

FRÂN DE INDUCȚIE,
CU MAGNEȚI PERMANENȚI
I BOBINE,
CU REDRESOR
MONOFAZAT COMANDAT

BREVIAR DE CALCUL I PROIECTARE

ing.prof. Marian Solomon

Cuprins

	pag .
<i>Introducere</i>	9
1. Memoriu de prezentare	10
1.1. Caracteristici tehnico-func ionale ale produsului	10
1.2. Compara ie cu produsele similare existente	15
1.3. Justificarea solu iei tehnice adoptate	16
2. Magne i permanen i	17
3. Redresoare	19
4. Breviar de calcul de dimensionare	21
4.1. Descriere constructiv i modul de func ionare al frânei...21	
4.2. Justificarea alegerii solu iei constructive i a materialelor pentru reperele produsului	22
4.3. Calculul bobinelor	23
4.4. Calculul redresorului monofazat	24
4.5. Calculul circuitului magnetic	27
4.6. Îmbinarea magne ilor i a bobinelor	31
4.7. Înc lizarea discului de cupru	31
4.8. Calculul rulmen ilor.....	32
4.9. Calculul arborelui motorului.....	34
5. Tiristoare. Radiatoare	37
5.1. Tiristoare.....	37
5.1.1. Forme de und	39
5.2. Radiatoare.....	41
6. Caiet de sarcini	42

7. Desene	44
7.1. Redresor monofazat comandat	44
7.2. Desen de ansamblu al frânei.....	45
7.3. Frân de induc ie – componente i ansamblu	47
7.4. Disc de cupru.....	48
7.5. Carcas	49
7.6. Cadru.....	50
7.7 Capac	51
<i>Bibliografie</i>	52

Introducere - argument

Obiectul lucr rii îl constituie o frân de induc ie cu magne i permanen i i bobine, cu rotor disc, destinat regl rii tura iei, momentului de torsiune, puterii i diminu rii varia iilor aperiodice ale vitezei unghiulare, în ac ion ri electrice, la sisteme de rota ie.

Subiectul acestei lucr ri, se înscrie ca o realizare nou i util , îndeosebi în ac ion rile electrice i la sistemele de robo i. Aceast frân con ine o realizare ingenioas , prin folosirea magne ilor permanen i i a bobinelor ca surse ale câmpului magnetic.

Deasemenea, construc ia simpl , cu un num r mic de repere din care jum tate sunt standardizate i realizate în majoritate din materiale ieftine i care nu sunt deficitare, justific i prin aceasta posibilitatea fabric rii produsului cu investi ii materiale i financiare sc zute.

1. Memoriu de prezentare

1.1. Caracteristici tehnico-func ionale ale produsului

Efectul de frânare al acestui produs apare ca urmare a interac iunii electromagnetice dintre câmpul magnetic al magnetului permanent i bobinei, i curen ii turbionari (Foucault) indu i în discul conductor ca urmare a rotirii lui în câmpul magnetic.

Discul se realizeaza dintr-un material conductor, neferomagnetic, ale c rui propriet i vor fi prezentate mai jos.

Momentul de frânare M_f are expresia [conform 11. Masini electrice. Tendinte actuale]:

$$M_f = k \dot{\omega} \quad (1.1.1.)$$

$$k = (B \cdot b \cdot R_0)^2 / r \quad (1.1.2.)$$

unde:

B = induc ia în întrefier

b = proiec ia l imii magnetului pe sec iunea bobinei

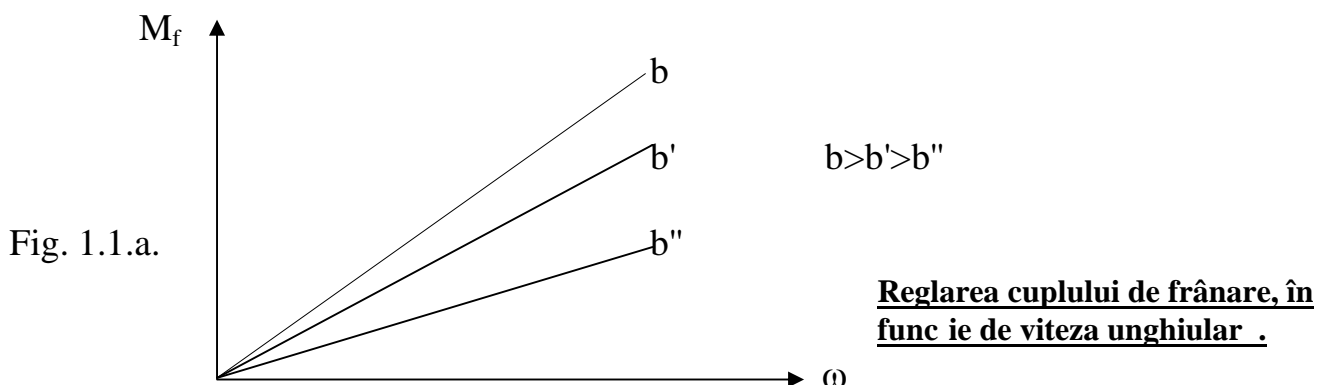
R_0 = raza discului de cupru

r = rezisten a ohmic a discului

k = constanta de frânare

ω = viteza unghiular a arborelui

Familia de caracteristici mecanice ale frânei [conform 6. ECMF]:



a) Aceast caracteristic e trasat în cazul în care $b = \text{constant}$ i se ob ine $M_f = f(\omega)$. De exemplu, pentru $k = \text{constant}$:

$$M_{f' \max} = 0,470 \text{ Nm la } \omega = 3000 \text{ rot/min cu } b = 35 \text{ mm}$$

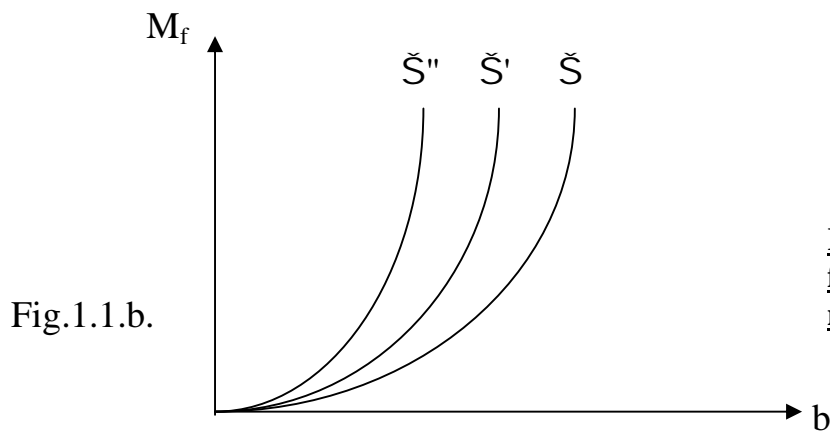
$$M_{f'' \max} = 0,235 \text{ Nm la } \omega = 1500 \text{ rot/min cu } b = 35 \text{ mm}$$

b) Momentul de frânare M_f la $\omega = \text{constant}$, func ie de b este:

$$M_f = k' \tilde{\omega} b^2 \quad (1.1.3.)$$

$$k' = (B \tilde{\omega} R_0)^2 / r \tilde{\omega} \tilde{S} \quad (1.1.4.)$$

cu caracteristica urm toare:



$$\tilde{S}'' > \tilde{S}' > \tilde{S}$$

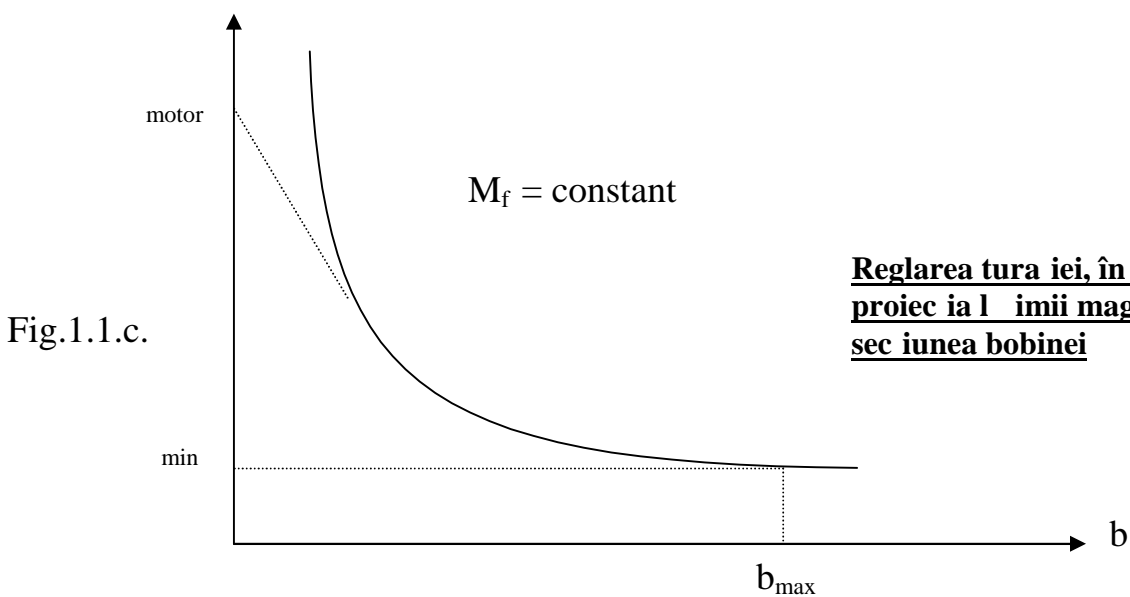
Reglarea cuplului de frânare, în func ie de proiec ia l imii magnetului pe sec iunea bobinei

c) Dacă se dore te o reglare a tura iei atunci avem:

$$\tilde{S} = k'' \tilde{\omega} / b^2 \quad (1.1.5.)$$

$$k'' = M_f / (B \tilde{\omega} R_0)^2 / r \quad (1.1.6.)$$

cu caracteristica urm toare:



Reglarea tura iei, în func ie de proiec ia l imii magnetului pe sec iunea bobinei

d) Acest frân limiteaz i varia iile aperiodice ale vitezei unghiulare.

În fig.1.1.d., ce urmeaz , se presupune c , caracteristica mecanic a unit ii de antrenare M_m r mâne nemodificat iar momentul rezistent redus se modific între limitele marcate de caracteristicile M_{r1} i M_{r2} .

În acest caz, viteza unghiular a mecanismului f r moderator-frân va varia cu câtimea $\Delta\Omega$, corespunz tor punctelor de func ionare A respectiv B, ob inute la intersec ia caracteristicilor M_m cu M_{r1} respectiv M_{r2} .

În ipoteza existen ei unui moderator-frâne, caracteristica mecanic se modific la M'_{r1} respectiv la M'_{r2} (prin suma ordonatelor corespunz toare ale caracteristicii frânei cu cea a consumatorului), rezultând punctele de func ionare A respectiv C, cu saltul de viteza unghiular $\Delta\omega$. Acest salt este cu atât mai mic cu cât caracteristica mecanic a moderatorului are panta mai mare.[cf. 9. Masini electrice de mica putere]

Fig.1.1.d.

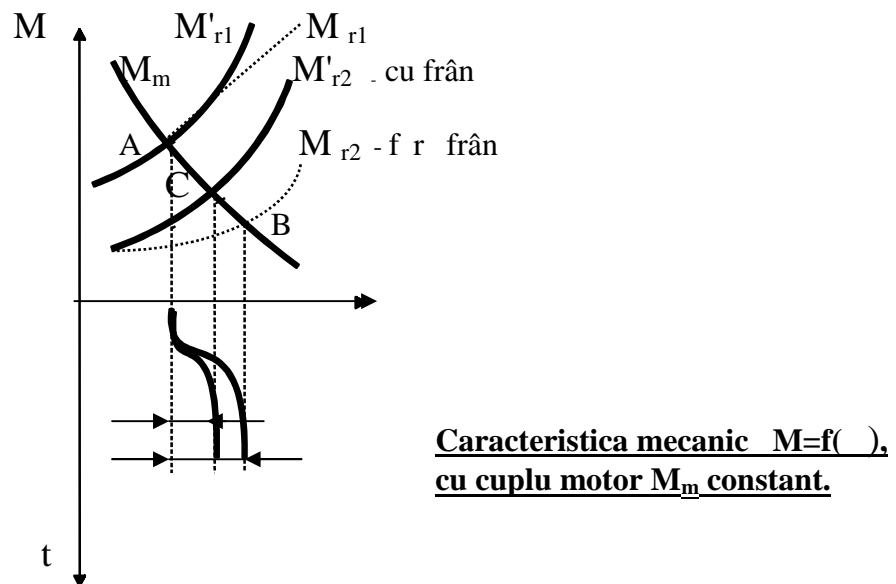
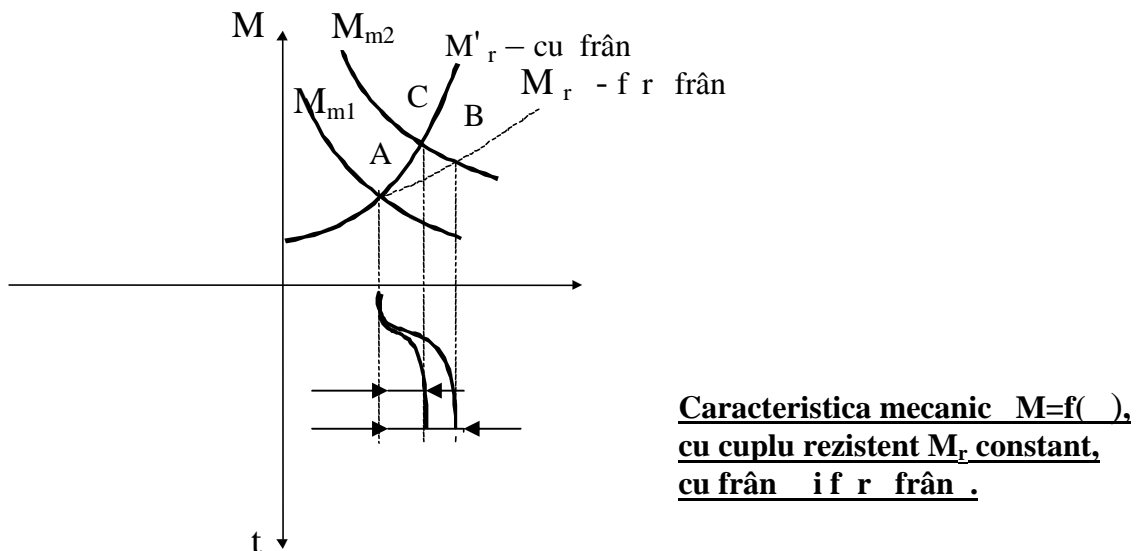


Fig.1.1.e.



În fig.1.1.e., caracteristica motoare se modific între limitele M_{m1} i M_{m2} (de exemplu prin varia iile tensiunii de alimentare, în cazul ac ion rii cu un motor electric). Se observ i în acest caz influen a frânei în limitarea varia iilor aperiodice ale vitezei unghiulare.

În partea inferioar a figurilor d) i e) s-a reprezentat varia ia vitezelor unghiulare în func ie de timp la apari ia unei perturba ii pentru cazurile cu i f r moderator-frân .

Ca surs a fluxului magnetic inductor s-au folosit magne i permanen i din ferit de bariu, datorit urm toarelor avantaje: construc ie simpl a frânei, cost sc zut (circa 60% din pretul altor magne i), timp coercitiv mare i induc ie remanent bun , rezisten mare la câmpuri de demagnetizare, identitatea practic dintre curba de magnetizare i curba magnetic de revenire.

Materialele folosite sunt materiale magnetice dure care î i p streaz magnetizarea dup anularea câmpului magnetizant. Se caracterizeaz prin câmp coercitiv i aria ciclului de histerezis mare. Materialele utilizate pentru realizarea magne ilor permanen i au $B_r / B_{max} > 0,4$.

Cele mai utilizate materiale magnetice pentru producerea magne ilor permanen i sunt aliajele de tip AlNi (Ni, Fe, Al, Cu) i AlNiCo i feritele dure. Feritele dure cele mai utilizate sunt feritele de bariu i feritele de stron iu.

Magne ii permanen i se produc prin presare i sintetizare i sunt ieftini. Ferita de bariu anizotrop folosit ($BaO_6Fe_2O_3$) are:

$$B_r = 0,38 \text{ T}, H_c = 13,5 \cdot 10^4 \text{ A/m} \text{ i } (B\dot{H})_{max} = 25 \cdot 10^3 \text{ TA/m.}$$

Pentru discul care e antrenat i care frâneaz arborele motorului s-a folosit cupru, adic un material diamagnetic. Aceste materiale se caracterizeaz printr-o susceptibilitate negativ : în prezen a unui câmp magnetic, în materialele diamagnetice se produce un câmp indus, care determin un moment magnetic, diamoment, dirijat în sens contrar câmpului magnetic exterior, mic orînd în acest mod câmpul magnetic rezultat.

Diamagnetismul se datoreaz mi c rii orbitale a electronilor straturilor atomice. din aceste motive fenomenul de diamagnetism este general pentru toate substan ele, îns nu apare la toate, datorit prezen ei, în unele cazuri, a unei magnetiz ri paramagnetice puternice care mascheaz efectul de diamagnetism.

Se demonstreaz c pentru un solid format din N atomi/cm³, fiecare din ace ti atomi având z electroni, momentul diamagnetic M_{dia} asociat mi c rii tuturor electronilor exercitat într-un câmp magnetic H , va avea valoarea[cf. 9. MEMN]:

$$M_{dia} = (- e^2 / 6m) \sum_{i=1}^z r_i^2 \dot{N} H \quad (1.1.7.)$$

unde:

r_i^2 = valoarea p tratului distan ei de la electron la nucleu.

În întrefierul acestei frâne de induc ie, prin rotirea discului de cupru printre cele dou juguri statorice se produce un câmp magnetic învârtitor circular.

Deci, câmpul magnetic învârtitor circular se produce în întrefierul ma inilor electrice care folosesc magne ii permanen i sau electromagne i, prin învârtirea lor - dac sunt pe rotor sau învârtirea discului rotoric dac ei sunt pe stator.

Acest câmp are urm toarele propriet i:

Unda spa ial a câmpului magnetic învârtitor circular are amplitudinea constant .

Distribu ia componente radiale a induc iei se poate aproxima printr-o sinusoid .
Magne ii sunt pe statorul fix iar rotorul e învârtit cu tura ie constant . Liniile de câmp ale câmpului magnetic produs de magne i trec prin rotor, întrefier i se închid de la pol la pol prin jugul statoric.

3. Viteza unghiular a câmpului magnetic învârtitor este egal cu viteza relativ dintre rotor i stator.

4. Curentul care se induce în rotor se calculeaz cu urm toarea expresie[cf.1. ME]:

$$I_m = 2uH_{max} / \check{S} \quad (1.1.8.)$$

Pentru jugurile statorice s-au folosit o eluri cu un con inut redus de carbon (sub 0,2%) considerate moi sau extramoi. Se folosesc la prelucrarea unor elemente constructive care nu necesit condi ii de rezisten deosebit , sunt tenace i reprezint bune calit i magnetice fiind preferate al turi de fierul tehnic pur la confec ionarea miezurilor magnetice ale releelor, cuplajelor i frânelor electromagnetice.

Calit ile magnetice ale acestor o eluri se pot ameliora substan ial prin tratament de recoacere la temperaturi cuprinse între 850-1050° C cu un gradient de temperatur de 30-50 grade / ora, atât la încalzire cât i la r cire.

Pe această cale se ob ine o îmbun t ire substan ial a permeabilit ii relative, cre terea induc iei de satura ie concomitent cu reducerea câmpului magnetic coercitiv.

Pentru celelalte repere nestandardizate din alc tuirea frânei, s-au folosit materiale dictate doar de condi iile de rezisten , folosindu-se a adar, îndeosebi o eluri de uz general.

1.2. Compara ia cu produsele similare existente

Se cunosc frâne cu întrefier radial, alc tuite dintr-un rotor cilindric i un stator inductor, în componen a c ruia într un circuit magnetic i una sau mai multe bobine de excita ie, încât prin conectarea acestora la o surs electric de curent continuu, se produce un flux magnetic, care, interac ionînd cu curen ii turbionari indu i, va da na tere unui cuplu electromagnetic orientat în sens invers rotirii rotorului.

Aceste frâne prezint dezavantajul unei slabe r ciri a rotorului, care se înc lze te datorit curenilor indu i.

Se mai cunosc frâne de induc ie cu întrefier axial, la care statorul este constituit din dou juguri statorice, coaxiale cu rotorul disc neferomagnetic, pe care sunt fixa i un num r par de magne i permanen i, care vor induce curen i turbionari în disc, dând na tere unui cuplu electromagnetic în sens invers rotirii rotorului. Aceste frâne prezint dezavantajul regl rii în trepte a momentului de frân re, în func ie de pozi ia relativ a celor dou juguri statorice, pozi ii realizate cu ajutorul unor uruburi ce solidizeaz cele dou p r i ale statorului.

Problemele pe care le rezolv acest produs sunt urm toarele:

- ◆ realizarea unui dispozitiv cu un num r redus de repere, deci o constructie simpl
- ◆ un domeniu larg de utilizare
- ◆ precizie mare
- ◆ fiabilitate ridicat
- ◆ manevrabilitate u oar .

1.3. Justificarea solu iei tehnice adoptate

Aceasta frân cu rotor disc, realizeaz o reglare continu i precis a tura iei, momentului de torsiune i a puterii, cât i limitarea varia iilor aperiodice ale vitezei unghiulare, între o valoare maxim i una minim .

Acest produs prezint urm toarele **avantaje**:

Construc ie simpl , cu un num r redus de repere, jum tate dintre ele standardizate.

Reglare continu i precis a tura iei i momentului.

Capacitate sporit de dirijare a c ldurii.

Consumul de energie electric , redus.

Fiabilitate ridicat .

Manevrabilitate u oar .

Inexisten a pieselor supuse uzurii.(cu excep ia rulmen ilor)

Între inere simpl .

Cost sc zut.

Posibilitatea u oar de cuplare pe arborele motorului.

2. Magne i permanen i

Efectele magnetice apar în urma interac iunii câmpului magnetic exterior cu electronii materialului respectiv.

În func ie de ciclu de histerezis al materialelor acestea sunt:

- materiale magnetice moi, cu ciclu îngust, câmp coercitiv H_c mic, induc ie de satura ie B_s i permeabilitate magnetic mare. Se folosesc la miezuri de bobine, transformatoare, electromagne i. Cele cu ciclu dreptunghiular se utilizeaz la fabricarea miezurilor pentru memorii magnetice.
- materiale magnetice dure, cu ciclu lat, cu induc ie remanent i câmp coercitiv mare. Utilizarea lor este pentru înregistrarea magnetic a informa iei i pentru fabricarea magne ilor permanen i.[cf. 18. Cuplaje si frane electromagnetice]

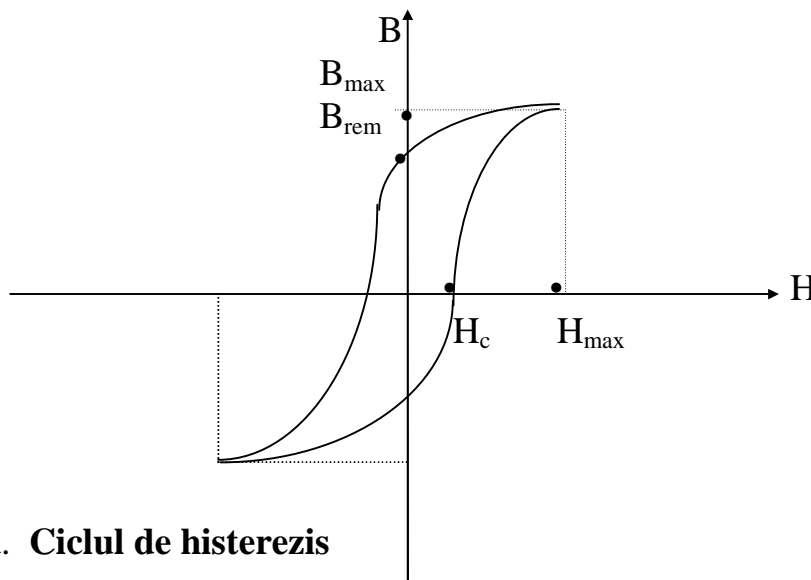


Fig.2.a. **Ciclu de histerezis**

Pentru caracterizarea din punct de vedere magnetic a materialelor, se utilizeaz rela ia:

$$\mathbf{M} = \mu_m \mathbf{H} = (\mu_r - 1) \mathbf{H} \quad (2.1.)$$

unde:

\mathbf{M} = magnetiza ia (moment magnetic)

μ_m = susceptibilitatea magnetic

\mathbf{H} = intensitatea câmpului magnetic

μ_r = permeabilitatea magnetic relativ

Ace ti parametri, diferen iaz materialele în urm toarele categorii: diamagnetice, paramagnetice, feromagnetice, antiferomagnetice, ferimagnetice.

Tabel 2.1. [cf.17. TMFM]

Tipul materialului	m	μ_r	Materiale
Diamagnetice	$\approx -10^{-5} < 0$	< 1	Cu, Au, Ag, Zn, Hg, Ge, Si, Pb
Paramagnetice	$10^{-5} \div 10^{-3} > 0$	> 1	Al, Cr, Na, K, Pt
Feromagnetice	$\gg 1$	$\gg 1$	Fe, Co, Ni, Cd i aliaje
Antiferomagnetice	> 0	> 1	MnO, NiO, CuCl ₂
Ferimagnetice (ferite)	$\gg 1$	$\gg 1$	Metal 0, Metal Ni, Mn, Fe ₂ O ₃

Pentru acest frân , se folose te pentru discul montat pe arborele motorului, cuprul, care este diamagnetic, pentru c , se caracterizeaz printr-o susceptibilitate negativ , adic în prezen a unui câmp magnetic în materialele diamagnetice se produc curen i indu i (turbionari), care determin un moment magnetic (diamoment) dirijat

în sens contrar câmpului magnetic exterior, producând un moment rezistent de frânare.

Pentru magne ii permanen i se utilizeaz ferite (materiale magnetice dure, adic cu aria ciclului de histerezis mare i H_c mare, care îi p streaz magnetizarea dup anularea câmpului magnetizant i la care $0,4 < B_r/B_{max} > 0,5$).

Nu se utilizeaz aliaje feromagnetice de tip AlNi sau AlNiCo pentru c sunt mai scumpe iar cele feromagnetice au rezistivitate sc zut , deci pierderi prin curen i turbionari mari. Se folose te o ferit dur de bariu - BaO₆Fe₂O₃, cu:

$$\left\{ \begin{array}{l} B_{\text{remanent}} = 0,0313 \text{ T,} \\ H_{\text{coercitiv}} = 25 \text{ kA/m,} \\ (B \cdot H)_{\text{max}} = 25 \cdot 10^3 \text{ TA/m} \end{array} \right.$$

- ⇒ energie magnetic mare în întrefier
- ⇒ un punct de func ionare ce d eficacitate magnetului (pentru un volum mic).

De asemenea ea este produs în România, prin presare i sinterizare, este ieftin i are rezistivitate electric mare. [Conform, T.M.F.M.pag. 257 ÷260, 263, 275÷276]

3. Redresoare

Redresoarele permit transformarea curentului alternativ în curent continuu. Ele au numeroase aplica ii, atât în sistemele electronice de mic putere cât i în sistemele electromagnetice.

Schemele de redresare se împart în dou clase:

- scheme cu un singur tact sau scheme monoalternan
- scheme cu dou tacte sau scheme în punte

S-a adoptat redresarea cu schema în punte, monofazat , prin care faza sursei de energie este parcurs de un curent în ambele alternan e. Deasemenea se folose te un transformator în circuitul energetic, care de i mare te gabaritul i costul schemei are avantajul punerii în concordan a tensiunii sursei cu tensiunea receptorului i izoleaz rețeaua de curent alternativ de cea de curent continuu.

Redresorul folosit este comandat cu dou diode i dou tiristoare, care prin modificarea tensiunii redresate modific induc ia bobinelor i deci induc ia în întrefierul frânei, ceea ce duce la modificarea tura iei motorului.

Impulsul de comand (poate fi dreptunghiular) este aplicat pe poarta tiristoarelor la momentul α , numit unghi de aprindere sau unghi de comand , tiristoarele func ionând alternativ în regim de conduc ie întrerupt .

Regimul de conduc ie întrerupt , când utiliz m tiristoare, are loc când:

$$\beta < 2f/p \quad (3.1.)$$

unde:

β = unghiul de conduc ie

$p = 2$, pentru schema monofazat în punte cu transformator.

Datorit diodelor, func ionarea redresorului are loc în regim de conduc ie permanent . [cf. 14.Componente active]

Expresia curentului este:

$$i_d = I_m \sin(\omega t + \varphi) - U_d/R_{tot} - [I_m \sin(\omega t - \varphi) - U_d/R_{tot}] e^{-\omega t \operatorname{ctg} \varphi} + I_0 e^{-\omega t \operatorname{ctg} \varphi} \quad (3.2.)$$

expresie care va fi tratat în capitolul urm tor.

Expresiile medii ale tensiunii i curentului sunt:

$$U_{d \text{ med}} = U_m \frac{1 + \cos \varphi}{2} \quad (3.3.)$$

$$I_{d \text{ med}} = (1/2f) \int_0^{\beta} i_d d(\omega t) \quad (3.4.)$$

În consecin , valorile curentului i tensiunii redresate, depind de α , $\alpha \in (\alpha_0, \pi)$, deci de aprinderea (de comanda) tiristoarelor, care se face cu un circuit de comand , prezentat mai jos, modificându-se valoarea rezisten ei R a poten iometrului din montaj.

Pentru aprecierea calitativ a domeniului de reglare, definit astfel:

$$= u_{\min} / u_{\max} \quad (3.5.)$$

se pot calcula sau/ i masura cu voltmetrul, tensiunile minime i maxime redresate ob inute.

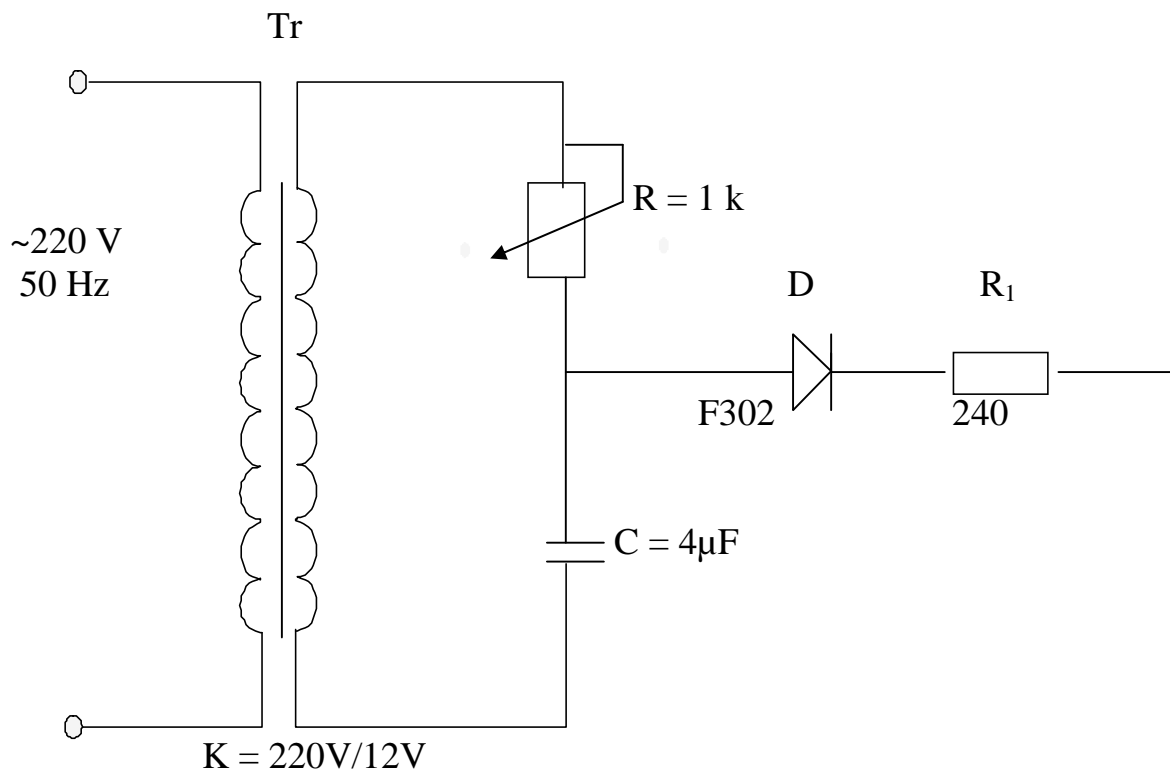


Fig.3.a. **Schema circuitului de comand a tiristoarelor.**

4. Breviar de calcul de dimensionare

4.1. Descriere constructiv i modul de func ionare al frânei

Se d în continuare un exemplu de realizare a frânei, în legatur i cu desenul de ansamblu prezentat la documenta ia desenat .

Frâna reglabil de induc ie e alcatuit din doi magne i permanen i, fixa i pe un jug statoric prin lipire cu un strat izolant intermediar i dou bobine pe alt jug, fa în fa cu magne ii. Astfel se constituie sursele câmpului magnetic i deci al fluxului inductor.Între cele dou perechi de magne i i bobine, coaxial cu cele dou juguri statorice se învârte un disc rotor din cupru, în felul acesta realizându-se dou întrefieruri. Discul e centrat fa de cele dou juguri de doi rulmen i radiali cu bile pe un rând, fixa i în cele dou suporturi ale magne ilor.

Discul este antrenat în mi care de rota ie, i-l va frâna dealtfel, de un arbore de antrenare, prin intermediul unei pene paralele.

Arborele de antrenare, a c rei tura ie, vitez unghiular i moment vrem s le regl m se sprijin pe un inel de siguran .

Al doilea semicuplaj e solidar cu primul jug statoric i cu un element fix exterior, printr-un cadru de rezisten i dou uruburi cu cap înneecat, crestate.

Pe exteriorul primului jug statoric, fix, este lipit , cu un strat izolator intermediar o carcasa de policlorur de vinil ce are marcate pe ea procentele din momentul de frânare maxim.

Frâna de induc ie realizeaz reglarea tura iei, momentului de torsiune, puterii i limitarea varia iei aperiodice a vitezei unghiulare prin comanda din exterior a bobinelor cu ajutorul unui redresor monofazat comandat.

Fluxul magnetic inductor creat de magne ii permanen i i bobine, dup ce str bate întrefierele i discul rotor, se închide de la pol la pol prin jugul statoric feromagnetic.Câmpul magnetic inductor va induce în discul rotor, curen i turbionari care vor determina apari ia unui câmp magnetic ce se va opune cauzei care l-a produs, frânând arborele de antrenare. Intensitatea frân rii e func ie de tura ia arborelui de antrenare i de câmpul magnetic inductor.

4.2. Justificarea alegerii solu iei constructive i a materialelor pentru reperatele produsului

La realizarea produsului s-a avut în vedere o solu ie constructiv cât mai simpl cu pu ine reperate, dintre care opt standardizate. Se pot aminti astfel rulmen ii 6003, pana paralel $3 \times 3 \times 20$, dou uruburi cu cap crestet M6, inelul de siguran pentru $\varnothing 8$, tiftul filetat M4 sau magne ii din ferit de bariu.

S-au evitat de asemenea, materialele deficitare sau scumpe, utilizându-se, acolo unde s-a putut, materiale de produc ie româneasc . De exemplu, pentru jugurile statorice, forma lor a fost impus de forma magne ilor existen i, de dimensiunile rulmen ilor calcula i din condi ii de rezisten i de realizarea în întrefier a unui flux util optim. Materialul folosit, un o el cu con inut cât mai sc zut în carbon, deci de uz general, tratat termic prin recoacere dar care are în schimb bune propriet i magnetice fiind frecvent folosit ca jug statoric.

Pentru cadrul de rezisten , forma i materialul, o el carbon cu con inut mai ridicat de carbon, au fost impuse de rezisten a la solicit rile la care este supus.

Carcasa e i ea realizat din material uzual, policlorura de vinil, din eav standardizat , pentru c e u oara, poate fi repede lipit i coeficientul de radia ie a c ldurii în exterior este bun.

Discul rotor s-a realizat din cupru. Dat fiind masa lui mic - 177g, poate fi turnat într-o form apropiat de cea final . Utilizarea cuprului a fost dictat de necesita ile func ionale ale frânei, care cerea ca rotorul s fie din material neferomagnetic, conductor, i mai ales diamagnetic. Alte asemenea materiale sunt mai greu de ob inut: Au, Ag, Zn, Pb, Hg, Ge, Si, deci utilizarea cuprului e cea mai indicat .

În ceea ce prive te componentele electronice, s-au adoptat componente produse în Romania: tiristoare T1N-1, diode BA12X pentru redresor, bobine cu $L=20$ mH i $R=2,5\Omega$, transformator monofazat de la 220V la 110V (cu $K=2$) iar bobinajul bobinelor este din sârm de Cu cu $d = 1$ mm.

4.3. Calculul bobinelor

Inductan a bobinelor cilindrice se poate calcula cu formula[cf .14 CA].:

$$L = 0,00987 \cdot k \cdot N^2 \cdot D^2 / l \quad (4.3.1.)$$

unde:

L = inductan a bobinei [μH]

N = num rul de spire [spire]

D = diametrul bobinei [mm]

l = lungimea bobinei [mm]

k = factor de propor ionalitate, f(D/l)

Se adopt **D = 50 mm** (din considerente constructive, ca magnetul permanent p trat s fie înscriș pe sec iunea bobinei) iar **l = 25 mm**. Conform [Lozneau, Stelian - Almanahul radiotehnicianului; pag 11-16] se alege factorul subunitar $k = f(D/l)$; cum $D/l = 2$, rezult **k = 0,526**.

Se fixeaz inductan a **L = 20000 ~H** i conform nomogramei de la pagina 12, rezult **N = 650 spire**. Aceast nomogram se folose te pentru calcule tehnice rapide.

Dac folosim formula de mai sus =>

$$N^2 = L \cdot l / (0,00987 \cdot k \cdot D^2) = 20000 \cdot 25 / (0,00987 \cdot 0,526 \cdot 50^2) = 437044 \Rightarrow N = 661,1 \text{ spire.}$$

Se adopt **N = 660 spire** => bobine f r miez cu mai multe straturi.

Rezisten a de curent continuu a bobinei este:

$$R = 0,00022 \cdot N \cdot l_{\text{med sp}} / d_{\text{cond}}^2 \quad (4.3.2.)$$

$$R = 0,00022 \cdot N \cdot l_{\text{med sp}} / d_{\text{cond}}^2 = 0,00022 \cdot 660 \cdot 17 / 1^2 = 2,46 \Omega$$

$$\left\{ \begin{array}{l} l_{\text{medie a spirei}} = 17 \text{ cm} \\ d_{\text{conductor CU}} = 1 \text{ mm} \end{array} \right.$$

Se adopta **R = 2,5 h** i rezult :

$$\left\{ \begin{array}{l} L_{\text{tot}} = 2 \cdot L = 40 \text{ mH} \\ R_{\text{tot}} = 2 \cdot R = 5 \Omega \end{array} \right.$$

4.4. Calculul redresorului monofazat

Bobinele (cele doua dispuse în serie, reale), dispuse fa în fa cu cei doi magne i permanen i pe cele dou juguri statorice sunt alimentate de la re eaua de curent alternativ monofazat, prin intermediul unui redresor în punte cu transformator.

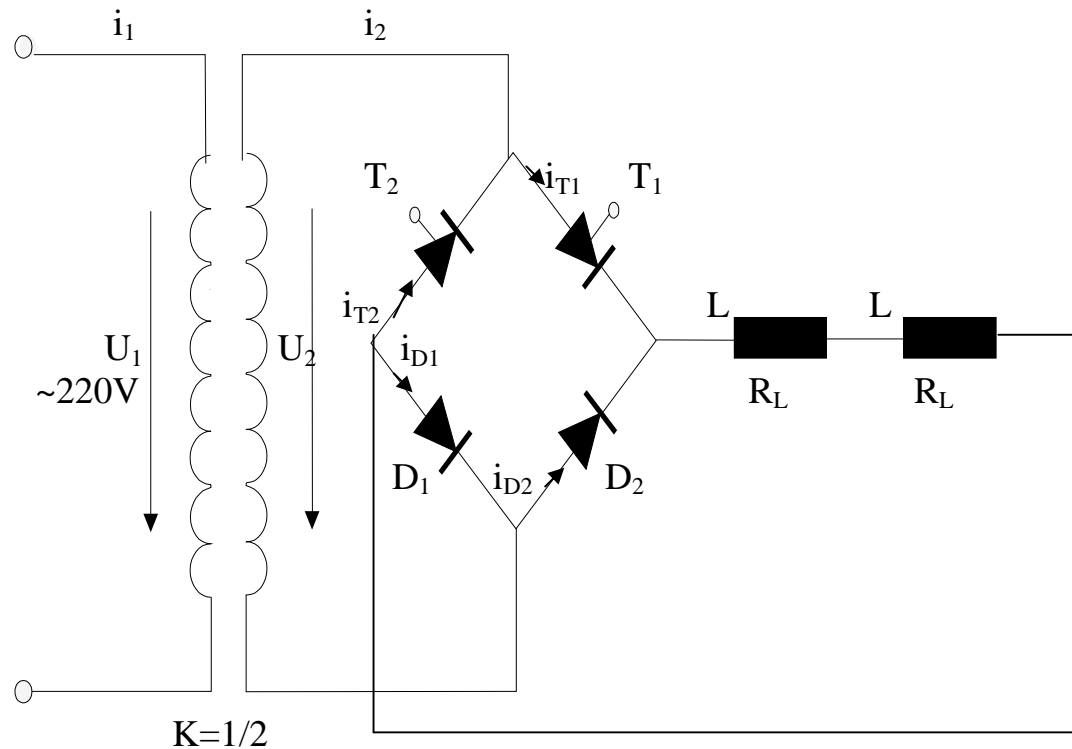


Fig.4.4.a. **Redresor monofazat**

Se cunosc:

$$\left\{ \begin{array}{l} u_1 = \sqrt{2} \cdot 220 \cdot \sin \omega t \text{ (tensiunea alternativ de alimentare)} \\ k = U_2/U_1 = 1:2 \text{ (raport de transformare al transformatorului)} \\ \alpha = 60^\circ \text{ (unghiul de comand al tiristorului)} \\ n = 1500 \text{ rot / min (turatia motorului) (=1500/60 rot/s)} \\ R_{\text{tot}} = 2 \cdot R_{\text{bobinei}} = 2 \cdot 2,5 = 5 \Omega \\ L_{\text{tot}} = 2 \cdot L_{\text{bobinei}} = 2 \cdot 20 = 40 \text{ mH} \end{array} \right.$$

În analiza func ion rii sistemului se fac urm toarele ipoteze simplificatoare:

- transformatorul i tiristoarele se considera fi ideale
- se neglijeaz neliniarit ile datorate circuitului magnetic.

Cu aceste ipoteze, ecua ia tensiunii redresate devine[cf.4. Circuite electronice]:

$$\mathbf{u_d} = \mathbf{i} \mathbf{R_{tot}} + \mathbf{L_{tot}} \mathbf{\dot{i}} \quad (4.4.1.)$$

Condi ia trecerii în conduc ie a tiristoarelor la func ionarea redresorului în regim de conduc ie întrerupt este [cf. 8. Mutatoare]:

$$\sin \alpha = U_{d \text{ med}} / U_m \quad (4.4.2.)$$

unde:

$$(4.4.3.) \quad U_{d \text{ med}} = U_m \cdot (1 + \cos \alpha) / 2 \quad \Rightarrow \quad \sin \alpha = (1 + \cos \alpha) / 2 \Rightarrow \text{tg}(\alpha/2) > 1/2$$

$$(4.4.4.) \quad U_m = \sqrt{2} \cdot U_2 = (f/2) \cdot U_d \quad \Rightarrow \quad r_o = 2 \cdot \arctg(1/2) = 36.87^\circ$$

Pentru $\alpha < \alpha_o$, redresorul nu mai poate func iona în regim de conduc ie întrerupt .

Se calculeaz $U_{d \text{ med}}$:

$$U_2 = U_{1k} / \sqrt{2} = 220 / \sqrt{2} = 155.56 \text{ V} \quad (\text{tensiunea din secundar})$$

$$U_{d \text{ med}} = \sqrt{2} \cdot U_2 \cdot (1 + \cos \alpha) / \pi = \sqrt{2} \cdot 155.56 \cdot (1 + \cos 60^\circ) / \pi = 74.28 \text{ V}$$

Cunoscându-se c :

$$(4.4.5.) \quad U_{d \text{ med}} = W \cdot h \quad (W = U_{d \text{ med}} / h) \quad i$$

$$(4.4.6.) \quad h = 2f \cdot \Phi_m$$

Se calculeaz viteza unghiular a rotorului, Ω , i fluxul magnetic Φ :

$$h = 2\pi \cdot 1500 / 60 = 157.08 \text{ rad/s}$$

$$W = 74.28 / 157.08 = 0.47 \text{ Wb}$$

Se calculeaz factorul de calitate Q :

$$Q = \text{tg} \{ \phi = \arctan(L/R) \} \quad (4.4.7.)$$

unde:

$$\omega = 2\pi f \quad (\text{pulsatia})$$

$$f = 50 \text{ Hz} \quad (\text{frecven a})$$

$$Q = 2\pi \cdot 50 \cdot 20 \cdot 10^{-3} / 2.5 = \text{tg} \phi \Rightarrow \phi = 68.4^\circ \Rightarrow \text{ctg} \phi = 0.36$$

$$\phi = \text{faza ini ial} \quad [\text{grade}]$$

Expresia curentului $i = f(t)$ [Mutatoare, A. Kelemen, pag. 165]: (4.4.8.)

$$i_1 = I_m \sin(\omega t + \alpha) - U_{d \text{ med}} / R_{\text{tot}} - [I_m \sin(\omega t - \alpha) - U_{d \text{ med}} / R_{\text{tot}}] e^{-\text{tg} \phi} + I_o e^{-\text{tg} \phi}$$

în intervalul $\omega t \in [0, \pi - \alpha]$ i

$$i_2 = [I_m \sin(\omega t - \alpha) + U_{d \text{ med}} / R_{\text{tot}}] e^{-\text{tg} \phi} - U_{d \text{ med}} / R_{\text{tot}} \quad (4.4.9.)$$

în intervalul $\omega t \in [\pi - \alpha, \pi]$

În rela iile de mai sus avem:

$$I_m = \frac{\sqrt{2} \cdot U_2}{\sqrt{(R_{\text{tot}})^2 + (L \cdot \omega)^2}} \quad (4.4.10.)$$

$$I_m = \sqrt{2} \cdot 155.56 / \sqrt{(5^2 + (2\pi \cdot 50 \cdot 40 \cdot 10^{-3})^2)} = 11.50 \text{ A} \quad (4.4.11.)$$

$$I_o = I_m \cdot (\sin(\alpha - \phi)) / (1 - e^{-\text{tg} \phi}) - I_m \cdot (\sin(\pi - \alpha - \phi)) / (1 - e^{-\text{tg} \phi}) - U_{d \text{ med}} / R_{\text{tot}}$$

$$I_o = 11.50 \cdot (\sin(180 - 68)) / (1 - e^{-\text{tg} 68}) - 11.50 \cdot (\sin(60 - 68)) / (1 - e^{-\text{tg} 68}) - 74.28 / 5$$

$$I_o = 4.408 \text{ A}$$

$$i_1 = 11,50 \sin(\omega t + 60 - 68) - 74,28/5 - [11,50 \cdot \sin(-8) - 74,28/5] \cdot e^{-\omega t \cdot 0,4} + 4,408 \cdot e^{-\omega t \cdot 0,4}$$

$$\omega t = \pi - \alpha (= 180^\circ - 60^\circ = 120^\circ) = 2\pi/3 \text{ (radiani)}$$

$$i_1 = \mathbf{4,82 \text{ A}}$$

$$i_2 = (4,82 \cdot 2,09 + 14,856) \cdot e^{-(\omega t - 2\pi/3) \cdot 0,4} - 14,856$$

$$\omega t = \pi \text{ (radiani)}$$

$$i_2 = \mathbf{2,44 \text{ A}}$$

Cum $U_{d \text{ med}} = 74,28 \text{ V}$ calcul m I_{med} :

$$I_{\text{med}} = (1/2f) \int_0^2 i \cdot d(\check{S}t) = 1/2f [2 \int_0^1 i_1 \cdot d(\check{S}t) + 2 \int_1^2 i_2 \cdot d(\check{S}t)] \quad (4.4.12.)$$

În urma rezolv rii integralelor se ob ine:

$$I_{\text{med}} = I_{1 \text{ med}} + I_{2 \text{ med}} = 2,8 \text{ A} + 1,6 \text{ A} = \mathbf{4,4 \text{ A}}$$

Se calculeaz curentul prin tiristoare i diode:

$$I_{T1} = I_{T2} = 1/2 \cdot I_{1 \text{ med}} = 1/2 \cdot 2,8 = \mathbf{1,4 \text{ A}} \quad (4.4.13.)$$

$$I_{D1} = I_{D2} = 1/2 \cdot I_{\text{med}} + 1/2 I_{2 \text{ med}} = 1/2 \cdot 4,4 + 1/2 \cdot 1,6 = \mathbf{3 \text{ A}} \quad (4.4.14.)$$

Se adopt tiristoare produse la B neasa:

T1N-1, cu codificarea: T- tiristor

$I_T = 10 \text{ A}$ (curent continuu direct în stare de men inere)

$V_{RRM} = 100 \text{ V}$ (tensiune invers de vârf repetitiv)

Se adopt diode cu siliciu de comuta ie, rapide:

BA 12 X, cu caracteristicile: $V_{RM} = 120 \text{ V}$ (tensiune invers)

$I_{FSM} = 6 \text{ A}$ (curent direct de suprasarcin)

$t_r = 50 \text{ ns}$ (timp de recuperare)

Energia magnetic acumulat în câmpul magnetic al unei bobine poate fi calculat cu formula:

$$W = 1/2 \mu L \hat{I}_{\text{med}}^2 \quad (4.4.15.)$$

unde:

W = energia magnetic [TA/m] sau [J/m³]

L = inductan a bobinei [H]

I_{med} = intensitatea curentului [A]

$$W = 1/2 \cdot 20 \cdot 10^{-3} \cdot 4,4^2 = \mathbf{0,1936 \text{ TA/m}}$$

înând cont de formulele de mai jos, calcul m induc ia bobinei:

$$\left. \begin{aligned} (4.4.16.) \quad W &= 1/2 \mu L \hat{I}_{\text{med}}^2 = 1/2 \mu B \hat{H} \quad i \\ (4.4.17.) \quad B &= \mu_0 H \end{aligned} \right\} \Rightarrow B = I_{\text{med}} \mu_0 \sqrt{\mu} L$$

unde:

B = induc ia magnetic [T]

H = intensitatea câmpului magnetic [Nm]

μ_0 = permeabilitatea magnetica a vidului = $4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$

μ_r = permeabilitatea magnetica relativ = 1 (pentru aer)

$$\mathbf{B_B} = 4,4 \cdot \sqrt{(4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 20 \cdot 10^{-3})} = 70 \cdot 10^{-5} = 0,7 \cdot 10^{-3} \text{ T} = \mathbf{0,7 \text{ mT}}$$

Solena ia de magnetizare ($S=N \cdot U_{d \text{ med}}/R_{\text{tot}}$), va muta punctul A de func ionare al magne ilor, pe curba de demagnetizare, în B. Câmpul magnetic determinat de bobin , va muta punctul de func ionare pe o dreapt paralel cu cea ini ial , care trecea prin O, este:

$$\mathbf{H_B} = \mathbf{B_b} / \sim_0 = 0,7 \cdot 10^{-3} / (4\pi \cdot 10^{-7}) = 557 \text{ A/m} = \mathbf{0,557 \text{ kA/m}}$$

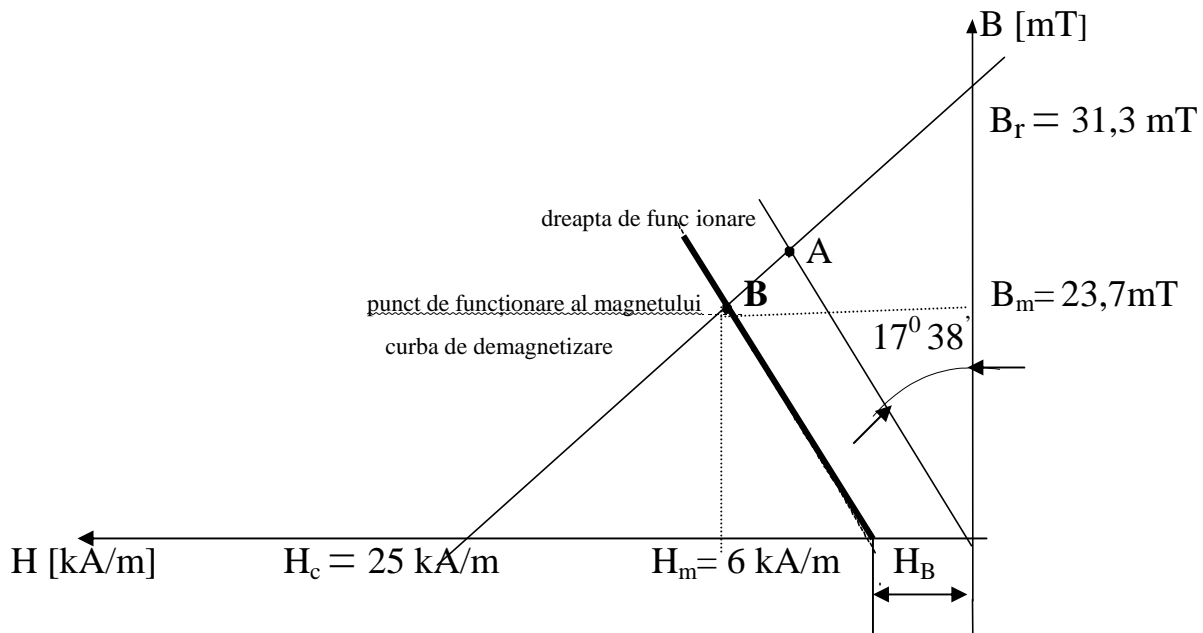


Fig.4.4.b. Determinarea punctului de func ionare al magnetului.

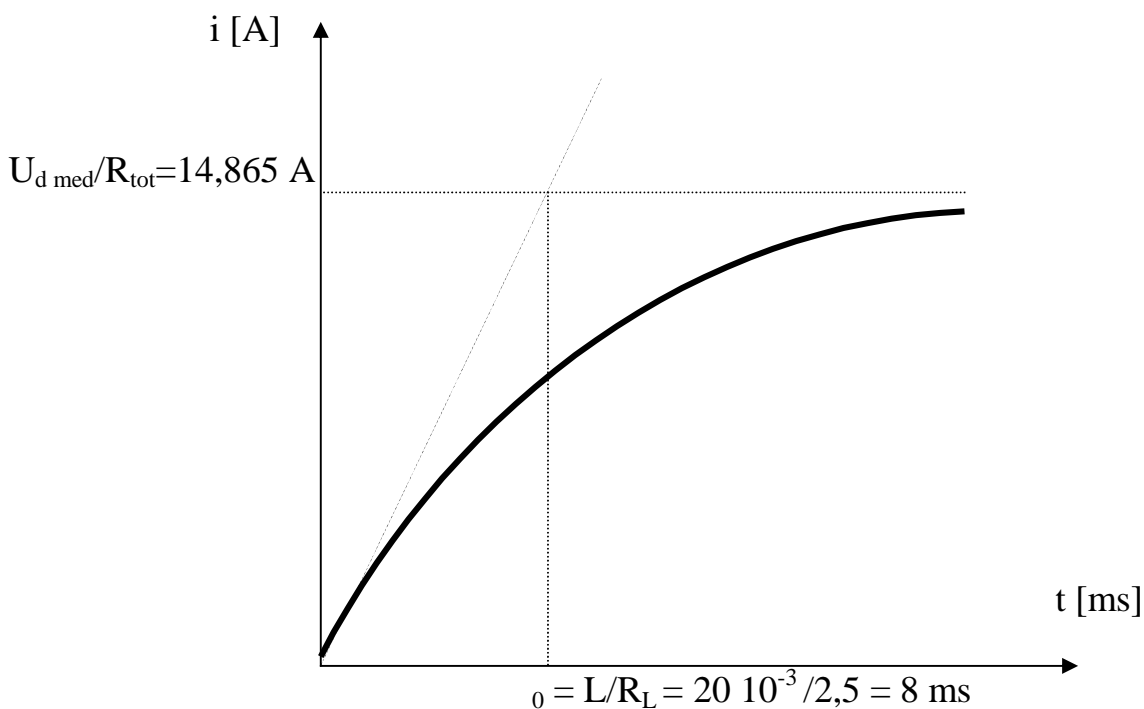


Fig.4.4.c. Curba de r spuns în regim tranzitoriu a circuitului RL.

4.5. Calculul circuitului magnetic

Datele de proiectare pentru calculul acestui circuit magnetic sunt:

- materialul magnetic dur care se folose te este ferita de bariu anizotrop care are induc ia remanent $B_r = 0,0313 \text{ T}$, câmpul coercitiv $H_c = 25 \text{ kA/m}$ i $(B \cdot H)_{\max} = 25 \cdot 10^3 \text{ TA/m}$. Formula chimic este $\text{BaO}_6\text{Fe}_2\text{O}_3$.
- grosimea discului de cupru se adopt : $g = 2 \text{ mm}$
- distan a minim δ' dintre suprafa a discului i suprafa a circuitului magnetic se stabile te cu ajutorul graficului de mai jos, unde D =diametrul discului de cupru:

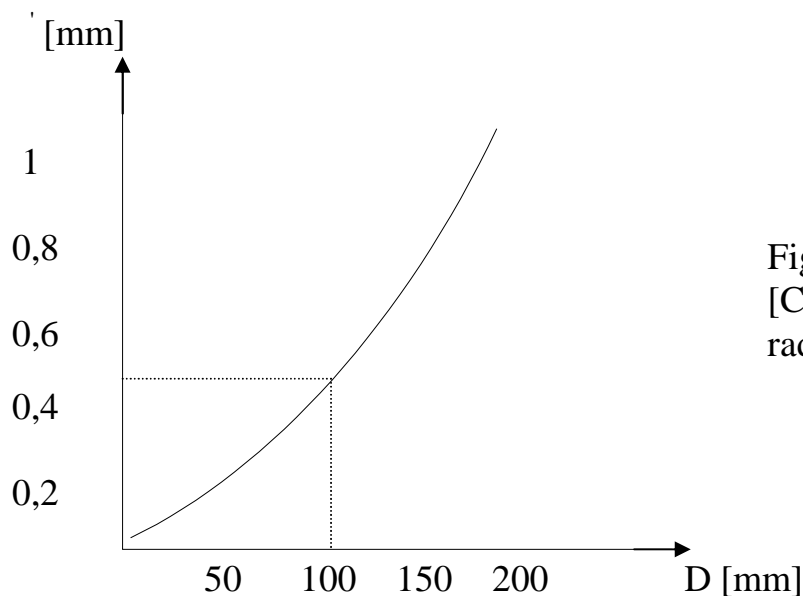


Fig.4.5.a.
[Cf. 10. Memoratorul
radioehnicianului]

$$D = 100 \text{ mm} \Rightarrow u' = 0,5 \text{ mm}$$

Întrefierul ma inii electrice este: $u = g + 2u' = 2 + 2 \cdot 0,5 = 3 \text{ mm}$

Pentru determinarea punctului de func ionare al magnetului (B_m, H_m) se cunosc:

- grosimea magnetului, $l_m = 10 \text{ mm}$
- permeabilitatea magnetic a vidului $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$
- magne ii sunt de form paralelipedic cu baza patrat , care se înscrie într-un cerc cu $d = 50 \text{ mm}$, deci de latur $L_m = d/\sqrt{2} = 35,35 \text{ mm}$
- lungimea bobinei $l_b = d/2 = 25 \text{ mm}$

Se cunoa te permeabilitatea magnetic a feritei:

$$\mu_r = \mu_m / \mu_0 = 13,34 \cdot 10^{-7} / (4\pi \cdot 10^{-7}) = 1,062 \quad (4.5.1.)$$

Se calculeaz valorile punctului de func ionare al magnetului, cu formulele:

$$B_m = B_r \cdot l / (1 + \mu_r \cdot l / l_m) \quad (4.5.2.)$$

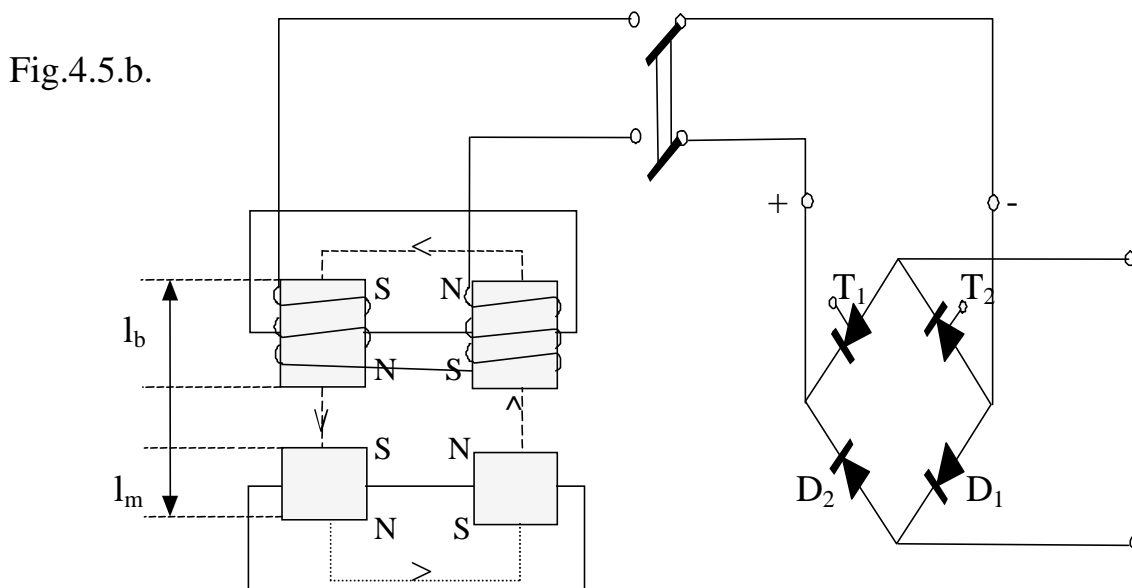
$$H_m = (B_r - B_m) / \mu_0 \quad (4.5.3.)$$

$$\mathbf{B}_m = \mathbf{B}_r \cdot 1 / (1 + \mu_r \cdot \delta / l_m) = 0,0313 \cdot 1 / (1 + 1,062 \cdot 3 / 10) = 0,0237 \text{ T} = \mathbf{23,7 mT}$$

$$\mathbf{H}_m = (\mathbf{B}_r - \mathbf{B}_m) / \mu_0 = (0,0313 - 0,0237) / (4\pi \cdot 10^{-7}) = \mathbf{6 \text{ kA/m}}$$

Calculul induc iei în întrefier i a câmpului se face scriind legea circuitului magnetic de-a lungul conturului din figur , ob inându-se o ecua ie, unde se va neglija termenul cu câmpul magnetic în fier, deoarece permeabilitatea magnetic a o elului e foarte mare.

Circuitul magnetic. Calculul induc iei în întrefier.



$$2\mathbf{H}_u \hat{n} l_u + \mathbf{H}_{Fe} \hat{n} l_{Fe} = 2\mathbf{H}_m \hat{n} l_m + 2\mathbf{H}_B \hat{n} l_B \quad (4.5.4)$$

$$\mathbf{H}_{fe} \hat{n} l_{Fe} \ll \mathbf{H}_u \hat{n} l_u \Rightarrow \mathbf{H}_{Fe} \hat{n} l_{Fe} \approx 0 \quad (4.5.5.)$$

$$\mathbf{H}_u = (\mathbf{H}_m \cdot l_m + \mathbf{H}_B \cdot l_B) / \delta = (6 \cdot 10 + 0,557 \cdot 25) / 3 = \mathbf{24,64 \text{ kA/m}}$$

$$\mathbf{B}_u = \mu_0 \cdot \mu_{r \text{ aer}} \cdot \mathbf{H}_\delta = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 1 \cdot 24,64 \cdot 10^3 = 0,031 \text{ T} = \mathbf{31 \text{ mT}}$$

Tensiunea magneto-motoare a întrefierului este:

$$\mathbf{F}_u = \mathbf{B}_u / \mu_0 \hat{n} l_u = 0,031 / (4\pi \cdot 10^{-7}) \cdot 3 \cdot 10^{-3} = \mathbf{74 \text{ A}} \quad (4.5.6.)$$

Calculul fluxului inductor i de dispersie, în întrefier: (4.5.7.)

$$\left\{ \begin{array}{l} S_m = S_\delta = (L_m)^2 = (50 / \sqrt{2} \cdot 10^{-3})^2 = (35,35 \cdot 10^{-3})^2 = 1250 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ (baza magnetului)} \\ \phi_{1 \text{ magn}} = \mathbf{B}_m \cdot S_m = 0,0237 \cdot 1250 \cdot 10^{-6} = 29,625 \cdot 10^{-6} \text{ Wb} \\ \phi_{\delta \text{ util}} = \mathbf{B}_\delta \cdot S_\delta = 0,031 \cdot 1250 \cdot 10^{-6} = 38,75 \cdot 10^{-6} \text{ Wb} \\ \phi_{\rho \text{ dispersie}} = 2 \cdot \phi_1 - \phi_\delta = 20,5 \cdot 10^{-6} \text{ Wb} \end{array} \right. \quad (4.5.8.)$$

$$(4.5.9.)$$

$$(4.5.10.)$$

Se observ c fluxul de dispersie la ma inile electrice cu magne i permanen i cu întrefier mic, e i el relativ mic. [calcul e cf. 8. Mutatoare]

Coeficientul de dispersie este:

$$= 2W_1/W_u = (2 \cdot 29,625 \cdot 10^{-6}) / (38,75 \cdot 10^{-6}) = \mathbf{1,53} \quad (4.5.11.)$$

Permean a întrefierului este:

$$\mathbf{G = 1,26 \cdot 10^{-6} \text{ H}} \quad (4.5.12.)$$

$$= 1,26 \cdot 10^{-6} \cdot 1250 \cdot 10^{-6} / (3 \cdot 10^{-3}) = \mathbf{1,575 \cdot 10^{-6} \text{ Wb/A}}$$

Dreapta de func ionare a magnetului, determinat de originea axelor i unghiul α , cu axa ordonatelor, se calculeaz cu rela ia:

$$\mathbf{tg \gamma = \mu_0 \cdot H_m / B_m = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 6 \cdot 10^3 / 0,0237 = 0,318 \Rightarrow \gamma = 17,64^\circ = 17^\circ 38' 30''} \quad (4.5.13.)$$

Energia magnetic în întrefier este:

$$\mathbf{W = 1/2 \cdot B_u H_u = 1/2 \cdot 0,031 \cdot 24,64 \cdot 10^3 = 381,92 \text{ TA/m}} \quad (4.5.14.)$$

Cuplul de frânare electromagnetic este:

$$\mathbf{M = k \cdot \dot{\varphi} = [(B_u \cdot L_m \cdot R_o)^2 / r] \cdot \dot{\varphi}}$$

unde:

$$\left\{ \begin{array}{l} L_m = 35,35 \cdot 10^{-3} \text{ m} = \text{latura p tratului t lpii magnetului} \\ R_o = 50 \cdot 10^{-3} \text{ m} = \text{raza discului de cupru; (rezistivitatea Cu: } \rho_{cu} = 0,0178 \cdot 10^{-6} \text{ } \cdot \text{m)} \\ r = 10 \cdot 10^{-6} \Omega = \text{rezisten a ohmic a discului} \\ r = \rho_{cu} \cdot l_{\text{medie conductor}} / A_{\text{sec iunii transversale a discului}} = \rho_{cu} \cdot (\pi \cdot R_o / 2) / [(2 \cdot R_o - 2 \cdot r_{\text{arbore}}) \cdot g_{\text{disc}}] = \\ = 0,0178 \cdot 10^{-6} \cdot (\pi \cdot 50 \cdot 10^{-3} / 2) / [(2 \cdot 50 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 8 \cdot 10^{-3}) \cdot 2 \cdot 10^{-3}] = 8,322 \cdot 10^{-6} \Omega \end{array} \right.$$

$$\Rightarrow k = (0,031 \cdot 35,35 \cdot 10^{-3} \cdot 50 \cdot 10^{-3})^2 / (10 \cdot 10^{-6}) = 300,304 \cdot 10^{-6} \text{ N} \cdot \text{m} \cdot \text{s/rot}$$

$$\Rightarrow \mathbf{k = 300 \cdot 10^{-6} \text{ N} \cdot \text{m} \cdot \text{s/rot} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ N} \cdot \text{m} \cdot \text{min/rot}}$$

Se precizeaz legatura dintre unit ile de m sur mecanice i electrice pentru moment:

$$\mathbf{N \cdot m = Wb \cdot A}$$

$\mathbf{M_f = k \cdot \omega = k \cdot 2 \cdot \pi \cdot n = 5 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot \pi \cdot 3000 = 0,094 \text{ N} \cdot \text{m}}$, pentru o pereche magnet-bobin .

Tabel 4.5.1.

Moment de frânare pentru o pereche magnet-bobin	Moment de frânare pentru dou perechi magnet-bobin	Tura ie - n [rot/min]
0,094 Nm	0,188 Nm	3000
0,047 Nm	0,094 Nm	1500
0,023 Nm	0,047 Nm	750

4.6. Îmbinarea magne ilor i a bobinelor

Elementul de îmbinare e un adeziv interpus între suprafe ele pieselor la care ader i realizeaz leg turi prin aderen mecanic , efecte de tensiune superficial i absorb ie.

Condi ia realiz rii unei îmbin ri de calitate este ca stratul de adeziv s fie sub ire, întins uniform, dup care piesele trebuie presate i men inute în starea respectiv pân la evaporarea solventului i uscarea adezivului. i-n acest caz, suprafe ele de îmbinat trebuie cur ate de oxizi i gr simi, iar umiditatea înl turat . Principalul avantaj al acestei asambl ri const în faptul c se pot îmbina i materiale diferite între ele.

Temperatura la care se efectueaz îmbinarea prin încliere este sensibil inferioar celei de sudare sau de lipire situându-se între temperatura mediului ambiant i cel mult 100°C.

Practic, îmbin rile prin încliere sunt lipsite de tensiuni interne datorate procedului de asamblare. Alt avantaj este caracterul electroizolator al adezivilor. Dezavantajele principale sunt temperatura de folosire = 100°C, timp de realizare a îmbin rii relativ mare, durabilitate limitat a îmbin rii din cauza adezivului care prezint fenomenul de îmb trânire.

Se pot folosi adezivi alchidici, clei de oase, clei pe baza de nitroceluloz , sau adezivi pe baz de r ini, magne ii fiind introdu i în l ca uri.

Bobinele se prind de jugul statoric cu urub cu cap înneecat, ce trece prin bobin .

4.7. Înc lizarea discului de cupru

Pentru a calcula varia ia de volum a discului de cupru trebuie calculat intensitatea curentului ce se induce i a c ldurii ce se disip .

$$(4.7.1.) \mathbf{H}_{\max u} = \mathbf{B}_{\max u} / \mu_0 = 0,031 / (4\pi \cdot 10^{-7}) = \mathbf{24,67 \text{ kA/m}}$$

$$(4.7.2.) \mathbf{I}'_m = \mu_0 \mathbf{H}_{\max u} / \tilde{S} = 3 \cdot 10^{-3} \cdot 24,67 \cdot 10^3 / (3000/60) = \mathbf{1,48 \text{ A}}$$

$$(4.7.3.) \mathbf{I}_m = 2i \mathbf{I}'_m = \mathbf{2,96 \text{ A}}$$
 (pentru amândou perechile de magne i-bobine)

$$(4.7.4.) \mathbf{Q} = \mathbf{I}_m^2 \cdot r_{\text{it}} = 2,96^2 \cdot 8,322 \cdot 10^{-6} \cdot 24 \cdot 3600 \left\{ \begin{array}{l} = \mathbf{6,3J} \text{ pt. } t=24 \text{ h de func ionare continu} \\ r = \text{rezisten a ohmic a discului de Cu} \end{array} \right.$$

$$(4.7.5.) \mathbf{Q} - \mathbf{Q}_{\text{disipat}} = m \cdot c_{\text{cu}} \cdot \mathbf{UT} \left\{ \begin{array}{l} - m = \text{masa discului de cupru} = 0,177 \text{ kg (prin cânt rire)} \\ - c_{\text{cu}} = c_{\text{ldura}} \text{ specific a cuprului} = 385 \text{ J/(kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C)} \\ - \mathbf{Q}_{\text{disipat}} = 0,3 \text{ J (s-a adoptat o valoare mult mai mic de} \\ \text{disipare a c ldurii decâ t în realitate)} \end{array} \right.$$

$$\mathbf{UT} = (\mathbf{Q} - \mathbf{Q}_{\text{disipat}}) / (m \cdot c) = 6 / (0,177 \cdot 385) < \mathbf{0,1 \text{ }^\circ\text{C}}$$

$$(4.7.1.) \mathbf{v} = \mathbf{v}_0 (1 + \alpha_{\text{cu}} \cdot \mathbf{UT}) \left\{ \begin{array}{l} - c_{\text{cu}} = \text{densitate Cu} = 8,9 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \\ - v_0 = m_{\text{disc}} / c_{\text{cu}} = 0,177 / 8,9 \cdot 10^3 = 19,9 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \\ - c_{\text{cu}} = 3 \cdot \alpha_{\text{cu}} = 3 \cdot 1,77 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C} = \text{coef. de dilatare volumic} \end{array} \right.$$

$$\Delta v = v - v_0 = v_0 \cdot 3 \cdot \alpha_{\text{cu}} \cdot \Delta T = 19,9 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 1,77 \cdot 10^{-6} \cdot 0,1 = 10 \cdot 10^{-12} \text{ m}^3 = 10 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^3$$

$$\mathbf{Uv} = \mathbf{0,01 \text{ mm}^3}$$

Se observ c dilatarea discului este neglijabil .

4.8. Calculul rulmenților

Se consideră, în general, decisiv criteriul de distrugere prin oboseală de contact a rulmenților; de aceea, este dat în cataloagele de rulmenți valoarea sarcinii dinamice de bază C .

Sarcina dinamică de bază necesară pentru realizarea durabilității impuse, se determină după următorul algoritm [cf. 5. Rulmenți]:

- ◆ Mai întâi se trasează diagramele forțelor tăietoare (T) și a momentelor de încovoiere (M_i), determinându-se solicitările la care sunt supuși rulmenții:

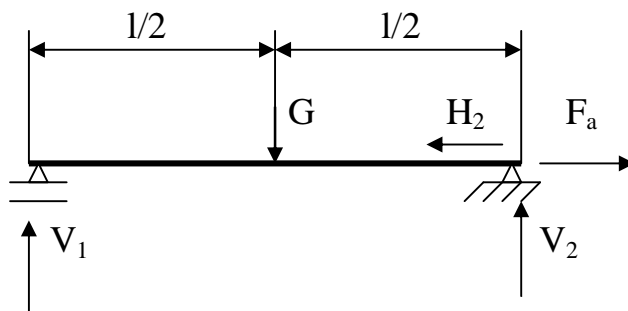


Fig.4.8.a.

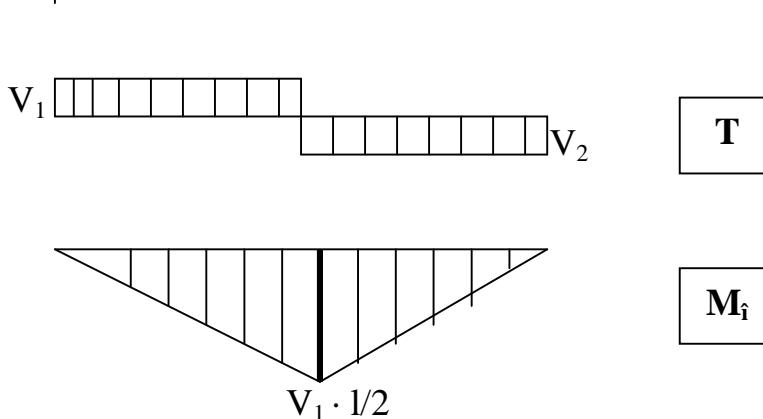


Fig.4.8.b.

Fig.4.8.c.

- Regim static:

$$F_x: H_2 = F_a = 180 \text{ N (for axial, măsurat, datorat respingerii magneților)}$$

$$F_y: V_1 = V_2 = G = m_{\text{disc}} \cdot g = 0,177 \cdot 9,8 = 1,8 \text{ N}$$

$$V_1 = V_2 = G/2 = 0,9 \text{ N}$$

- Regim dinamic:

$$F_a = 180 \text{ N}$$

$$F_r = V_1 + M_i / (2 \cdot d) = 0,9 + 1 / (2 \cdot 8 \cdot 10^{-3}) = 63,4 \text{ N}$$

$$M_i = V_1 \cdot l/2 = 0,9 \cdot 15 \cdot 10^{-3} / 2 = 63,4 \text{ N}$$

$$M_t = M_{\text{motorului maxim}} = 1 \text{ Nm (valoare din cartea tehnică a motorului)}$$

$$d = \text{diametrul arborelui motorului} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

- ◆ Se calculeaz , în continuare, raportul:

$$(4.8.1.) F_a/C_0 = 180/2,8 \cdot 10^3 = 0,0643 \implies e = 0,28$$

unde:

F_a = for a axial

C_0 = capacitatea de înc rcare static

e = valoarea limit a raportului F_a/F_r

$x = 0,56$ i $y = 1,55$ pentru $F_a/F_r > e$

$v = 1$, când se rote te inelul interior

- ◆ Cu datele de mai sus, se determin for a echivalent sau sarcina dinamic echivalent :

$$(4.8.2.) F_{ech} = v \cdot x \cdot F_r + y \cdot F_a = 1 \cdot 0,56 \cdot 63,4 + 1,55 \cdot 180 = 314,504 \text{ N}$$

- ◆ Sarcina de baz necesar este:

$$(4.8.3.) C_{nec} = L^{1/p} \cdot F_{ech}$$

$$\implies L = (4,7 \cdot 10^3 / 314,504)^3 = 3337,4522 \text{ milioane de rota ii}$$

unde:

L = durabilitatea în milioane de rota ii

$p = 3$, la rulmen ii cu bile

$$(4.8.4.) L = n \cdot h \cdot 60 / 10^6$$

unde:

$h = 8 \div 20$ mii ore de func ionare = durata de func ionare în ore

$n = 3000$ rot/min = tura ia arborelui

$$\implies h = (10^6 \cdot 3337,4522) / (3000 \cdot 60) = 18542 \text{ ore de func ionare}$$

- ◆ Rulmen ii ale i sunt din seria 6003, se vor schimba dup 18000 ore de func ionare i se vor unge la 1000 ore de func ionare cu unsoare consistent RUL 100 Ca3 STAS 1608-72.

4.9. Calculul arborelui motorului

Datele de proiectare pentru verificarea la rezisten ă a arborelui motorului, sunt urm toarele: [calculare cf.12. TCM]

- Diametrul arborelui $d = 8 \text{ mm}$
- Concentrator de tensiune: canal de pan $1,8 \times 3 \times 25$
- În sec iunea periculoas ă avem urm toarele solicit ri:

- $T = G = 2\tilde{n}V$; cum $l/d = 25/8 > 3 \implies T$ se neglijeaz (4.9.1.)

- $M_f = V\tilde{n}l/2 = 0,00675 \text{ Nm}$ (4.9.2.)

- $M_t = M_{\text{mot max.}} = 1 \text{ Nm}$ (4.9.3.)

- $W_p = 0,2\tilde{n}d^3$ pentru arbore cu canal de pan

- Pentru OLC25 îmbun t it, avem urm toarele caracteristici:

- $R_m = 500 \text{ MPa}$
- adm. î. I (constant) = 170 MPa
- adm. î. III (pulsator) = 56 MPa
- $\sigma_{\text{adm. î. III}} / \sigma_{\text{adm. î. I}} = 0,33$
- $\sigma_{0,2} = 310 \text{ MPa}$

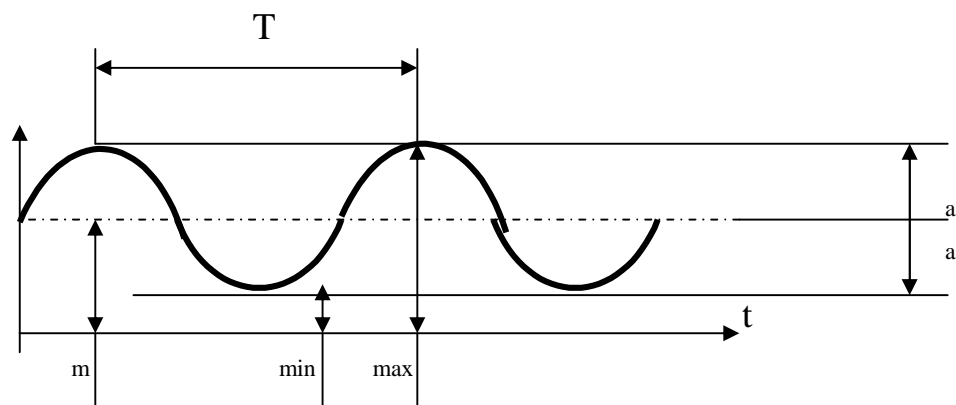


Fig.4.9.a. Dagrama $f(t)$, pentru solicitarea de încovoiere

$$a = (\sigma_{\text{max}} - \sigma_{\text{min}})/2 = \text{amplitudinea tensiunii}$$

$$m = (\sigma_{\text{max}} + \sigma_{\text{min}})/2$$

$$\sigma_{\text{max}} = m + a$$

$$\sigma_{\text{min}} = m - a$$

Coeficientul sau gradul de asimetrie al ciclului: $R = \sigma_{\text{min}} / \sigma_{\text{max}}$ (4.9.4.)

În general, la arbori se consider ă o solicitare compus ă din încovoiere și torsiune. De aceea, se adopt ă criteriul $R = \text{constant}$ și se utilizeaz ă schematizarea Sodeberg.

Se consider solicitarea de încovoiere, dup un ciclu alternant simetric, conform figurii 4.9.a., a a avem c :

$$\begin{aligned} \sigma_{\max} &= \hat{\sigma} \\ \sigma_{\min} &= 0 \\ R &= -1 \\ \sigma_{\max} &= -\sigma_{\min} = \sigma \end{aligned}$$

Solicitarea de torsiune e de obicei pulsant :

$$\begin{aligned} \sigma_{\max} &= \sigma_t / 2 \\ R &= 0 \\ \sigma_{\min} &= 0 \\ \sigma_m &= \sigma_{\max} / 2 \end{aligned}$$

Pentru o elul OLC 25, avem urm toarele caracteristici:

$$\begin{aligned} \sigma_r &= 460 \text{ MPa} \\ \sigma_{\text{curgere}} &= 280 \text{ MPa} \\ \sigma_{-1} &= 190 \div 240 \text{ MPa} \\ \sigma_0 &= 300 \text{ MPa} \\ A_{5\%} &= 24\% \\ \sigma_{-1} &= 100 \div 120 \text{ MPa} \\ \sigma_{0,2} &= 293,33 \text{ MPa} \\ \sigma_0 &= 160 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Momentul echivalent se calculeaz cu rela ia:

$$M_{\text{ech}} = (M_i^2 + \alpha \cdot M_t^2)^{1/2} = (0,00675^2 + 0,33 \cdot 1^2)^{1/2} = 0,5745 \text{ Nm} \quad (4.9.5.)$$

$$\left\{ \begin{aligned} \sigma_{\max} = -\sigma_{\min} &= M_{\text{ech}} / W_p = 0,5745 / [0,2 \cdot (8 \cdot 10^{-3})] = 5,61 \text{ Mpa} & (4.9.6.) \\ \psi_{\max} &= M_t / W_p = 9,765 & (4.9.7.) \end{aligned} \right.$$

Coeficientul de siguran se calculeaz cu rela ia:

$$c = (c_{\uparrow} \cdot c_{\downarrow}) / (c_{\uparrow}^2 + c_{\downarrow}^2)^{1/2} \quad \text{c}_a = 4 \longrightarrow \text{atunci cînd lipsesc date experimentale.} \quad (4.9.8.)$$

Coeficien ii par iali de siguran sunt:

$$c_{\dagger} = \frac{1}{\frac{S_{k\dagger}}{v_{\dagger} \cdot t_{\dagger}} \cdot \frac{v}{t_{-1}} + \frac{m}{t_{0,2}}} = \frac{1}{\frac{1,4}{1,04 \cdot 0,9} \cdot \frac{5,61}{200} + \frac{0}{t_{0,2}}} = 23,8 \quad (4.9.9.)$$

$$c_{\ddagger} = \frac{1}{\frac{S_{k\ddagger}}{v_{\ddagger} \cdot t_{\ddagger}} \cdot \frac{v}{t_{-1}} + \frac{m}{t_{0,2}}} = \frac{1}{\frac{1,42}{1,04 \cdot 0,94} \cdot \frac{4,883}{110} + \frac{4,883}{293,33}} = 12,3 \quad (4.9.10.)$$

unde:

$\beta_{k\sigma} = 1,4$; $\beta_{k\tau} = 1,42$ \equiv factor de concentrare a tensiunilor

$\varepsilon_{\sigma} = 1,04$; $\varepsilon_{\tau} = 1,04$ \equiv factor dimensional

$\chi_{\sigma} = 0,9$; $\chi_{\tau} = 0,94$ \equiv coeficient de calitate al suprafe ei

Coeficientul global de siguran este:

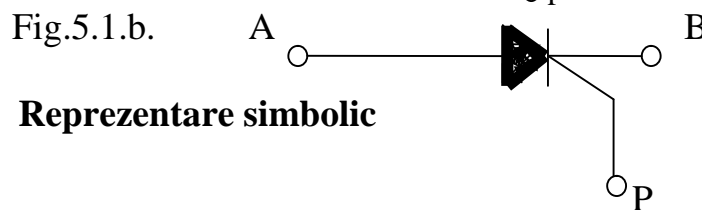
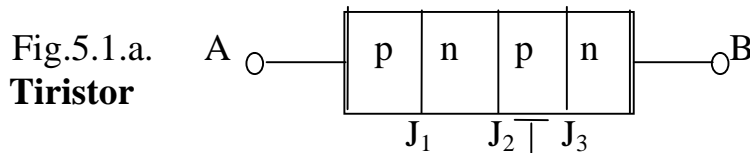
$$c = \frac{23,8 \cdot 12,3}{(23,8^2 + 12,3^2)^{1/2}} = 10,9 > c_{adm} = 4 \quad (4.9.11.)$$

Deci, arborele rezist solicit rilor la care este supus.

5. Tiristoare. Radiatoare

5.1. Tiristoare

Tiristoarele sunt dispozitive multi-jonc iune din Ge sau Si, având patru zone de conductiv it i alternante[cf. 14. Componente active]:



Pe regiunile p i n extreme s-au aplicat dou contacte ohmice, numite anod i catod. În conduc ie tiristorul este conectat cu catodul la borna negativ i cu anodul la cea pozitiv a sursei de alimentare. Pe regiunea p, central , se afl un contact metalic, numit poart .

Se observ c exist trei jonc iuni, J_1 i J_3 jonc iuni emitor iar J_2 jonc iune de colectare, tiristorul fiind echivalent cu dou tranzistoare , unul pnp i altul npn care au jonc iunea colectorului comun .

Prin polarizarea direct a jonc iunilor J_1 si J_3 , se ob in rezisten e mici, jonc iunea J_2 fiind polarizat invers, prezint o rezisten foarte mare. Prin cre terea tensiunii pe tiristor, l sând poarta nealimentat , se constat ca de la o anumit tensiune, numit de prag sau de comuta ie, curentul prin tranzistor cre te brusc iar tensiunea la bornele lui scade.

Dac tiristorul a trecut din starea de blocare în cea de conduc ie, curentul prin dispozitiv poate fi limitat doar prin elementele exterioare ale circuitului. Aceasta se datoreaz multiplic rii prin avalan a a purt torilor de sarcin , adic datorit tensiunii mari aplicate se creeaz un câmp electric intens, ceea ce face ca un electron s capete suficient energie pentru a putea ioniza un atom prin ciocnire. Se va ob ine o pereche electron-gol, care, suferind acela i efect, vor determina cre terea rapid în avalan a curentului rezultat.

Trecerea tiristorului din stare blocat în stare de conduc ie se poate realiza i prin aplicarea unui impuls pozitiv de tensiune (injec ie de curent) pe poart , tensiunea anod-catod ini ial trecând peste valoarea de prag. Cu cât valoarea tensiunii de poart u_p cre te cu atât se mic oreaz valoarea tensiunii anodice la care apare comuta ia.

Dup intrarea în conduc ie, tensiunea de comand poarta-catod nu mai are nici o influen ; rolul impulsului de comand const în amorsarea fenomenului de generare în avalan a purt torilor de sarcin .

Comutarea în sens invers a unui tiristor se realizeaz prin sc derea brusc sau inversarea polarit ii tensiunii anod-catod.

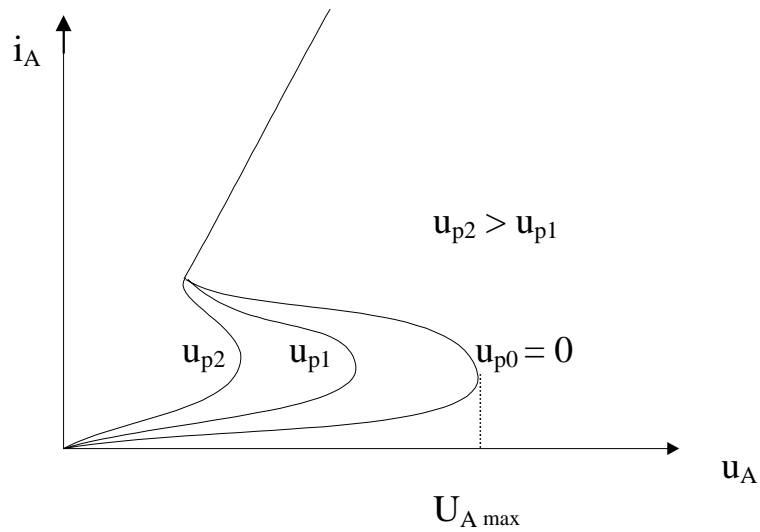


Fig.5.1.c. **Caracteristicile statice ale unui tiristor**

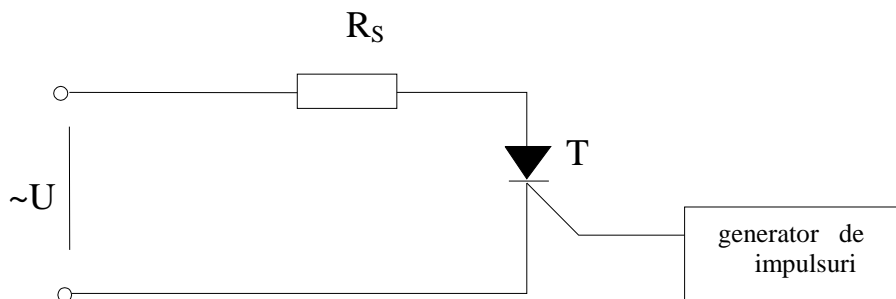
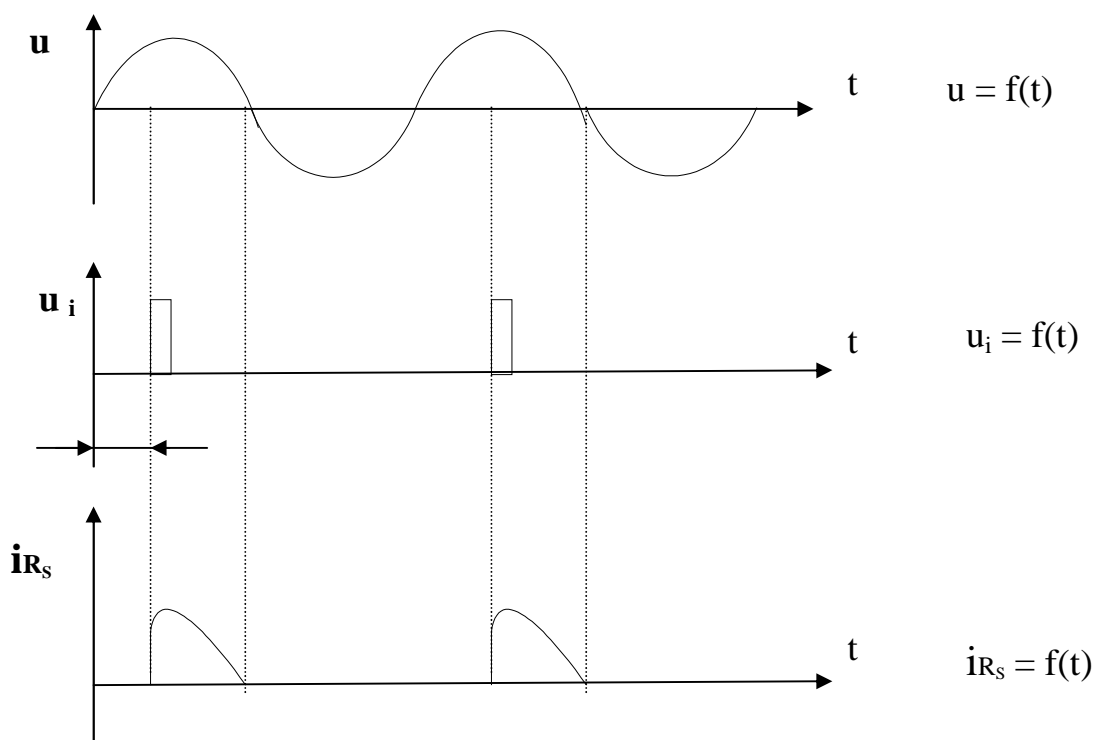
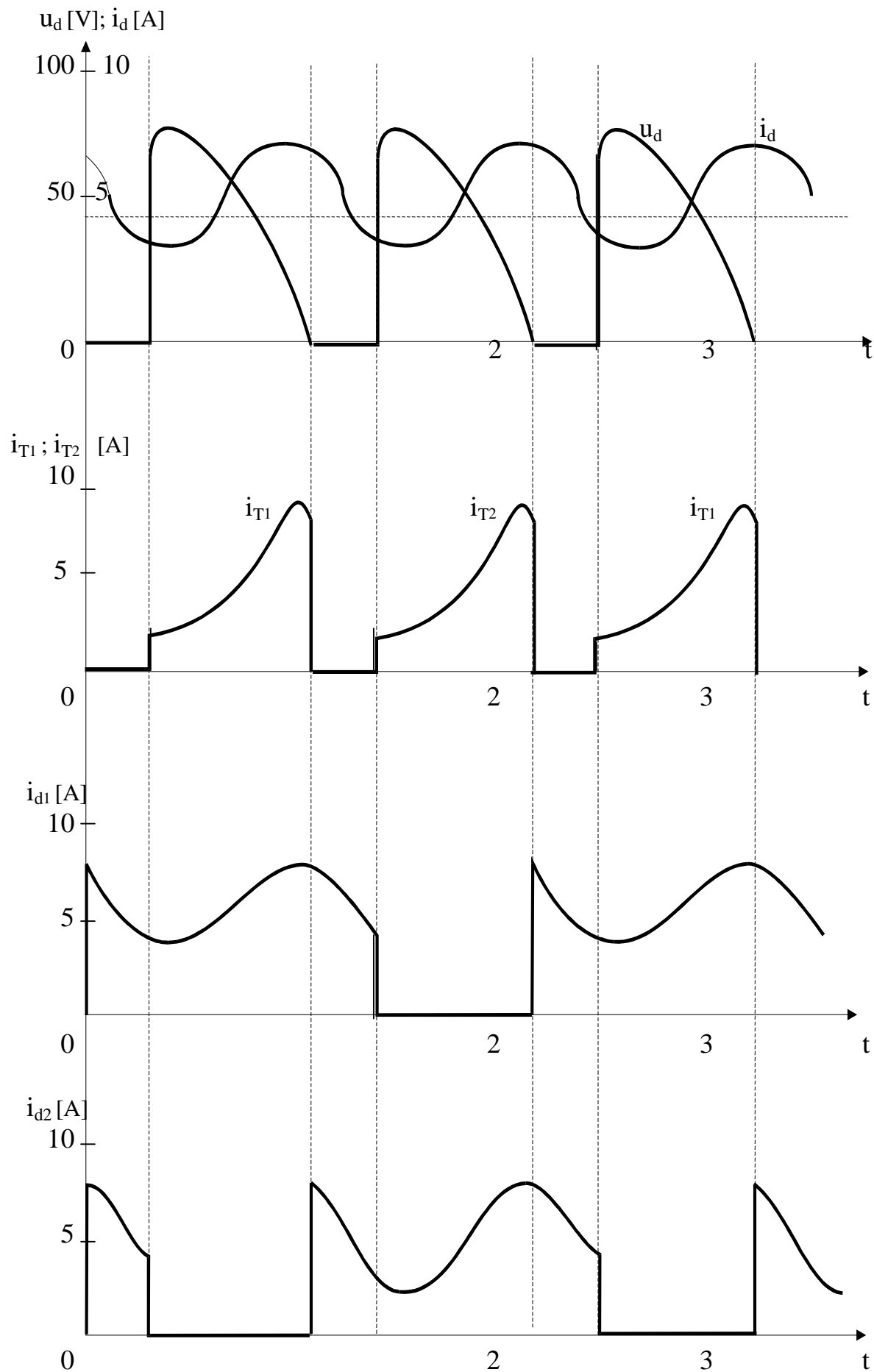


Fig.5.1.d. **Redresor comandat cu tiristor**

Fig.5.1.e. **Semnale; impulsuri.**[cf 2. Semnale, circuite si sisteme]



5.1.1. Forme de und (vizualizate la osciloscop)

Din punct de vedere aplicativ, tiristoarele î i g sesc multiple utiliz ri în redresarea comandat a curentului alternativ. Schemele cu redresor comandat cu tiristor, ca cea de mai sus, se aseam n cu cea a unui redresor monoalternan cu diod semiconductoare. În aceast lucrare se folose te o punte redresoare pentru ca redresarea s fie dubl alternan , folosindu-se dou diode i dou tiristoare.

Cât timp pe poarta tiristorului nu se aplic impulsuri de comand , calea de conduc ie spre sarcin e blocat i prin sarcin nu circul curent electric. Dac pe poart apar impulsuri pozitive de comand , pe durata semi-alternan elor pozitive din anod-catod, tiristorul intr în conduc ie. În cazul pun ii, tiristoarele intr în conduc ie alternativ, unul pe semi-alternan a pozitiv , cel lalt pe cea negativ , amândoi fiind polariza i direct, pe rând.

O importan deosebit o are i momentul în care se aplic impulsul pozitiv pe poarta tiristorului, a a numitul impuls de comand α , care este cuprins, dup cum s-a calculat, între (α_0, π) , el fiind reglat dup cum am ar tat, cu un circuit de comand cu poten iometru.

5.2. Radiatoare

Radiatoarele folosesc la degajarea c ldurii din circuitele electronice. Rezisten a termic a sursei de c ldur -aer în montare vertical este [cf. 13. Masini electrice]:

$$r = 1/[2H^2\eta\gamma(k_c + k_r)] \quad [^{\circ}\text{C}/\text{W}] \quad (5.2.1.)$$

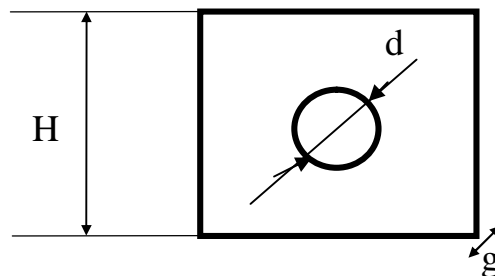
unde:

H = în l imea elementului de r cire [cm]

η = factor de corec ie [se determin conform figurii 1.54, pag 42, Lozneau, "M R".]

k_c, k_r = coeficien i de transfer al c ldurii prin convec ie, radia ie.

Fig.5.2.a. **Elementul de r cire** este din aluminiu, p trat cu orificiu.



unde:

$$\begin{cases} H = 10 \text{ mm} \\ d = 2 \text{ mm} \\ g = 1 \text{ mm} \end{cases}$$

$$B = 0,564\eta H - d/2 \text{ [cm]}, \text{ (l ime medie a radiatorului)} \quad (5.2.2.)$$

$$r = [(2\eta H)/(C\eta g)]^{1/2} \text{ [1/mm]}, \quad \alpha = \text{coeficient dimensional} \quad (5.2.3.)$$

$$k_c = 3,425\eta 10^{-4} [(T_s - T_m)/H]^{1/4} \text{ [W/cm}^2\eta^{\circ}\text{C}] \quad (5.2.4.)$$

$$k_r = 2,278\eta 10^{-11} \eta R [(T_s - T_m)/2 + 273]^3 \text{ [W/cm}^2\eta^{\circ}\text{C}] \quad (5.2.5.)$$

unde:

$$T_s = \text{temperatura sursei} = \text{temperatura tiristorului} = 100^{\circ}\text{C}$$

$$T_m = \text{temperatura mediului} = 20^{\circ}\text{C}$$

$$R = \text{coeficient de radia ie al suprafe ei} = 0,9$$

$$C = \text{conductivitatea termic a aluminiului} = 210 \text{ W/cm}^2 \cdot ^{\circ}\text{C la } 100^{\circ}\text{C}$$

$$\Rightarrow \left. \begin{aligned} B &= 0,564 \cdot 1 - 0,2/2 = 0,464 \text{ cm} \\ \alpha &= \sqrt{[2 \cdot 10 / (210 \cdot 10^2 \cdot 1)]} = 0,0308 \text{ mm}^{-1} \\ k_c &= 3,425 \cdot 10^{-4} \cdot [(100 - 20)/1]^{1/4} = 0,001 \text{ W/cm}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} \\ k_r &= 2,278 \cdot 10^{-11} \cdot 0,9 \cdot [(100 - 20)/2 + 273]^3 = 0,0006 \text{ W/cm}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} \end{aligned} \right\} \Rightarrow y = 20\%$$

$$\Rightarrow r = 1/[2 \cdot 1^2 \cdot 0,2 \cdot (0,001 + 0,0006)] = 1562,5^{\circ}\text{C}/\text{W} \approx 1,5^{\circ}\text{C}/\text{kW}$$

6. Caiet de sarcini

Frâna magneto-inductiv este o frân de induc ie cu magne i permanen i i bobine, cu rotor disc, destinat regl rii tura iei, momentului de torsiune, puterii, între o valoare minim i una maxim i diminu rii varia iilor aperiodice ale vitezei unghiulare în ac ion ri electrice, pentru sisteme de rota ie.

Acest produs, rezolv o serie de dezavantaje pe care le au produse similare, realizând un dispozitiv cu un num r redus de repere, care s aib un domeniu larg de utilizare, precizie, manevrabilitate u oar i fiabilitate ridicat .

Produsul e alc tuit din dou juguri statorice, pe care sunt monta i prin lipire cu un strat izolant intermediar, doi magne i permanen i i dou bobine, prinse cu uruburi. Între cele dou juguri statorice se învârte un disc rotor din cupru, antrenat prin intermediul unei pene paralele. Fluxul inductor creat de magne ii permanen i i bobine, trece prin cele dou întrefiere i prin discul de cupru, i se închide, de la pol la pol, prin jugul statoric feromagnetic.

În ceea ce prive te condi iile speciale pe care trebuie s le îndeplineasc produsul, ele se refer la locul de utilizare i anume:

- nu trebuie s fie folosit în medii umede i în câmpuri magnetice puternice, deoarece demagnetizeaz magne ii i reduce capacitatea de frânare a dispozitivului

La realizarea produsului s-au folosit pu ine repere, din care opt sunt standardizate. Dintre cele nestandardizate, majoritatea sunt realizate din o eluri uzuale, ieftine. De men ionat c pentru jugurile statorice trebuie folosit un o el cu concentra ie mic de carbon, deoarece acestea au propriet i magnetice foarte bune. Discul statoric se realizeaza din cupru, care este material diamagnetic. De i este un material deficitar, este cel mai indicat, deoarece este neferomagnetic, bun conductor electric i mai ales diamagnetic, adic are o susceptibilitate negativ , adic în prezen a unui câmp magnetic, se induce în el un curent indus care determin un moment magnetic, diamoment, dirijat în sens contrar câmpului magnetic exterior, mic orând în acest mod câmpul magnetic rezultat.

Pentru acest produs se face doar o singur vopsire, i anume pentru carcasa din policlorura de vinil. Aceasta se vopse te în alb pentru un aspect pl cut, iar pe ea se va marca prin vopsire cu negru, în procente, locul de pozi ionare pentru frânare.

În timpul execut rii reperelor produsului, trebuie s se aib în vedere în mod deosebit respectarea ajustajelor unde vin monta i rulmen ii, abaterile radiale i frontale ale umerilor de sprijin, deoarece trebuie asigurat o centrare foarte precis a discului rotor în întrefierul mic al frânei.

De asemenea trebuie respectat cu stricte e ajustajul dintre jugul statoric i piesa de reglare, pentru a putea realiza o pozi ionare corect i o reglare u oar a frânei.

La asamblare, se vor lipi magne ii pe jugurile statorice i se vor fixa bobinele, iar carcasa, se va lipi pe jugul statoric fix, cu un strat izolant sub ire.

Se mai poate verifica cu un teslametru, induc ia în întrefier, faptul dac discul rotor e bine centrat între jugurile statorice i suprafe ele conice ale cuplajului de siguran . Metodele i aparatele folosite sunt cele uzuale pentru un control tehnic de calitate.

Se vor mai face determin ri ale valorii momentului de torsiune i ale valorii tura iei, cu un turometru i se vor compara cu caracteristicile tehnice indicate în cartea tehnic a produsului.

În exploatare, produsul nu trebuie s lucreze în medii umede i corozive i în câmpuri magnetice puternice. Fiabilitatea produsului fiind ridicat , datorit construc iei în sine, între inerea const doar în ungerea rulmen ilor la 1000 ore de func ionare cu unsoare consistent Rul 100Ca3, iar la 15000 ore de func ionare se vor schimba rulmen ii, se va m sura în întrefier induc ia i se va constata gradul de uzur al suprafe elor conice ale cuplajului de siguran . inând cont de aceste aspecte, se stabile te termenul de garan ie al produsului la 10000 ore de func ionare.

Pentru transport i conservare, se va ambala într-o cutie de polistiren cu forma negativ a produsului, închis într-un ambalaj de carton. Trebuie avut grij la depozitare i transport s nu fie a ezat în medii umede, corozive sau în câmpuri magnetice puternice.

Împreun cu produsul se va livra caietul de sarcini i cartea tehnic unde sunt indicate caracteristicile, performan ele, modul de între inere i exploatare. Ca piese de schimb se pot livra doi rulmen i 6003 i dou pastile de magne i permanen i, asta numai la cererea beneficiarului, contra cost.

Produsul este alimentat cu energie electric , are o construc ie simpl i compact , are posibilitate usoar de manevrare i fixare; se necesit respectarea unor condi ii minime de protec ie a muncii, datorate transformatorului i redresorului monofazat.

7. Desene

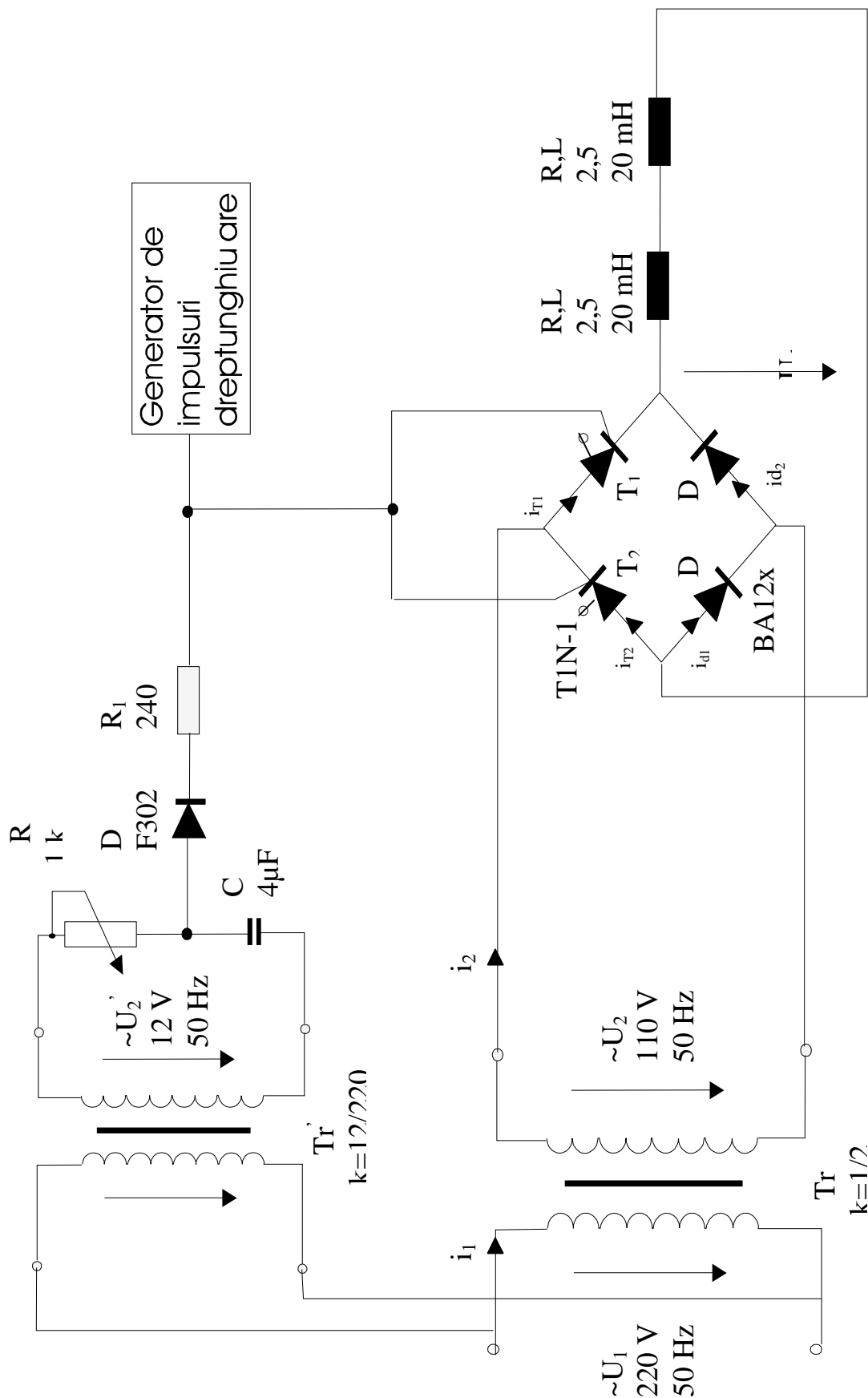
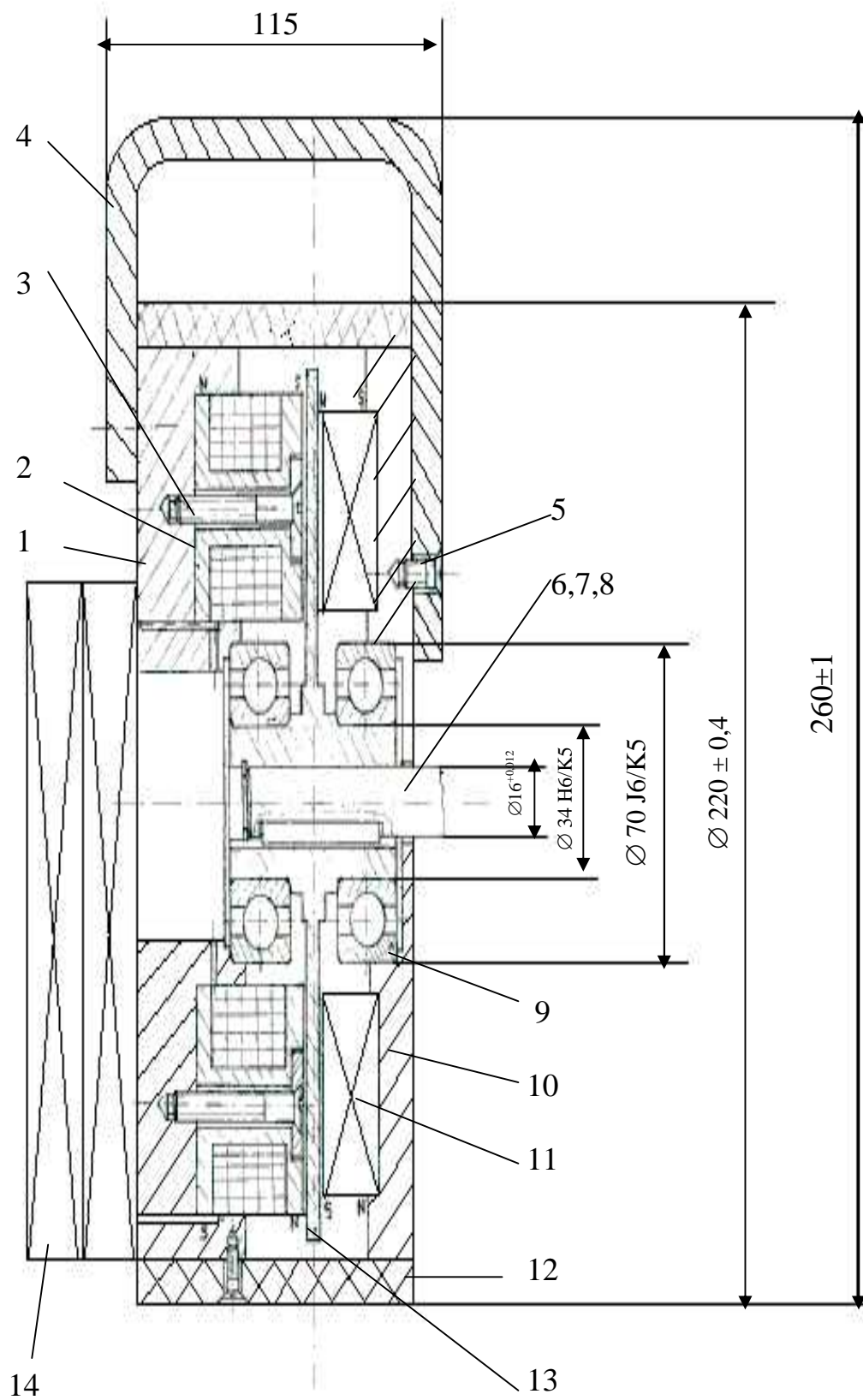


Fig.7.1. Redresor monofazat comandat (cf. 22. Catalogue 2001]

Fig.7.2. Desen de ansamblu – sec iune transversal



Condi ii tehnologice:

- la 1000h de func ionare, rulmen ii se vor unge cu unsoare consistent RUL 100 Ca3,STAS1708-72
- pentru lipiri, la rece, se folose te clei pe baz de nitroceluloz
- se evit montarea în câmpuri magnetice puternice
- se folose te o surs de curent alternativ de 220 V i 50 H z

Caracteristici tehnice:

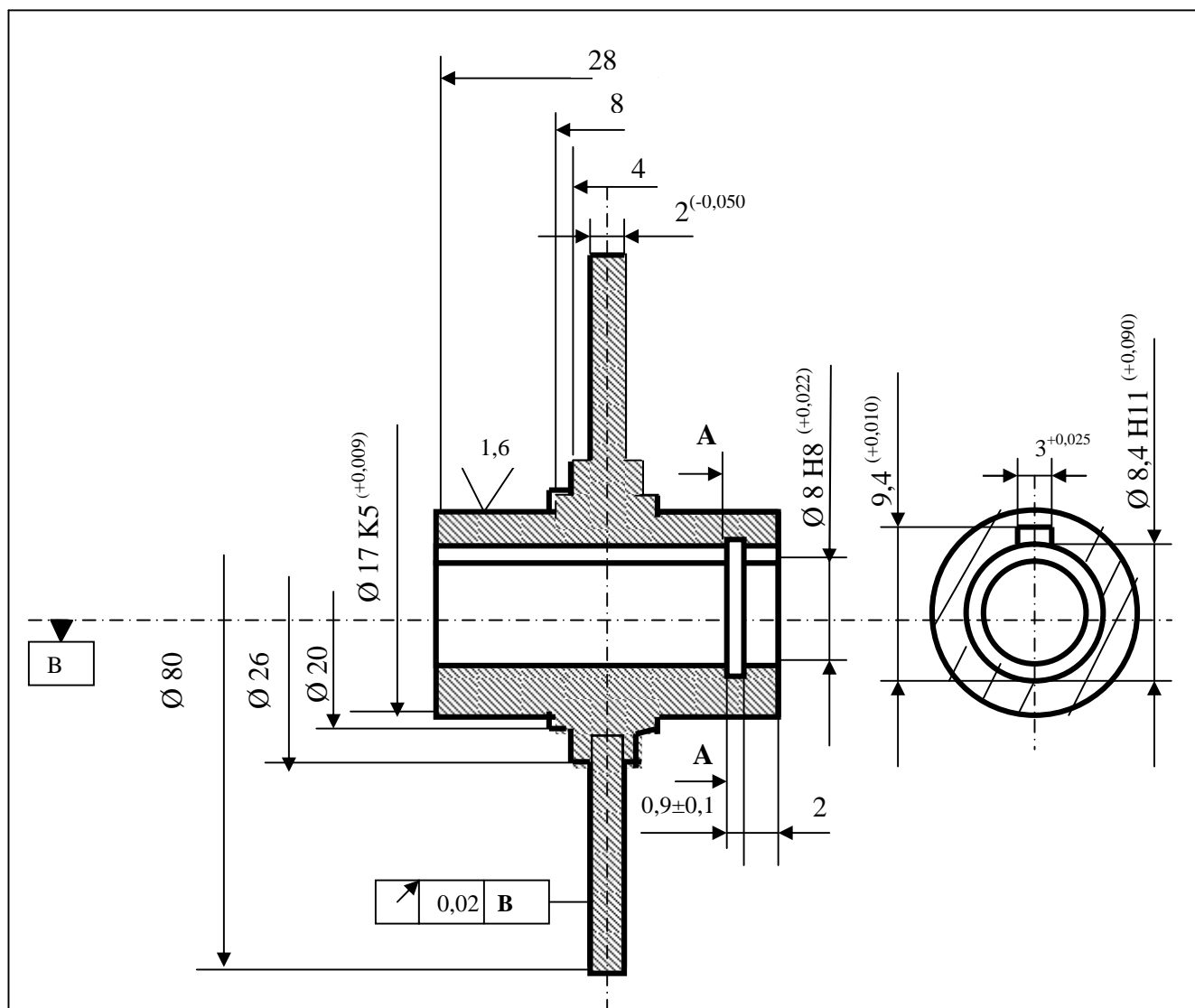
- la o vitez unghiular de 3000 rot/min, momentul de frânare este de 0,188 Nm
- la o vitez unghiular de 3000 rot/min, momentul de frânare este de 0,094 Nm
- la o vitez unghiular de 3000 rot/min, momentul de frânare este de 0,047 Nm
- se pot reduce varia iile vitezei unghiulare cu 50%
- dispozitivul electronic este un redresor monofazat, în punte, comandat
- induc ia magnetic în întrefier, pentru un unghi de comand al tiristoarelor de 60⁰, este de 0,031 T

14	Dispozitiv electronic	F – 00 – 14	1	-	pag 50	
13	Disc – diamagnetic ecruisat	F – 00 – 13	1	Cupru	-	117 g
12	Carcas	F – 00 – 12	1	Policlorur de vinil	-	
11	Magnet permanent	F – 00 – 11	2	Ferit	35x35x20	
10	Capac stânga	F – 00 – 10	1	OL 32	-	
9	Rulment 6003	STAS 3041/1-68	2	RUL 1	-	
8	Inel elastic Ø 16	STAS 48/3-71	1	OLC 65 A	-	
7	Pan A 3x3x40	STAS 9501-84	1	OL 50	-	
6	Arbore	F – 00 – 06	1	OLC 15	-	
5	urub M5x15	STAS 7518-84	3	gr 5.8	-	
4	Cadru	F – 00 – 04	1	OL 60	-	
3	urub M 6x40	STAS 7518-84	2	gr 5.8	-	
2	Bobin	F – 00 – 02	2	Ø 50x25x650 sp	20 mH	
1	Capac dreapta	F – 00 – 01	1	OL 32		
Poz	Denumire	Nr. desen sau STAS	Buc	Material	Obs	Masa
Proiectat	Solomon Marian			F – 00 - 00		
Desenat	Solomon Marian					
Verificat	prof. dr. Gligor O.					
Control STAS					Inlocuie te desen nr.	
Aprobat	Prof.dr. Modran L.				Nr. inventar	
Politehnica “Traian Vuia” Timi oara						
Universitatea “Lucian Blaga” Sibiu						
		1 : 1	FRÂN DE INDUC IE			

Fig.7.3. Frân de induc ie – componente i ansamblu



Fig.7.4. Disc de cupru



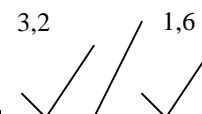
Condi ii tehnice:

Clas mijlocie de execu ie, STAS 2300-75

Te iturile vor fi 15x45⁰

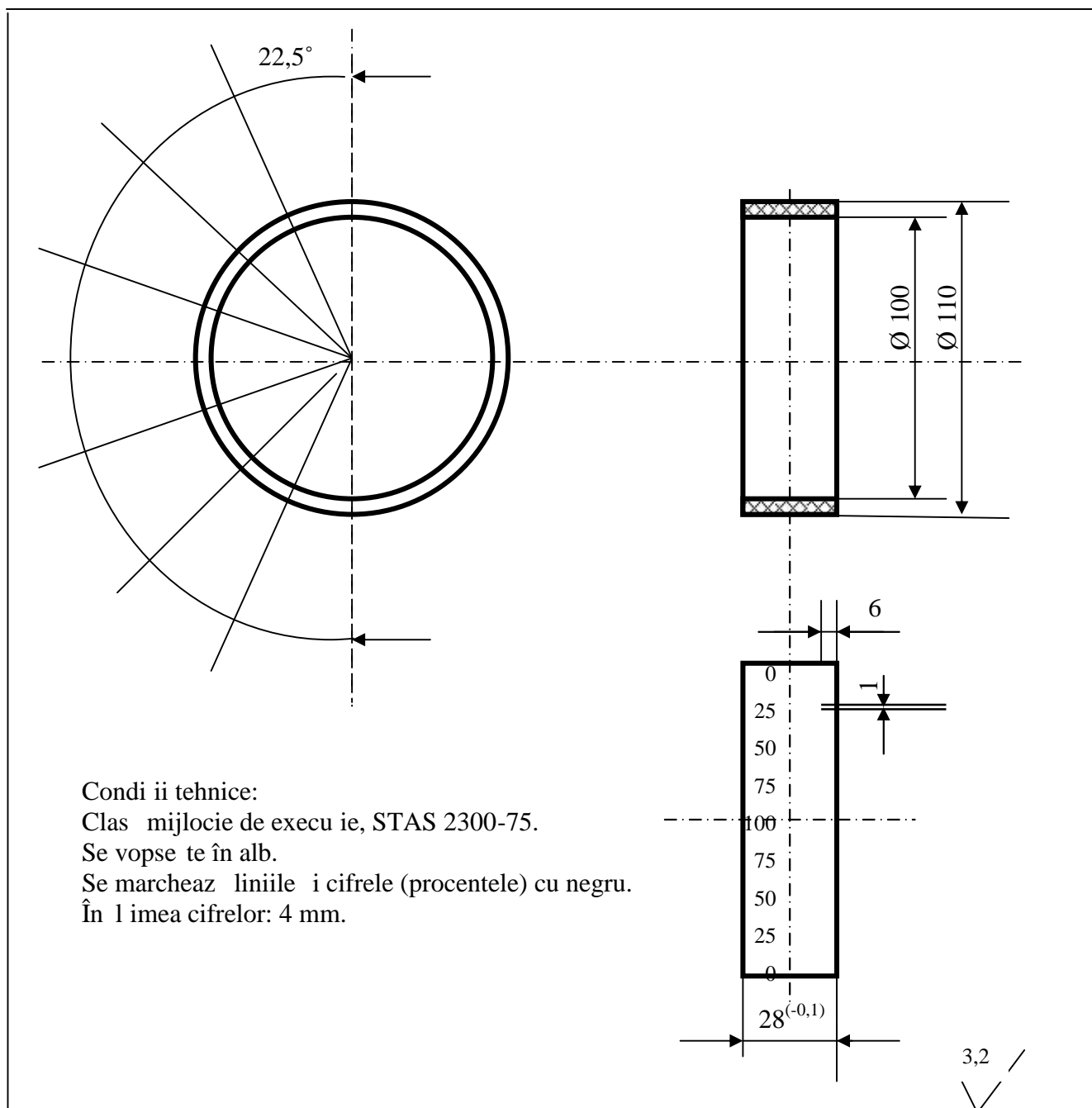
Razele de curbur R=0,3mm

Semifabricat · har extrudat Ø 85^{-1,2} STAS391/2-80



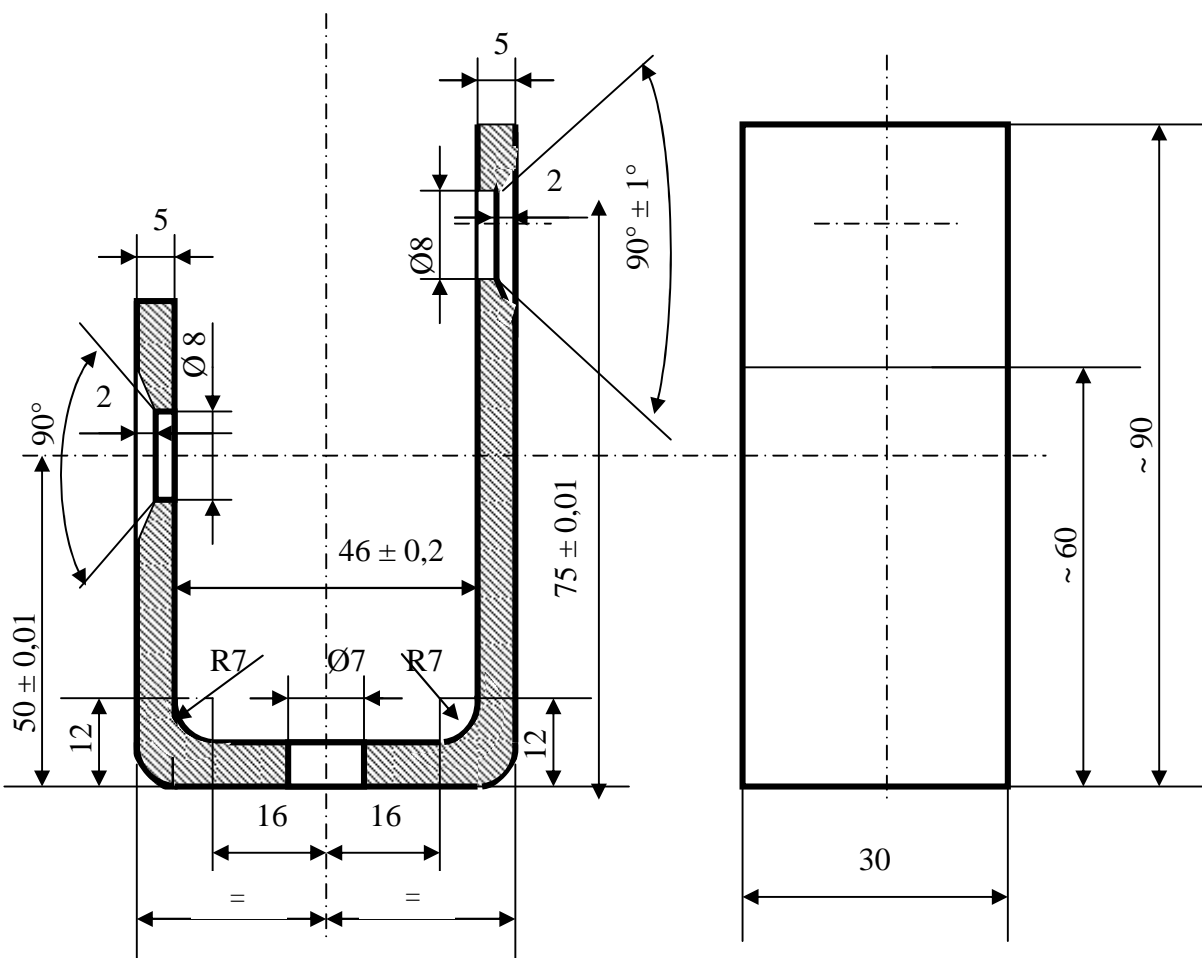
Proiectat	Solomon Marian	Cu	STAS 270 - 80	F - 00 - 13
Desenat	Solomon Marian			
Verificat	prof. dr. Gligor O.			
Control STAS				Inlocuie te desen nr.
Aprobat	Prof.dr. Modran L.	Masa net :		Nr. inventar
Politehnica "Traian Vuia" Timi oara		1 : 1	DISC	
Universitatea "Lucian Blaga" Sibiu				

Fig.7.5. Carcas



Proiectat	Solomon Marian	Policlorur de vinil	F - 00 - 12
Desenat	Solomon Marian	STAS	
Verificat	prof. dr. Gligor O.	6675/1-80	Inlocuie te desen nr.
Control STAS		Masa net :	Nr. inventar
Aprobat	prof.dr. Modran L.		
Politehnica "Traian Vuia" Timi oara Universitatea "Lucian Blaga" Sibiu		1 : 1	CARCAS

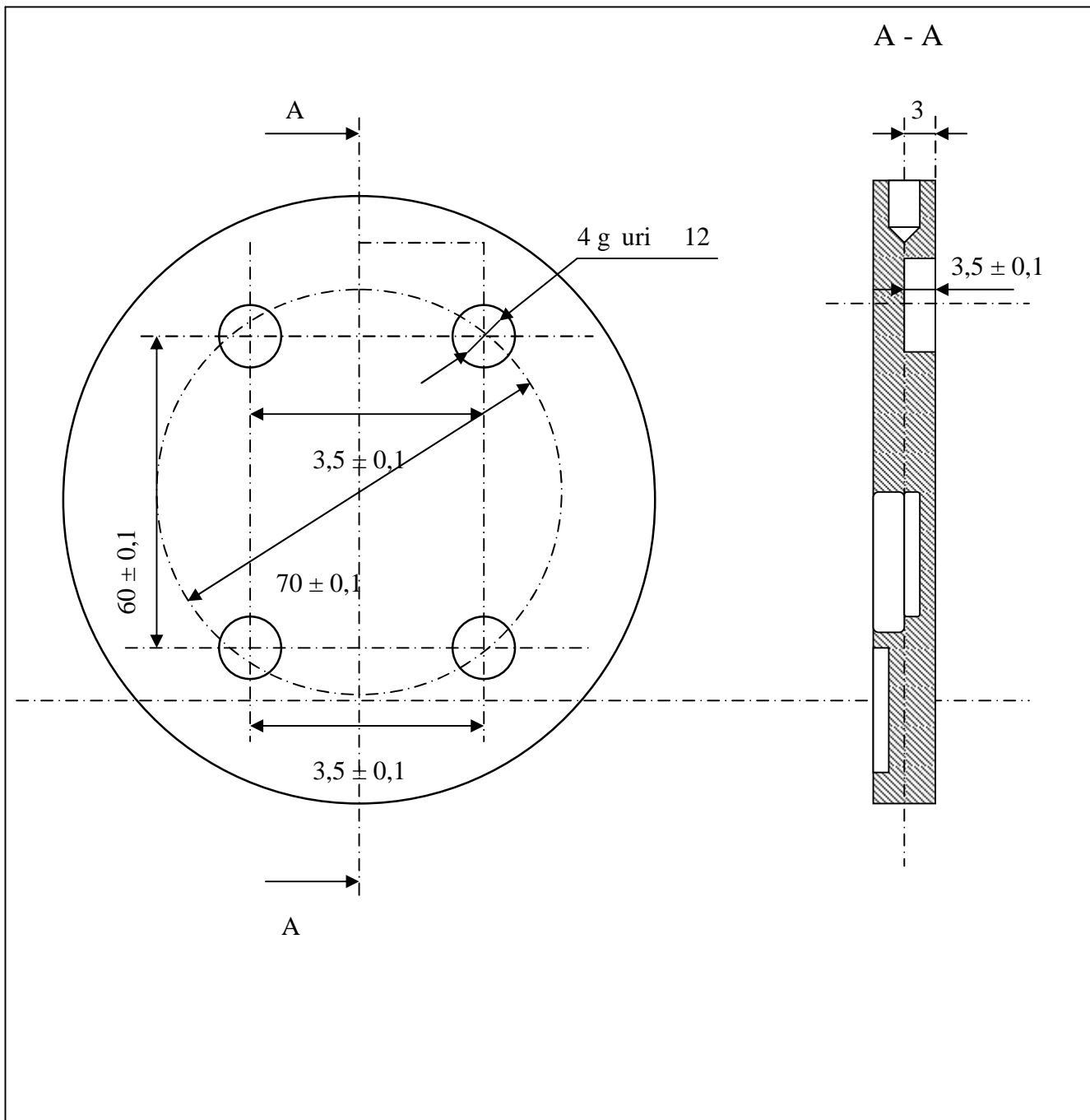
Fig.7.6. Cadru



Condi ii tehnice:
 Clas mijlocie de execu ie, STAS 2300-75
 Vopsit în negru.

12,5

Proiectat	Solomon Marian	OL 60 STAS 500/1-80	F - 00 - 04
Desenat	Solomon Marian		
Verificat	prof. dr. Gligor O.		
Control STAS		Masa net :	Inlocuie te desen nr.
Aprobat	Prof.dr. Modran L.		Nr. inventar
Politehnica "Traian Vuia" Timi oara Universitatea "Lucian Blaga" Sibiu		1 : 1	CADRU DE REZISTEN



Proiectat	Solomon Marian						
Desenat	Solomon Marian					F - 00 - 10	
Verificat	prof. dr. Gligor O.					Inlocuie te desen nr.	
Control STAS						Nr. inventar	
Aprobat	Prof.dr. Modran L.			Masa net :			
Politehnica "Traian Vuia" Timi oara Universitatea "Lucian Blaga" Sibiu				1 : 1		CAPAC	

8. Bibliografie

1. Bichir, N. .a. - *Elemente de comand pentru ac ion ri i sisteme de reglare automat , E.D.P., Bucure ti, 2002*
2. Cora , L. .a. - *Semnale, circuite i sisteme, Editura Ghe.Asachi, Ia i, 1996*
3. Co eriu, T.,
Avram, V. - *Culegere de norme pentru proiectare în construc ia de ma ini, Litografia "Traian Vuia ", Timi oara, 1985*
4. Dasc lu, C. - *Circuite electronice, E.D.P., Bucure ti, 1981*
5. Gafi anu, M. .a. - *Rulmen i, E.T., Bucure ti, 1985*
6. Gligor, Octavian - *Elemente constructive de mecanic fin , Litografia Politehnicii "Traian Vuia", Timi oara, 1986*
7. Ignea, A. - *M surarea electric a m rimilor neelectrice, Litografia Politehnicii "Traian Vuia", Timi oara, 1986*
8. Kelemen, A. .a. - *Mutatoare, E.D.P., Bucuresti, 1980*
9. L z roiu, D.F. - *Ma ini electrice de mic putere, E.T., Bucure ti, 1973*
10. Lozneanu, S. .a. - *Memoratorul radiotehnicianului, Editura Junimea, Ia i, 1985*
11. M gureanu, R. - *Ma ini i ac ion ri electrice. Tendin e actuale, E.T. Buc., 1988*
12. Mic a, I. .a. - *Tehnologia construc iilor de ma ini, Litografia Politehnicii "Traian Vuia", Timi oara, 1988*
13. Morega, M. .a. - *Ma ini electrice, Bucure ti, 2000*

Frân de induc ie cu magne i permanen i si bobine, cu redresor monofazat comandat

14. Miroiu, C. .a. - *Componente pasive i active, E.T., Bucure ti, 1993*
15. Pavelescu, D. - *Organe de ma ini, E.D.P., Bucure ti, 1985*
16. Perju, Dan - *Mecanisme de mecanic fin , , Litografia Politehnicii "Traian Vuia", Timi oara, 1986*
17. Popovici, Vasile - *Tehnologia mecanicii fine i a micromecanicii, Litografia Politehnicii "Traian Vuia" Timi oara, 1986*
18. Rozman, A., - *Cuplaje i frîne electromagnetice, E.T., Bucure ti, 1965*
Pozdeev, A.
19. Ro cule , S. .a. - *Proiectarea dispozitivelor, E.D.P., Bucure ti, 1982*
20. Vraca, Ileana - *Desen industrial, E.T., Bucure ti, 1984*
21. *** - *Colec ia de STAS - uri*
22. *** - *Catalogue 2001. Power applications Schneider Electric, Bucure ti, 2001.*