensiune SU



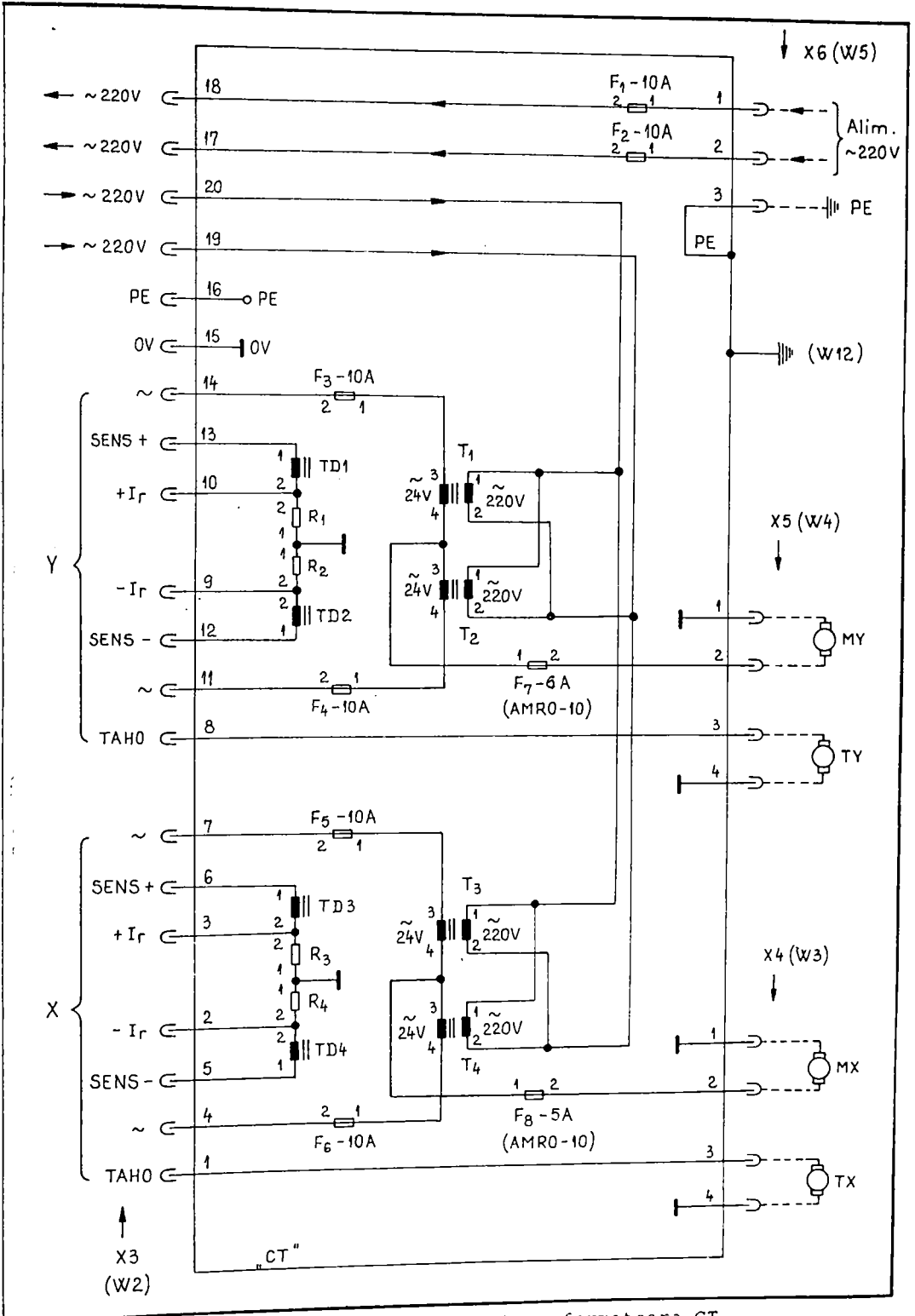


Fig. 4.32. Cutia cu transformatoare CT

CAPITOLUL 5

REZULTATE EXPERIMENTALE.  
VITEZA, PRECIZIA SI  
STABILITATEA CONTURARII  
IN CAZUL UTILIZARII  
CAPURILOR OPTICE FARA  
COMPONENTE INERTIALE IN  
MISCARE DE ROTATIE

## 5.1. Ansamblul experimental

In scopul stabilirii performantelor capului optic fara componente inertiiale in miscare de rotatie , s-a realizat un ansamblu experimental, conform figurilor 5.1., 5.2., 5.3., format din reperatele :

- cap optic rapid "COR"
- sistem de actionare in coordonate "SAC-70W"
- 2 module mecanice de translatie x,y

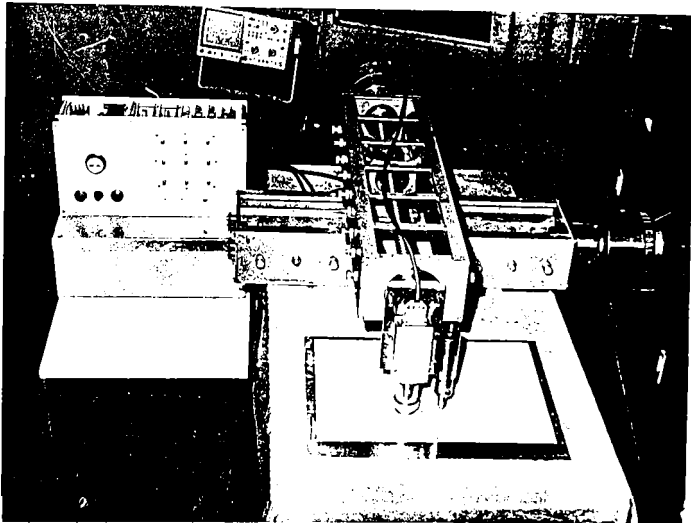


Fig. 5.1. Ansamblu experimental cap optic rapid "COR", sistem de actionare in coordonate "SAC-70W" si module mecanice de translatie x,y

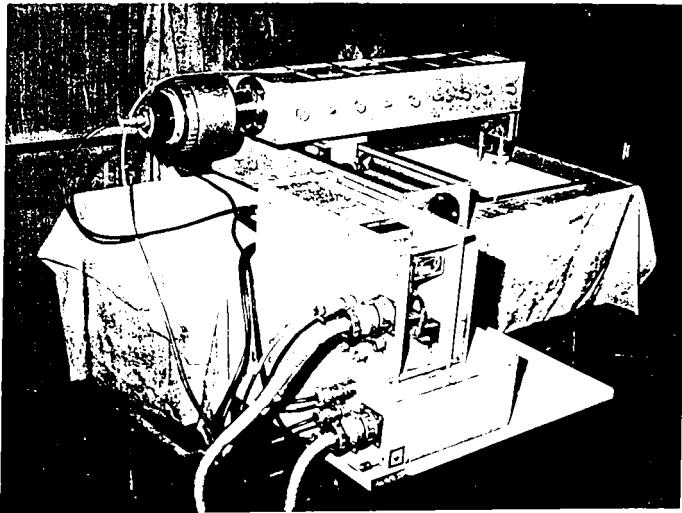


Fig. 5.2. Ansamblu experimental cap optic rapid "COR", sistem de actionare in coordonate "SAC-70W" si module mecanice de translatie x,y

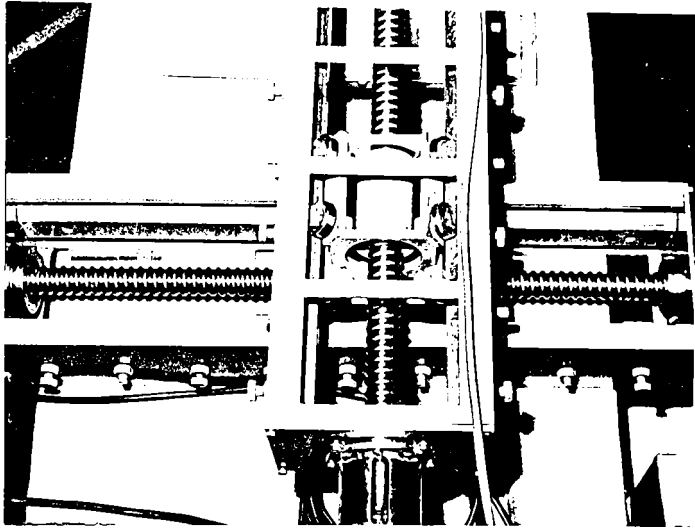


Fig. 5.3. Ansamblu experimental cap optic rapid "COR", sistem de actionare in coordonate "SAC-70W" si module mecanice de translatie x,y

In figurile 5.4. si 5.5. sunt prezentate : capul optic rapid "COR" si sistemul de actionare in coordonate "SAC-70".

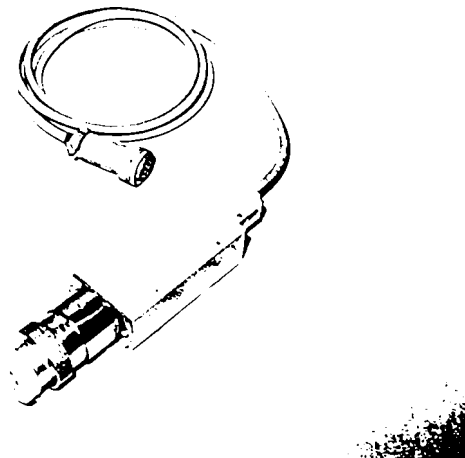


Fig. 5.4. Cap optic rapid "COR"

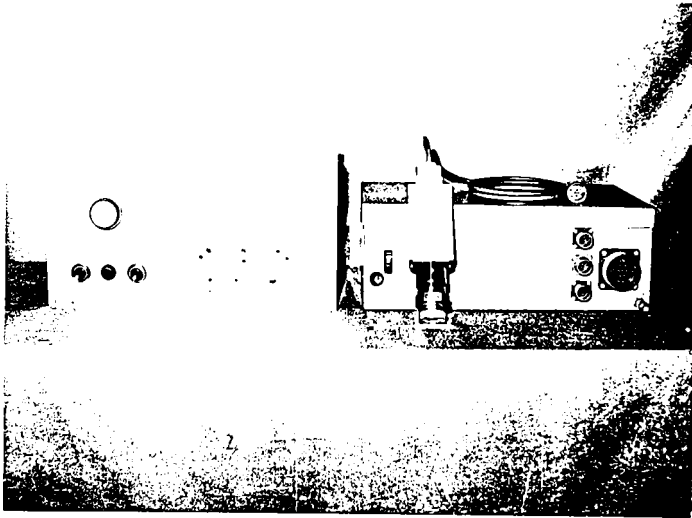


Fig. 5.5. Cap optic rapid si sistem de actionare  
in coordonate "COR-SAC 70W"

Echipamentul electric "COR-SAC 70W" este cel prezentat in capitolul 4, figurile 4.23. ... 4.32.

### 5.2. Viteza de avans intrinseca "vx" a capului optic rapid "COR"

Viteza de avans intrinseca este una din performantele prin care capul optic rapid "COR" (fara componente inertiabile in miscare de rotatie) exceleaza fata de capul optic de tip rotitor prezent in echipamentele actuale realizate pe plan european.

Daca, in general, viteza maxima de avans a capului optic de tip rotitor, in conditii de stabilitate fata de pendulari, este de 0,6 metri/minut, in cazul capului optic "COR" viteza de avans intrinseca maxima garantata este de 100 metri/minut.

Viteza de avans intrinseca maxima de 100 metri/minut se garanteaza prin inexistenta constantei de timp electromecanice de rotatie a capului optic ( $T_m=0$ ) si prin garantarea unei constante de timp electrice  $T_e$ , a tensiunilor  $U_x$ ,  $U_y$ , suficient de mica. Promptitudinea raspunsului electric se pune in evidenta prin raportarea regimului dinamic la regimul stationar. Regimul dinamic se stabileste prin deplasarea cu viteza de 100 metri/minut, a unei linii desenate de 1 mm grosime, pe sub obiectivul capului optic in sensul perpendicular pe linia desinata.

Conform figurii 5.6., din variatia tensiunii  $U_x$ , vizionata la un osciloscop, se stabileste viteza de avans a liniei desenate pe sub capul optic, "vx":

$$v_x = x / t_x \quad (5.1.)$$

$t_x$  este timpul necesar pentru parcurgerea distantei  $x$ . In cazul nostru,  $x = 1 \text{ mm}$ ,  $v_x = 100 \text{ metri/minut} = 1666 \text{ mm/s}$ .

Deci,  $t_x = x / v_x = 1 / 1666 = 0,6 \text{ ms}$

Timpul  $t_x$  se citește de pe ecranul osciloscopului. Valoarea sa fie mai mică de 0,6 ms, pentru regimul dinamic. În acest caz, se citește amplitudinea tensiunii "U<sub>xd</sub>" (pentru regimul dinamic), care, în principiu, este mai mică decât "U<sub>xs</sub>" (pentru regimul staționar).

Deoarece în regim dinamic amplitudinea variației de tensiune U<sub>xd</sub>, este mai mică decât variația de tensiune în regim lent (staționar) U<sub>xs</sub>, se acceptă o bună funcționare, dacă această scădere nu este prea mare, de exemplu 10% din U<sub>xs</sub> (staționară).

Raportul între variația tensiunii în regim dinamic și variația tensiunii în regim staționar se notează "k<sub>ds</sub>":

$$k_{ds} = \frac{U_{xd}}{U_{xs}} \quad (5.2.)$$

și trebuie să fie 0,9 ... 1 (ideal, 1). Informativ, U<sub>xs</sub> = +10Vcc.

Experimental, CTC-ISIM a determinat valorile:  $t_x = 0,3 \text{ ms}$ , U<sub>xs</sub> = +10 Vcc, U<sub>xd</sub> = +9,8 Vcc și prin calcul, a rezultat:  $v_x = x/t_x = 3,33 \text{ mm/ms}$  (3330 mm/s), deci cca. 200 metri/minut! Tot prin calcul a rezultat  $k_{ds} = 0,98$ .

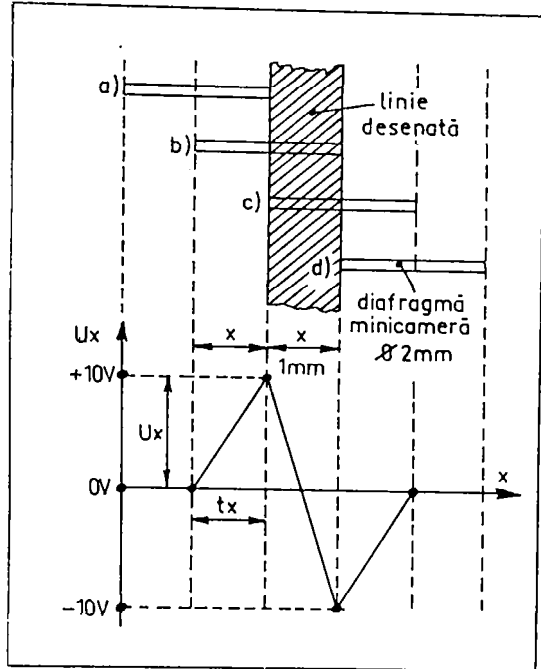


Fig. 5.6. Viteza de avans intrinsecă maximă

### 5.3. Tesirea colturilor conturului "ec" a capului optic "COR"

Tesirea colturilor "ec" este definită în figura 5.7. Aceasta tesire "ec" de fapt, este o eroare de urmărire a conturului. Dacă la capul optic de tip rotitor, tesirea este de cca. 2,5 mm, în cazul capului optic rapid "COR", tesirea este sub 0,4 mm.

Această tesire mică a fost determinată experimental și a fost certificată de CTC-ISIM.

Prin urmare, în cazul capului optic de tip rotitor, se explică prin raportul între excentricitatea fotoceleului și viteza de avans, pentru o anumită masă inertială în rotație. Raportul este constant.

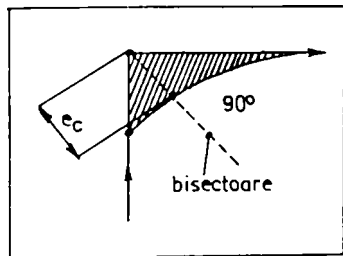


Fig. 5.7. Tesirea colturilor conturului "ec"

In cazul majoritatii capurilor optice rotitoare , pentru a obtine o viteza de avans de 0,6 metri/minut, este necesara o excentricitate "d" (si tesire "ec",deci) de 2,5 mm , in conditiile unei rezerve fata de intrarea in pendulare a capului optic .

Constanta de tesire a coltului "ktc" se defineste :

$$k_{tc} = ec / vT \quad (5.3.)$$

si se exprima in secunde, deci are valoare temporala si caracterizeaza regimul dinamic al parcurgerii coltului :  $k_{tc} = 2,5 \text{ mm} / 600 \text{ mm} / 60 \text{ s} = 0,25 \text{ secunde}$  .

In cazul capului optic rapid "COR" :  $k_{tc} = 0,4 \text{ mm} / 100.000 \text{ mm} / 60 \text{ s} = 0,00024 \text{ secunde}$  .

In practica,viteza de avans vT este limitata la cca.6 m/min din vina maselor inertiiale ale actionarilor x,y . In acest caz :  $k_{tc} = 0,4 \text{ mm} / 6000 \text{ mm} / 60 \text{ s} = 0,004 \text{ secunde}$  .

In cazul echiparii capului optic cu un obiectiv cu diafragma foarte mica, se pot realiza tesiri ale coltului foarte mici , de ordinul 0,04 mm . In acest caz, viteza de avans  $vT = ec / k_{tc} = 0,04 \text{ mm} / 0,004 \text{ s} = 10 \text{ mm} / \text{s}$  ( adica 0,6 metri/minut ) . Limitarea vitezei la 0,6 metri/minut corespunzatoare tesirii "ec" de 0,04 mm, nu este produsa de capul optic, ci de jocurile si elasticitatile sistemului mecanic al actionarilor x, y . Daca acestea ar fi ideale , capul optic ar putea asigura o tesire intrinseca "ec" de 0,04 mm la o viteza de avans  $vT = ec / k_{tc} = 0,04 / 0,00024 \text{ s} = 166,6 \text{ mm} / \text{s}$  ( adica 10 metri/minut ) .

#### 5.4. Precizia de urmarire pe contur lent curbat a capului optic rapid "COR"

Eroarea maxima garantata este de +/- 0,1 mm , in conditiile variatiei perturbatoare a distantei intre obiectivul capului optic si desen cu +/- 0,5 mm .

Experimental , CTC ISIM a certificat acest lucru .

Eroarea zero se obtine la compensare zero , prin reglarea potentiometrelor P1 ... P8 din procesorul BU ( figura 4.25 ) .

Eroarea maxima garantata de +/-0,1 mm se refera la obiective optice cu distanta focala de 12 mm si diafragma de 1,91 mm .

In cazul unor obiective cu diafragme mai mici (sub 1,91 mm) si eroarea de urmarire este mai mica decat +/- 0,1 mm, proportional . In cazul unor obiective cu distanta focala mai mare, tubul optic rezulta mai lung , ceea ce nu este convenabil ; in schimb, se permit abateri mai mari ale distantei obiectiv - desen , ceea ce este convenabil .

#### 5.5. Alegerea sistemului de actionare in coordonate x, y

La alegerea echipamentului mecanic si electric se tine seama de aspectele : performante, pret, gabarit, fiabilitate.

In domeniul performantelor :

Sistemul mecanic de actionare in coordonate x, y trebuie sa nu aiba joc ( eventual sub 0,01 mm) , sa nu fie elastic , sa aiba inertie mica , sa nu prezinte fenomenul de lipire - dezlipire ( "step-stick" ) pe ghidaje .

Ansamblul prezentat in figurile 5.1, 5.2., 5.3., utilizeaza 2 suruburi cu bile cu diametrul de 32 mm si pasul de 10 mm . In acest caz, penru a obtine viteza de 6 metri/minut, turatia motorului de antrenare (mx,my) trebuie sa fie de 600 rpm.Masa transportata (inclusiv caruciorul) este de 30 kg. Functionarea la turatii joase necesita o reductie mecanica mica, facilitand un joc axial mic , dar conduce la o supradimensionare a puterii motorului de antrenare . De fapt , primeaza precizia si timpul de raspuns , deci cuplul disponibil al motorului este destinat in proportie de 70-90 % pentru compensarea cuplului dinamic .

Alegerea unor variatoare de turatie cu 2 pulsuri (monofazate , bialternanata ) in regim de comutatie naturala de la retea de 50 Hz , conduce la echipamente usoare, ieftine, fiabile si la posibilitatea racordarii la retea monofazata de 220 V (nu necesita racord trifazat ) . Pentru inceput , s-a preferat acest sistem , scopul initial fiind punerea in evidenta , in timp scurt a functionabilitatii noului tip de cap optic . Desigur ca in cazul comutatiei naturale de la retea cu 3 sau 6 pulsuri, sau mai mult , in cazul utilizarii regimului de chopper la frecventa mare, sau comutatie cu tranzistoare ( in loc de tiristoare ), se obtine o calitate dinamica superioara. Insa, in acest caz, gabaritul si pretul echipamentului cresc,fiabilitatea este mai mica.

Regimul de conturare necesita domeniu mare de reglare a turatiei , in special garantarea unor turatii foarte mici , chiar 0,5 rpm, pentru a rezulta o calitate superioara a taieturii (fara rizuri sau trepte ) .

Deasemenea, se recomanda reactia de turatie .

Motoarele utilizate in montajul experimental din figurile 5.1., 5.2., 5.3., sunt de tipul "SRD-350", cu rotor disc si cu tahogenerator incorporat , exceland prin inertie redusa si gama foarte larga de reglare a turatiei .

#### 5.6. Motorul electric SRD-350 in regim nominal fara reactie de turatie

Regimul nominal ("n") reprezentat in figura 5.8. se refera la posibilitatile maxime din conditii de incalzire, prescrise de fabricantul motorului

Date de catalog :

$P_n = 350 \text{ W}$  (puterea nominala utila)  
 $M_n = 1,12 \text{ Nm}$  (cuplul nominal)  
 $I_{An} = 8,14 \text{ A}$  (curentul nominal)  
 $U_{An} = 62 \text{ V}$  (tensiunea nominala)  
 $R_A = 1,4 \Omega$  (rezistenta rotorului)  
 $J_m = 0,00016 \text{ kg.m.p}$  (m.de inertie)  
 $K = 0,172 \text{ N.m/A}$  (cuplul pe amper)  
 $I_{A. imp} = 80 \text{ A}$  (curent imp.max.admis)  
 $M_{. imp} = 15,82 \text{ N.m}$ (cuplu imp.max.adm.)  
 $A_o = 0,78 \text{ A}$  (curentul la mers in gol)  
 $n_{.max} = 5000 \text{ rpm}$  (turatia max.admisa)  
 $T_A = 0$  (constanta de timp electrica)

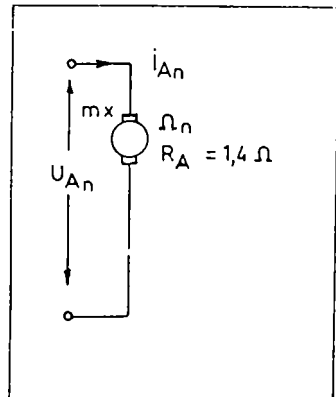


Fig. 5.8. Regimul nominal la SRD-350



Relatii utilizate :

$$\begin{aligned} UA &= EA + RA \cdot IA + LA \cdot (dIA/dt) & (5.4.) \\ UA &= K \cdot \Omega & (5.5.) \\ EA &= K \cdot \Omega & (5.6.) \\ LA &= TA \cdot RA & (5.7.) \\ M - MR &= Jm \cdot (d\Omega/dt) & (5.8.) \\ M &= K \cdot IA & (5.9.) \\ Jm &= Tm \cdot K \cdot K & (5.10.) \\ \Omega &= 2 \cdot \pi \cdot n / 60 & (5.11.) \end{aligned}$$

Notatiile au semnificatiile :

UA - tensiunea la borne (V)  
 EA - tensiunea electromotoare (V)  
 IA - curentul prin rotor (A)  
 LA - inductanta rotorului (H)  
 RA - rezistenta rotorului ( $\Omega$ )  
 M - cuplul motor (N.m)  
 MR - cuplul static rezistent (N.m)  
 Jm - momentul de inertie al rotorului (kg.mp)  
 $\Omega$  - viteza unghiulara (rad/s)  
 n - turatia (rpm)  
 K - cuplul pe amper (N.m/A)  
 Tm - constanta de timp electromecanica (s)  
 TA - constanta de timp electrica (s)

Constantele de timp au expresiile :

$$\begin{aligned} TA &= LA / RA & (5.12.) \\ Tm &= Jm \cdot RA / K \cdot K & (5.13.) \end{aligned}$$

Viteza unghiulara nominala  $\Omega_n$  (in regim stationar) :

$$\Omega_n = (UA_n - RA \cdot IA_n) / K = \text{cca. } 294 \text{ rad/s} \quad (5.14.)$$

Turatia nominala  $nn$  (in regim stationar):

$$nn = 60 \cdot \Omega_n / 2 \cdot \pi = 2807 \text{ rpm} \quad (5.15.)$$

Constanta de timp electromecanica  $Tm$  :

$$Tm = Jm \cdot RA / K \cdot K \quad (5.16.)$$

Viteza unghiulara in gol  $\Omega_0$  :

$$\Omega_0 = UA / K = \text{cca. } 360 \text{ rad/s} \quad (5.17.)$$

Curentul la pornire  $IAp$  :

$$IAp = UA / RA = 44,3 \text{ A} \quad (5.18.)$$

Curentul la franare in

contracurent  $IAf$  :

$$IAf = 2 \cdot IAp = 88,6 \text{ A} \quad (5.19.)$$

Cuplul la pornire  $M_p$  :

$$M_p = K \cdot IAp = 7,6 \text{ N.m} \quad (5.20.)$$

Cuplul la franare in con-

tracurent  $M_f$  :

$$M_f = K \cdot IAf = 15,2 \text{ N.m} \quad (5.21.)$$

Caracteristica :

$\Omega = f(IA)$  este prezentata in figura 5.9.

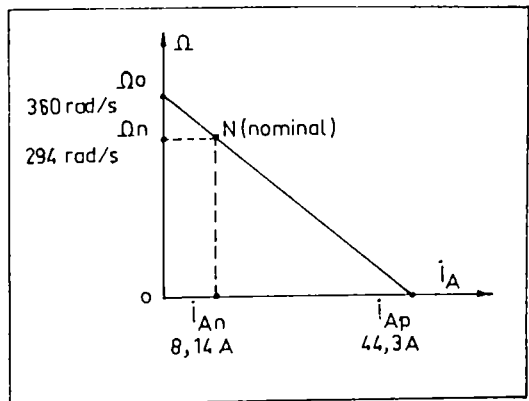


Fig. 5.9. Caracteristica  $\Omega=f(IA)$  in regim nominal

5.7. Motorul electric SRD-350 in regim stationar specific fara reactie de turatie

Regimul stationar specific ("s") reprezentat in figura 5.10. se refera la utilizarea concreta, in montajul experimental din figurile 5.1., 5.2., 5.3., la turatia stationara de 600 rpm fara reactie de turatie.

Date disponibile :

- RA = 1,4 Ω (rezistenta rotorului)
- R = 0,17 Ω (rezistenta suntului)
- Ωs = 62,8 rad/s (viteza unghiulara stationara)
- ns = 600 rpm (turatia stationara) (la vs = 6 metri/minut)
- IAS = 1,8 A (curentul stationar, valoare medie masurata)
- K = 0,172 N.m/A (cuplul pe amper, specific motorului SRD-350)
- Jm = 0,00016 kg.mp (momentul de inertie propriu al motorului)
- Jsurub = 0,00042 kg.mp (momentul de inertie al surubului cu bile)
- Jcuplaj = 0,00014 kg.mp (momentul de inertie al cuplajului)
- Jtranslatie = 0,00007 kg.mp (momentul de inertie al sarcinii care este translatata, cca.30 kg cu viteza de 6 metri/minut)

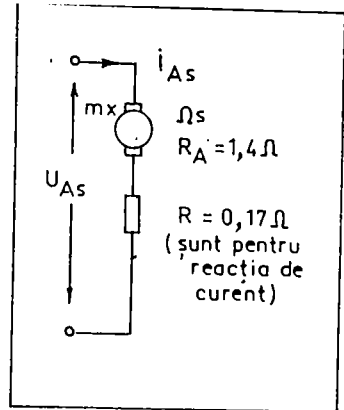


Fig. 5.10.  
Regimul stationar specific, SRD-350

Fabricantul motorului mx "SRD-350" recomanda ca la turatia nominala nn = 2807 rpm, momentul de inertie al sarcinii "Js" sa nu depaseasca momentul de inertie propriu al rotorului disc "Jm" pentru a nu se ajunge la curenti impulsionali care ar distruge rotorul disc. DAR, avand in vedere ca turatia maxima de utilizare "ns" nu depaseste 600 rpm, se admite un moment de inertie al sarcinii Js mai mare si anume unul echivalent care ar produce acelasi efect IAF.IAf.t (curba limita de tip fuzibil) :

$$\left( \frac{nn}{ns} \right)^2 = \frac{Js.max + Jm}{2.Jm} \quad (5.22.)$$

Daca Jm = 0,00016 kg.mp, rezulta Js.max = 0,007 kg.mp ( de cca. 44 ori mai mare ).

La montajul experimental :

$$Js = Jsurub + Jcuplaj + Jtranslatie = 0,00063 \text{ kg.mp} \quad (5.23.)$$

care este mai mic decat 0,007 kg.mp maxim admis de fabricant .

$$J = Jm + Js \quad (5.24.)$$

Constanta de timp electromecanica Tm :

$$Tm = J.(RA+R)/K.K = 42 \text{ ms} \quad (5.25.)$$

Cuplul in regim stationar specific M s :

$$M s = K.IAs = \text{cca. } 0,31 \text{ N.m} \quad (5.26.)$$

Tensiunea la borne in regim stationar specific UAs :

$$UAs = K.Ωs + (RA+R).IAs = \text{cca. } 13,6 \text{ V} \quad (5.27.)$$

Curentul la pornire  $I_{Ap}$  :  
 $I_{Ap} = U_{As}/(R_A+R) = 8,66 \text{ A}$   
 (5.28.)

Viteza unghi. in gol  $\Omega_0$  :  
 $\Omega_0 = U_{As}/K = \text{cca.} 79 \text{ rad/s}$   
 (5.29.)

Curentul la franare in  
 contracurent  $I_{Af}$  :  
 $I_{Af} = 2 \cdot I_{Ap} = \text{cca.} 17,32 \text{ A}$   
 (5.30.)

Cuplul la pornire  $M_p$  :  
 $M_p = K \cdot I_{Ap} = 1,48 \text{ N.m}$   
 (5.31.)

Cuplul la franare in  
 contracurent  $M_f$  :  
 $M_f = K \cdot I_{Af} = 2,98 \text{ N.m}$   
 (5.32.)

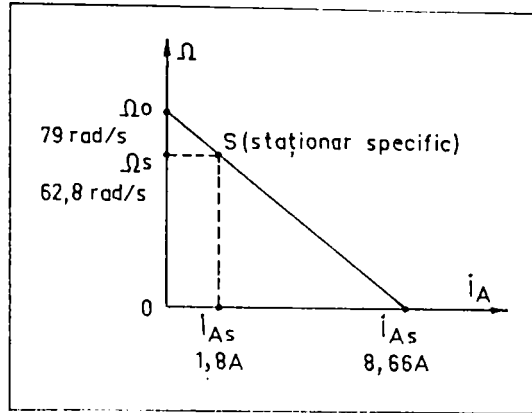


Fig. 5.11.  
 Caracteristica  $\Omega = f(I_A)$   
 in regim stationar specific

Caracteristica  $\Omega = f(I_A)$  este prezentata in figura 5.11.

### 5.8. Motorul electric SRD-350 in regim stationar specific cu reactie de turatie

Diferenta fata de regimul prezentat la punctul 5.7. este aceea ca in regim de sinusoida completa (unghi de aprindere zero) tensiunea care se aplica la borne  $U_{A,max}$ , este mai mare (19,6V) fata de cea necesara regimului stationar specific  $U_{As}$  (13,6V).

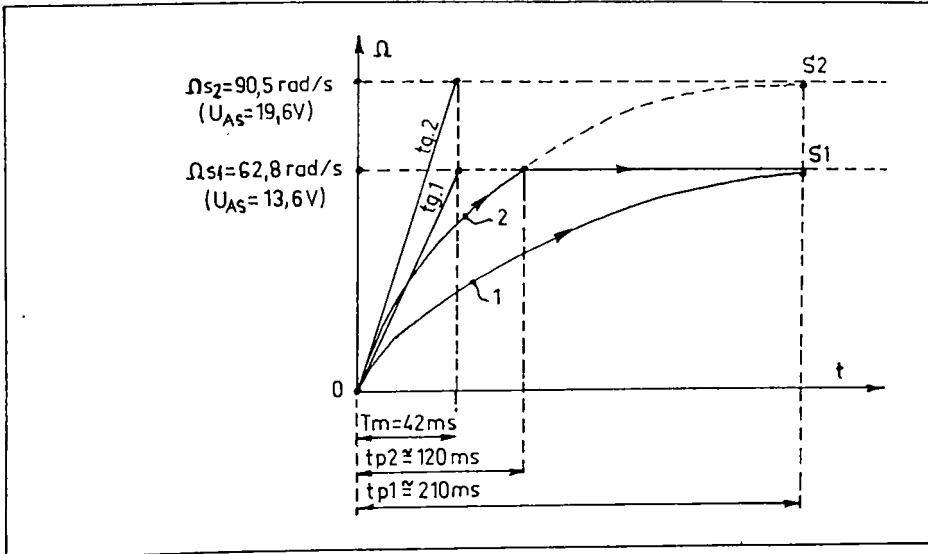


Fig. 5.12. Fortarea timpului de pornire

Aceasta rezerva de tensiune:  $19,6V - 13,6V = 6V$  este utilizata de regulatorul de turatie pentru fortarea pornirii si franarii, deci pentru reducerea timpului de pornire si de franare. Nu este vorba de reducerea constantei de timp electromecanice:  $T_m = J \cdot (RA+R) / K \cdot K = \text{cca.} 42 \text{ ms}$ , pentru ca  $T_m$  nu depinde de tensiunea de alimentare  $U_A$ , conform figurii 5.12., ci se reduce timpul de pornire de la valoarea  $tp_1 = \text{cca.} 210 \text{ ms}$ , la valoarea  $tp_2 = \text{cca.} 120 \text{ ms}$  (cu reglare automata).

Dupa parcurgerea timpului de pornire  $tp_2$ , regulatorul de turatie maresc automat unghiul de aprindere pana la o valoare corespunzatoare tensiunii  $U_A = 13,6 \text{ V}$  (valoare medie - regim stationar specific pentru turatia de 600 rpm).

Tensiunea maxima  $U_{Amax}$  (corespunzatoare unghiului de aprindere zero) se determina cu relatia:  
 $U_{Amax} = (2 \cdot \sqrt{2} / \pi) \cdot U_{ef.trafo} - U_D = 19,6 \text{ V}$  (valoare medie)  
 (5.33.)

$U_{ef.trafo} = 24 \text{ V. ef.}$  (din secundar)  
 $U_D = \text{cca.} 2 \text{ V}$  (caderea de tensiune pe tiristor)

Relatia 5.33. este valabila pentru o schema de redresare bialternanta, cu priza mediana, conform figurii 5.13.

Se noteza ca unghiul de aprindere zero nu este permis. Se asigura o rezerva de  $30^\circ$  si in regim generator (motor) si in regim de inverter (generator). Limitarea se realizeaza in dispozitivul de comanda pe grila (diodele Zener D11, D12 din figura 4.29.). Astfel, regimul de redresor se realizeaza cu unghiul de aprindere  $30^\circ \dots 90^\circ$ , iar regimul de inverter se realizeaza cu unghiul de aprindere  $90^\circ \dots 150^\circ$ . Din aceasta cauza,  $U_a$  max este mai mica de  $19,6 \text{ V}$  si, in consecinta, si timpul de pornire  $tp_2$  nu este  $120 \text{ ms}$ , ci  $160-180 \text{ ms}$ .

Pentru inceput, s-a ales tensiunea secundara efectiva:  $U_{ef.trafo}$  de  $24 \text{ V}$ , din motive de operativitate si de aprovizionare, transformatoarele cu tensiunea secundara de  $24 \text{ V}$  fiind tipizate si procurabile. In acest fel, rezerva necesara fortarii timpului de pornire, este relativ mica.

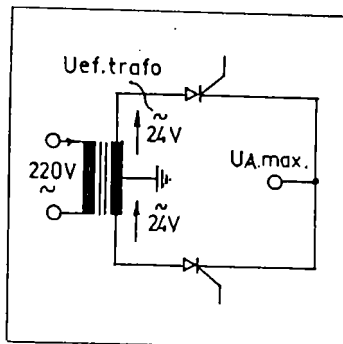


Fig. 5.13.  
 Varianta de redresare utilizata

### 5.9. Acordarea reguletoarelor de curent

In figura 4.29., reguletoarele de curent pentru cele 2 sensuri de rotatie, sunt realizate cu amplificatoarele operationale AO.5 si AO.8. In figura 5.14. sunt prezentate elementele care intereseaza din acest punct de vedere.

- Marimile la care face referire figura 5.14. sunt:
- $U_{en}$  - tensiunea de eroare de turatie (referinta de curent) (0 ... 7,5 V)
  - $U_{ei}$  - tensiunea de eroare de curent (0 ... 13 V)
  - $U_{o-v}$  - tensiunea pe suntuul R (proportionala cu curentul  $I_A$ ) (reactie de curent)
  - $I_{circ}$  - curentul de circulatie

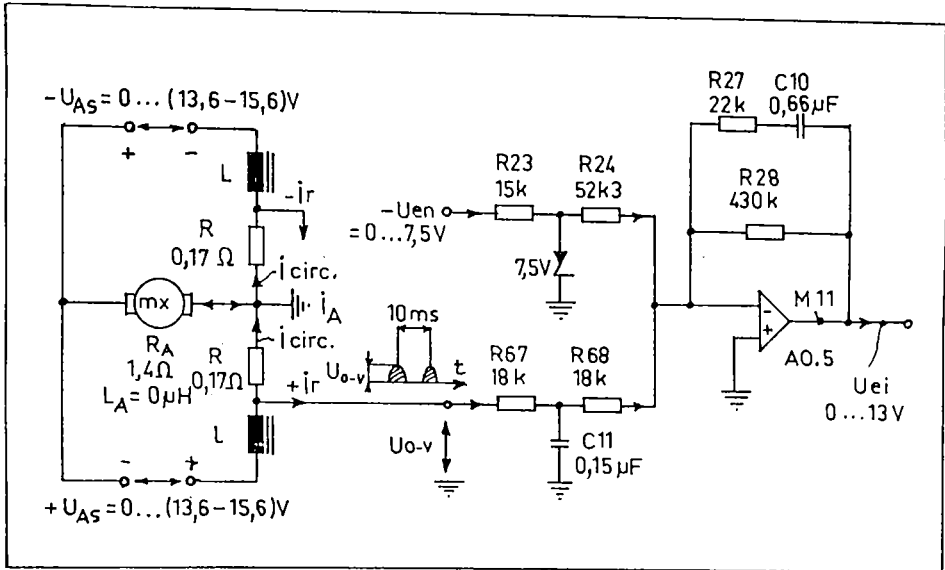


Fig. 5.14. Acordarea regulatorului de curent

Elementele cu care se acordeaza regulatorul "PI" (proportional-integral) sunt :  $R24 = 52,3 \text{ k}\Omega$ ,  $R27 = 22 \text{ k}\Omega$ ,  $R28 = 430 \text{ k}\Omega$ ,  $R67 = 18 \text{ k}\Omega$ ,  $R68 = 18 \text{ k}\Omega$ ,  $C11 = 0,15 \mu\text{F}$ ,  $C10 = 0,66 \mu\text{F}$ .

Constanta de timp de filtrare a reactiei de curent "tir" :

$$\tau_{ir} = R67 \cdot C11 = 2,7 \text{ ms} \quad (5.34.)$$

Constanta de timp a regulatorului de curent "ti" :

$$\tau_i = R27 \cdot C10 = 14,5 \text{ ms} \quad (5.35.)$$

Amplificarea erorii de curent in momentul zero "Aio" :

$$A_{io} = R27 / R24 = 0,4 \quad (5.36.)$$

Amplificarea erorii de curent in regim stationar "Ais" :

$$A_{is} = R28 / R24 = 8,22 \quad (5.37.)$$

Se remarca faptul ca amplificarea creste de la 0,4 la 8,22 in cca.  $3 \cdot \tau_i = 43 \text{ ms}$ .

Tensiunea  $U_{o-v}$  pe suntul  $R = 1,17 \Omega$ , este proportionala cu curentul ( $I_{AS} + I_{circ}$ ), prin  $R$ . In regim stationar, s-a masurat  $I_{AS} = 1,8 \text{ A}$  (valoarea medie). In tabelul 5.1. se prezinta valorile  $U_{o-v}$ ,  $I_a + I_{circ}$ , si  $I_A$ . Curentul de circulatie s-a stabilit la  $0,2 \text{ A}$ .

Tabelul 5.1.

Regim la motorul mx	$U_{o-v}$ (o-varf)	$I_a + I_{circ}$ (v.med)	$I_A$ (v.med)
La turatie zero, regim stationar ( $I_{AS} = 0$ , $I_{circ} = 0,2 \text{ A}$ )	0,1 V	0,2 A	0
La turatie 600 rpm, regim stationar ( $I_{AS} = 1,8 \text{ A}$ , $I_{circ} = 0,2 \text{ A}$ )	1,0 V	2,0 A	1,8 A
La pornire, cu treapta $\Omega s = 62,8 \text{ rad/s}$ ( $n = + 600 \text{ rpm}$ , $v = + 6 \text{ m/min}$ )	2,0 V	4,0 A	3,8 A
La franare, cu treapta $\Omega s = 62,8 \text{ rad/s}$ ( $n = +/- 600 \text{ rpm}$ , $v = +/- 6 \text{ m/min}$ )	4,0 V	8,0 A	7,8 A

(  $k = 2 \text{ A med.} / V_{o-v}$  )

Se remarca faptul ca , in cazul utilizarii regulatorului de curent , curentul impulsional este mai mic decat in cazul conectarii directe la sursa  $U_{As} = 13,6 \text{ V}$  si anume : la pornire este de  $3,8 \text{ A}$  in loc de  $8,66 \text{ A}$  , iar la franare in contracurent este de  $7,8 \text{ A}$  in loc de  $17,32 \text{ A}$  . Acest fapt este cauzat de constanta de timp  $\tau_i = 43 \text{ ms}$  , din cauza careia, la prima semialternanta , unghiul de aprindere este mai mare decat la a 2-a semialternanta Amplificarea "Aio" fiind  $0,4$  , inseamna ca la o treapta a referintei de curent de  $7,5 \text{ V}$  , la iesirea din AO.5 (M11) , tensiunea Uei este de  $7,5 \text{ V} \cdot 0,4 = 3 \text{ V}$  . Deci la iesirea din comparatorul AO.6 , unghiul de aprindere este  $((13\text{V}-3\text{V})/13\text{V}) \cdot 180^\circ = 138^\circ$  . De la aceasta valoare de inceput , unghiul de aprindere scade pana la  $30^\circ$  in cca.  $30 \text{ ms}$  . Acest lucru s-a pus in evidenta prin vizionarea la osciloscop a tensiunii de la iesirea regulatorului de curent AO.5 , "Uei" (in M11) , conform figurii 5.15.

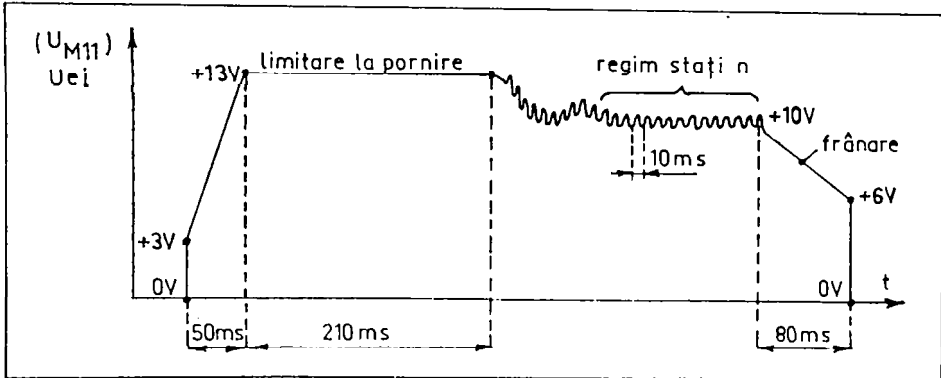


Fig. 5.15. Tensiunea la iesirea regulatorului de curent de la pornire pana la franare, in cazul  $R_{24} = 52,3 \text{ k}\Omega$

Se remarca faptul ca la  $U_{ei} = 7,5 \text{ V}$  (in M11) , unghiul de aprindere este de aproximativ  $90^\circ$  . Regimul de redresor exista in domeniul  $U_{ei} = 7,5 \text{ V} \dots 13 \text{ V}$  , iar regimul de inverter exista in domeniul  $U_{ei} = 0 \text{ V} \dots 7,5 \text{ V}$  . Regimul stationar motor se realizeaza la valoarea de aproximativ  $U_{ei} = 10 \text{ V}$  (in M11).

S-a experimentat si varianta in care  $R_{24} = 22 \text{ k}\Omega$  . In acest caz, tensiunea la iesirea regulatorului de curent AO.5 (M11) se prezinta la osciloscop conform figurii 5.16.

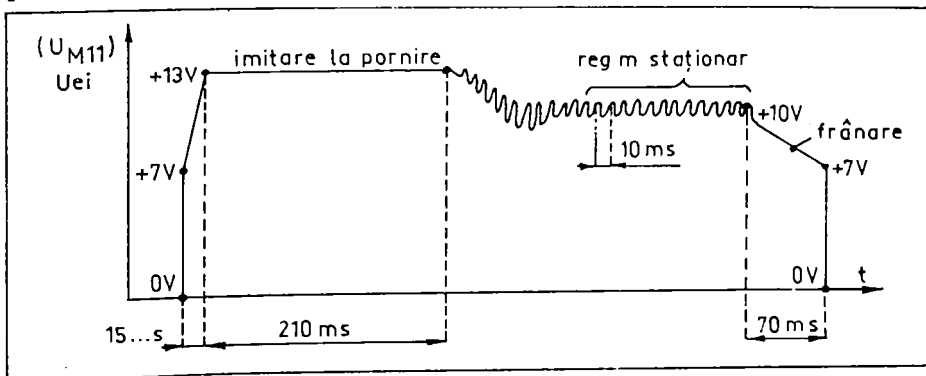


Fig. 5.16. Tensiunea la iesirea regulatorului de curent de la pornire pana la franare, in cazul  $R_{24} = 22 \text{ k}\Omega$

In acest caz ,  $A_{io} = 1$  ,  $A_{is} = 19,5$  . Unghiul de aprindere , imediat dupa pornire , variaza de la cca.  $90^\circ$  la  $150^\circ$  intr-un interval de timp de 15 ms . Este important de notat faptul ca desi intrarea in limitare de curent ( $U_{ei} = +13V$ ) se produce foarte rapid , in 15 ms (fata de 50 ms) , nu se castiga mare lucru asupra timpului de pornire , adica asupra timpului in care turatia creste de la 0 la valoarea stationara de 600 rpm. S-a determinat practic , prin vizionarea la osciloscop a tensiunii pe tahogenerator , ca in ambele cazuri , timpul de pornire  $t_{p1} = 160$  ms . In cazul  $R_{24} = 22$  k $\Omega$  , se constata o tendinta de intrare in pendulare a buclei de curent , din cauza amplificarii marite  $A_{is} = 19,5$  fata de  $A_{is} = 8,22$  .

Prin vizionarea tensiunii  $U_o-v$  pe suntul  $R = 0,17$   $\Omega$  , in cazul  $R_{24} = 22$  k $\Omega$  , se constata aceleasi valori din tabelul 5.1.

### 5.10. Acordarea regulatorului de turatie

In figura 4.29. regulatorul de turatie reversibil este realizat cu amplificatorul operational AO.4. In figura 5.17. sunt prezentate elementele care intereseaza din acest punct de vedere

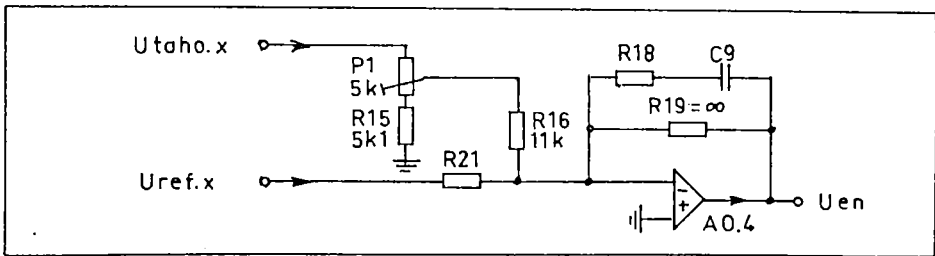


Fig. 5.17. Acordarea regulatorului de turatie

Pentru a obtine o eroare foarte mica de turatie in regim stationar , se alege  $R_{19}$  de valoare infinit de mare , rezultand o amplificare infinita a erorii stationare :

$$A_{is} = R_{19} / R_{21} = \infty \quad (5.38.)$$

In acest fel , pe portiunile lent curbate ale liniei desenate urmarite de capul optic , eroarea de urmarire este foarte mica (sub 0,1 mm). Totusi valoarea reala practica  $R_{19} =$  cca. (1...2)M $\Omega$  , din cauza rezistentei de intrare a amplificatorului operational AO.4 . Deci  $A_{is} = 30...60$  , avand in vedere faptul ca  $R_{21} = 31,6$  k $\Omega$  .

In rezumat , elementele de acordare a buclei de turatie au valorile :  $C_9 = 1,5$   $\mu F$  ,  $R_{18} = 820$  k $\Omega$  ,  $R_{19} = \infty$  ,  $R_{21} = 31,6$  k $\Omega$  ,  $R_{16} = 5,1$  k $\Omega$  .

Amplificarea in momentul initial al aplicarii semnalului treapta  $U_{ref.x} = +10V_{cc}$  , este :

$$A_{io} = R_{18} / R_{21} = 26 \quad (5.39.)$$

Cu ajutorul unui osciloscop cu memorie , s-a determinat experimental regimul tranzitoriu de pornire si franare in contracurent , ca rezultat al aplicarii unor trepte ale tensiunii  $U_{ref.x}$  de 0V --> +10V si de +10V --> 0V . Tensiunea  $U_{taho.x}$  , ca masura a turatiei  $n_x$  si a vitezei  $v_x$  , variaza in timp conform figurii 5.18.

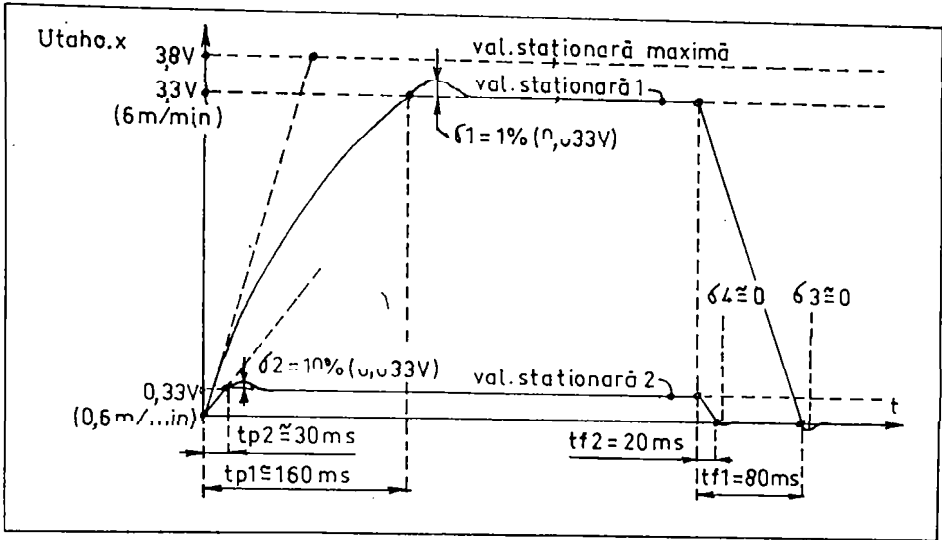


Fig. 5.18. Caracteristica de raspuns a vitezei de avans , fata de semnal treapta a prescrierii Uref.x

In timpul pornirii,  $tp_1 = 160$  ms , caracteristica are forma exponentiala si nu dreapta, din cauza rezervei mici de supraalimentare  $U_{Amax} = 15,6$  V, fata de  $U_{As1} = 13,6$  V . Tensiunea maxima  $Utaho.x$  este de cca. 3,8 V, iar pentru a realiza valoarea stationara a vitezei de avans  $v_x = 6$  m/min, trebuie ca  $Utaho.x$  sa fie de 3,3 V. Timpul de franare in contracurent  $tf_1 = 80$  ms.

In cazul prescrierii unei viteze mai mici de avans , de exemplu 0,6 metri/minut ( $Utaho.x = 0,33V$ ), se constata un timp de pornire  $tp_2 = 30$  ms, deci foarte mic. Aceasta se explica prin rezerva relativ mare de supraalimentare  $U_{Amax} = 15,6$  V fata de  $U_{As2} = 1,36$  V. Timpul de franare  $tf_2 = 20$  ms.

Timpul de franare  $tf_2 = 20$  ms , fiind foarte mic , devine compatibil cu perioada tensiunii de la retea ( $T = 20$  ms), deci exista o incertitudine a realizarii exacte din cauza nesincronizarii momentului franarii cu trecerea prin zero a tensiunii retelei electrice . Acest lucru motiveaza in plus de ce nu se alege o supratensiune mare de fortare a pornirii  $U_{Amax}$  . In acest caz , s-ar ajunge la un timp de franare sub 20 ms , ceea ce ar conduce la vibratii nepermise si la incertitudinea realizarii opririi cu precizie la turatia zero .

### 5.11. Timpul maxim de franare

La parcurgerea unui colt de  $90^\circ$  al conturului, cu viteza de avans de 6 metri/minut, este necesar un timp cat mai mic de franare . Astfel, conform figurii 5.19., daca cele doua laturi sunt paralele cu axele de coordonate x,y (ghidajele mecanice), variatorul de turatie pentru coordonata y (motorul electric my) trebuie sa realizeze o trecere cat mai brusca de la turatia maxima ( $v_y = 6$  m/min) la turatia zero . Daca timpul de franare este prea mare, capul optic paraseste linia desenata , trece "pe alb", unde viteza devine zero in orice sens in planul x,y ( pozitia c. din figura 5.19.



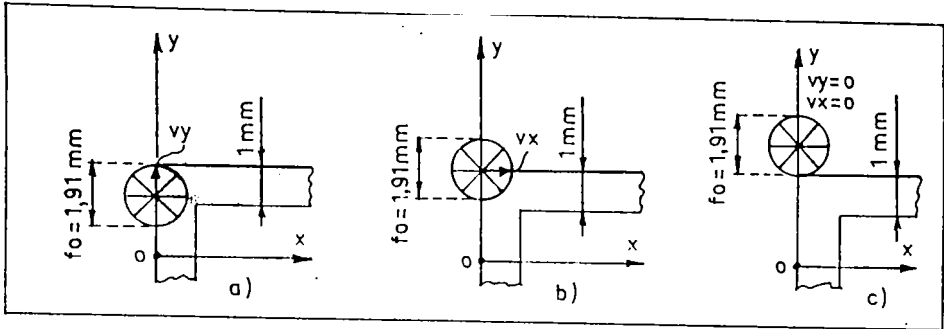


Fig. 5.19. Timpul maxim de franare

Daca viteza de avans este de 6 metri/minut ( 1 mm / 100 ms, adica 1,91 mm / 191 ms ), timpul de franare  $t_{f1}$  pe care-l poate realiza regulatorul de turatie trebuie sa fie mai mic decat 191 ms . In figura 5.19. "fo" reprezinta diafragma optica de 1,91 mm .

Experimental, conform figurii 5.18., s-a determinat  $t_{f1} = 80$  ms care satisface conditia de a fi mai mic decat 191 ms maxim admis  
Timpul de pornire  $t_{p1} = 160$  ms nu este deranjant prin faptul ca este lung, pentru ca in acest interval, capul optic nu a parasit conturul .

La viteze mari de avans ( 6 metri/minut ), se obtine o suprareglare a pozitiei " $\delta c$ " = 0,3 mm, iar la viteze mici de avans, suprareglarea  $\delta c$  este neglijabila, conform figurii 5.20.

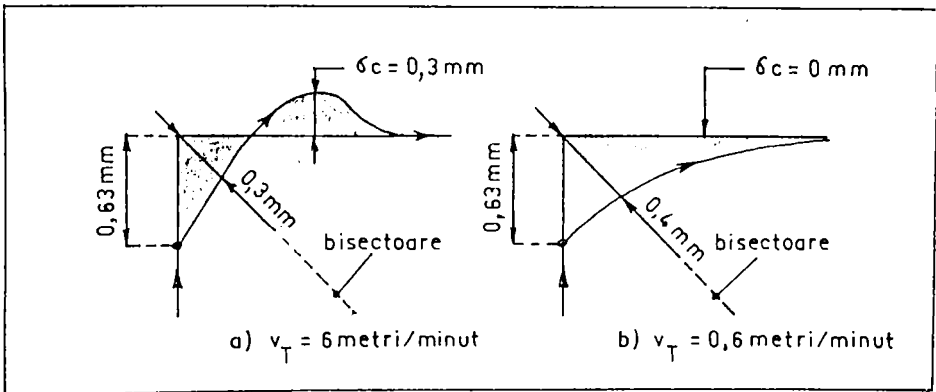


Fig. 5.20. Suprareglarea de pozitie, la parcurgerea coltului de 90°

Se noteaza faptul ca daca sistemul mecanic este elastic sau are jocuri, suprareglarea de pozitie  $\delta c$ , la viteze mari, poate depasi valoarea de 0,3 mm .

## CONCLUZII

Premisa majora a elaborării prezentei lucrări este faptul că în România există la ora actuală câteva mii de mașini automate de tăiere termică, în special cu flacăra oxigaz și cu plasma, achiziționate din import sau din țară în ultimii 20 de ani, la o valoare globală de peste 100 miliarde de lei. O mare parte din aceste mașini sunt la ora actuală în stare de nefuncționare: fie din cauza uzurii normale (10 ani), fie din cauza lipsei de calificare a utilizatorilor în domeniu. Aceasta a 2-a deficiență este întretinută și de absența aproape totală în literatura tehnică indigenă a tratării acestui subiect.

Lucrarea de față vine în întâmpinarea acestui deziderat.

Există în țară 3 categorii de echipamente de conturare pentru tăiere termică :

a) Echipamentele cu cap magnetic și sablon metalic au fost achiziționate în țară în număr de cca. 500, printr-o politică greșită de investiție, acestea fiind depășite moral chiar în momentul achiziției. Cu aceste echipamente nu se pot realiza colturi pe contur, datorită rolei magnetice de rostogolire și necesită manopera multă pentru confecționarea sablonului metalic, gros de cca. 10 mm. În prezent, aceste echipamente pot fi re-tehnologizate prin adaptarea urmăririi optice de desene.

b) Echipamentele cu cap optic și urmărire de desene ocupă volumul cel mai mare, de câteva mii în țară. Opțiunile beneficiarilor de a alege această variantă, au fost motivate de cel mai bun compromis între pret, precizia debitării și fiabilitate. Aceasta alegere este menținută și în prezent, în condițiile apariției concurențiale a conturării prin control numeric. Pretul este de 8 ... 20 mil. lei la echipamentele indigene (la tăierea oxigaz) și de 70 ... 130 mil. lei la echipamentele din import.

c) Echipamentele cu control numeric ocupă în țară un volum mic, de câteva zeci în domeniul tăierii oxigaz. Cererea este scăzută din cauza pretului, de 250 ... 400 mil lei, din import.

Din experiența proprie de 20 de ani în domeniu, a rezultat că în țară există o solicitare acută pentru asistența tehnică la aceste utilaje, în perioada exploatării lor. Cele mai multe utilaje achiziționate din import stăionează din cauza lipsei valorii necesare pentru plata asistenței tehnice.

În conjunctura cu starea de fapt prezentată la punctele a), b), c), elementul de noutate din lucrarea de față: cap optic rapid, fără componente inertiabile în mișcare de rotație "COR" produce un salt calitativ. Fața de capurile optice rotative actuale prezintă performanțele :

- de 100 de ori mai rapid
- de 6 ori mai precis
- de 100 de ori mai fiabil
- de 10 ori mai ieftin
- de 10 ori mai durabil
- de 10 ori mai economic (consum)
- fără inele și perii colectoare
- fără bec de iluminare
- fără stabilizator pentru bec
- fără motor electric
- fără variator de turatie
- fără rezolver bipolar rotativ
- fără roti dintate

Oferindu-se posibilitatea demonstratiei practice a functionarii acestui cap optic si in conditiile unui pret mic , s-a ajuns la o solicitare deosebita de livrare , in special pe piata interna , necesitand largirea colectivului de productie. Datorita performantelor de precizie si de viteza , ale capului optic nou conceput, se deschide cu succes posibilitatea aplicarii sale in domeniul taierii cu fascicul laser .

Desigur ca pe parcursul conceptiei, executiei si exploatarii echipamentelor de taiere a materialelor au aparut intrebari numeroase. O parte a raspunsurilor se concretizeaza prin concluziile prezentate in continuare :

- In cazul taierii oxigaz, se obtin rezultate tehnice favorabile ( fanta a taieturii ingusta , viteza de avans mai mare , zgomot redus , consum de gaze redus ), daca se lucreaza cu diuze divergente tip Laval si presiune marita a oxigenului de taiere . In tara nu este pusa la punct tehnologia de realizare a orificiilor divergente Laval cu diametru foarte mic (0,5 mm) si lungime mare (15-20 mm), in cupru. Acesta este unul din obiectivele continuarii cercetarilor .

- In cazul otelurilor cu continut scazut de carbon , in domeniul grosimilor mici , este utila trecerea de la procedeul de taiere oxigaz , la taierea cu fascicul laser , obtinandu-se : fanta a taieturii mai ingusta , zona influentata termic reduasa , productivitate mai mare , calitate si precizie mai buna , consum energetic pe metrul de taietura - mai redus . Acest lucru inasa , conduce la necesitatea cresterii vitezei de avans si a conceptiei unor echipamente de conturare mai performante .

- O problema deosebit de spinoasa in cazul capului optic de tip rotitor , a fost aceea a realizarii contactului electric la perile colectoare . Desi s-a crezut initial ca ar fi necesare inele din aur , incercandu-se tot felul de variante, inclusiv cu perii din carbune , in final, solutia a fost simpla si a dat rezultate exceptionale : inele din alama moale fara Pb,S,Fe si perii din argint dur, simultan cu dublarea periiilor .

- Pentru descompunerea in sinus / cosinus s-a cristalizat sistemul cu rezolver bipolar fara perii , concluzionandu-se ca varianta cu potentiometru dublu este foarte nefiabila .

- Pentru a se obtine constante de timp de filtrare mici, se alege alimentarea rezolverului din capul optic si a celor de sincronizare , cu frecventa mare ( 1,3 kHz in loc de 50Hz ) . Desi s-au incercat ambele variante, bineinteles cu rezolvere specifice frecventei respective , alimentarea la 50 Hz a condus la pendulare peste o anumita limita a vitezei de avans a capului optic

- S-au incercat mai multe variante de demodulatoare sincrone , dispozitive in conexiune cu rezolverele . Varianta propusa nu contine transformatoare defazoare . In acest fel , se elimina manopera de bobinare , iar gabaritul este de cca. 20 de ori mai mic . Precizia si stabilitatea semnalului demodulat este de ordinul 0,01 % fata de semnalul util .

- Multiplicarea cu o constanta (kv) a referintelor de viteza pe axele x,y , are o comportare proasta in varianta cu potentiometru dublu . Varianta propusa , cu chopper cu divizare variabila in timp, ofera o precizie si stabilitate deosebita . Constanta de timp de filtrare este mica ( f chopper = cca.10 kHz ) .

- Utilizarea unor motoare electrice si a unor variatoare de turatie cu zona mare de insensibilitate in jurul turatiei zero , conduce la o taietura de proasta calitate , cu rizuri . In cazul in care capul optic este de tip rotitor, efectul zonei de insensibilitate a motorului care roteste capul optic , este obtinerea unor erori stationare de pozitie , de erori ale cotelor pieselor debitate . Practic , in acest caz, daca se urmareste un cerc desenat , piesa debitata tinde spre un patrat cu laturile paralele cu ghidajele masinii . "Turtirea" este in jur de 0,7 mm in cazul unei zone mari de insensibilitate ( peste 5 % ).

- In cazul taierii oxigaz, precizia de urmarire a desenelor este reglementata la valorile :  $\pm 0,4$  mm la scara 1:1 si  $\pm 1,5$  mm la scara 1:10. Acest raport este incorect, desi a fost stipulat si in ISO si DIN , iar in Romania s-a preluat fara a se analiza corectitudinea . Si din experienta si din studiul lantului de erori s-a remarcat faptul ca eroarea cea mai mare o produce sistemul mecanic x,y care conduce capul optic . In cazul scarii 1:10 , aceste erori se transpun in domeniul piesei debitate (planul x',y') la scara 10:1, deci sunt de 10 ori mai mari. Deci daca se ia ca baza eroarea de  $\pm 0,4$  mm la nivelul capului optic, atunci la nivelul aparatului de taiere eroarea ar trebui sa fie de  $\pm 4$  mm, deci nu de  $\pm 1,5$  mm . Acest lucru s-a constatat si practic . Fortarea unor erori sub  $\pm 1,5$  mm, conduce la conditii deosebit de pretentioase asupra executiei mecanice. Din aceasta cauza , in cazul unor piese mari , necesare de obicei in santierele navale , nu se recomanda urmarirea optica la scara 1:10 , ci comanda numerica . In cazul unor piese mici , de talia 2 ... 4 metri , se recomanda urmarirea optica de desene la scara 1:1 , comanda numerica fiind mai scumpa .

- Sistemul cel mai elastic in exploatare si mai modern, facand abstractie de pretul ridicat, este sistemul mixt : optic la scara 1:1 + numeric . In acest caz, capul optic performant "COR" este deosebit de util pentru regimul de invatare - memorare a conturului parcurs o singura data ("teacher") .

- Desi pare neesential, cele mai mari probleme practice, in cazul taierii cu plasma, le creeaza perturbatia pe care o produce oscilatorul de intretinerea arcului, asupra circuitelor electronice ale echipamentului de conturare x,y . In cazul comenzii numerice , perturbatia este si mai deranjanta . De aceea , cablarea masinii si conexiunile interioare trebuie proiectate si realizate dupa cele mai riguroase reguli : conectarea intr-un singur punct a circuitelor de masa , evitarea conexiunilor tip "ghirlanda", evitarea buclelor inchise ale cicuitelor de alimentare, ecranarea, et c. Mai mult , unele circuite integrate nu se pot utiliza . De exemplu sistemul senzorial SAS-560, SAS-570 nu se poate utiliza, fiind necesare circuite discrete specifice.

- Datorita aparitiei distorsiunilor de pozitie la urmarirea compensata a colturilor, compensarea automata a fantei taieturii pe normala la contur , nu este o metoda prea fericita . Oricum , este discutabil daca nu ar fi mai recomandabila desenarea compensata, decat compensarea fata de desen .

- Incrementul de control pe axele x,y , in scopul sincronizarii de pozitie la masinile automate cu urmarire la scara 10:1, are o valoare optimizata la 60 mm / tura selsina bipolară . Aceasta valoare este impusa de domeniul de  $\pm 6$  mm necesar compensarii electronice a fantei taieturii .

- La fabricatie sau in exploatare , suntem pusi in situatia constatarii unor erori mari ale cotelor pieselor debitate . Depistarea cauzei este dificila din cauza unui lant de elemente care contribuie la aceasta eroare globala . In lucrare sunt prezentate metode de depistare a elementului generator de erori . Concluzia generala este aceea ca, practic, partea mecanica a masinii contribuie in proportie de peste 90 % la eroarea globala . De aceea, adaptarea unui control numeric nu rezolva precizia masinii, ci elimina desenul ca purtator de informatie etalon .

- In cazul solutiei de cap optic fara componente inertiiale in miscare de rotatie, s-a pus intrebarea : ce eroare de pozitie se produce din vina interpolarii liniare in loc de interpolare cosinusoidala, utilizand numai 8 sectoare fotosensibile. Concluzia este ca eroarea este de 0,000012...mm (determinata prin calcul), deci practic neglijabila. Eroarea globala de pozitie (care include pe cea cauzata de interpolarea liniara) s-a determinat si experimental, rezultand sub 0,1 mm . Valoarea este de fapt si mai mica; sub 0,1 mm nu s-a putut verifica din cauza erorii proprii a dispozitivului de masura ( dispozitivul de trasaj ) .

- Pentru marirea eficacitatii traductorului optic , s-a constatat practic faptul ca prin inegrirrea peretilor interiori ai tubului optic nu se obtin rezultate notabile . Solutia cu efect benefic consta in introducerea unui sistem de diafragme , rezultand o crestere a eficacitatii de la cca.5 % la cca.80 % . Valoarea eficacitatii are o importanta deosebita asupra raportului semnal / zgomot generat de traductorul optic .

- Pentru punerea in evidenta a functionalitatii algoritmului de procesare a capului optic "COR" s-a realizat un stand de verificare , care, de fapt, este un " sistem de actionare in coordonate " ( "SAC" ) . Pentru inceput , nu s-au cheltuit fonduri mari pentru acesta ("SAC") , ramanand loc pentru cresterea performantelor dinamice , contand pe un cap optic performant "COR".

- Performantele capului optic fara componente inertiiale in miscare de rotatie "COR" au fost certificate de CTC, la Institutul de Sudura si Incercari de Materiale din Timisoara. Capul optic "COR" precum si standul de verificare (de actionare in coordonate "SAC") se afla la ISIM Timisoara .

BIBLIOGRAFIE

- 1 - KEITEL, S. - CO<sub>2</sub> Laserschweißen im ZIS - ZIS Report , Zentralinstitut für Schweisstechnik der DDR, Halle, nr.1/1990 p.7-10.
- 2 - HAUSER, F. - Externe Optiken für CO<sub>2</sub> Hochleistungslaser - ZIS Report nr.1/1990, p.10-14.
- 3 - GREIFZU, M. - Selection of Nozzles for Flame Cutting and Gas Welding - Swetsaren, ESAB Sweden, nr.1/1990, p.16-19.
- 4 - TELZER, H. J. - Betriebserfahrungen mit der Laserschneidanlage LCS 400-2 im ZIS Halle - ZIS Report, nr.5/1990, p.6-8.
- 5 - TELZER, H. J. - Laserschneidanlage LCS 400-2 - ZIS Report, nr.5/1990, p.8-12.
- 6 - ROLOFF, H. J. - Schwingungsmessung an der Laserschneidanlage LCS 400-2 - ZIS Report nr.5/1990, p.12-13.
- 7 - FROHLICH, H. - Steigerung der Flammenleistung bei Schweiß- und Schneiddüsen - ZIS Report nr.5/1990, p.28-30.
- 8 - LANG, C. - Der industrielle Einsatz des bulgarischen Laserkomplexes TLK 1 A - ZIS Report nr.5/1990, p.14-17.
- 9 - TREPPE, M. - Acetylen Sauerstoff Flammen - ZIS Report nr.5/1990, p.32-34.
- 10 - VIGNARDET, L. - Ferronnerie d'art et coloration a la flamme - Souder, revue pratique du soudage nr.2/1989, p.22-24.
- 11 - VIGNARDET, L. - Ferronnerie d'art et coupage thermique - Souder, revue pratique du soudage nr.1/1989, p.37-41.
- 12 - QUARANTA, L. - Le coupage plasma avec injection d'eau - Souder, revue pratique du soudage nr.1/1989, p.29-33.
- 13 - QUARANTA, L. - Etude comparative entre le decoupage plasma injection d'eau et l'oxidecoupage - Souder, revue pratique du soudage nr.1/1989, p.34-36.
- 14 - KERST, T. - Continuous-path controlled water jet cutting - Swetsaren, ESAB Sweden, nr.2/1989, p.10-11.
- 15 - BAKOWSCHY, L. - Materialbearbeitung mit Hochleistungs CO<sub>2</sub> Lasern - Trennen + Fügen , Messer Griesheim GmbH nr.13/1984, p.20-24.
- 16 - BAKOWSCHY, L. - Systeme für die Laserbearbeitung in der industriellen Serienproduktion - Trennen + Fügen , Messer G. GmbH nr.14/1985, p.43-45.
- 17 - HIRSCHBERG, H. - Das thermische Schneiden in den 80 Jahren - Trennen + Fügen, Messer Griesheim GmbH nr.14/1985, p.8-15.
- 18 - ANDERL, P. - Elektronenstahl - Tiefschweißen mit dem 60 kW Hochleistungsgenerator - Trennen + Fügen, Messer Griesheim GmbH nr.14/1985, p.38-42.
- 19 - MAID, M. - Cutting with high-energy water-jet in industrial applications - Welding review, the international Journal of Welding nr.8/1988, p.12-15.
- 20 - BORN, K., DORN, H. - Plasma, Laser, Elektronenstrahl drei Strahl - Schweiß - und Schneidverfahren im Vergleich - Sonderdruck, Messer Griesheim GmbH, Blech Rohre Profile nr.9/1973.
- 21 - \*\*\* - Hochleistungs CO<sub>2</sub>-Gas-Laser GL 350 A - prosp. Messer Griesheim GmbH , 1980.
- 22 - \*\*\* - Zuschneiden mit dem Hochleistungs CO<sub>2</sub>-Laser - prosp. Messer Griesheim GmbH , 1980.
- 23 - \*\*\* - Betriebstabelle Cutting Table - prospect Kjelberg Eberle GmbH , 1980.
- 24 - Wasserinjektions Plasmaschneidanlage typ Hypertherm - prospect ESAB GmbH Sweden , 1986.
- 25 - \*\*\* - Brennschneideinrichtung "Longcav", senkt Kosten der Schweißfugen-Herstellung - prospect Messer Griesheim GmbH, 1980.

- 26 - LANGE, G. - Das "Longcav" Verfahren - Die maschine nr. 9 1970, Messer Griesheim GmbH.
- 27 - LANGE, G. - Brennschneiden auf mittelgroßen Maschinen-Production nr. 9/1973, Messer Griesheim GmbH.
- 28 - \*\*\* - Corta K und Corta KS, leistungsfähige fotoelektrisch gesteuerte Koordinater Brennschneidmaschinen mit vielen Einsatzmöglichkeiten - prospect Messer Griesheim GmbH, 1985.
- 29 - \*\*\* - Brennschneidmaschine Picorex PXA - prospect ESA Sweden, 1985.
- 30 - \*\*\* - Gas Cutting Maschine Picorex PXB - prospect ESA Sweden, 1986.
- 31 - \*\*\* - Brennschneidmaschine Kordirex KXB - prospect ESA Sweden, 1986.
- 32 - \*\*\* - Wirtschaftlich automatisches Brennschneider Oekomat Monomat, Codimat - prospect Schichau/Suag, 1981.
- 33 - \*\*\* - Gas Cutting Machine Suprarex SMB - prospect ESA Sweden, 1986.
- 34 - \*\*\* - Shape cutting system CM-250 - prospect Union Carbide Corporation, 1986.
- 35 - \*\*\* - Logatome , machine automatique d'oxycoupage - prospect L'Air Liquide France, 1976.
- 36 - \*\*\* - Ergatome , machine d'oxycoupage a comande numerique - prospect L'Air Liquide France, 1976.
- 37 - \*\*\* - Algatome , machine d'oxycoupage a comande numerique - prospect L'Air Liquide France, 1976.
- 38 - \*\*\* - Masina automata de taiere termica prin urmarire optica scara 1:1 tip MATTO-G - proiect ISIM Timisoara, 1983.
- 39 - \*\*\* - Masina automata de taiere termica cu urmarire optica a desenelor executate la scara redusa 1:10 tip MATTOR - proiect ISIM Timisoara, 1980.
- 40 - \*\*\* - Masina automata de taiere termica cu urmarire optica a desenelor executate la scara redusa 1:10 tip MATTOR - proiect ISIM Timisoara, 1985.
- 41 - \*\*\* - Masina automata de taiere termica cu urmarire optica scara 1:1, cu oxigaz si cu plasma tip MATTO-GP - proiect ISIM Timisoara, 1985.
- 42 - \*\*\* - Masina automata de taiere termica cu urmarire optica scara 1:1, cu microplasma, tip MATTO-P - proiect ISIM Timisoara, 1984.
- 43 - \*\*\* - Masina automata de taiere termica cu urmarire optica si magnetica, scara 1:1, tip MATTOM-G - proiect ISIM Timisoara, 1986.
- 44 - \*\*\* - Masina automata de taiere termica cu urmarire optica a desenelor, de gabarit redus, tip MINI-MATTO - proiect ISIM Timisoara, 1986.
- 45 - \*\*\* - Masina automata de taiere termica cu urmarire optica, ferestre vagon, tip MATTO-FV - proiect ISIM Timisoara 1983.
- 46 - \*\*\* - Masina automata de taiere termica cu plasma, cu comanda numerica, tip MATT-P-CN - proiect ISIM Timisoara 1985.
- 47 - \*\*\* - Masina portal de debitat cu oxigaz si cu plasma, cu comanda numerica, tip MATT-PG-CN - proiect ISIM Timisoara 1985.
- 48 - \*\*\* - Instalatie de copiere optica dupa desen scara 1:1 pentru prelucrare cu fascicul laser, tip ICO-PL - proiect ISIM Timisoara, 1982.
- 49 - \*\*\* - Masina de frezat de sus cu 3 agregate si citire optica, pentru prelucrarea in axele de coordonate x,y, tip SMF - proiect ISIM Timisoara, 1989.
- 50 - \*\*\* - Masina automata de taiere termica cu gaze a tablelor - proiect ISIM Timisoara, 1985.

- 51 - \*\*\* - Masina automata de taiere termica oxigaz a semilaminatelor, tip MATT-S - proiect ISIM Timisoara, 1976.
- 52 - ALBU, A. - Precizia statica a masinilor automate de taiere termica prin copiere dupa desene executate la scara 1:10 Constructia de masini nr.7/1981, p.347-353.
- 53 - ALBU, A. - Conditii de precizie geometrica la masinile automate de taiere termica prin copiere optica la scara 1:10 - Constructia de masini nr. 2/1986, p.72-79.
- 54 - ALBU, A. - Analyse des Einflusses der elektronischen Ausrüstung auf die Genauigkeit thermischer Schneidmaschinen mit optischer Steuerung - ZIS Report Halle Germany, nr.3/1990 p.29-31.
- 55 - ALBU, A. sa. - Metoda si dispozitiv de compensare a fantei de taiere la masinile de taiere termica cu copiere dupa desene - brevet de inventie nr.73482/30.07.1979.
- 56 - ALBU, A. sa. - Masina automata de taiere termica prin urmarire de desene - brevet de inventie nr.85756/28.07.1984.
- 57 - ALBU, A. - Extinderea posibilitatilor de lucru la masinile de taiere termica prin copiere de desene , scara 1:10, tip MATTOR 1 - certificat de inovatie nr.126/31.01.1989, ISIM Timisoara.
- 58 - ALBU, A. sa. - Masina automata de taiere termica prin copiere optica de desene executate la scara 1:1 , cu gaz s. plasma, tip MATTO-GP - certificat de inovatie nr.146/31.01.1989, ISIM Timisoara.
- 59 - ALBU, A. sa. - Masina automata de taiere termica prin copiere optica de desene executate la scara 1:1, cu oxigaz, tip MATTO-G - certificat de inovatie nr.127/31.01.1989 , ISIM Timisoara.
- 60 - ALBU, A. sa. - Cap optic 1:10 pentru MATTOR - certificat de inovatie nr.75/13.09.1984, ISIM Timisoara.
- 61 - \*\*\* - STAS 10959/1-84 - Masini automate de taiere termica. Prescriptii de precizie.
- 62 - \*\*\* - Steelworks cutting equipment - prospect BOC, England 1980.
- 63 - \*\*\* - Gas Cutting Machine Suprarex SXD - prospect ESAB Sweden, 1986.
- 64 - \*\*\* - Numerische Bahnsteuerung MG 14 - prospect Messer Griesheim GmbH, 1980.
- 65 - \*\*\* - Rohr-Brennschneidmaschine PIPER - prospect ESAB Sweden, 1980.
- 66 - \*\*\* - Weldtec Rohrbrennschneidmaschine type 760 - prospect Schweiss. Technik GmbH, 1980.
- 67 - \*\*\* - Pipe cutting system for profile and straight cuts from 50 to 1200 mm diameter type TUBOSEC - prospect Messer Griesheim GmbH, 1976.
- 68 - \*\*\* - Pulver - Brennschneidanlage AC 4 - prospect Messer Griesheim GmbH, 1980.
- 69 - KEEL, C. G., BALE, P. - Les machines a decouper les tubes - Marche Suisse des machines nr.10/1965, p.1-14.
- 70 - \*\*\* - Huttenwerks-Maschinen. Steel Mill Machinery - prospect Messer Griesheim GmbH, 1974.
- 71 - \*\*\* - On line Digitalisiertisch D 16 - prospect Messer Griesheim GmbH, 1980.
- 72 - \*\*\* - CNC-gesteuerte Schneidmaschine Corta KSP - prospect Messer Griesheim GmbH, 1981.
- 73 - \*\*\* - Rechnersystem OMNIDATA - prospect Messer Griesheim GmbH, 1981.
- 74 - \*\*\* - CNC-Betrieb mit MULTISEC NC - prospect Messer Griesheim GmbH, 1979.
- 75 - \*\*\* - CNC-Bahnsteuerung NCE 500 - prospect ESAB Sweden ,



- 76 - \*\*\* - Micro - Processor gesteuerte CNC-Bahnsteuerung fur Brennschneidmaschinen System NCE 400 - prospect ESAB Sweden, 1986.
- 77 - \*\*\* - CNC - Bahnsteuerung fur Brennschneidmaschinen System NCE 300 - prospect ESAB Sweden, 1986.
- 78 - \*\*\* - CNC - Brennschneidmaschine ERGOREX EXA - prospect ESAB Sweden, 1986.
- 79 - \*\*\* - Programming System PSE 200 - prospect ESAB Sweden , 1981.
- 80 - \*\*\* - Programming System PSE 100 - prospect ESAB Sweden , 1981.
- 81 - \*\*\* - La comande numerique en construction navale, methode "Autokon" - com. L'Air Liquide France, 1976.
- 82 - \*\*\* - NC Kongsberg systems - prospect Kongsberg Norway , 1976.
- 83 - \*\*\* - Kongsberg PC 100 Progamming Station for preparation and verification of NC programs - prospect Kongsberg Norway, 1976.
- 84 - \*\*\* - Contourage pour oxycoupage. Comande numerique CC 222 NO - prospect CIT-ALCATEL France, 1976.
- 85 - \*\*\* - Systeme de programmation des machines - outils a command numerique PROMO - prospect Compagnie internationale pour l'informatique France, 1976.
- 86 - \*\*\* - Le dessin automatique - prospect Benson France, 1976
- 87 - LARUE, J.P. - Methodes et equipements pour ameliorer la productivite dans les ateliers utilisant le coupage thermique mecanise - document IIS (Institut International de Soudure) nr.653/1979 , L'Air Liquide France.
- 88 - GUNNERT, R. - The relation between the cutting oxygen nozzle bore and the kerf width - document AGA Lidingo Sweden , 1980.
- 89 - \*\*\* - Numerical path control system with process computer for flame cutting machines and drawing echipment MG 16 - prospect Messer Griesheim GmbH, 1976.
- 90 - \*\*\* - Numerische Bahnsteuerung MG 12 (SE, PE) - prospect Messer Griesheim GmbH, 1976.
- 91 - \*\*\* - Koordinaten-Brennschneidmaschine KORTA KS mit Brenneranordnung rechts - prospect Messer Griesheim GmbH, 1980.
- 92 - \*\*\* - Fuhungmaschine STATOSEC KM fur automatisches Auftragen von Klebe- und Dichtungsmasse - prospect Messer Griesheim GmbH, 1980.
- 93 - \*\*\* - Periferic KSR, ASR, RO ( perforatrice, imprimante ) - prospect La societe "Periferic" France, 1976.
- 94 - \*\*\* - Bretagne Oxycoupage - prospect Bretagne Oxycoupage , France, 1976.
- 95 - \*\*\* - A completely new TELEREX for heavy duty gas cutting - doc. ESAB-KEBE GMBH, 1986.
- 96 - \*\*\* - OMNIMAT, SICOMAT, zuschneiden, markieren, zeichen - doc. Messer Griesheim GmbH, 1986.
- 97 - \*\*\* - Hancock NC , fully automatic oxygen cutting machines with punched tape control - doc. G.D.Peters & Co.Ltd. Hancock Division, England, 1978.
- 98 - \*\*\* - Symposium 73 - doc. L'Air Liquide France, 1973.
- 99 - \*\*\* - Comment utiliser les LOGATOME - doc. L'Air Liquide France, 1976.
- 100 - \*\*\* - Maschinen-Schneidbrenner PRESTOCUT 1200 - doc.Messer Griesheim GmbH, 1980.
- 101 - HIRSCHBERG, H. - Automatische Einrichtungen an modernen Brennschneidmaschinen zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit - Sonderdruck (Messer Griesheim GmbH) nr.6/1971.
- 102 - MUNZEL, J. - Numerische Bahnsteuerung fur Brennschneidmaschinen - Sonderdruck (messer Griesheim GmbH) , nr.3/1973.

- 103 - ICHIKAWA, S., TAKEHANA, H., UEMATSU, Y. - A study on the Aspect of Gas Cutting Surface - doc. Ship Research Institute MWS Tokyo, Japan, 1983.
- 104 - HIROSE, M., MASUYAMA, Y., TOYOHARA, T. - Development of power up equipment for numerically controlled burning machine - doc. Ship Building Department, Mitsubishi Heavy Industries Ltd., Japan, doc. International Institute of Welding, 1973
- 105 - OWEN, B.D. - Execution de pieces de dimensions donnees et technique de la Soudure - doc. de l'Institut Britannique de la Soudure, doc. Institute International de la Soudure 1973.
- 106 - OWEN, B.D., WELD, M. - Dimensional control of profiles and recommended machine flame-cutting techniques - doc. Institute International de la Soudure, 1973.
- 107 - \*\*\* - Project of classification of surfaces obtained by thermal cutting - doc. Institut International de la Soudure, 1969.
- 108 - ANTONOV, I.A., SPEKTOR, O.C. - Heating temperature of low and medium alloy carbon steels before oxy-cutting - doc. Institut International de la Soudure, 1973.
- 109 - \*\*\* - Caracteristici pentru o comanda a unei masini de taiere cu flacara, KONGSBERG CC 250 - doc. L'Air Liquide France, 1978.
- 110 - \*\*\* - Ploter KONGSBERG 5640 - doc. L'Air Liquide France, 1978.
- 111 - \*\*\* - Caracteristiques et performances de MEGATOME 4, et MEGATOME 5 - prospect La Soudure Autogene Francaise (SAF) 1978.
- 112 - \*\*\* - Slab cutter SG ("PRESTOCUT") - doc. Messer Griesheim GmbH, 1978.
- 113 - BASISTA, M., STEPITA, M. - Influence of some factors on the flame on nozzle and external gas mixing - doc. Welding Research Institute Bratislava Czechoslovakia, 1980.
- 114 - \*\*\* - OK-REX, PHOTOMAT P - prospect Kjellberg-Eberle GmbH 1979.
- 115 - \*\*\* - MONOREX, Preisgunstige Praezision-Brennschneidmaschine - prospect Kjellberg-Eberle GmbH, 1979.
- 116 - \*\*\* - KORDIREX - idem.
- 117 - \*\*\* - SUPRAREX SM - idem.
- 118 - \*\*\* - SUPRAREX PA - idem.
- 119 - \*\*\* - MAGNAT, PSR - idem.
- 120 - \*\*\* - NUMOREX - idem.
- 121 - \*\*\* - TELEREX - idem.
- 122 - ALBU, A. - Cap optic cu urmarire rapida de desene, realizat fara piese inertiabile in miscare de rotatie - Sudura nr.4 / 1992, 24.03.1993, p.23-28.
- 123 - POWELL, J. - CO2 Laser Cutting - doc. Laser Expertise Limited - Nottingham, England - 1993 - 246 p.
- 124 - ELZA, D., WHITE, G. - Laser Beam Machining - England, 1993. 5 p.
- 125 - POWELL, J. - Guidelines and Data for Laser Cutting - doc. Laser Expertise Ltd. - England, 1993, 12 p.
- 126 - JOHNSTON, C.E. - Waterjet / Abrasive Waterjet Machining - 1993, 8 p.
- 127 - \*\*\* - Laser cutting - doc. AGA, Sweden, 1993, 21 p.
- 128 - \*\*\* - Gases and laser light for optimum performance in materials processing - doc. AGA, Sweden, 1993, 4 p.
- 129 - \*\*\* - Increase the life of surface coatings by pretreating with flame cleaning - doc. AGA, Sweden, 1993, 4 p.
- 130 - \*\*\* - Laser line gases - doc. AGA, Sweden, 1993, 2 p.
- 131 - \*\*\* - Meet your demands for the future with AGA Laser Line

- 132 - \*\*\* - Laser Gas Supply Systems - doc. AGA , Sweden , 1993  
12 p.
- 133 - \*\*\* - Laser Gases for CO2 Lasers - doc.AGA , Sweden , 1993  
14 p.
- 134 - \*\*\* - Lasers in engineering production - doc. AGA , Sweden  
1993 , 24 p.
- 135 - \*\*\* - Cutting speed cutting economy and nozzle - doc. AGA,  
Sweden , 1993 , 8 p.
- 136 - JULICH,H.Z. - Wasser schneidet jeden Werkstoff - Der prak-  
tiker, Schweissen & Schneiden, nr.1/1993, DVS, p.10-13.
- 137 - \*\*\* - One-off welding and contouring of bridge sections -  
IGM News (Vienna) , nr.1/1993 , p.10-11.
- 138 - SCHUMACHER,M. - Le microperçage au jet d'eau (Soc. Carlota  
Suisse ) - Souder, revue pratique du soudage, nr.6/1992 ,  
p.23-26.
- 139 - \*\*\* - Systemtechnik tonangebend 2-D-Laserschneiden ver-  
drängt traditionelle Duhn- und Dickblech-Trennverfahren  
(EuroLas) - Trennen & Fugen, Messer Griesheim, nr.23/1992,  
p.11-18.
- 140 - \*\*\* - Die S-Klasse für thermisches Trennen- Neues Präzi-  
sions - Laserschneidsystem vorgestellt - Trennen & Fugen ,  
Messer Griesheim, nr.22/1992, p.24-24.
- 141 - \*\*\* - Reiner Sauerstoff spart Kosten beim Laserbrenn-  
schneiden unlegierter Stähle - Trennen & Fugen , Messer  
Griesheim , nr.22/1993, p.25-27.
- 142 - VAS,A.,JONI,N.,CHEVERESAN,T.,ZAVULAN,G., - Aplicatiile in-  
dustriale ale plasmelor termice - Editura Facla Timisoara,  
1979, 178 pg.
- 143 - KOTTING,H. - Die unterschiedlichen Techniken des Plasma-  
schneidens und ihre mechanisierte Anwendung - doc. "L-TEC"  
Germania - Seminarul SLV de la Mannheim, 3 sept.1992.
- 144 - FELLEISEN,R. - Energieträger Laser und Elektronenstrahl -  
doc. SLV - Mannheim, Germania - Seminarul SLV de la Mann-  
heim, 3 sept.1992.
- 145 - \*\*\* - Servomotoare cu rotor disc - prospect IFMA , 1993 .
- 146 - \*\*\* - Micromotor MA-13 - prospect ICPE , 1993 .

## CUPRINS

	Pg.
INTRODUCERE .....	1
LISTA PRINCIPALELOR SIMBOLURI SI NOTATII UTILIZATE .....	3
CAP. 1   TEHNOLOGII MODERNE DE TAIERE A MATERIALELOR IN SCOPUL CRESTERII CALITATII TAIETURII, A PRODUC- TIVITATII SI A ECONOMICITATII .....	9
1.1.   Istorie si motivatie .....	10
1.2.   Taierea termica oxigaz .....	12
1.2.1. Viteza de avans in functie de grosimea materialului .....	12
1.2.2. Intensitatea flacarii oxigaz .....	13
1.2.3. Relatia intre fanta taieturii si diame- trul diuzei .....	14
1.2.4. Diuze cu numar mare de fante .....	15
1.2.5. Taierea cu presiune marita a oxigenului ("higher cutting speed").Diuza divergen- ta Laval .....	16
1.2.6. Puritatea oxigenului de taiere .....	16
1.2.7. Alegerea gazului combustibil .....	17
1.2.8. Inclinarea aparatului de taiere .....	17
1.2.9. Scurtarea timpului de strapungere, prin sistemul "high-low" .....	17
1.2.10. Regimuri tehnologice ale taierii termice oxigaz pentru grosimea de 2-250 mm ....	18
1.2.11. Consumurile de gaze la taierea termica oxigaz pentru grosimea de 2-250 mm ....	19
1.2.12. Taierea termica oxigaz prin injectie de pulberi metalice. Taierea otelurilor cu grosime foarte mare .....	20
1.2.13. Taierea tevilor cu flacara oxigaz ....	23
1.3.   Taierea cu plasma .....	24
1.3.1. Regimuri de taiere cu plasma .....	24
1.3.2. Taierea cu plasma de azot si injectie de apa .....	25
1.3.3. Taierea cu plasma de aer .....	28
1.3.4. Taierea cu plasma de azot si injectie de oxigen .....	29
1.3.5. Taierea cu plasma de azot si injectie de hidrogen .....	29
1.3.6. Taierea cu plasma de argon si injectie de hidrogen sau azot .....	29
1.3.7. Taierea cu plasma de hidrogen si injec- tie de argon .....	30
1.3.8. Taierea cu plasma de hidrogen si injec- tie de aer .....	30
1.4.   Taierea cu laser .....	31
1.4.1. Categorii de laseri pentru taieri de ma- teriale .....	31
1.4.2. Coeficientul de absorbtie a radiatiei ..	31
1.4.3. Laserul cu Nd:YAG .....	32
1.4.4. Laserul cu bioxid de carbon .....	32

1.4.5.	Constructia capului laser pentru taieri de materiale .....	33
1.4.6.	Focalizarea fasciculului laser .....	34
1.4.7.	Focalizarea fata de piesa debitata ....	36
1.4.8.	Diuza capului laser .....	37
1.4.9.	Eficienta taierii cu laser .....	38
1.4.10.	Gazul mediu laser .....	38
1.4.11.	Gazul de taiere .....	38
1.4.12.	Puterea electrica instalata a laserilor.	38
1.4.13.	Taierea otelurilor slab aliate .....	39
1.4.14.	Taierea otelurilor inalt aliate .....	39
1.4.15.	Taierea metalelor neferoase .....	40
1.4.16.	Taierea materialelor nemetalice .....	42
1.4.17.	Taierea materialelor termoplastice (PVC)	42
1.4.18.	Taierea lemnului .....	43
1.4.19.	Taierea ceramicii si sticlei .....	43
1.4.20.	Taierea materialelor textile , compozite si alimentare .....	44
1.4.21.	Prezentare rezumativa a taierii cu laserii cu Nd:YAG si cu CO <sub>2</sub> .....	44
1.5.	Taierea cu jet de apa sub presiune .....	49
1.5.1.	Presiunea si viteza la impact .....	49
1.5.2.	Echipamentul de taiere cu jet de apa sub presiune .....	49
1.5.3.	Taierea cu apa, fara pulbere abraziva ..	50
1.5.4.	Avantaje si dezavantaje ale taierii cu jet de apa sub presiune, fata de taierea cu laser .....	51
1.6.	Analiza comparativa a procedeelor de taiere : cu oxigaz , cu plasma, cu laser , cu jet de apa sub presiune .....	51
1.6.1.	Performantele unor procedee de taiere, fata de taiere cu laser cu CO <sub>2</sub> .....	51
1.6.2.	Taierea otelului nealiat .....	52
CAP. 2 ECHIPAMENTE DE CONTURARE X,Y PRIN URMARIRE DE DE-SENE, CU CAPURI OPTICE ROTITOARE .....		54
2.1.	Probleme generale specifice .....	55
2.1.1.	Principiul conturarii x,y, prin urmarire optica .....	55
2.1.2.	Moduri de urmarire a liniei desenate ..	57
2.1.3.	Incetinirea la colt .....	57
2.1.4.	Problema contactului electric la periile colectoare .....	58
2.1.5.	Dispozitive pentru descompunerea in coordonate sinus/cosinus .....	58
2.1.6.	Urmarirea la scara redusa .....	61
2.1.7.	Reductorul RED al motorului mz din capul optic .....	62
2.1.8.	Aspecte constructive de ordin mecanic .	62
2.2.	Blocuri electronice functionale .....	65
2.2.1.	Excitarea rezolverului bipolar si a sel-sinelor emitatoare. Oscilatorul pilot .	65
2.2.2.	Formarea tensiunii rectangulare , in scopul refacerii purtatoarei .....	66
2.2.3.	Demodularea sincrona in lantul referintelor de viteza x,y si in lantul erorilor de pozitie x-x', y-y' .....	66

2.2.4.	Realizarea accelerarii constante . Dema- roarele X,Y .....	67
2.2.5.	Multiplicarea cu o constanta kv, a refe- rintelor de viteza x,y .....	68
2.2.6.	Detectia pierderii sincronismului $x-x'$ , $y-y'$ .....	70
2.2.7.	Reglarea automata a distantei intre diu- za si materialul de taiat .....	71
2.2.8.	Sanfrenarea tripla automata pe contur .	72
2.2.9.	Reglarea turatiei x,y. Variatoare de tu- ratie specifice echipamentelor de contu- rare .....	74
2.3.	Compensarea automata pe normala la contur,a fan- tei taieturii .....	77
2.3.1.	Fanta taieturii .....	77
2.3.2.	Problema compensarii fantei taieturii .	77
2.3.3.	Compensarea mecanica .....	79
2.3.4.	Compensarea electronica .....	82
2.4.	Marcarea automata in timpul urmaririi conturului	86
2.4.1.	Scopul marcarii .....	86
2.4.2.	Sisteme de marcare a pieselor .....	87
2.4.3.	Sisteme de marcare a deseneilor .....	88
 CAP.3 PRECIZIA CONTURARII LA MASINILE AUTOMATE DE TAIERE TERMICA PRIN URMARIRE DE DESENE LA SCARA 1:1, 1:10		91
3.1.	Conditii de precizie geometrica si electrica la masinile automate de taiere termica prin urmari- re optica la scara 1:10 .....	92
3.1.1.	Abaterea unghiulara a statorului rezol- verului in colier .....	93
3.1.2.	Abaterea citirii desenului din cauza tra- ductorului optic .....	94
3.1.3.	Deriva termica a demodulateoarelor sin- crons din lantul referintelor de viteza.	95
3.1.4.	Deriva termica a multiplicatoarelor din lantul referintelor de viteza .....	96
3.1.5.	Deriva termica a demodulateoarelor sin- crons din bucelele de pozitie $x-x'$ , $y-y'$ .	97
3.1.6.	Abaterea de la paralelism intre surubul conducator si ghidaj .....	99
3.1.7.	Abaterea de la perpendicularitate intre ghidajele capului optic .....	99
3.1.8.	Abaterea de la perpendicularitate intre ghidajele aparatului de taiere .....	100
3.1.9.	Abaterea scarii de urmarire fata de sca- ra 10:1 .....	100
3.1.10.	Jocul din reductoarele selsinelor .....	101
3.1.11.	Abaterea pasului surubului conducator ..	101
3.1.12.	Abaterea pasului cremalierii de masura .	101
3.1.13.	Concluzii referitoare la precizia taie- rii prin urmarire optica la scara 1:10 .	102
3.2.	Conditii de precizie geometrica la masinile au- tomate de taiere termica prin urmarire optica la scara 1:1 .....	105
3.2.1.	Tipul 1 .....	105
3.2.2.	Tipul 2 .....	106
3.2.3.	Tipul 3 .....	107
3.2.4.	Tipul 4 .....	107
3.2.5.	Tipul 5 .....	108

3.2.6.	Tipul 6	108
3.2.7.	Tipul 7	108
3.2.8.	Tipul 8	109
3.2.9.	Tipul 9	110
3.2.10.	Tipul 10	111
3.2.11.	Tipul 11	113
3.2.12.	Tipul 12	114
3.2.13.	Tipul 13	115
3.2.14.	Tipul 14	115
3.2.15.	Tipul 15	116
3.2.16.	Concluzii asupra celor 15 tipuri	116
3.3.	Conditii de executie a echipamentului electronic la masinile automate de taiere termica prin urmarire optica la scara 1:1	118
3.3.1.	Eroarea cauzata de traductorul optic"eo"	118
3.3.2.	Eroarea cauzata de zona de insensibilitate a motorului care roteste capul optic "ez"	119
3.3.3.	Eroarea cauzata de zona de insensibilitate a motoarelor de actionare in coordonate "ex"	121
3.3.4.	Eroarea totala. Concluzii	122
CAP. 4.	SOLUTIE NOUA CONCEPUTA SI REALIZATA , DE CAP OPTIC FARA COMPONENTE MECANICE IN MISCARE DE ROTATIE, IN VEDEREA MARIRII VITEZEI DE AVANS SI A PRECIZIEI DEBITARII	124
4.1.	Comanda numerica, sau urmarire optica ?	125
4.1.1.	Dezavantajele comenzii numerice	125
4.1.2.	Dezavantajele urmaririi optice	125
4.2.	Solutia propusa : un nou tip de cap optic	126
4.3.	Principiul de realizare a capului optic fara piese inertiabile in miscare de rotatie	127
4.4.	Algoritmul "rezolverului optic"	130
4.5.	Functionarea in regim de interpolare intre doua celule vector succesive	132
4.6.	Problema erorii de viteza si a erorii de pozitie din cauza interpolarii liniare	133
4.6.1.	Eroarea de viteza	135
4.6.2.	Eroarea de pozitie	135
4.7.	Cazul translatiei	136
4.8.	Cazul coltului	138
4.9.	Problema derivatei optice	138
4.10.	Circuitele de "agatare automata a traiectoriei" (A) si de "pierdere a traiectoriei" (PT)	139
4.11.	Calitatea sistemului de actionare x,y	141
4.12.	Considerente constructive	141
4.13.	Obiectivul optic detasabil	144
4.14.	Dispozitivul radiant	144
4.15.	Fotodetectorul in infrarosu	145
4.16.	Sistemul optic	146
4.17.	Eficacitatea traductorului optic . Problema diafragmelor	147
4.18.	Descrierea schemei electrice	149
4.18.1.	Blocul bufferelor AU	149
4.18.2.	Procesorul BU	152
4.18.3.	Procesorul CU	152
4.18.4.	Procesorul DU	156

4.18.5. Reglatoarele de turatie si de curent XU, YU .....	15!
4.18.6. Transformatoarele de impuls, tiristoarele si circuitele de protectie, EU .....	16!
4.18.7. Stabilizatoarele de tensiune SU .....	16!
4.18.8. Cutia cu transformatoare CT .....	16!
CAP. 5. REZULTATE EXPERIMENTALE . VITEZA, PRECIZIA SI STABILITATEA CONTURARII IN CAZUL UTILIZARII CAPURILOR OPTICE FARA COMPONENTE INERTIALE IN MISCARE DE ROTATIE .....	16!
5.1. Ansamblul experimental .....	16!
5.2. Viteza de avans intrinseca "vx" a capului optic rapid "COR" .....	16!
5.3. Tesirea colturilor conturului "ec" a capului optic "COR" .....	16!
5.4. Precizia de urmarire pe contur lent curbat a capului optic rapid "COR" .....	17!
5.5. Alegerea sistemului de actionare in coordonate X,Y .....	17!
5.6. Motorul electric SRD-350 in regim nominal fara reactie de turatie .....	17!
5.7. Motorul electric SRD-350 in regim stationar specific fara reactie de turatie .....	17!
5.8. Motorul electric SRD-350 in regim stationar specific cu reactie de turatie .....	17!
5.9. Acordarea reglatoarelor de curent .....	17!
5.10. Acordarea regulatorului de turatie .....	17!
5.11. Timpul maxim de franare .....	17!
CONCLUZII .....	18!
BIBLIOGRAFIE .....	18!