

UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" TIMIȘOARA  
FACULTATEA DE MECANICĂ

ING. ȘTEFAN PĂUN

# TEZA DE DOCTORAT

CONTRIBUȚI LA COMANDA ȘI REGLAREA AUTOMATĂ  
A LOCOMOTIVELOR ELECTRICE

BIBLIOTECA CENTRALĂ  
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"  
TIMIȘOARA

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC:  
PROF.DR.ING. VASILE HOANCĂ

- 1996-

610.470  
366 A



## CUPRINS

Prefață . . . . .	4
<b>CAP. I. Utilizarea motorului asincron cu rotorul în scurtcircuit</b>	
<b>în tracțiunea feroviară . . . . .</b>	<b>7</b>
1.1 Avantajele motorului asincron cu rotorul în scurtcircuit în tracțiunea electrică . . . . .	7
1.2 Echiparea locomotivelor electrice cu motoare asincrone . . . . .	8
1.3 Tipuri de invertoare trifazate . . . . .	10
1.3.1 Invertoare cu circuite de stingere individuale cu tiristoare auxiliare . . . . .	11
1.3.2 Invertoare autonome . . . . .	14
1.3.3 Invertoare cu circuit comun de stingere . . . . .	16
1.3.4 Invertoare de curent . . . . .	17
1.3.5 Invertoare cu tiristoare cu stingere pe poartă . . . . .	19
1.3.6 Invertoare cu tranzistoare de putere . . . . .	19
1.3.7 Concluzii privind utilizarea invertoarelor de tensiune și invertoarelor de curent . . . . .	20
1.4 Stadiul actual pe plan mondial și necesitatea introducerii tracțiunii electrice cu motoare asincrone la SNCFR. . . . .	22
<b>CAP. II. Reglarea motorului asincron în regim de tracțiune . . . . .</b>	
2.1 Determinarea parametrilor motorului asincron trifazat cu rotorul în scurtcircuit . . . . .	30
2.2 Ridicarea caracteristicii nominale a motorului asincron . . . . .	37
2.3 Alegerea raportului $M_k / M_n$ pentru motorul asincron utilizat în tracțiunea feroviară . . . . .	42
2.4 Alegerea datelor constructive și funcționale ale locomotivei . . . . .	43
2.5 Reglarea în regim de demaraj la moment constant . . . . .	44
2.6 Reglarea la putere constantă . . . . .	51
2.7 Reglarea în regim de demaraj după aderență . . . . .	55
2.8 Regimul de pornire . . . . .	58

<b>CAP. III. Condiții impuse motoarelor asincrone în regim</b>	
<b>de tracțiune la vehiculele feroviare.</b>	62
3.1 Calculul factorului de putere	62
3.2 Calculul curentului statoric și rotoric	67
3.3 Calculul puterii electrice	72
3.4 Calculul randamentului	75
3.5 Calculul forței de tracțiune a locomotivei Bo-Bo la reglarea după aderență	79
3.6 Calculul forței de tracțiune a locomotivei Bo-Bo la reglarea după moment constant	82
<b>CAP. IV. Condiții impuse motoarelor asincrone în regim</b>	
<b>de tracțiune la puteri parțiale</b>	85
4.1 Caracteristicile de putere parțială	85
4.2 Reglarea la puteri parțiale cu schimbarea forței de tracțiune la demaraj	86
4.3 Reglarea la puteri parțiale fără schimbarea forței de tracțiune la demaraj	92
<b>CAP. V. Comanda și reglarea automată a motorului asincron</b>	
<b>în regim de tracțiune pe calculator</b>	106
5.1 Introducere	106
5.2 Comanda și reglarea motorului asincron prin calculator	107
5.2.1 Construcția și funcționarea standului	107
5.2.2 Redresorul. Comanda redresorului	109
5.2.3 Invertorul de curent. Comanda invertorului	112
5.2.4 Unitatea centrală de comandă	114
5.3 Măsurători experimentale	114
5.3.1 Măsurători experimentale efectuate pe standul cu motor asincron de la I.C.M.E.T. Craiova	114
5.3.2 Măsurători experimentale efectuate pe rama de metrou REM - CA Nr.23	116
5.3.3 Măsurători experimentale efectuate pe standul din laboratorul de "Locomotive electrice" al catedrei MRCE	121
<b>CAP. VI. Concluzii</b>	128
<b>Bibliografie</b>	134
<b>Anexe</b>	140

## P R E F A T Ț

În cooperare cu celelalte sisteme de transport (rutier, naval, aero), cooperare prin care se valorifică avantajele specifice fiecăruia din aceste sisteme, căile ferate aduc o însemnată contribuție la satisfacerea necesităților de transport.

Comparând evoluția celor două sisteme de tracțiune feroviară (electric sau cu motoare diesel) s-a constatat că tracțiunea electrică este în plină ascensiune. Avantajele de bază ale utilizării energiei electrice în transport constă în obținerea ei din diferite surse primare de energie, reducerea poluării mediului și micșorarea greutateii instalațiilor montate pe vehiculul motor, reducerea uzurii mecanice inclusiv a șinelor, îmbunătățirea parametrilor funcționali și creșterea fiabilității în exploatare.

Având în vedere ponderea căilor electrificate din România, modernizarea materialului rulant de tracțiune impune cercetarea și adoptarea acționării electrice în curent alternativ (cu motoare asincrone sau sincrone), acționare care a fost implementată pe vehicule feroviare în diferite țări puternic dezvoltate.

Dacă până acum în tracțiunea electrică feroviară s-a utilizat motorul de curent continuu, datorită dezvoltării electronicii de putere și a automatizării capabile să asigure caracteristici corespunzătoare de funcționare pentru motorul asincron, viitorul îl reprezintă tracțiunea în curent alternativ.

Utilizarea motorului asincron prezintă următoarele avantaje mai importante față de motorul de curent continuu: întreținere redusă, fiabilitate și siguranță mare în exploatare, turații mari datorită lipsei colectorului. La volum egal puterea dezvoltată de motorul asincron este mai mare, frânarea electrică recuperativă este posibilă până la oprirea trenului.

Transmisia cu motoare sincrone este o variantă interesantă pentru vehiculele motoare electrice cu următoarele caracteristici: putere specifică ridicată a motorului, alimentarea în curent alternativ sau continuu, condiții reduse privind curenții perturbatori. În comparație cu soluția constructivă convențională a mutatoarelor,

mutatorul pentru această transmisie este mai simplu. Acest avantaj se compensează cu un cost mai ridicat al motorului sincron și un sistem general mai complex.

Universalitatea sistemului asincron, verificat în multe domenii, sistem cu care se pot rezolva sarcinile de acționare începând de la vehiculele diesel până la vehiculele electrice de mare putere pentru toate sistemele de curent, comportarea sa bună față de rețeaua de alimentare și capacitatea frânării recuperative, confirmă hotărârea luată pentru utilizarea acestui sistem.

Este elocvent faptul că pentru ramele electrice ce vor lega cele trei capitale - Paris, Londra, Bruxelles - s-a ales soluția constructivă de ansamblu, verificată în exploatare, cea a ramelor TGV de la SNCF, însă pe partea electrică a sistemului de transmisie s-a ales sistemul asincron promovat de DB din Germania.

Practica internațională a demonstrat că motoarele sincrone sunt utilizabile la locomotivele electrice de peste 8 000 kW, putere sub care soluțiile cu motoare asincrone devin preferate din punct de vedere tehnic și economic.

Se poate trage concluzia că, datorită specificului țării noastre, transmisia electrică cu motoare asincrone reprezintă soluția optimă pentru locomotivele electrice ce vor înnoi parcul SNCFR-ului.

Pomind de la această concluzie, prezenta lucrare are ca obiect de studiu stabilirea condițiilor impuse motoarelor asincrone, la reglarea în regim de tracțiune, de exploatarea feroviară. În acest scop, s-au calculat parametrii constructivi și funcționali ai unui motor asincron cu rotorul în scurtcircuit de putere  $P = 900$  kW la Academia Română, filiala Timișoara sub îndrumarea Acad. Toma Dordea.

S-a elaborat o metodologie proprie de studiere a comportării motorului asincron la reglare în regim de demaraj și la putere constantă în condiții de exploatare feroviară. Metodologia propusă, a fost verificată prin simulare pe calculator pentru un caz concret de locomotivă electrică Bo-Bo cu puterea de  $\approx 600$  kW. Pentru aceasta s-au realizat programe în limbaj Turbo Pascal, programe care pot folosite pentru orice putere de locomotivă electrică. Cu aceeași metodologie, tot pe calculator prin programe în limbaj Turbo Pascal, s-a putut studia și reglarea locomotivelor la puteri parțiale.

Tot în acest scop, la catedra Material rulant de cale ferată s-a construit un stand cu motor asincron. Rezultatele obținute atestă veridicitatea metodologiei propuse de autorul lucrării.

Aceste rezultate obținute pe plan teoretic sunt comparabile cu rezultatele comportării ramei de metrou 023, echipată cu motoare asincrone, în regim de tracțiune.

Concluziile desprinse pe seama teoriei elaborate oferă specialiștilor din cercetare, proiectare, construcție și exploatarea materialului rulant de cale ferată informații importante privind transmisia cu motoare asincrone pentru locomotivele electrice.

Pentru îndrumarea neobosită, permanentă, de înaltă competență pe întreg parcursul efectuării lucrării, autorul mulțumește respectuos d-lui Prof.dr.ing.Vasile Hoancă, conducătorul științific al tezei.

De asemenea, autorul mulțumește domnului Acad. Toma Dordea și colectivului de ingineri de la Academia Română, Filiala Timișoara pentru colaborarea și sprijinul acordat la calculul motorului asincron.

Calde mulțumiri autorul aduce d-lor profesori ing.Gheorghe Turos și ing. Mircea Dungan pentru sfaturile, sugestiile și sprijinul acordat la elaborarea tezei.

Autorul mulțumește colegului as.ing. Marius Manga pentru contribuția deosebită adusă la realizarea standului precum și studenților Marius Buzduga, Călin Caba și Alexandru Demeter, cu care am desfășurat o parte din cercetările teoretice și practice ale transmisiei de curent alternativ la proiectele de diplomă.

Autorul mulțumește d-lui dr.ing. Dumitru Mihăilescu, de la Registrul Feroviar Român București și d-lui ing. Mihai Juncu de la ICMET Craiova pentru îndrumările și sprijinul acordat la finalizarea lucrării.

Tuturor colegilor din catedra de Material rulant de cale ferată, Facultatea de Mecanică din Timișoara, care l-au sprijinit sub diferite forme și l-au încurajat pe toată durata elaborării tezei, autorul le adresează calde mulțumiri.

Și nu în ultimul rând autorul mulțumește familiei sale.

A u t o r

ing. Ștefan Păun

## **CAPITOLUL I**

### **UTILIZAREA MOTORULUI ASINCRON CU ROTORUL ÎN SCURTCIRCUIT ÎN TRACȚIUNEA FERROVIARĂ**

#### **1.1 Avantajele motorului asincron cu rotorul în scurtcircuit în tracțiunea electrică**

Cu toate că motorul electric de tracțiune de curent continuu nu a atins limita de putere în condițiile pe care le oferă posibilitățile de instalare pe locomotivele actuale, realizarea unui motor electric cu colector care să reziste la turații mari este complicată, rezultând sporirea greutateii ceea ce va afecta negativ calitatea rulării la viteze mari.

Dezvoltarea industriei de fabricare a semiconductoarelor de putere comandate precum și a acționărilor electrice a permis realizarea unor instalații de comandă și reglare a tensiunii și frecvenței de alimentare a motoarelor asincrone.

Locomotivele electrice echipate cu motoare asincrone prezintă următoarele avantaje, mai importante, față de locomotivele electrice cu motoare de curent continuu:

- reducerea cheltuielilor de întreținere pentru că motorul asincron cu rotorul în scurtcircuit nu are colector, perii, inele;
- fiabilitate și siguranță mare în exploatare tot datorită lipsei colectorului, periilor;
- datorită lipsei colectorului se pot obține turații mult mai mari;



- la volum egal, puterea dezvoltată de motorul asincron este mai mare;
- tendința de patinare a locomotivei este redusă deoarece caracteristica motorului asincron este rigidă;
- în circuitul de forță al locomotivei numărul contactoarelor este redus, schimbarea sensului de mers se face fără alte contactoare;
- frânarea electrică recuperativă este posibilă până la oprirea trenului deoarece motorul asincron are posibilitatea de a funcționa și în regim de generator iar dispozitivele electronice permit comanda frânării până la oprire;
- posibilitatea de diagnoză automată a defectelor ce apar în timpul funcționării;
- construcția modulară permite o înlocuire rapidă a dispozitivelor defecte;
- manevrarea locomotivei este ușoară pentru că sistemul electronic de control acționează totul automat;
- conducerea vehiculului este ușoară datorită automatizării iar mecanicul nu trebuie să urmărească multe aparate de bord;
- consumul de energie este mai scăzut și timpul de amortizare al investițiilor este scurt.

Cum este firesc, există și dezavantaje, ca de exemplu:

- în regim de tracțiune este necesar un sistem de conversie a curentului de la linia de contact (curent alternativ sau curent continuu) în curent alternativ trifazat. Acest sistem trebuie să permită reglare vitezei și a forței de tracțiune.
- în regim de frânare recuperativă sistemul de conversie a curentului trebuie să permită adaptarea curentului produs de generatorul trifazat la parametrii catenarei;
- generatoarele de impulsuri și invertoarele sunt sensibile la vibrații și se comportă mai slab în zone cu temperatură și umiditate ridicată;
- preț ridicat al convertoarelor statice de frecvență.

Acest sistem este deosebit de complex, dar azi poate fi realizat din elemente statice și poate fi complet automatizat.

### **1.2 Echiparea locomotivelor electrice cu motoare asincrone**

După cum se cunoaște, singura posibilitate de modificare a turației mașinii asincrone trifazate, cu performanțe funcționale și energetice acceptabile este aceea de

alimentare prin convertorul static de frecvență.

În structura sa, convertorul static de frecvență conține convertorul de mașină și convertorul de rețea. Primul este indispensabil și servește la furnizarea energiei electrice, cu parametri variabili motorului asincron iar convertorul de rețea servește la modificarea uneia sau mai multor mărimi energetice, sau la asigurarea unor condiții de funcționare corespunzătoare convertorului de mașină. Convertorul de mașină este întotdeauna un învertor trifazat de putere.

Convertorul static de frecvență de tip curent alternativ - curent alternativ cu circuit intermediar de curent continuu este compus dintr-un redresor, filtru și invertor.

Se cunosc două clase principale de convertoare statice de frecvență, după tipul filtrului circuitului intermediar, și anume:

- convertor cu circuit intermediar de tensiune continuă (vezi figura 1.1);
- convertor cu circuit intermediar de curent continuu (vezi figura 1.2).

În primul caz este necesar ca filtrul să fie realizat dintr-un condensator de mare capacitate, iar în cel de-al doilea caz dintr-o bobină.

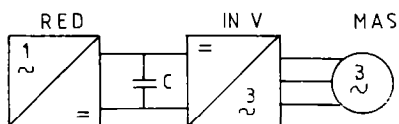


Fig. 1.1

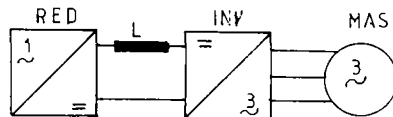


Fig 1.2

Convertoarele statice de frecvență cu circuit intermediar de curent continuu se mai numesc cu curent imprimat, evidențiindu-se astfel modul său de funcționare.

Convertoarele statice de frecvență cu circuit intermediar de tensiune continuă pot avea acest circuit cu:

- tensiune continuă constantă;
- tensiune continuă variabilă.

În prima categorie, redresorul convertorului este necomandat, invertorul având funcția de a produce o tensiune de ieșire de frecvență și amplitudine variabile.

În a doua categorie, redresorul convertorului este comandat și deci realizează variația tensiunii la intrarea inverterului, iar acesta din urmă având funcția de a produce variația frecvenței.

Astfel, schema de principiu a circuitului de forță a locomotivelor echipate cu motoare asincrone trifazate cu rotorul în scurtcircuit este prezentată în figura 1.3.

S-au făcut următoarele notații:

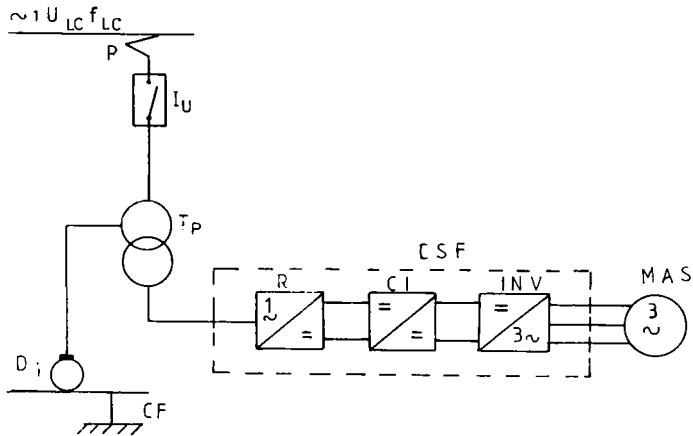


Fig. 1.3

P - pantograf,  $I_u$  - întrerupător ultrarapid,  $T_p$  - transformatorul principal, CSF - convertorul static de frecvență, R - redresor, CI - circuit intermediar de curent continuu, INV - inverter, MAS - motor asincron,  $D_i$  - dispozitiv de întoarcere a curentului, CF - cale ferată.

### 1.3 Tipuri de invertoare trifazate

Invertoarele cu tiristoare sunt echipamente electronice de putere ce stau la baza acționărilor moderne cu turație reglabilă cu motoare asincrone.

Fiecare inverter poate fi realizat în diferite variante, ele putând fi clasificate după tipul circuitelor de stingere, astfel:

- a) invertoare cu circuite de stingere individuale cu tiristoare auxiliare;

b) invertoare cu stingere autonomă comandată prin intrarea în conducție a altui tiristor;

- c) invertoare cu circuit de stingere comun.

### **1.3.1 Invertoare de tensiune cu circuit de stingere individuale cu tiristoare auxiliare**

Aceste invertoare funcționează în general în circuite de alimentare de tensiune continuă constantă sau variabilă obținută de la redresor.

Circuitele de stingere individuale sunt de tipul LC și sunt activate prin comanda de aprindere a tiristoarelor auxiliare la momentul dorit al stingerii tiristorului principal în conducție la momentul respectiv. Condensatorul circuitului se va descărca prin elementul semiconductor de stingere producând apariția unei tensiuni de blocare la bornele tiristorului de stins iar circuitul de stingere preia în acest timp curentul de sarcină, simultan cu aplicarea unei tensiuni de blocare pe tiristorul în conducție.

Stingerea comandată prin tiristoare auxiliare conferă o siguranță mărită comutației forțate. Aceste invertoare permit o funcționare atât în regim de modulație în durată a impulsurilor, cât și în regim nemodulat. În regim modulat se ating domenii de variație a frecvenței de 1..300 Hz, cu frecvența minimă de 0.4 Hz și tensiuni alternative la ieșirea din inverter de până la 1300 V.

În practică se găsesc mai multe soluții de invertoare de acest tip, din care mai importante sunt prezentate în continuare.

#### **Inverter trifazat cu condensator de stingere divizat**

Schema de principiu a acestui inverter este prezentată în figura 1.4. Această schemă prezintă numeroase avantaje care o fac aptă folosirii la tensiuni mari în game largi de frecvență pentru puteri ridicate.

Inverterul se compune din:

- tiristoarele principale  $T_1...T_6$ ;
- tiristoarele de stingere  $T_{a1}...T_{a6}$ ;
- condensatoarele de stingere  $C_1...C_6$ ;
- inductanțele de stingere  $L_1...L_6$ ;
- diodele de recuperare  $D_1...D_6$ .

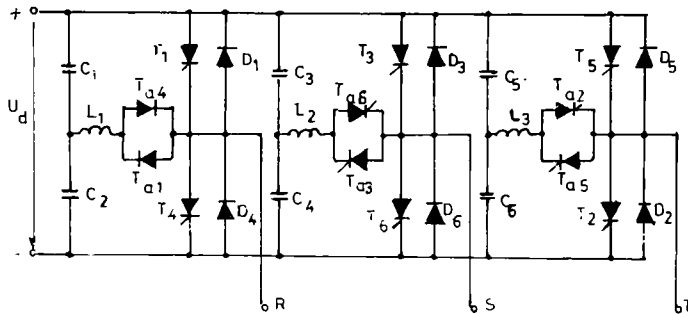


Fig. 1.4

Invertorul realizat în punte trifazată are asigurată stingerea independentă a tiristoarelor principale în conducție, procesul de stingere este declanșat prin comanda de aprindere a tiristorului auxiliar corespunzător, care închide circuitul de stingere de tip LC corespunzător. Circuitul de stingere intervine doar pe durata procesului de comutație, în rest fiind separat de circuitul principal.

În cazul de față, inductanțele de stingere nu sunt parcurse de curenții de sarcină, eliminându-se astfel pierderile importante în aceste elemente de stingere.

Trecerea din starea de conducție a unui tiristor principal în starea blocată se realizează prin anularea curentului care-l străbate și aplicarea concomitentă a unei tensiuni de blocare de-a lungul tiristorului principal, tensiune care reprezintă căderea de tensiune în sens direct pe dioda de recuperare.

Cu acest invertor se poate realiza:

- reglarea frecvenței de ieșire când la intrare se aplică tensiune continuă variabilă;
- reglarea simultană a frecvenței și tensiunii de ieșire, caz în care redresorul va alimenta intrarea invertorului cu o tensiune continuă constantă.

### Invertor trifazat cu condensator de stingere unic

Schema principală a acestui invertor este prezentată în figura 1.5.

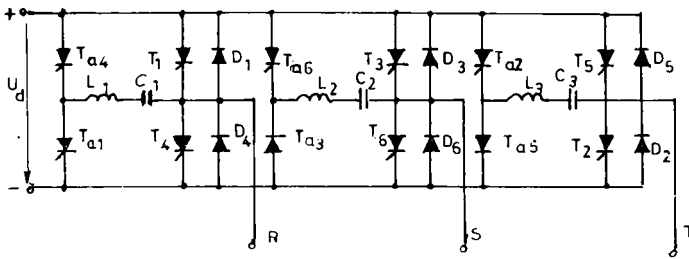


Fig. 1.5

Această schemă poate funcționa atât în regim de modulație în durată a impulsurilor, cât și în regim nemodulat.

Invertorul realizat în punte trifazată are asigurată stingere independentă pe fază a tiristoarelor principale în conducție, procesul de stingere este declanșat prin comanda de aprindere a tiristorului corespunzător, care închide circuitul de stingere de tip LC aferent. Și în acest caz inductanțele de stingere nu sunt parcurse de curenți de sarcină, deci pierderile în circuitele de stingere sunt mici.

### Invertor cu circuit de stingere comandat cu tiristor auxiliar și stingere independentă

În figura 1.6 este prezentată schema unei faze a acestui tip de invertor, la care tiristorul principal este înlocuit printr-o punte cu patru tiristoare.

Aceste invertoare, spre deosebire de cele prezentate anterior, la care stingerea avea loc prin amorsarea circuitelor de stingere aferente unei faze, au circuite individuale pentru fiecare tiristor principal în parte.

Condensatorul de stingere este conectat într-o diagonală a punții cu patru tiristoare, care constituie un comutator static.

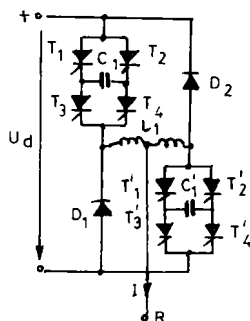


Fig. 1.6

Curentul de sarcină este condus de cele două tiristoare înseriate din două brațe ale punții, în timp ce unul din cele două tiristoare are rolul tiristorului de stingere.

### 1.3.2 Invertoare autonome

La acest tip de inverter, stingerea tiristorului aflat în conducție se realizează individual, fără tiristor auxiliar de stingere, prin aprinderea altui tiristor care va prelua conducția.

După modul de legare al condensatoarelor de stingere se pot distinge două tipuri principale de scheme de invertoare autonome.

#### Inverter autonom cu condensatoare de stingere în conexiunea pe fază

Schema de principiu trifazătă a acestui tip de inverter este prezentată în figura 1.7. Stingerea tiristorului  $T_1$  aflat în conducție se realizează prin aplicarea unei contratensiuni obținută prin efect de inducție mutuală, la aprinderea celui alt tiristor  $T_4$  de pe aceeași fază.

Condensatorul de stingere se încarcă în circuite de tipul: borna +,  $T_1$ ,  $L_{-1}$ ,  $C_2$ , borna -, prin tiristorul de conducție la un moment dat.

Descărcarea condensatorului încărcat anterior are loc în circuitele de forma:  $C_4$ ,  $L_{s4}$ ,  $T_4$ ,  $C_4$ , în momentul aprinderii tiristorului  $T_4$ , care va prelua conducția curentului de sarcină.

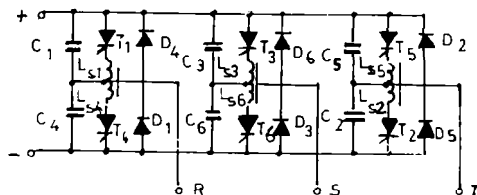


Fig. 1.7

### Invertor autonom cu condensatoare de stingere conectate între fazele invertorului

În figura 1.8 este prezentată schema de principiu trifazată a acestui tip de invertor.

În fiecare moment sunt în conducție doar două tiristoare, iar comutația are loc între două tiristoare legate la aceeași polaritate a sursei de alimentare.

Stingerea tiristorului aflat în conducție la un moment dat are loc prin aprinderea tiristorului altei faze a invertorului, legat la aceeași polaritate a sursei de alimentare, conform succesiunii de alimentare.

Reglarea tensiunii la ieșirea invertorului se obține numai prin variația tensiunii continue de alimentare a invertorului.

Diodele  $D_1...D_6$  sunt diode de recuperare a energiei reactive înmagazinată în înfășurările motorului. Diodele  $D_1...D_6$  au rolul de a împiedica închiderea curentului oscilant de descărcare a condensatoarelor în timpul comutației. Inductanțele  $L_{s1}...L_{s6}$  și condensatoarele  $C_1...C_6$  sunt elemente de stingere.



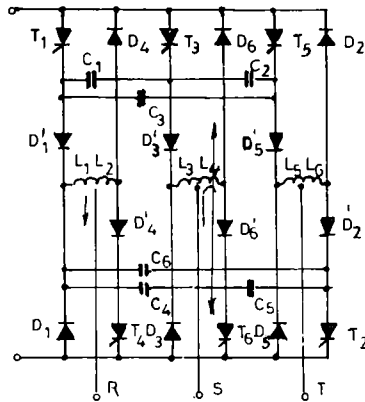


Fig. 1.8

### 1.3.3 Invertoare cu circuit comun de stingere

Acest tip de invertoare permite stingerea tiristoarelor invertoarelor, la momentele dorite, ceea ce face posibilă reglarea tensiunii de ieșire a invertoarelor prin împărțirea timpului afectat conducerii tiristoarelor sale într-o succesiune de conducerii urmate de pauze. Raportul dintre timpul de conducerii și timpul de pauză determină mărimea tensiunii de ieșire a invertoarelor.

Schema de principiu a unui invertoare trifazat cu un circuit comun de stingere în punte este prezentată în figura 1.9.

La acest tip de invertoare, puntea trifazată care constituie partea de forță a invertoarelor este completată cu un circuit de stingere comun, intercalat între sursa continuă și puntea propriu-zisă.

Circuitul de comutație la acest invertoare este format din:

- patru tiristoare  $T_{a1} \dots T_{a4}$ , care formează puntea;
- condensatorul de stingere  $C$ ;

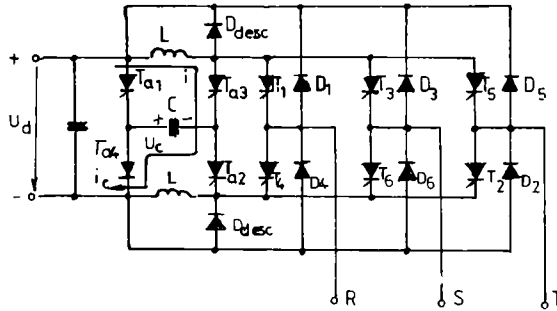


Fig. 1.9

- două inductanțe de stingere  $L$ ;
- două diode de descărcare  $D_{desc}$ .

Circuitul de stingere funcționează astfel: se comandă succesiv două câte două tiristoarele de stingere  $T_{a1}$  și  $T_{a2}$  respectiv  $T_{a3}$  și  $T_{a4}$ . Astfel dacă condensatorul de stingere a fost încărcat inițial prin comanda simultană a unei perechi de tiristoare de stingere, în secvența următoare, prin comanda celeilalte perechi de tiristoare de stingere, tensiunea cu care a fost încărcat condensatorul de stingere în secvența anterioară se aplică ca tensiune de blocare la bornele inverterului.

Atât încărcarea cât și descărcarea condensatorului are loc în circuite de forma : borna +, inductanța de stingere , tiristor auxiliar, condensator de stingere, tiristor auxiliar, borna - a sursei de alimentare.

Avantajul acestui tip de inverter constă în capacitatea de a regla atât frecvența cât și amplitudinea tensiunii de ieșire dar trebuie remarcat faptul că inductanța de stingere este parcursă de curentul de sarcină ceea ce reprezintă pierderi. Există variante îmbunătățite ale acestui inverter.

### 1.3.4 Invertoare de curent

În cazul invertoarelor de curent, energia este înmagazinată în inductanța circuitului intermediar. Sarcina face parte din circuitul de comutare, inverterul putând fi considerat ca o sursă alternativă de curent cu frecvență și amplitudine variabilă.

După cum se cunoaște, există două tipuri de invertoare de curent:

- cu stingere autonomă;
- cu stingere independentă.

### Invertorul de curent cu stingere autonomă

În figura 1.10 este prezentată schema de principiu a unui astfel de inverter.

Invertorul se compune din:

- șase tiristoare  $T_1 \dots T_6$ ;
- șase diode  $D_1 \dots D_6$ ;
- șase condensatoare de stingere  $C_1 \dots C_6$ .

Diodele realizează decuplarea condensatoarelor de stingere. De remarcat este lipsa diodelor de recuperare și a tiristoarelor de stingere ceea ce face comanda mai simplă. Stingerea tiristoarelor este asigurată prin aprinderea după  $120^\circ$  electrice a tiristorului care urmează a prelua conducția. Condensatoarele de stingere sunt conectate între faze, punctele de legătură cu acestea fiind între diode și tiristoare. Condensatoarele de stingere se vor încărca datorită trecerii prin ele a curentului motorului.

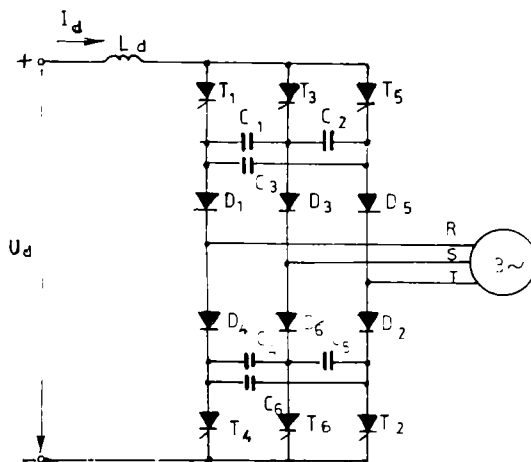


Fig. 1.10

### Invertorul de curent cu stingere independentă

Schema de principiu a acestui invertor este prezentată în figura 1.11.

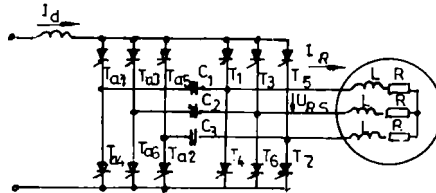


Fig. 1.11

Invertorul este format din tiristoarele principale  $T_1...T_6$ , tiristoarele auxiliare de stingere  $T_{a1}...T_{a6}$  și condensatoarele de stingere  $C_1...C_3$ .

Și în acest caz, curentul de sarcină este acela care asigură încărcarea condensatoarelor de stingere, și nu tensiunea circuitului intermediar.

#### 1.3.5 Invertoare cu tiristoare cu stingere pe poartă

Tiristoarele cu stingere pe poartă se pot utiliza atât pentru realizarea convertoarelor statice de frecvență cu circuit intermediar de tensiune continuă cât și cele cu circuit intermediar de curent continuu.

Folosirea acestor tiristoare în construcția convertoarelor statice de frecvență se datorează facilităților pe care acestea le oferă în comparație cu tiristoarele rapide:

- timp de aprindere și de blocare redus;
- posibilitatea de a întrerupe curentul în orice moment, fără circuite auxiliare pe partea de forță.

#### 1.3.6 Invertoare cu tranzistoare de putere

Tranzistoarele bipolare de putere și tranzistoarele MOS de putere se pot utiliza la invertoarele de tensiune cu modulația în durată a pulsurilor și mult mai rar în cazul

unor invertoare de curent datorită capacității lor reduse de a suporta supratensiuni.

Tranzistoarele bipolare se utilizează în cadrul invertoarelor de tensiune cu modulația în durată a pulsurilor.

Deoarece curenții maximi admisibili pentru majoritatea tranzistoarelor se situează sub 100 A, la aplicații de putere mare tranzistoarele ca și tiristoarele se leagă în serie și paralel, realizându-se astăzi module de până la 1200 A și 1200 V.

### **1.3.7 Concluzii privind utilizarea invertoarelor de tensiune și invertoarelor de curent**

Printr-o analiză statistică a diferitelor tipuri de invertoare rezultă că varietatea schemelor invertoarelor de tensiune este mult mai mare, faptul că ele constituie surse, independente de sarcină, conferă un mai mare grad de libertate în viitoarele aplicații.

În Tabelul 1 se fac câteva remarci comparative privind construcția, funcționarea și utilizarea invertoarelor de tensiune și a invertoarelor de curent.

Tabelul 1

Invertor: Deosebiri:	de tensiune	de curent
de schemă:	1. Tiristoarele sunt șuntate de diode de descărcare a sarcinii reactive.	1. Lipsesc diodele de curent reactiv.
	2. În circuitul intermediar există o capacitate de mare valoare.	2. În circuitul intermediar există o inductanță de valoare mare.
	3. Sunt necesare tiristoare rapide.	3. Se pot utiliza tiristoare lente dar de tensiune inversă mare.
	4. Pentru frânarea recuperativă este necesar un invertor cu comutație de la rețea montat în	4. Pentru frânarea recuperativă nu este necesar un invertor la intrare.

	<p>antiparalel cu redresorul de alimentare.</p> <p>5. Reglarea tensiunii se poate realiza mai ușor.</p> <p>6. Circuitul intermediar servește la filtrarea tensiunii.</p> <p>7. Poate alimenta unul sau mai multe motoare în paralel.</p>	<p>5. Reglarea curentului se realizează mai greu în inverter, necesitând de regulă redresor comandat.</p> <p>6. Circuitul intermediar servește la filtrarea curentului.</p> <p>7. Este realizat la o valoare precisă a inductanței de scăpări a motorului.</p>
funcționale:	<p>1. Tensiunea de ieșire este determinată de tensiunea circuitului intermediar.</p> <p>2. Asigură un factor de putere ridicat în întreaga zonă de reglare.</p> <p>3. Faza tensiunii de ieșire depinde de momentele aplicării impulsurilor de comandă pe tiristoarele inverterului; faza curentului depinde de sarcină.</p>	<p>1. Curentul de ieșire din inverter depinde de curentul din circuitul intermediar.</p> <p>2. Folosirea redresorului necomandat determină un factor de putere scăzut.</p> <p>3. Faza curentului de ieșire depinde de momentele aplicării impulsurilor de comandă pe tiristoarele inverterului; faza tensiunii este determinată de sarcină.</p>
de ordin armonic:	<p>1. Prezintă un conținut relativ scăzut al armonicilor de curent la ieșire.</p> <p>2. Posibilități facile de reducere a conținutului de armonici.</p>	<p>1. Prezintă un conținut mare al armonicilor de curent.</p> <p>2. Reducerea conținutului de armonici este destul de dificilă.</p>

Prin analiză comparativă a celor două tipuri de invertoare rezultă că folosirea invertoarelor de tensiune cu modulația în durată a impulsurilor în circuitul de forță al

vehiculelor electrice feroviare este motivată îndeosebi prin lipsa oscilației momentului motor.

#### 1.4 Stadiul actual pe plan mondial și necesitatea introducerii tracțiunii electrice cu motoare asincrone la SNCFR

Evoluția în continuare a electronicii de putere, pe plan mondial, a permis prin cercetările întreprinse, proiectarea și realizarea unor tipuri de locomotive echipate cu motoare asincrone cu rotorul în scurtcircuit.

Multe din administrațiile de cale ferată europene au în dotare asemenea locomotive și există tendința de înnoire a parcului de vehicule feroviare motoare cu locomotive cu motoare asincrone.

Dintre realizările în acest domeniu se vor prezenta în continuare câteva exemple mai semnificative:

a) locomotiva de înaltă performanță S252 a căilor ferate spaniole (vezi figura 1.12).

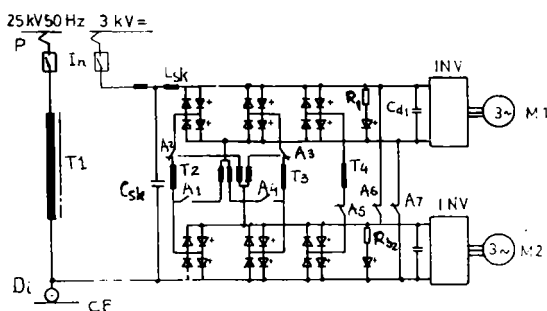


Fig. 1.12

Este o locomotivă policurent, deci poate funcționa atât la tensiune 25 kV, 50Hz. cât și la 3 kV c.c. la linia de contact.

Datorită simetriei s-a reprezentat doar schema electrică corespunzătoare unui boghiu. Pe figură s-au făcut următoarele notații: -  $L_{sk} + C_{sk}$  - filtre de protecție,  $A_1 \dots A_8$

- contactori de reglaj, INV - invertoare,  $R_{b1,2}$  - rezistențe de limitare,  $T_2...T_4$  - bobine de stingere,  $L_1...L_4$  - bobine de aplatizare,  $C_{d1,2}$  - circuite intermediare,  $M_{1,2}$  - motoare asincrone,  $T_1$  - transformatorul principal,  $I_n$  - întrerupătorul ultrarapid, P - pantografe,  $D_1$  - dispozitiv de întoarcere a curentului, CF - șina de cale ferată.

Câteva date tehnice ale locomotivei:

- formula osiilor:  $Bo - Bo$ ;
- ecartamentul: 1 435/1 668 mm;
- lungimea peste tampoane: 20 380 mm;
- ampatamentul locomotivei: 10 500 mm;
- diametrul roții: 1 250 mm;
- greutatea: 88t;
- forța de tracțiune de durată: 290 kN la 70 km/h;
- viteza maximă: 220 km/h;
- puterea: 5 600kW.

În figura 1.13 este prezentată caracteristica de tracțiune a locomotivei S252.

În cabina mecanicului se află un display care afișează mesaje de operare într-o manieră clară. Deasemenea poate afișa mesaje în caz de avarie și instrucțiuni de remediere a avariilor.

Sistemul automat de control SIBAS 16 cu microprocesor, care echează locomotiva, furnizează controlul electronic al operațiilor de pe locomotivă pentru a

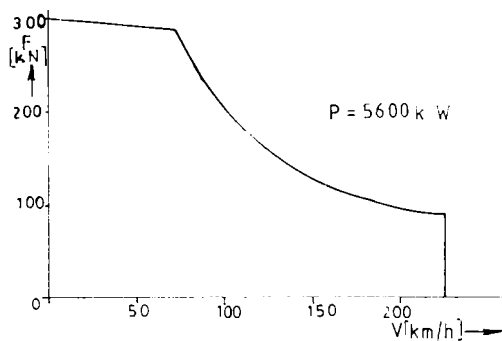


Fig. 1.13

reduce responsabilitățile mecanicului, a facilita diagnozarea avariilor și pentru a proteja echipamentul. Trebuie remarcat faptul că locomotiva dispune de controlul



individual al osiilor ceea ce îmbunătățește performanțele controlului antipatinaj precum și a alunecării roții.

b) locomotiva EUROSPRINTER a căilor ferate germane

Date tehnice:

- formula osiilor :  $Bo' - Bo'$ ;
- ecartamentul: 1435mm;
- greutatea: 86 t;
- lungimea peste tamponare: 19 580 mm;
- ampatamentul boghiului: 3 000 mm;
- sistemul de alimentare: 15 kV / 16 2/3 Hz ;
- puterea: 6 400 kW;
- viteza maximă: 230 km/h.

Caracteristica de tracțiune  $F_o(V)$  a acestei locomotive este prezentată în figura 1.14.

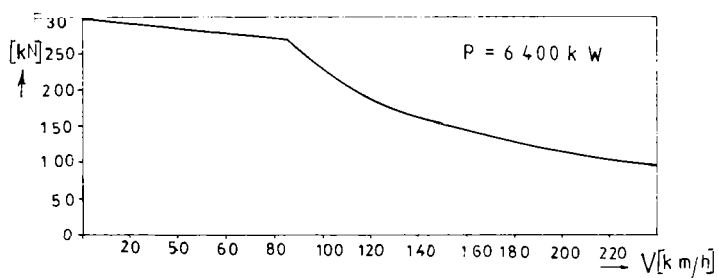


Fig.1.14

În figura 1.15 este prezentată schema circuitului de forță pentru un boghiu al locomotivei EUROSPRINTER.

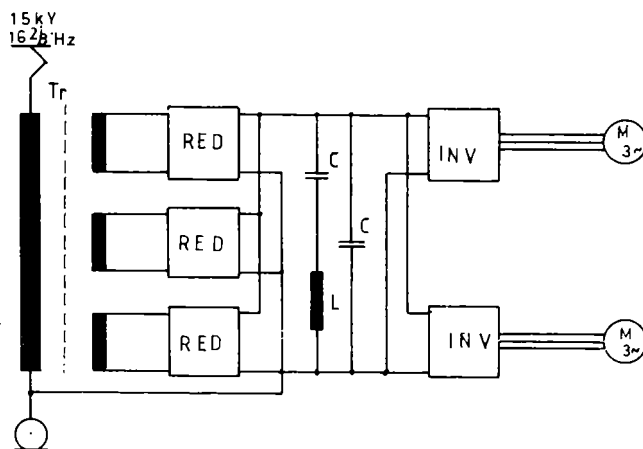


Fig. 1.15

S-au făcut următoarele notații: M - motor asincron de tracțiune, RED - redresor, INV - inverter cu modulație în durată.

c) Intercity Express (ICE) a căilor ferate germane

ICE- ul utilizează cel mai nou echipament electric de tracțiune cu motoare asincrone cu rotorul în scurtcircuit.

Date tehnice:

- ecartament: 1 435 mm;
- sistemul de alimentare: 15 kV / 16 2/3 Hz;
- viteza maximă: 250 (280) km/h.

În figura 1.16 se prezintă schema bloc a circuitelor de forță, utilizând convertoare cu tiristoare.

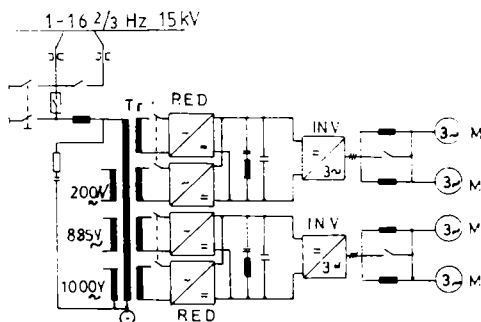


Fig. 1.16

c) locomotiva 120 004 a căilor ferate germane

Date tehnice:

- formula osiilor: Bo - Bo;
- puterea: 6 400 kW;
- viteza maximă: 230 km/h;
- greutatea: 84 t;
- diametrul roții: 1 100 mm;
- raportul de transmitere: 4.818;
- sistemul de alimentare: 15 kV / 16 2/3 Hz.

Schema circuitului de forță este prezentată în figura 1.17.

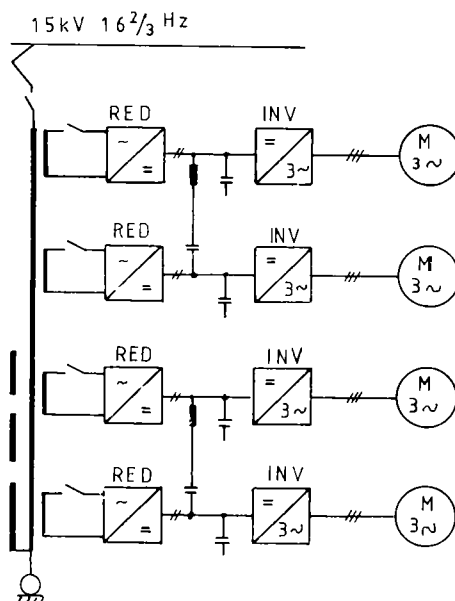


Fig. 1.17

În figura 1.18 este prezentată caracteristica de tracțiune a locomotivei 120004 a căilor ferate germane.

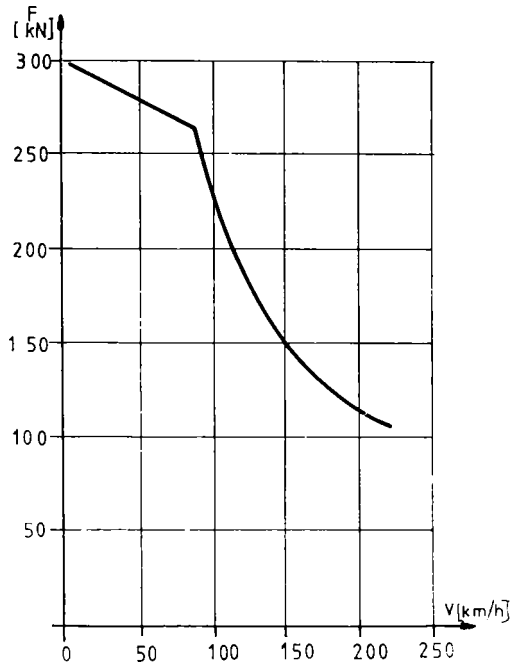


Fig. 1.18

d) locomotiva 460 a căilor ferate elvețiene

Date tehnice:

- formula osiilor: Bo - Bo ;
- ecartamentul: 1 435mm;
- diametrul roții: 1 100mm;
- greutatea: 81 t;
- puterea: 6 100kW;
- sistemul de alimentare: 15 kV 16 2/3 Hz;
- viteza maximă: 230 km/h.

În figura 1.19 este prezentată schema electrică a circuitului de forță a acestei locomotive.

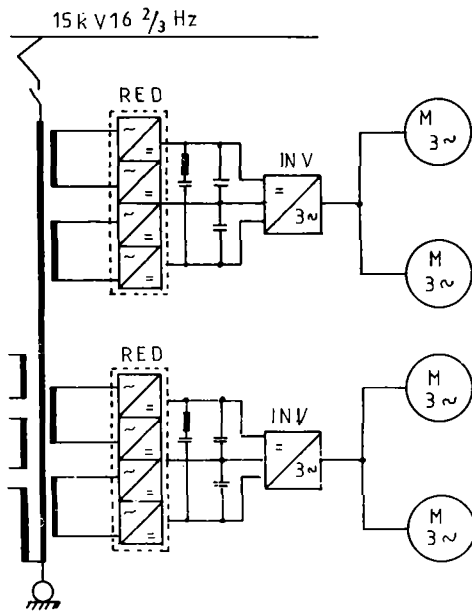


Fig. 1.19

Caracteristica de tracțiune  $F_0(V)$  a locomotivei elvețiene seria 460 este prezentată în figura 1.20.

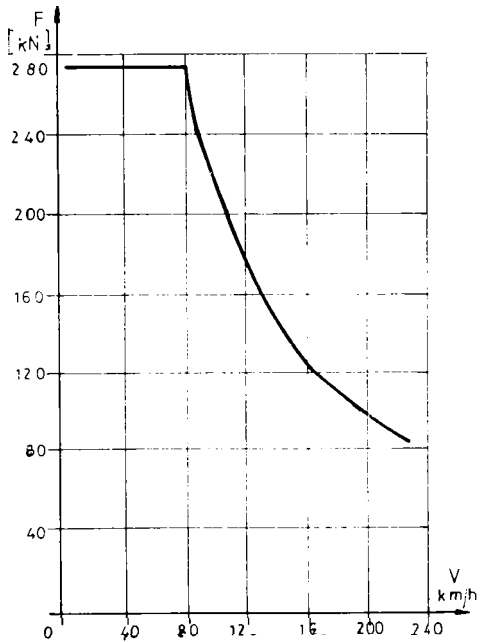


Fig. 1.20

Problematika introducerii transmisiilor în curent alternativ pe locomotivele electrice necesare administrației noastre de cale ferată, având în vedere ponderea tracțiunii electrice în România și perspectivele, trebuie abordată ca o necesitate deoarece integrarea țării noastre în Uniunea Europeană presupune și alinierea la un transport feroviar modern.

Prezenta lucrare abordează problema utilizării motorului asincron cu rotorul în scurtcircuit pe locomotivele electrice din punct de vedere al inginerului de material rulant de cale ferată și oferă o multitudine de informații privind:

- comportarea motorului asincron în condiții de exploatare feroviară;
- condițiile impuse diferitelor mărimi electrice din circuitul de forță în scopul realizării unor parametri energetici, funcționali și economici solicitați de exploatarea feroviară;
- condițiile impuse instalațiilor de comandă pentru obținerea parametrilor ceruți de exploatarea feroviară;
- variația forței de tracțiune funcție de viteză  $F_o(V)$  a vehiculului motor feroviar.

## CAPITOLUL II

### REGLAREA MOTORULUI ASINCRON IN REGIM DE TRACȚIUNE

#### 2.1 Determinarea parametrilor motorului asincron trifazat cu rotorul în scurtcircuit

Pentru verificarea teoriei elaborate în prezenta lucrare, am pornit la calculul unui motor asincron trifazat cu rotorul în scurtcircuit.

Din documentația de specialitate studiată, am concluzionat că pentru rețeaua de cale ferată a SNCFR-ului puterea pe osia locomotivei să nu depășească 1000 kW. Deci la calculul motorului asincron mi-am propus:

- puterea nominală  $P_n = 900$  kW;
- tensiunea de linie  $U_l = 1385$  V;
- frecvența nominală  $f_n = 50$  Hz;
- numărul de perechi de poli  $p = 2$ .

Determinarea parametrilor motorului asincron trifazat cu rotorul scurtcircuit am făcut-o pe programul de calculator la ACADEMIA ROMÂNĂ, Filiala Timișoara sub îndrumarea Acad. Toma Dordea.

După efectuarea calculelor preliminare am obținut datele de intrare pentru programul de calcul al motorului asincron, care sunt prezentate în continuare.

În urma rulării programului pe calculator, am obținut parametri constructivi și funcționali ai motorului asincron care sunt prezentați ulterior.

Cu aceste date vom ridica caracteristicile motorului asincron la reglarea în regim de tracțiune, forța de tracțiune a locomotivei și variația diferitelor mărimi electrice și mecanice pe toată gama de viteze de la 0 la viteza maximă constructivă.

	31	1. AA
0.007,		2. AIZCB
0.,		3. AS
0.,		4. ASR
2.,		5. A1
1.,		6. A2
0.95,		7. BDEMA
0.4,		8. BDEMI
0.001,		9. BRDII
0.001,		10. BRDIS
0.,		11. BRDSI
0.,		12. BRDSS
0.,		13. BRD000
0.,		14. BRD01
0.011,		15. BRD020
0.014,		16. BRD03
0.002,		17. BRD04
0.002,		18. BRD05
0.002,		19. BRD07
0.002,		20. BRD080
0.002,		21. BRD09
0.002,		22. BRD10
0.002,		23. BRD11
0.002,		24. BRD12
0.002,		25. BRD6i
0.002,		26. BRD6S0
0.002,		27. BR4
0.,		28. BS
0.,		29. BSR
0.010,		30. BSV
0.006,		31. BS4
1.,		32. B0
0.0124,		33. B01
0.013,		34. B02
0.0124,		35. B1
0.008,		36. B2
3.,		37. CBH1
3.47,		38. CBH2
0.9,		39. CFI
0.85,		40. CX2I
0.15,		41. C01N
0.15,		42. C02N
0.15,		43. C1NN
0.15,		44. C1SN
0.15,		45. C2NN
0.15,		46. C2SN
0.49,		47. D
0.0001,		48. DB01
0.0001,		49. DB02
0.0001,		50. DB1
0.0001,		51. DB2
0.0015,		52. DE
0.0026,		53. DELZC1
0.,		54. DELZC2
0.,		55. DELBL
0.,		56. DELBP
0.0005,		57. DELD
0.0005,		58. DELFE
0.0005,		59. DELH
0.85,		60. DELLAM
0.,		61. DELTR
0.0092,		62. DELTS
0.780,		63. DEX
0.0001,		64. DH
0.260,		65. DIN
0.,		66. DIP
5.,		67. DIVLAM



0.055,	32 68. DIZ1
0.,	69. DIZ2
0.1D6,	70. DJJL
0.1D6,	71. DJ1
0.1D6,	72. DJ2
2.5,	73. DKBJ1
2.5,	74. DKBJ2
20.D-6,	75. DQ1
2.D-2,	76. DRIL
0.56,	77. DRINAB
0.0001,	78. DS1
0.001,	79. DS2
0.1,	80. DS3
0.,	81. DTG
10000.,	82. DURATA
3.,	83. EPS1
0.,	84. EPS2
50.,	85. F
1.,	86. FUR
0.8,	87. FUS
2700.,	88. GACUBL
0.,	89. GACUBP
2700.,	90. GACUIL
0.,	91. GACUIP
8890.,	92. GAMCUI
7700.,	93. GAMFF
0.0055,	94. HRDII
0.0355,	95. HRDIS
0.0425,	96. HRDSI
0.0425,	97. HRDSS
0.,	98. HRD01
0.0055,	99. HRD020
0.0355,	100. HRD03
0.0425,	101. HRD04
0.0425,	102. HRD05
0.0425,	103. HRD060
0.0425,	104. HRD07
0.0425,	105. HRD080
0.0425,	106. HRD09
0.0425,	107. HRD10
0.0425,	108. HRD11
0.044,	109. HRD120
0.,	110. HR2
0.,	111. HR3
0.005,	112. HR4
0.002,	113. HS2
0.004,	114. HS3
0.004,	115. HS4
0.0692,	116. H1
0.050,	117. H2
0.,	118. IC'
2.D6,	119. J1
5.5D6,	120. J1
4.D6,	121. J1MA
1.D6,	122. J1M1
2.6D6,	123. J2
3.D7,	124. J2MA
2.D6,	125. J2M1
2.,	126. KBJ10
1.5,	127. KBJ20
1.,	128. KCBR
1.,	129. KCBS
0.2,	130. KDIM
0.93,	131. KE
4.,	132. KIP0
1.8,	133. KMK0
1.3,	134. KMP0

1156.,	33135. KO
1.8,	136. KPJ
1.5,	137. KPZ
0.,	138. KQ1
1.,	139. KQ2
0.34,	140. KS
1.,	141. KW
0.8,	142. K1
0.,	143. K1R
0.,	144. K1RR
0.901961,	145. K1S
0.17,	146. K2
0.,	147. K2R
0.,	148. K2RR
0.87745,	149. K2S
0.840.	150. L
1.36,	151. LAMDA0
5864.,	152. MN
3.,	153. M1
64.,	154. M2
5000.,	155. NCUBL
5000.,	156. NCUBP
5000.,	157. NCUIL
5000.,	158. NCUIP
5000.,	159. NCUI
5000.,	160. NFE1
5000.,	161. NFE2
0.05,	162. NKWH
24.,	163. N1
2.,	164. P
0.8D4,	165. PMEC
9.D5,	166. PN
2.D3,	167. POP
4500.	168. PSUP
2.45.	169. P0DR
2.45.	170. P0DS
2.45.	171. P0JR
2.45.	172. P0JS
472.D-6,	173. QBL
0.,	174. QBP
63.D-6,	175. QB1
3300.D-6,	176. QIL0
0.,	177. QIP0
6.,	178. Q1
5.33.	179. Q2
0.94,	180. RAN
0.586.	181. RINAH0
0.001.	182. RMM
0.43D-7.	183. ROB01
0.43D-7.	184. ROB02
0.43D-7.	185. ROB03
0.43D-7.	186. ROB04
0.43D-7.	187. ROB05
0.43D-7.	188. ROB06
0.43D-7.	189. ROB07
0.43D-7.	190. ROB08
0.43D-7.	191. ROB09
0.43D-7.	192. ROB10
0.43D-7.	193. ROB11
0.43D-7.	194. ROB12
0.43D-7.	195. ROIL
0.,	196. ROIP
0.244D-7,	197. RO1
1.,	198. SB2
640.,	199. SIGMW1
640.,	200. SIGMW2
0.0029,	201. SIGM01

0.00254,	34	202. SIGM02
0.02,		203. SN
1.D-4,		204. TGH0
1.D-4,		205. TGS10
800.,		206. U1
0.0006,		207. V01
0.,		208. V02
500.D2,		209. ZALIMA
0.01,		210. ZB

3,	1. COD
2,	2. I
0,	3. IBD00F
0,	4. IBD00I
0,	5. IBD02F
0,	6. IBD02I
0,	7. IBD08F
0,	8. IBD08I
0,	9. IBD6SF
0,	10. IBD6SI
0,	11. IB01F
0,	12. IB01I
0,	13. IB02F
0,	14. IB02I
0,	15. IB1F
0,	16. IB1I
0,	17. IB2F
0,	18. IB2I
0,	19. IC1
1,	20. IC2
0,	21. IDEXF
0,	22. IDEXI
0,	23. IDF
0,	24. IDI
0,	25. IDINF
0,	26. IDINI
0,	27. IHD11F
0,	28. IHD11I
0,	29. IHDS1F
0,	30. IHDS1I
0,	31. IHD02F
0,	32. IHD02I
0,	33. IHD08F
0,	34. IHD08I
0,	35. IHD12F
0,	36. IHD12I
0,	37. IHD61F
0,	38. IHD61I
0,	39. IIBD00
0,	40. IIBD02
0,	41. IIBD08
0,	42. IIBD6S
0,	43. IIB01
0,	44. IIB02
0,	45. IIB1
0,	46. IIB2
0,	47. IID
0,	48. IIDEX
0,	49. IIDIN
0,	50. IIBD11
0,	51. IIBDS1
0,	52. IIBD02
0,	53. IIBD08
0,	54. IIBD12
0,	55. IIBD61
0,	56. IIB1

0,	57. IIH2
0,	58. IIP
0,	59. IJI
0,	60. IJI1
0,	35 61. IJ2
0,	62. IIL
0,	63. IIMK
0,	64. IIMP
0,	65. IINEL
0,	66. IIQIL
0,	67. IIQIP
0,	68. IISB1
0,	69. IJIF
0,	70. IJII
0,	71. IJIF
0,	72. IJII
0,	73. IJ2F
0,	74. IJ2I
0,	75. ILAF
0,	76. ILAI
0,	77. IMD
0,	78. INELF
0,	79. INELI
1,	80. IORA
0,	81. IQILF
0,	82. IQILI
0,	83. IQIPF
0,	84. IQIPI
1,	85. IR
0,	86. IRII
0,	87. IRSI
0,	88. ISB1F
0,	89. ISB1I
0,	90. KDR
1,	91. KDS
800,	92. L1
810,	93. L2
500,	94. MR
10,	95. NSV
2,	96. STR
1,	97. STR2
500,	98. TH
30,	99. TI
10,	100. ZIPR
0,	101. ZIS
10,	102. ZIF

0.,23.,44.5,70.5,95.1,120.8,147.7,176.,  
204.,245.,308.,415.,580.,810.,1290.,2180.,  
3530.,6200.,11300.,19000.,29000.,43000.,60000.,80000.,  
120000.,200000.,350000.,600000.,950000.,1.5D06.  
0.,23.,44.5,70.5,95.1,120.8,147.7,176.,  
204.,245.,308.,415.,580.,810.,1290.,2180.,  
3530.,6200.,11300.,19000.,29000.,43000.,60000.,80000.,  
120000.,200000.,350000.,600000.,950000.,1.5D06.  
0.,23.,44.5,70.5,95.1,120.8,147.7,176.,  
204.,245.,308.,415.,580.,810.,1290.,2180.,  
3530.,6200.,11300.,19000.,29000.,43000.,60000.,80000.,  
120000.,200000.,350000.,600000.,950000.,1.5D06.  
0.,23.,44.5,70.5,95.1,120.8,147.7,176.,  
204.,245.,308.,415.,580.,810.,1290.,2180.,  
3530.,6200.,11300.,19000.,29000.,43000.,60000.,80000.,  
120000.,200000.,350000.,600000.,950000.,1.5D06.  
0,0,0,1,0,2,0,3,0,4,0,5,0,6,0,7,  
0,8,0,9,1,0,1,1,1,2,1,3,1,4,1,5,  
1,6,1,7,1,8,1,9,2,0,2,1,2,2,2,3,  
2,4,2,5,2,6,2,7,2,8,2,9,

V A L O R I F I N A L E  
=====

NRM 0	ZIR 1	COO 3	IR 1	JJ 0	HSV 10	STR 2	STR2 1	ALFA1 .691340+00	ALFAR .144650+00
A1 .200000+01	A2 .100000+01	B82 .000000+00	BDE .694350+00	BDEM .480030+00	BEZ1H .113350+01	BEZ10 .177690+01	BEZ2H .167610+01	BEZ20 .853880+00	BJ1 .137230+00
BJ2 .161100+01	BP1 .135470-01	BP2 .850750-01	BR4 .200000-02	BSV .100000-01	BS4 .124000-01	BZ1H .147520-01	BZ10 .915480-02	BZ2H .109970-01	BZ20 .216600-00
B01 .124000-01	B62 .130000-01	B1 .124000-01	B2 .800000-02	CC2 .414970+00	CF .455280+00	CF1 .917760+00	COST .118430+08	CS12 .000000+00	CT .599040+00
D .490000+00	DE .150000-02	DEX .780000+00	DIL .403030+00	DIN .260000+00	F1 .160000+04	F2 .180000+04	G .236850+04	GCU .341500+03	GCUB1 .766680+00
GCUBP .000000+00	GCUIL .225630+02	GCUIP .000000+00	GCUI .242270+03	GFE .202700+04	GFE1 .136830+04	GFE2 .658660+03	GJ1 .100870+04	GJ2 .388200+03	GZ1 .359640+00
G12 .270470+03	HZ1 .243600+04	HZ2 .149290+04	HJ1 .758000-01	HJ2 .635000-01	HR2 .000000+00	HR3 .000000+00	HR4 .500000-02	HS2 .260000-02	HS3 .400000-00
H54 .400000-02	H1 .692000-01	H2 .500000-01	IBL .829940+03	IBP .000000+00	IL .423370+04	ITP .000000+00	IP .311170+04	IO .192230+03	IOP .469760+01
IO1 .102120+03	I1 .426630+03	I2 .399390+03	JBL .175840+07	JBP .000000+00	JIL .126190+07	JIP .000000+00	J1 .738590+07	KAPF .169070+01	KD7 .116290+01
KDE1 .114250+01	KDE2 .191780+01	KE1 .921210+02	KEN .109220+01	KES .893620+00	KE1 .970920+00	K12 .297800+01	KR .100040+01	KRRP .000000+00	KR1 .424650+01
KS .252360+00	KUENTR .000000+00	KUENTS .625000+00	KU2 .443310+02	KX .999960+00	KXP .000000+00	KX1 .720990+00	F1 .800000+00	KIRF .000000+00	K2 .170000-00
K2PR .900000+00	L .840000+00	MKG .213740+05	MKOM .194610+05	MN .586400+04	MP .774270+04	NC1 .720000+02	NC2 .649000+02	N1 .240000+00	N2 .500000+00
PC0 .139310+05	PC01 .752340+04	PC02 .540910+04	PF1 .109140+05	PFE01 .838950+04	PE01 .250120+04	PM+1 .800000+04	PN .499600+04	PO .411500+02	PO1 .216100-00
PF1 .256820+02	PF2 .125190+04	PE0F .456000+01	QR .172000-03	QEF .000000+00	QE1 .630000-01	Q1 .330000-02	QEP .000000+00	Q .113030-01	QA .937990-00
RM .348110+00	PP .429750-01	R1 .139610-01	R18H .852810-02	R11H .543340-02	R28HL .769970-02	R28MP .000000+00	RZ1H .142500-02	RZ1MP .000000+00	S1 .415000-00
SH .587210-02	TAU .384850+00	TAU1 .142730+00	TC1 .213800-01	TC2 .249530-01	TETA .611380+04	UE1 .772810+03	U1 .800000+03	UOE .385520+04	VJ1 .569020+00
VJ2 .725740+03	VZ1 .674270+03	VZ2 .298590+03	W .318090+08	XH .755150+01	XP .134190+00	X1 .120720+00	X2 .196970+00	ZALIN .399080+05	

## 2.2 Ridicarea caracteristicii nominale a motorului asincron

Motorul asincron trifazat cu rotorul în scurtcircuit ce echipează vehiculele feroviare lucrează în regim greu, fiind supus la solicitări complexe datorate interacțiunii dintre osia motoară și calea de rulare, la regimuri tranzitorii frecvente produse ca urmare a modificării continue a rezistențelor de înaintare a trenului

Motorul electric de tracțiune de pe aceste vehicule este în permanență în sarcină, niciodată nu funcționează în gol. Peste acestea se mai adaugă și influența condițiilor atmosferice (temperatură, umiditate).

Schema electrică simplificată a motorului asincron este prezentată în figura 2.1.

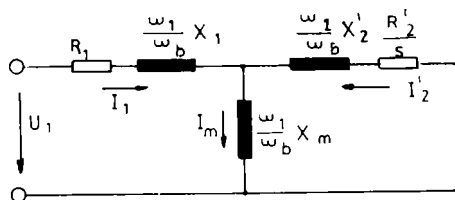


Fig. 2.1

Momentul electromagnetic al motorului asincron se calculează cu relația:

$$M_{em} = \frac{m_f p U_1^2 R_2'}{s \omega_1 \left[ \left( R_1 + c \frac{R_2'}{s} \right)^2 + \left( \frac{\omega_1}{\omega_b} \right)^2 \left( X_1 + c X_2' \right)^2 \right]} \quad [2.1]$$

unde:  $m_f$  este numărul de faze;

$p$  - numărul de perechi de poli;

$U_1$  - tensiunea pe fază statorică;

$R_1$  - rezistența pe fază la stator;

$R_2'$  - rezistența pe fază la rotor raportată la stator;

$X_1$  - reactanța de dispersie pe fază la stator;

$X_2'$  - reactanța de dispersie pe fază la rotor raportată la stator;

$c$  - constanta statorului care poate fi calculată aproximativ cu relația:

$$c = 1 + \frac{X_1}{X_m} \quad [2.2]$$

în care  $X_m$  este reactanța mutuală;

s - alunecarea ce poate fi definită astfel:

$$s = \frac{\Omega_1 - \Omega_2}{\Omega_1} = \frac{\omega_1 - \omega_2}{\omega_1} \quad [2.3]$$

unde  $\Omega_1$  este viteza unghiulară de sincronism, dedusă cu relația:

$$\Omega_1 = \frac{2\pi f_1}{p} = \frac{\omega_1}{p} \quad [2.4]$$

$\Omega_2$  - viteza unghiulară a rotorului:

$$\Omega_2 = \frac{2\pi f_2}{p} = \frac{\omega_2}{p} \quad [2.5]$$

în care:  $\omega_1$  este pulsația sincronă a statorului:

$\omega_2$  - pulsația rotorului;

$f_1$  - frecvența statorică;

$f_2$  - frecvența rotorică.

Pulsația de bază a mașinii pentru care a fost dimensionat rotorul este definită de relația:

$$\omega_b = 2\pi f_n \quad [2.6]$$

unde  $f_n$  este frecvența nominală statorică.

Pentru dimensionarea motorului frecvența nominală statorică are valoarea 50 Hz. Dacă se notează reactanța echivalentă de dispersie:

$$X = X_1 + c X_2' \quad [2.7]$$

și ținând cont că motorul este trifazat ( $m_f = 3$ ) atunci obținem:

$$Mem = \frac{3}{2\pi} \frac{p U_1^2 R_2'}{s f_1 \left[ \left( R_1 + c \frac{R_2'}{s} \right)^2 + \left( \frac{f_1}{f_n} \right)^2 X^2 \right]} \quad [2.8]$$

În cazul regimului nominal relația [2.8] devine:

$$Mem = \frac{3}{2\pi} \frac{\rho U_{ln}^2 R_2'}{s_n f_n \left[ \left( R_1 + c \frac{R_2'}{s_n} \right)^2 + X^2 \right]} \quad [2.9]$$

unde:  $f_n$  este frecvența nominală;

$s_n$  - alunecarea nominală.

Valorile extreme ale momentului se obțin prin anularea derivatei momentului în raport cu alunecarea:

$$\frac{dMem}{ds} = 0 \quad [2.10]$$

de unde se obține alunecarea critică:

$$s_k = \pm \frac{cR_2'}{\sqrt{R_1^2 + \left( \frac{f_1}{f_n} \right)^2 X^2}} \quad [2.11]$$

Pentru regimul nominal ( $f_1=f_n$ ), alunecarea critică devine:

$$s_k = \pm \frac{cR_2'}{\sqrt{R_1^2 + X^2}} \quad [2.12]$$

Rezultă că momentul maxim corespunzător alunecării critice, care poartă denumirea de moment critic, are expresia:

$$Mk = \frac{3}{4\pi} \frac{\rho U_1^2}{f_1 \left[ R_1 + \sqrt{R_1^2 + \left( \frac{f_1}{f_n} \right)^2 X^2} \right]} \quad [2.13]$$

iar pentru regimul nominal ( $f_1=f_n$ ):

$$Mkn = \frac{3}{4\pi} \frac{\rho U_{ln}^2}{f_n \left[ R_1 + \sqrt{R_1^2 + X^2} \right]} \quad [2.14]$$

După cum se vede, valoarea maximă a momentului electromagnetic nu depinde de valoarea rezistenței circuitului rotoric  $R_2'$ , dar alunecarea critică este direct proporțională cu această rezistență.



Pentru valori ale alunecării cuprinse între -1 și 1, se calculează momentul electromagnetic după relația:

$$M_{ei} = \frac{3}{2\pi} \frac{p U_{ln}^2 R_2'}{\left[ \left( R_1 + c \frac{R_2'}{S_i} \right)^2 + X^2 \right]} \quad [2.15]$$

În figura 2.2 este prezentată caracteristica moment electromagnetic funcție de alunecare  $M_{em}(s)$ .

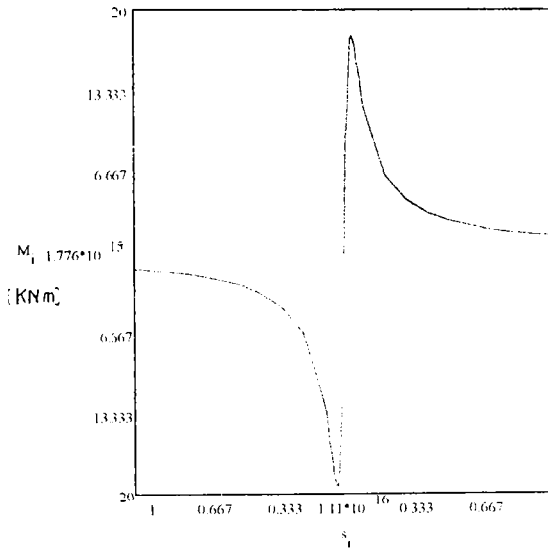


Fig. 2.2

În tracțiunea feroviară interesează în mod deosebit caracteristica mecanică adică dependența momentului de turația motorului. Pentru aceasta, dacă se ține cont de expresia alunecării funcție de turație:

$$s = \frac{n_s - n_m}{n_s} \quad [2.16]$$

unde:  $n_m$  este turația motorului;

$n_s$ , turația de sincronism, care se calculează cu relația:

$$n_s = 60 \frac{f_n}{p} \quad [2.17]$$

în care:  $f_n$  este frecvența nominală;

$p$  - numărul de perechi de poli,  
atunci cu relația [2.15] se determină momentul electromagnetic funcție de turație,  $M_{em}(n_m)$  care este prezentată în figura 2.3.

Analizând caracteristicile de mai sus reprezentate rezultă că:

- pentru alunecări negative  $-1 < s < 0$ , funcționarea corespunde regimului de generator;

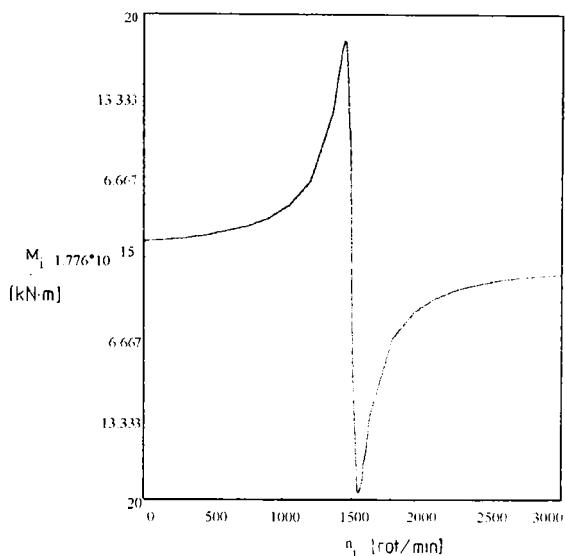


Fig. 2.3

- pentru alunecări pozitive  $0 < s < 1$ , funcționarea corespunde regimului de motor, regim ce va fi studiat în capitolele următoare.

Porțiunea caracteristicii mecanice cuprinsă între turația de sincronism (moment nul) și turația critică (moment maxim) corespunde unei funcționări stabile a motorului deoarece o dată cu creșterea momentului crește alunecarea și se reduce corespunzător turația.

Această porțiune de caracteristică este asemănătoare cu caracteristica motorului de curent continuu cu excitație independentă, adică este o caracteristică rigidă.

Porțiunea cuprinsă între alunecarea critică  $s = s_k$  și alunecare  $s = 1$  corespunde unei funcționări instabile și nu poate fi folosită pentru tracțiunea feroviară.

În Anexa1 este prezentat programul de calcul în limbaj Turbo Pascal pentru ridicarea caracteristicii nominale a motorului asincron.

### 2.3 Alegere raportului $M_k/M_n$ pentru motorul asincron utilizat în tracțiunea feroviară

Raportul dintre momentul maxim și momentul nominal indică posibilitatea de supraîncărcare a motorului asincron.

Alegerea acestui raport, pentru tracțiunea feroviară, este foarte importantă deoarece în urma studiilor făcute s-a ajuns la concluzia că la viteza maximă de circulație a vehiculului feroviar (ceea ce îi corespunde o frecvență maximă) există posibilitatea ca momentul dezvoltat de motor să nu se intersecteze cu hiperbola de putere constantă dacă raportul  $M_k/M_n$  nu este suficient de mare.

Acest fapt pune în pericol regimul de funcționare stabilă al motorului.

Presupunem că avem un motor cu acest raport mic, și astfel dimensionat încât la turația  $n_1$  poate da momentul maxim permis de aderență. Dacă motorul funcționează cu o turație care crește, sub tensiunea  $U$  constantă, momentul critic variază invers proporțional cu pătratul turației (vezi figura 2.4).

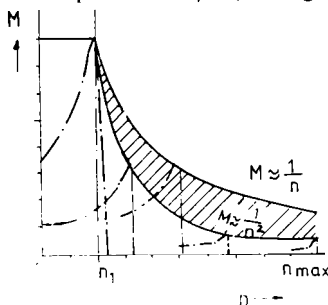


Fig. 2.4

Pe această porțiune de viteze, momentul trebuie să varieze invers proporțional cu turația. Pe figura 2.4 partea hașurată arată cu cât momentul motorului scade prea mult față de hiperbola de putere constantă. În acest caz rezultă că nu se poate realiza variația necesară a momentului. Pentru a putea folosi totuși acest motor în tracțiunea feroviară trebuie stabilită o altă lege de variație a tensiunii, mai precis aceasta să crească continuu până ce turația atinge valoarea maximă (vezi figura 2.5).

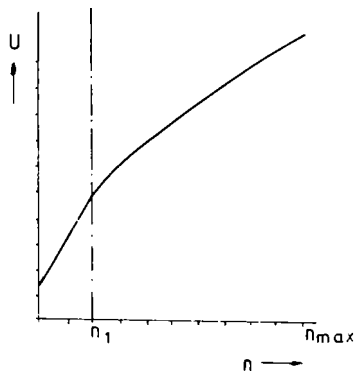


Fig. 2.5

În cazul în care motorul asincron are un raport  $M_k/M_n$  destul de mare (3...5), atunci momentul dezvoltat de motor nu scade sub valoarea cerută de hiperbola de putere constantă la viteza maximă a vehiculului feroviar ( vezi figura 2.6a). Variația tensiunii este prezentată în figura 2.6 b.

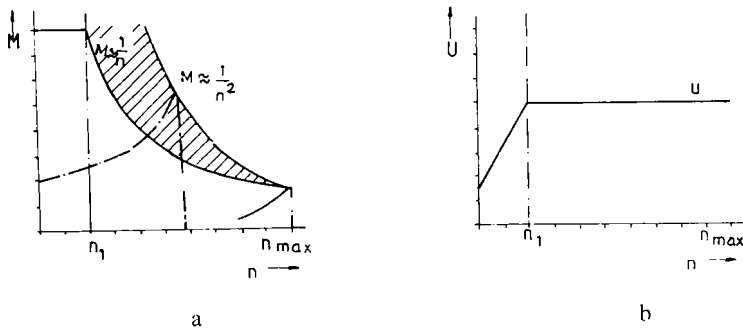


Fig. 2.6

În consecință se impune studiul caracteristicilor mecanice pentru fiecare motor în parte și astfel se poate stabili valoarea optimă a acestui raport în funcție de viteza maximă constructivă a vehiculului feroviar și de coeficientul de viteză.

#### 2.4 Alegerea datelor constructive și funcționale ale locomotivei

Cu asemenea motoare calculate în paragraful anterior considerăm că vom

echipa osiile unei locomotive de călători de tip Bo-Bo, pentru care considerăm:

- viteza maximă constructivă  $V_{\max} = 200 \text{ km/h}$ ;
- numărul osiilor motoare  $n_m = 4$ ;
- diametrul roților  $D = 1.250 \text{ m}$ ;
- raportul de transmitere  $i_r = 32:101 = 3.15625$ ;
- coeficientul de viteză, definit de relația:

$$C_v = \frac{V_{\max}}{V_n} = 1.7...2 \quad [2.18]$$

unde:  $V_{\max}$  este viteza maximă constructivă a locomotivei;

$V_n$  - viteza locomotivei în punctul de trecere pe curba de putere constantă, care se calculează astfel:

$$V_n = 3.6 \frac{\pi D}{i_r} \frac{f_n}{p} (1 - s_n) = 110 \text{ km/h} \quad [2.19]$$

în care:  $f_n$  este frecvența nominală;

$p$  - numărul de perechi de poli ai motorului;

$s_n$  - alunecarea nominală a motorului.

Rezultă un coeficient de viteză:

$$C_v = \frac{V_{\max}}{V_n} = 1.815 \quad [2.20]$$

Cu astfel de date constructive pentru viitoarea locomotivă de călători, putem calcula frecvența maximă cu relația:

$$f_{\max} = \frac{V_{\max} i_r p}{3.6 \pi l (1 - s_n)} \cong 90 \text{ Hz} \quad [2.21]$$

Având toate aceste mărimi constructive ale motorului de tracțiune și locomotivei putem să ridicăm caracteristicile de tracțiune ale locomotivei și să determinăm condițiile ce trebuie să le îndeplinească motorul pentru a corespunde tracțiunii feroviare.

### 2.5 Reglarea în regim de demaraj la moment constant

În ce privește conducerea trenurilor pe cale o problemă importantă o constituie demarajul, când locomotiva trebuie să dezvolte forța maximă de tracțiune

la obadă. Demarajul este considerat regimul în care vehiculul feroviar trece din starea de repaus până pe caracteristica de putere constantă, când locomotiva atinge viteza  $V_n$ .

Pentru funcționarea motorului asincron la moment constant este necesar să se mențină constant fluxul magnetic, adică:

$$\frac{U}{f} = k\phi = const \quad [2.22]$$

Trăbuie menționat faptul că în perioada demarajului: datorită influenței rezistenței statorice, raportul  $U/f$  se menține constant doar la frecvențe apropiate de cea nominală.

Pentru menținerea constantă a momentului, în regim de demaraj, se procedează astfel:

- se cunoaște valoarea momentului critic  $M_{kn}$  la regimul nominal, conform expresiei [2.14];

- pe toată perioada demarajului când frecvența variază între valorile  $f_i = [1 \dots 50]$  Hz, momentele critice trebuie să aibă valoarea momentului critic de la regimul nominal, adică:

$$M_{ki} = M_{kn} \quad [2.23]$$

- din relația [2.13] pentru orice frecvență  $f_i = [1 \dots 50]$  se determină tensiunile de alimentare cu relația:

$$U_{li} = \sqrt{\frac{4\pi}{3p} M_{kn} f_i (R_1 + \sqrt{R_1^2 + \alpha_i^2 X^2})} \quad [2.24]$$

în care:

$$\alpha_i = \frac{f_i}{f_n} \quad [2.25]$$

unde :  $f_i$  este frecvența curentă;

$f_n$  -frecvența nominală.

În acest caz, tensiunea crește până la valoarea nominală, moment în care și frecvența a ajuns la valoarea ei nominală.

Calculând apoi raportul:

$$k_i = \frac{U_{li}}{f_i} \quad [2.26]$$

se va observa că acesta nu este constant, ci variază puternic în zona frecvențelor mici apoi se menține aproximativ constant în apropierea frecvenței nominale (vezi figura 2.10).

Cu perechile de valori  $(U_{li}, f_i)$  astfel calculate, s-au determinat variațiile corespunzătoare ale momentelor electromagnetice funcție de alunecare cu relația:

$$M_{emi} = \frac{3}{2\pi} \frac{p U_{li}^2 R_2}{s_i f_i \left[ \left( R_1 + \frac{R_2}{s_i} \right)^2 + \left( \frac{f_i}{f_n} \right)^2 X^2 \right]} \quad [2.27]$$

Turațiile de sincronism se calculează cu relația:

$$n_s = 60 \frac{f_i}{p} \quad [2.28]$$

Deoarece pentru tracțiunea feroviară interesează mai mult caracteristica mecanică, atunci se ține cont de relația :

$$n_i = (1 - s_i) n_s \quad [2.29]$$

unde  $s_i = \{0 \dots 1\}$ , și se obțin momentele electromagnetice funcție de turația motorului  $M_{emi}(n_i)$  (vezi figura 2.7).

Pentru determinarea momentelor utile, momente care se transmit atacului de osie, este necesar să se țină seama de pierderile mecanice și prin ventilație care se calculează cu relația:

$$P_{mi} = 0.65 \left( \frac{n_i}{1000} \right)^2 \left( \frac{D_c}{10} \right)^4 \quad [2.30]$$

unde:  $n_i$  este turația motorului;

$D_c$ - diametrul exterior al motorului.

Deci pentru determinarea momentelor utile se vor scădea momentele pierderilor mecanice și prin ventilație din momentele electromagnetice, conform relației următoare:

$$M_{ui} = M_{emi} - \frac{30}{\pi n_i} P_{mi} \quad [2.31]$$

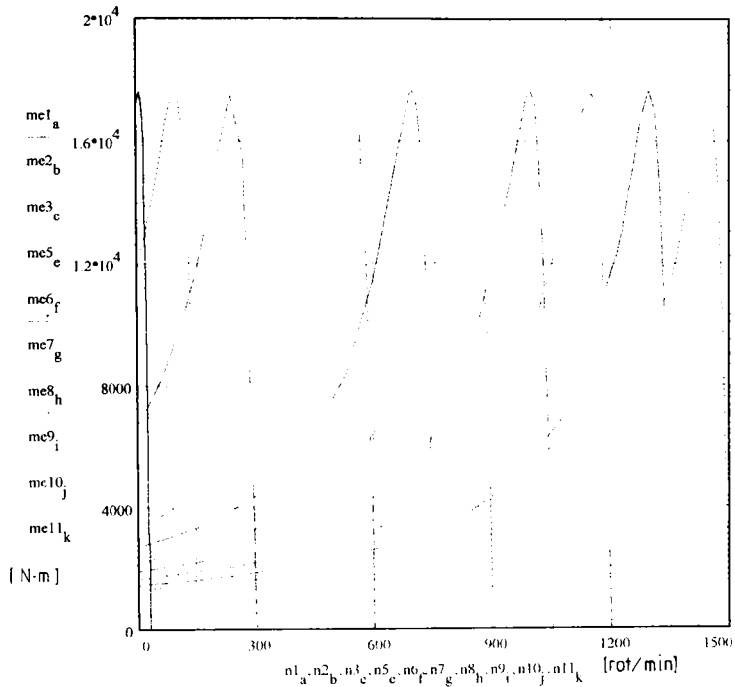


Fig. 2.7

În figura 2.8 sunt reprezentate caracteristicile mecanice  $M_u(n)$  pentru motorul asincron la reglarea în regim de demaraj.

În continuare sunt prezentate valorile tensiunii și a raportului  $k_i$  pentru frecvențele luate în considerare:

$f_r$ $\omega$
1
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50

$k_i$ $\omega$
33.171
19.166
17.285
15.679
16.382
16.205
16.089
16.006
15.944
15.896
15.857

$U_u$
33.171
95.828
172.849
250.187
327.636
405.135
482.66
560.201
637.751
715.308
792.87



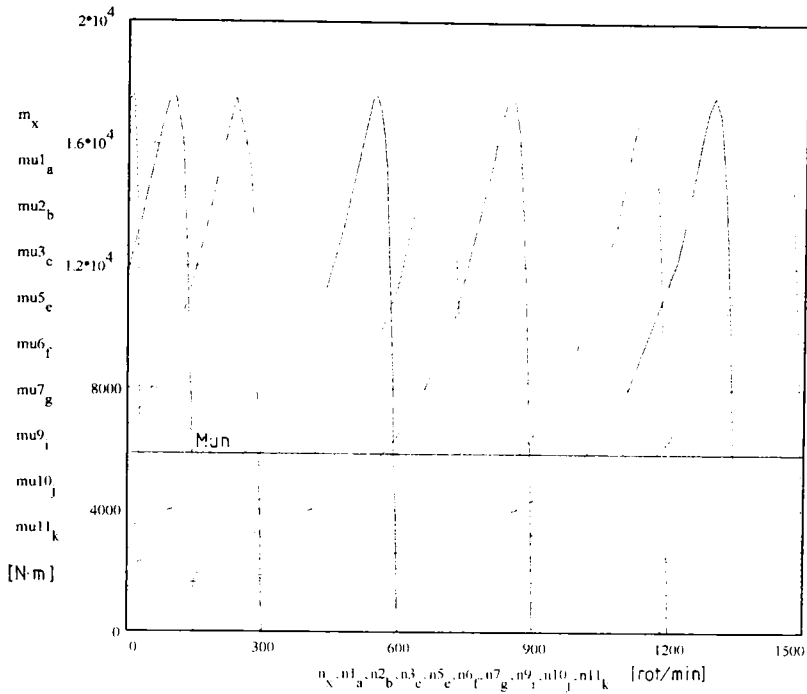


Fig. 2.8

Variațiile tensiunii și a raportului  $k_i$  funcție de frecvență sunt reprezentate în figurile 2.9 și 2.10 unde se observă că tensiunea nu crește liniar cu frecvența, ci într-un raport care variază cu creșterea frecvenței, mai exact acest raport scade pe măsură ce crește frecvența.

Corespunzător valorii momentului nominal al motorului, pentru fiecare caracteristică mecanică ridicată (vezi figura 2.8) se determină turațiile corespunzătoare și deci se pot determina alunecările motorului deci încărcarea sa.

În figura 2.11 este prezentată legea de variație a alunecării funcție de turația motorului, observându-se că încărcarea (alunecarea) motorului scade pe măsură ce turația crește.

$Mu_i$	$a_i$	$n_i$
5868.447	0.07829	27.6512
5868.447	0.04393	143.40986
5868.4467	0.02608	292.1746
5868.4469	0.0184	441.71993
5868.44695	0.01419	591.48443
5868.44697	0.01159	741.33951
5868.44698	0.00973	891.24052
5868.44699	0.00841	1041.1679
5868.44699	0.00741	1191.11204
5868.44699	0.00662	1341.0672
5868.44699	0.00587	1491.195

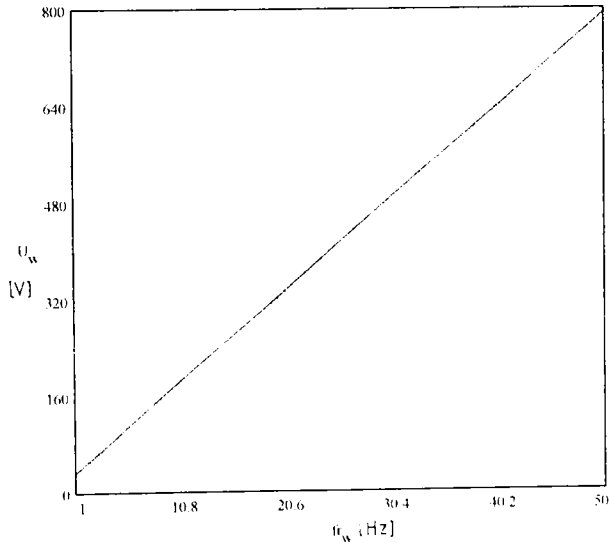


Fig.2.9

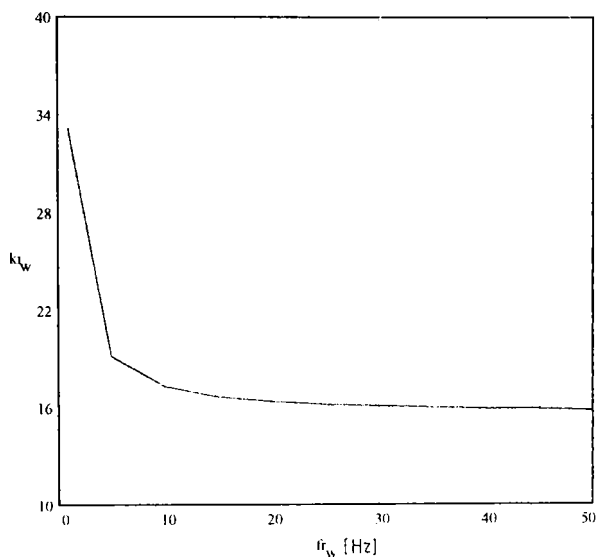


Fig. 2.10

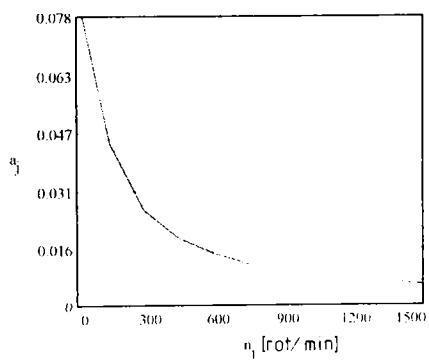


Fig.2.11

În Anexa 1 este prezentat programul de calcul în limbaj Turbo Pascal pentru simularea reglării motorului asincron trifazat la moment constant și determinarea condițiilor impuse de demaraj.

## 2.6 Reglarea la putere constantă

După ce tensiunea și frecvența au atins valorile lor nominale, reglarea continuă prin creșterea frecvenței de alimentare a motorului asincron până la valoarea sa maximă, calculată în paragraful [2.4], corespunzătoare vitezei maxime constructive a locomotivei de 200 Km/h.

La creșterea frecvenței are loc slăbirea fluxului în motor.

Momentele electromagnetice pentru diferite frecvențe  $f_i = [f_n \dots f_{\max}]$  și alunecări  $s_i = [0 \dots 1]$  se calculează cu momentele electromagnetice cu următoarea relație:

$$M_{em} = \frac{3}{2\pi} \frac{p U_{1n}^2 R_2}{s_i f_i \left[ \left( R_1 + c \frac{R_2}{s_i} \right)^2 + \left( \frac{f_i}{f_n} \right)^2 X^2 \right]} \quad [2.32]$$

unde:  $U_{1n}$  este tensiunea nominală pe fază;

$f_i$  - frecvența curentă;

Deoarece în tracțiunea feroviară interesează caracteristica mecanică, adică variația momentului funcție de turație, atunci pentru relația [2.32] se ține seama de următoarea relație:

$$n_i = (1 - s_i) n_{si} \quad [2.33]$$

în care:  $s_i$  este alunecarea curentă;

$n_{si}$  - turația de sincronism, care se calculează cu relația:

$$n_{si} = 60 \frac{f_i}{p} \quad [2.34]$$

unde  $f_i$  este frecvența de lucru.

În figura 2.12 sunt reprezentate momente electromagnetice funcție de turația motorului la reglare prin slăbirea fluxului, caracteristici ale căror maxime scad cu creșterea frecvenței.

Deoarece în tracțiunea feroviară interesează momentele utile dezvoltate de motor, acestea se calculează din momentele electromagnetice scăzând momentul corespunzător pierderilor mecanice și prin ventilație, conform relației:

$$M_{ui} = M_{emi} - \frac{30}{\pi n_i} P_{mi} \quad [2.35]$$

în care:  $n_i$  este turația curentă a motorului;

$P_{mi}$  - pierderile mecanice și prin ventilație calculate cu relația [2.30] din paragraful anterior.

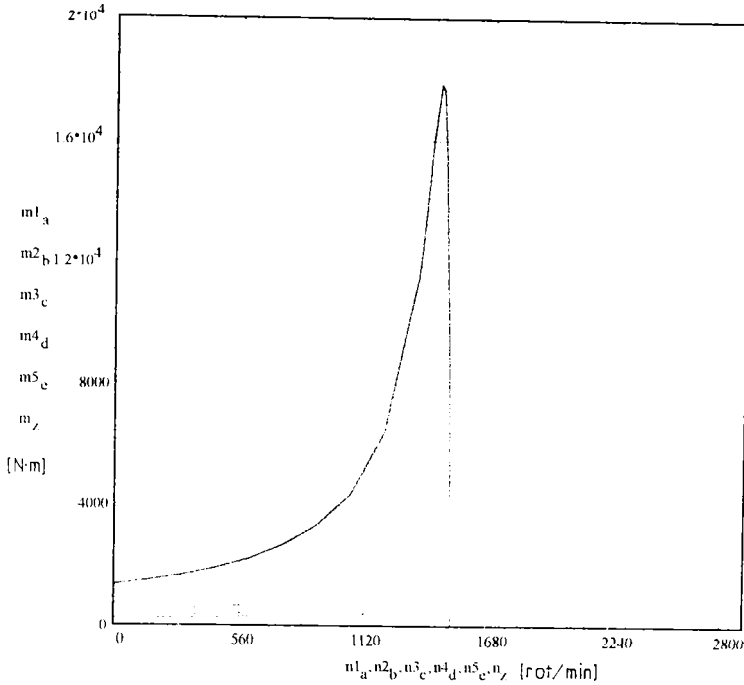


Fig. 2.12

Caracteristicile mecanice  $M_u(n)$  sunt reprezentate în figura 2.13.

Peste caracteristicile mecanice  $M_u(n)$  se suprapune hiperbola de putere constantă exprimată cu relația:

$$M_{\tau} = \frac{310^4}{\pi n_x} P_n \quad [2.36]$$

unde  $n_x$  este o turație de lucru a motorului;

$P_n$  - puterea nominală a motorului.

Din intersecțiile hiperbolei de putere constantă și caracteristicile mecanice  $M_n(n)$  se pot determina momentele utile dezvoltate de motor la putere constantă precum și

legea de variație a alunecării (a încărcării motorului) funcție de turație (vezi figura 2.14)

$s_i$	$n_i$	$Mu_i$
0.00587	1491.195	5824.6247
0.00591	1789.35445	4854.28699
0.00603	2087.34599	4161.28392
0.00616	2385.20473	3641.63291
0.00634	2682.88752	3237.57146

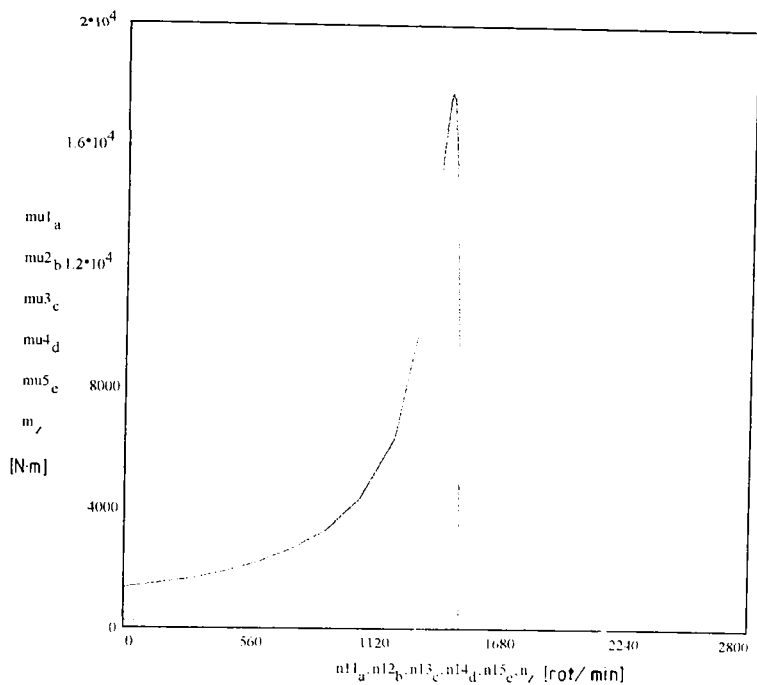


Fig. 2.13

De remarcat faptul că la reglarea pe putere constantă odată cu creșterea frecvenței deci a vitezei de circulație, momentele utile dezvoltate de motor scad evident și încărcarea motorului evidențiată de alunecare crește (vezi figura 2.14)

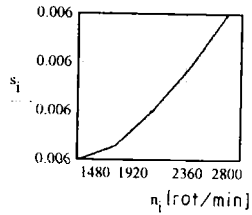


Fig. 2.14

În figurile 2.15 și 2.16 sunt reprezentate variația tensiunii de alimentare respectiv a raportului  $k=U/f$  funcție de frecvență. Deci tensiunea a rămas constantă la valoarea nominală, frecvența crește de la valoarea nominală la cea maximă iar raportul lor scade evident.

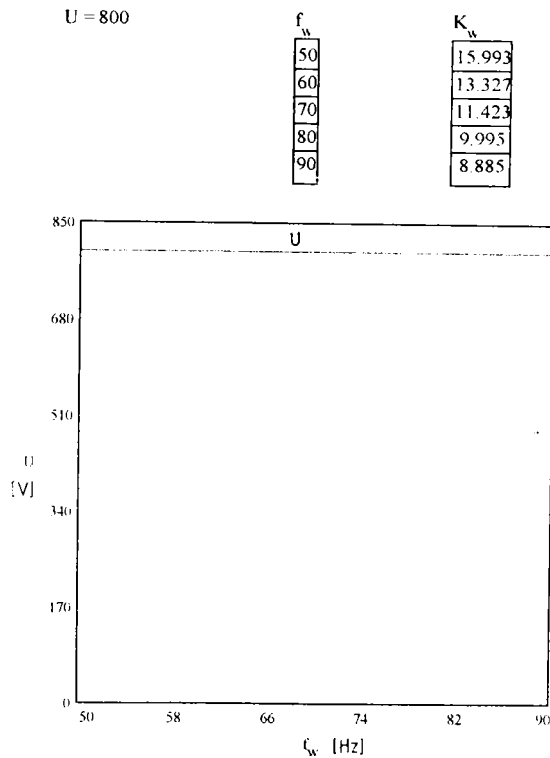


Fig. 2.15

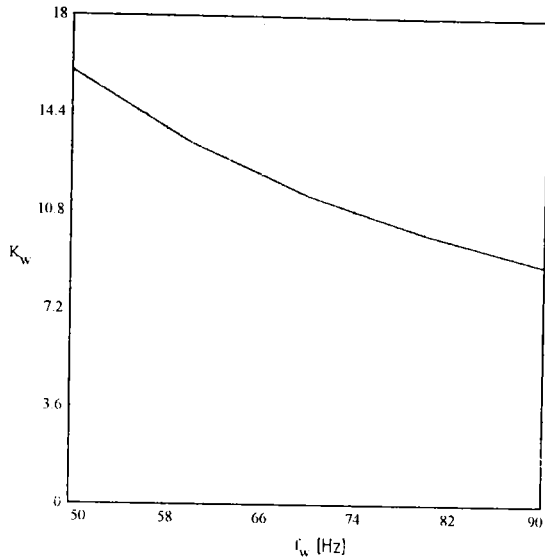


Fig. 2.16

În Anexa I este prezentat programul în limbaj Turbo Pascal de simulare a reglării motorului asincron trifazat la putere constantă.

### 2.7 Reglarea în regim de demaraj după aderență

Dacă demarajul are loc la limita de aderență, pentru o osie motoare, se poate scrie următoarea relație:

$$F_{on} = F_a = \mu(V) G_a \quad [2.37]$$

unde:  $F_{on}$  - forța de tracțiune nominală;

$F_a$  - forța de aderență;

$G_a$  - greutatea de aderență a osiei;

$\mu(V)$  - coeficientul de aderență roată-șină, pe care l-am considerat după relația lui Curtius și Kniffler:

$$\mu = 0.333 \frac{8 + 0.1V}{8 + 0.2V} \quad [2.38]$$

în care  $V$  este viteza de circulație în Km/h.



Forța de tracțiune dezvoltată de osia motoare, în cazul regimului nominal, se poate calcula astfel:

$$F_{om} = \frac{2}{D} \eta_{ir} i_{ir} M_{un} \quad [2.39]$$

unde:  $D$  este diametrul roții;

$\eta_{ir}$  - randamentul atacului de osie;

$i_{ir}$  - raportul de transmitere;

$M_{un}$  - momentul util nominal dezvoltat de motor.

Din relația [2.37] se determină greutatea de aderență pe osie:

$$G_a = \frac{F_{om}}{\mu(V)} \quad [2.40]$$

Ținând seama de relațiile [2.39] , [2.40] rezultă expresia momentului util funcție de variația coeficientului de aderență și turația motorului:

$$M_{un} = 0.333 \frac{D}{2} \frac{G_a}{\eta_{ir} i_{ir}} \frac{8 + 0.1V_i}{8 + 0.2V_i} \quad [2.41]$$

în care viteza de circulație funcție de turația motorului are expresia:

$$V_i = 0.1885 \frac{D}{i_{ir}} n_i \quad [2.42]$$

Intersecția dintre curba  $M_u(n)$  determinată cu relația [2.41] și caracteristicile motorului la reglarea în regim de demaraj (ridicate în paragraful 2.5) rezultă încărcarea motorului (alunecările) la reglarea după aderență (vezi figurile 2.17 și 2.18).

După analiza figurii 2.18, rezultă că la demaraj încărcarea motorului de tracțiune este mare (alunecarea are valori mari) iar pe măsură ce turația motorului crește (viteza de circulație crește) încărcarea motorului începe să scadă.

sa.	na.
0.1343	25.9714
0.0651	140.2391
0.0345	289.6425
0.0226	439.8376
0.0165	590.1158
0.0128	740.3744
0.0104	890.598
0.0088	1.040810 <sup>3</sup>
0.0077	1.041910 <sup>3</sup>
0.0066	1.341110 <sup>3</sup>
0.0059	1.491210 <sup>3</sup>

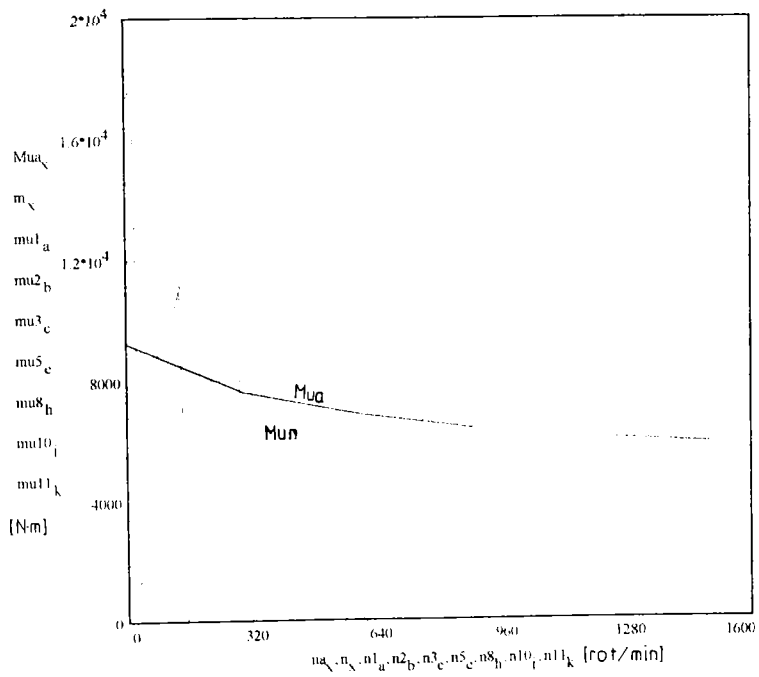


Fig.2.17

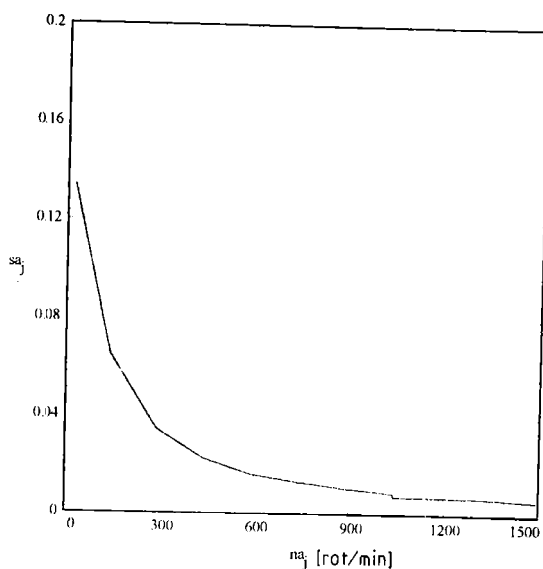


Fig. 2.18

În Anexa 1 este prezentat programul de simulare pe calculator a reglării după aderență.

### 2.8 Regimul de pornire

Pentru pornirea vehiculelor feroviare motoare în orice condiții determinate de exploatarea căilor ferate, este necesar ca acestea să dispună de o serie de caracteristici de pornire, astfel încât să poată demara trenuri cu tonaje cuprinse între tonajul maxim și tonajul unui singur vagon, iar în unele situații vehiculul motor să poată circula și izolat.

Ecuția care satisface cele de mai sus este:

$$F_o = G_l(r_l + r_i + r_{al}) + G_v(r_v + r_i + r_{al}) \quad [2.43]$$

unde:  $F_o$  - este forța de tracțiune a locomotivei la obadă;

$G_l$  - greutatea locomotivei;

$G_v$  - greutatea convoiului de vagoane remorcat;

$r_l$  - rezistența specifică la rulare a locomotivei ;

- $r_v$  - rezistența specifică la rulare a vagoanelor;  
 $r_{al}$  - rezistența specifică la accelerare a locomotivei;  
 $r_{av}$  - rezistența specifică la accelerare a vagoanelor;  
 $r_i$  - rezistența specifică datorită rampei.

Rezistența specifică la rulare se determină cu relațiile:

- pentru locomotivă:

$$r_l = 1.8 + 0.0012V^2 \quad [2.44]$$

- pentru vagoane de marfă cu încărcătură medie:

$$r_v = 2 + \frac{V^2}{2000} \quad [2.45]$$

unde  $V$  este viteza de rulare în km/h.

Relațiile precedente pentru calculul rezistențelor specifice la rulare pentru locomotivă respectiv pentru vagoane dau valori corespunzătoare pentru  $V \geq 8$  km/h. Pentru  $V \approx 0$  km/h valorile obținute cu relațiile anterioare sunt mici față de rezistențele specifice care se întâmpină la pornire. În momentul desprinderii trenului și până când ansamblul trenului se pune în mișcare rezistența are o valoare sensibil mai ridicată. Rezistența la rulare mai mare în momentul desprinderii trenului este în legătură directă cu: timpul de staționare, felul lagărelor osiilor, temperatura mediului exterior, modul în care se află aparatele ciocnire și tracțiune.

Rezistența specifică la accelerare se determină cu relația:

$$r_a = \frac{1000}{9.81} a(1 + c) \quad [2.46]$$

unde:  $a$  este accelerația ;

$c$  - coeficient de majorare, care ține seama de masele în mișcare de rotație;

$c = 0.03 - 0.1$  pentru vagoane;

$c = 0.15 - 0.3$  pentru locomotivele electrice.

Rezultă pentru locomotiva electrică:

$$r_{al} = \frac{1000}{9.81} a(1 + 0.3) = 132a \quad [2.47]$$

Din literatura de specialitate, pentru regimul când locomotiva electrică  $B_n-B_v$  de 84 tone circulă izolat în palier, considerând accelerația  $a = 0.4 - 0.6$  m/s<sup>2</sup>, forța de tracțiune este:

$$F_0 = G_L (r_L + 132a) \approx 59220 \text{ N} \quad [2.48]$$

Acesteia îi corespunde un moment util pe motor de 2 960 Nm.

Forța de tracțiune limitată de aderență, în cazul acestei locomotive, va fi:

$$F_a = \mu G_a = 0.333 G_L \approx 280000 \text{ N} \quad [2.49]$$

căreia îi corespunde unui moment util pe motor de 14 000 Nm.

În cazul locomotivelor electrice cu motoare asincrone pornirea trebuie să aibă loc la o forță de tracțiune mai mică sau la limită, egală cu forța de tracțiune corespunzătoare momentului critic, dar mai mare decât rezistența de înaintare. Deci motoarele asincrone să funcționeze pe partea stabilă a caracteristicii de tracțiune.

Valoarea frecvenței de pornire trebuie să fie cât mai mică, dar la frecvențe foarte mici apar pulsații ale momentului motor. Din literatura de specialitate, pornirea acestor locomotive se face la o frecvență în jurul valorii de 0.6 Hz.

Impunând frecvența de pornire se poate determina tensiunea corespunzătoare pornirii cu relația:

$$U_p = \sqrt{\frac{4\pi}{3p} f_p \left( R_1 + \sqrt{R_1^2 + \left( \frac{f_p}{f_n} \right)^2 X^2} \right) M_s} \quad [2.50]$$

ale cărei valori sunt( pentru o frecvență de pornire de 0.6Hz):

- pentru locomotiva izolată  $U_{p1} = 10.5 \text{ V}$ ;
- la funcționarea după aderență  $U_{pa} = 22.5 \text{ V}$ .

În funcție de tonajul convoiului de vagoane, domeniul de reglaj al tensiunii pe faza motorului este  $[U_{p1} - U_{pa}]$ .

În figura 2.19 s-au reprezentat caracteristicile de pornire (apropiere) pentru patru tensiuni ( 10.5 V; 14.5V; 18.5V; 22.5V).

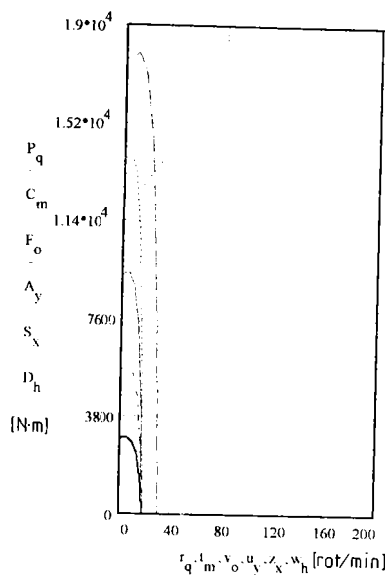


Fig. 2.19

Instalația de comandă de pe locomotivă are posibilitatea modificării continue a tensiunii și deci se pot realiza multe caracteristici de pornire, ceea ce duce la un demaraj fără salturi ale forței de tracțiune.

## CAPITOLUL III

### CONDIȚIILE IMPUSE MOTOARELOR ASINCRONE IN REGIM DE TRACTIUNE LA VEhicULELE FERoviARE

#### 3.1 Calculul factorului de putere

Pentru un regim de funcționare dat, este util să se determine variația factorului de putere funcție de alunecare (de încărcarea motorului).

Stabilirea unei relații de calcul se face pornind de la schema echivalentă în T a motorului asincron, care este prezentată în figura 3.1.

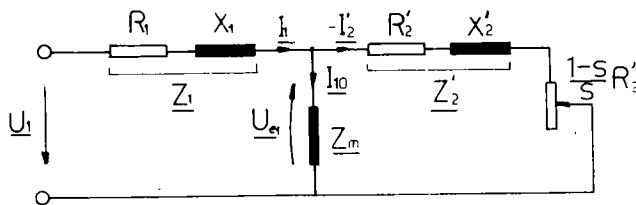


Fig. 3.1

Impedanța echivalentă are expresia:

$$\underline{Z}_c = \underline{Z}_1 + \frac{\underline{Z}_m \underline{Z}_2}{\underline{Z}_m + \underline{Z}_2} \quad [3.1]$$

Deoarece curenții și tensiunile variază sinusoidal în raport cu timpul, ecuațiile pot fi scrise în mărimi complexe:

$$\underline{Z}_1 = R_1 + j X_1 \quad [3.2]$$

$$\underline{Z}_2 = \frac{R_2}{s} + j X_2 \quad [3.3]$$

$$\underline{Z}_m = j X_m \quad [3.4]$$

Din relațiile anterioare se poate scrie:

$$\underline{Z}_m \underline{Z}_2 \approx j X_m \left( \frac{R_2}{s} + j X_2 \right) = - X_m X_2 + j X_m \frac{R_2}{s} \quad [3.5]$$

$$\underline{Z}_m + \underline{Z}_2 \approx \frac{R_2}{s} + j (X_m + X_2) \quad [3.6]$$

Rezultă, după efectuarea calculelor.

$$\frac{\underline{Z}_m \underline{Z}_2}{\underline{Z}_m + \underline{Z}_2} = \frac{X_m^2 \frac{R_2}{s}}{\left( \frac{R_2}{s} \right)^2 + (X_m + X_2)^2} + j \frac{X_m \left[ \left( \frac{R_2}{s} \right)^2 + X_2 (X_m + X_2) \right]}{\left( \frac{R_2}{s} \right)^2 + (X_m + X_2)^2} \quad [3.7]$$

Facem următoarele notații:

$$A(s) = \frac{X_m^2 \frac{R_2}{s}}{\left( \frac{R_2}{s} \right)^2 + (X_m + X_2)^2} \quad [3.8]$$

$$B(s) = \frac{X_m \left[ \left( \frac{R_2}{s} \right)^2 + X_2 (X_m + X_2) \right]}{\left( \frac{R_2}{s} \right)^2 + (X_m + X_2)^2} \quad [3.9]$$

Deci, impedanța echivalentă exprimată în funcție de alunecare va avea expresia:

$$\underline{Z}_e = R_1 + A(s) + j(B(s) + X_1) \quad [3.10]$$

Din triunghiul impedanțelor rezultă expresia factorului de putere în funcție de alunecare:



$$\cos \rho = \frac{R_1 + A(s)}{\sqrt{(R_1 + A(s))^2 + (B(s) + X_1)^2}} \quad [3.11]$$

De reținut faptul că în relația [3.11] reactanțele, pentru diferite frecvențe  $f_i$ , au expresiile:

$$X_{1i} = 2\pi f_i L_1 \quad [3.12]$$

$$X_{2i} = 2\pi f_i L_2 \quad [3.13]$$

$$X_{mi} = 2\pi f_i L_m \quad [3.14]$$

în care inductivitățile respective sunt de forma:

$$L_1 = \frac{X_1}{2\pi f_n} \quad [3.15]$$

$$L_2 = \frac{X_2}{2\pi f_n} \quad [3.16]$$

$$L_m = \frac{X_m}{2\pi f_n} \quad [3.17]$$

unde:  $X_1$  este reactanța statorului;

$X_2$  - reactanța rotorului raportată la stator;

$X_m$  - reactanța mutuală totală;

$f_n$  - frecvența nominală.

Inductivitățile  $L_1$ ,  $L_2$ , și  $L_m$  nu sunt riguros determinate, deoarece în decursul reglării aceste inductivități nu sunt absolut constante.

Cu relația [3.11] se poate determina factorul de putere pentru tot domeniul de turație al motorului, deoarece din capitolul II (vezi figurile 2.11, 2.14, 2.18) se cunoaște legea de variație a alunecării iar relația amintită depinde de alunecare.

Pentru reglarea după moment constant și putere constantă variația factorului de putere funcție de turația motorului este prezentată în figura 3.2.

Se observă că factorul de putere crește puternic în domeniul turațiilor mici ale motorului, apoi se păstrează aproximativ constant, cu o ușoară scădere în zona turațiilor mari, când viteza locomotivei se apropie de 200 Km/h.

$\cos\phi_i$	$f_i$	$n_i$	$V_i$
0.76	1	27.651	2.064
0.913	5	143.41	10.706
0.919	10	292.174	21.811
0.92	15	441.72	32.975
0.92	20	591.484	44.155
0.92	25	741.34	55.342
0.92	30	891.24	66.533
0.92	35	1041.168	77.725
0.92	40	1191.112	88.919
0.92	45	1341.067	100.113
0.92	50	1491.195	111.32
0.92	50	1491.195	111.32
0.923	60	1789.355	133.578
0.921	70	2087.345	155.824
0.916	80	2385.204	178.06
0.908	90	2682.887	200.282

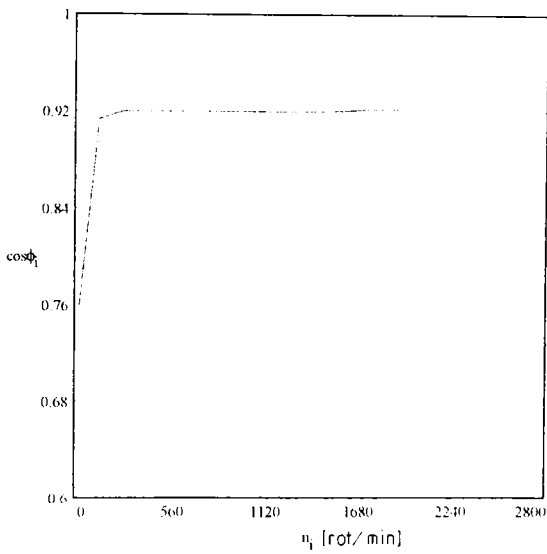


Fig. 3.2

În figura 3.3 este prezentată variația factorului de putere funcție de turația motorului pentru reglarea după aderență. Și în acest caz, factorul de putere, la

frecvențe mici deci turații mici, crește puternic chiar la valori mai mari decât în cazul precedent, urmează o scădere ușoară până la turația maximă a motorului.

$\cos\phi_i$	$f_i$	$n_i$	$v_i$
0.885	1	25.971	1.939
0.932	5	140.239	10.469
0.928	10	289.642	21.622
0.926	15	439.838	32.835
0.924	20	590.116	44.053
0.923	25	740.375	55.27
0.922	30	890.598	66.485
0.922	35	1040.788	77.697
0.921	40	1190.738	88.891
0.92	45	1341.09	100.115
0.92	50	1491.208	111.321
0.92	50	1491.195	111.32
0.923	60	1789.355	133.578
0.921	70	2087.345	155.824
0.916	80	2385.204	178.06
0.908	90	2682.887	200.282

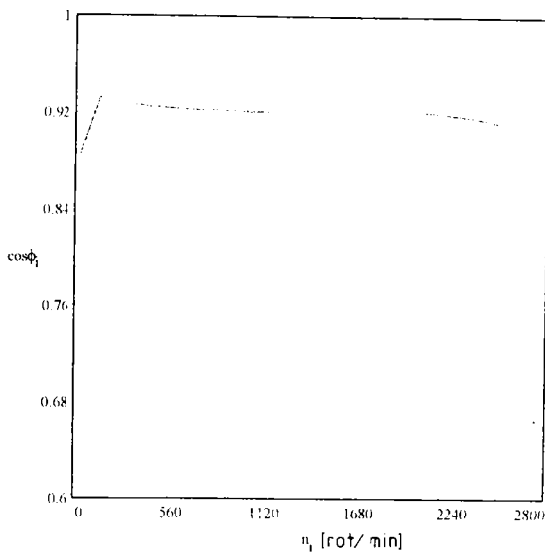


Fig. 3.3

În Anexa 2 se prezintă programele în limbaj Turbo Pascal de determinare a factorului de putere funcție de turația motorului pentru reglările prezentate.

### 3.2 Calculul curentului static și rotoric

Pentru motoarele asincrone cu rotorul în scurtcircuit înseamnă că:  $\underline{U}_2 = 0$

Folosind schema echivalentă în T a motorului asincron (vezi figura 3.1) se pot scrie sub formă simplificată ecuațiile:

$$\underline{U}_1 = \underline{Z}_1 \underline{I}_1 + \underline{Z}_m \underline{I}_{10} \quad [3.18]$$

$$\underline{Z}_2 \underline{I}_2 + \underline{Z}_m \underline{I}_{10} = 0 \quad [3.19]$$

$$\underline{I}_{10} = \underline{I}_1 + \underline{I}_2 \quad [3.20]$$

Efectuând calculele, rezultă că:

$$\underline{U}_1 = \underline{Z}_1 \underline{I}_1 + \underline{Z}_m \underline{I}_1 + \underline{Z}_m \underline{I}_2 = \underline{I}_1 (\underline{Z}_1 + \underline{Z}_m) + \underline{Z}_m \underline{I}_2 \quad [3.21]$$

$$\underline{Z}_2 \underline{I}_2 + \underline{Z}_m \underline{I}_1 + \underline{Z}_m \underline{I}_2 = 0 \quad [3.22]$$

$$\underline{I}_1 = - \frac{\underline{Z}_2 + \underline{Z}_m}{\underline{Z}_m} \underline{I}_2 \quad [3.23]$$

$$(\underline{Z}_2 + \underline{Z}_m) \underline{I}_2 = - \underline{Z}_m \underline{I}_1 \quad [3.24]$$

În acest caz expresia tensiunii devine:

$$\underline{U}_1 = - \frac{\underline{Z}_2 + \underline{Z}_m}{\underline{Z}_m} (\underline{Z}_1 + \underline{Z}_m) \underline{I}_2 + \underline{Z}_m \underline{I}_2 = \underline{I}_2 \left[ \underline{Z}_m - \frac{\underline{Z}_2 + \underline{Z}_m}{\underline{Z}_m} (\underline{Z}_1 + \underline{Z}_m) \right] \quad [3.25]$$

și apoi:

$$\underline{U}_1 = \underline{I}_2 \frac{-\underline{Z}_1 \underline{Z}_2 - \underline{Z}_1 \underline{Z}_m - \underline{Z}_m \underline{Z}_2}{\underline{Z}_m} = \underline{I}_2 \frac{-\underline{Z}_2 (\underline{Z}_1 + \underline{Z}_m) - \underline{Z}_1 \underline{Z}_m}{\underline{Z}_m} \quad [3.26]$$

Se notează constanta complexă:

$$\underline{C}_1 = \frac{\underline{Z}_m + \underline{Z}_1}{\underline{Z}_m} \quad [3.27]$$

și rezultă expresia tensiunii:

$$\underline{U}_1 = \underline{I}_2 (-\underline{Z}_1 - \underline{Z}_2 \underline{C}_1) \quad [3.28]$$

Se poate scrie acum expresia curentului rotoric:

$$\underline{I}_2' = -\frac{U_1}{\underline{Z}_1 + C_1 \underline{Z}_2} \quad [3.29]$$

Din relația [3.29] după efectuarea calculului, rezultă expresia curentului rotoric funcție de alunecarea motorului:

$$I_2 = |\underline{I}_2'| = \frac{U_1}{\sqrt{\left(R_1 + C_1 \frac{R_2}{s}\right)^2 + \left(X_1 + C_1 X_2'\right)^2}} \quad [3.30]$$

Pentru alunecările cunoscute la reglarea la moment constant după efectuarea calculului rezultă valorile curentului rotoric la vitezele corespunzătoare iar în figura 3.4 este prezentată variația curentului rotoric.

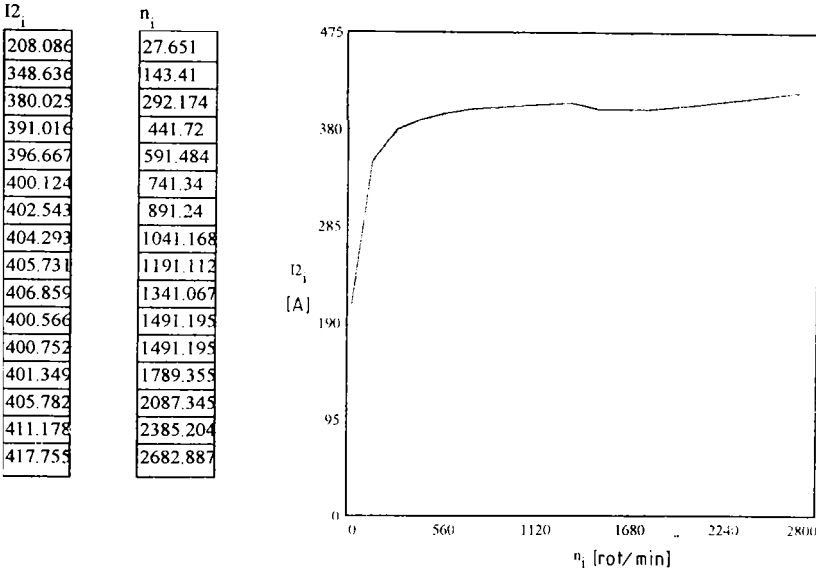


Fig. 3.4

Curentul statoric se determină din relația [3.23], iar după efectuarea calculului rezultă expresia de calcul funcție de curentul rotoric:

$$I_1 = |\underline{I}_1| = \sqrt{\left(1 + \frac{X_2'}{X_m}\right)^2 + \left(\frac{R_2}{s X_m}\right)^2} I_2 \quad [3.31]$$

Dar, tot din schema echivalentă în T a motorului asincron, se poate scrie:

$$\underline{I}_1 = \frac{\underline{U}_1}{\underline{Z}_c} = \frac{\underline{U}_1}{\underline{Z}_1 + \frac{\underline{Z}_m \underline{Z}_2}{\underline{Z}_m + \underline{Z}_2}} \quad [3.32]$$

Impedanța echivalentă a fost calculată în paragraful precedent și deci expresia curentului statoric funcție de alunecare se mai poate scrie:

$$I_1 = \frac{|U_1|}{|Z_c|} = \frac{U_1}{\sqrt{[R_1 + A(s)]^2 + [B(s) + X_1]^2}} \quad [3.33]$$

Cunoscând, din capitolul precedent, alunecările motorului (încărcarea motorului) pentru reglarea la moment și putere constantă se poate determina variația curentului, folosind relația [3.33], funcție de turația motorului (vezi figura 3.5).

$n_1$	$V_1$	$I_1$
27.651	2.064	291.112
143.41	10.706	377.134
292.174	21.811	405.054
441.72	32.975	415.113
591.484	44.155	420.335
741.34	55.342	423.547
891.24	66.533	425.806
1041.168	77.725	427.444
1191.112	88.919	428.799
1341.067	100.113	429.863
1491.195	111.32	423.56
1491.195	111.32	423.756
1789.355	133.578	420.471
2087.345	155.824	422.589
2385.204	178.06	426.537
2682.887	200.282	432.188

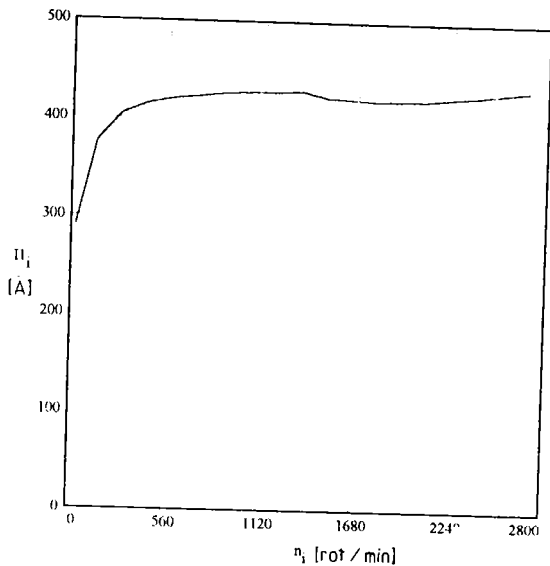


Fig. 3.5

Cu încărcările motorului de la reglarea după aderență, se determină similar variația curentului rotoric funcție de turația motorului (vezi figura 3.6) și a curentului statoric funcție de turație (vezi figura 3.7).

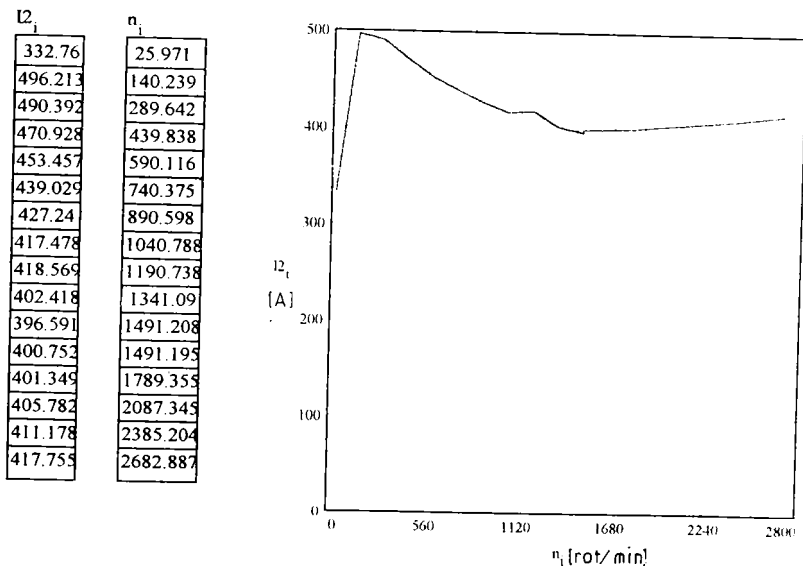


Fig. 3.6

$n_i$	$V_i$	$\Pi_i$
25.971	1.939	387.904
140.239	10.469	522.191
289.642	21.622	514.552
439.838	32.835	494.464
590.116	44.053	476.679
740.375	55.27	462.074
890.598	66.485	450.18
1040.788	77.697	440.354
1190.738	88.891	441.37
1341.09	100.115	425.233
1491.208	111.321	419.394
1491.195	111.32	423.756
1789.355	133.578	420.471
2087.345	155.824	422.589
2385.204	178.06	426.537
2682.887	200.282	432.188

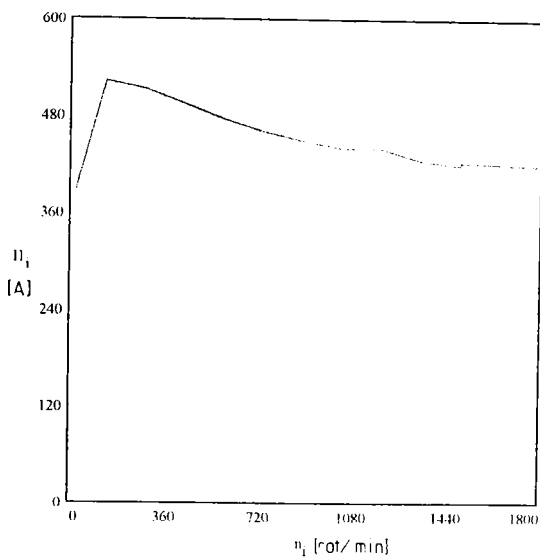


Fig. 3.7

În Anexa 2 sunt prezentate programele în limbaj Turbo Pascal de determinare a curentului absorbit de motor în decursul reglărilor la moment constant precum și la reglarea după aderență.



### 3.3 Calculul puterii electrice

Având determinat factorul de putere, curentul statoric și cunoscând valorile tensiunii de alimentare, din capitolul precedent, se poate calcula puterea electromagnetică a unei faze cu relația:

$$P = U_1 I_1 \cos \varphi \quad [3.34]$$

Dacă se are în vedere expresiile tensiunii de alimentare:

$$U_1 = I_1 Z_e \quad [3.35]$$

și a factorului de putere :

$$\cos \varphi = \frac{R_1 + A(s)}{\sqrt{[R_1 + A(s)]^2 + [B(s) + X_1]^2}} \quad [3.36]$$

atunci, după efectuarea calculelor, expresia [3.34] devine:

$$P = I_1^2 [R_1 + A(s)] \quad [3.37]$$

Pentru motorul asincron trifazat, puterea totală este:

$$P = 3 I_1^2 [R_1 + A(s)] \quad [3.38]$$

expresie ce reprezintă dependența puterii electrice absorbite de alunecarea (încărcarea) motorului.

Din capitolul II se cunoaște legea de variație a alunecării pe toată gama de turație a motorului (0-200 Km/h pentru locomotivă) și aplicând relația [3.38] se poate reprezenta variația puterii electrice absorbite de motor în funcție de turația acestuia (vezi figura 3.8 pentru reglarea la moment constant).

$n_i$	$V_i$	$P_i$
27.651	2.064	22213.279
143.41	10.706	99869.103
292.174	21.811	194756.803
441.72	32.975	289150.451
591.484	44.155	383497.877
741.34	55.342	477849.139
891.24	66.533	572321.282
1041.168	77.725	666808.29
1191.112	88.919	761510.712
1341.067	100.113	856222.521
1491.195	111.32	934593.576
1491.195	111.32	935458.676
1789.355	133.578	931186.024
2087.345	155.824	934230.583
2385.204	178.06	937730.83
2682.887	200.282	941721.215

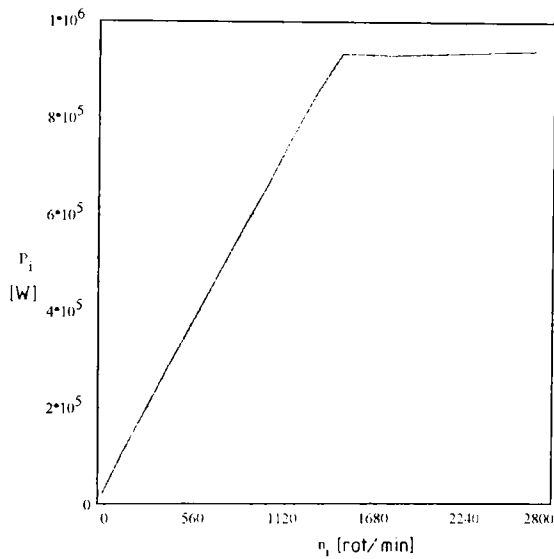


Fig. 3.8

Puterea electrică absorbită de motor crește în perioada de demaraj după care rămâne constantă până la turația maximă a motorului.

În figura 3.9 este reprezentată variația puterii absorbite de motor funcție de turație pentru reglarea după aderență. În acest caz în perioada demarajului puterea

absorbită este mai mare decât în cazul reglajului la moment constant, cum era de așteptat.

$n_i$	$V_i$	$P_i$
25.971	1.939	34169.447
140.239	10.469	139923.8
289.642	21.622	247524.193
439.838	32.835	343479.607
590.116	44.053	432989.853
740.375	55.27	518424.438
890.598	66.485	601173.31
1040.788	77.697	681977.553
1190.738	88.891	778109.076
1341.09	100.115	839773.503
1491.208	111.321	917531.392
1491.195	111.32	935458.676
1789.355	133.578	931186.024
2087.345	155.824	934230.583
2385.204	178.06	937730.83
2682.887	200.282	941721.215

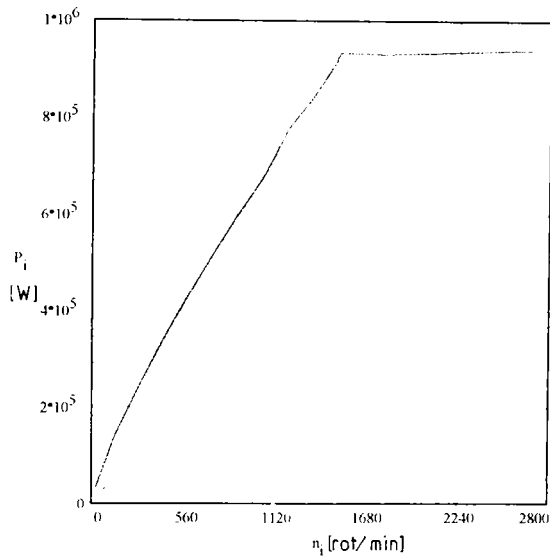


Fig. 3.9

În Anexa 2 sunt prezentate programele în limbaj Turbo Pascal de determinare a puterii electrice absorbite de motor pentru cele două tipuri de reglare.

### 3.4 Calculul randamentului

Dacă se cunosc pierderile de putere în statorul și rotorul mașinii electrice, randamentul se poate scrie astfel:

$$\eta = \frac{P_m}{P_e} = \frac{P_e - \sum P}{P_e} \quad [3.39]$$

în care:  $P_m$  este puterea mecanică utilă a motorului;

$P_e$  - puterea absorbită de stator;

$\sum P$  - suma pierderilor de putere.

Puterea activă absorbită de stator are expresia:

$$P_e = 3U_1 \dot{I}_1 \cos \varphi \quad [3.40]$$

unde:  $U_1$  este tensiunea statorică de alimentare;

$I_1$  - curentul din stator;

$\cos \varphi$  - factorul de putere.

Curentul din stator și factorul de putere depind de alunecarea motorului, deci și puterea depinde de alunecare.

Această putere absorbită mai poate fi scrisă și sub forma:

$$P_e = 3 I_1^2 [R_1 + A(s)] \quad [3.41]$$

Pierderile de putere se pot calcula astfel:

$$\sum P = P_{fe1} + P_{fe2} + P_{crl} + P_{cu2} + P_s + P_m \quad [3.42]$$

unde:  $P_{fe1}$  sunt pierderile în miezurile magnetice din stator și care se calculează cu relația următoare:

$$P_{fe1} = P_{fen} \left( \frac{U_1}{U_n} \right)^2 \left( \frac{f_1}{f_n} \right)^2 \left( \frac{f_1}{f_n} \right)^{1.3} \quad [3.43]$$

în care:  $P_{fen}$  sunt pierderile în fier la regimul nominal;

$U_1$  - tensiunile de lucru;

$f_1$  - frecvențele de lucru;

$f_n$  - frecvența nominală;

$U_n$  - tensiunea nominală.

- $P_{fe2}$  - pierderile în fier din rotor. Cum frecvența din rotor este foarte mică în comparație cu cea din stator, aceste pierderi se pot neglija.

- $P_{cu1}$  - pierderile prin efect Joule Lenz în înfășurarea rotorică, și se determină cu relația următoare:

$$P_{cu1} = 3 I_1^2(s) R_1 \quad [3.44]$$

în care:  $I_1$  este curentul statoric, care depinde de alunecare;

$R_1$  - rezistența statorului.

- $P_{cu2}$  - pierderile prin efect Joule Lenz în rotor, și se calculează astfel:

$$P_{cu2} = 3 I_2^2(s) R_2' \quad [3.45]$$

în care:  $I_2$  este curentul rotoric și depinde de alunecarea motorului;

$R_2'$  - rezistența rotorului raportată la stator.

-  $P_s$  - pierderi suplimentare, fiind cauzate de dispersii, armonici superioare ale fluxului magnetic, efect pelicular, și care se calculează empiric cu relația:

$$P_s = P_{sn} \left[ \frac{I_1(s)}{I_n} \right]^2 = \frac{0.5}{100} P_n \left[ \frac{I_1(s)}{I_n} \right]^2 \quad [3.46]$$

în care:  $P_{sn}$  sunt pierderile suplimentare la regimul nominal;

$I_1(s)$  - curentul din stator, care depinde de alunecare;

$I_n$  - curentul nominal al motorului;

$P_n$  - puterea nominală a motorului.

-  $P_m$  - pierderile mecanice și prin ventilație, care se determină cu relația:

$$P_m = 0.65 \left( \frac{n}{1000} \right)^2 \left( \frac{D_c}{10} \right)^4 \quad [3.47]$$

în care :  $n$  este turația motorului;

$D_c$  - diametrul exterior al motorului.

Din capitolul II se cunosc alunecările motorului la cele două tipuri de reglare, deci cu relațiile [3.41], [3.42] înlocuite în relația [3.39] se poate determina randamentul în funcție de turația motorului pentru fiecare reglare în parte.

În figura 3.10 se prezintă variația randamentului funcție de turație la reglarea la moment constant.

$\eta_{A_i}$	$n_i$	$V_i$
0.774	27.651	2.064
0.899	143.41	10.706
0.938	292.174	21.811
0.955	441.72	32.975
0.965	591.484	44.155
0.97	741.34	55.342
0.974	891.24	66.533
0.976	1041.168	77.725
0.978	1191.112	88.919
0.979	1341.067	100.113
0.98	1491.195	111.32
0.98	1491.195	111.32
0.978	1789.355	133.578
0.975	2087.345	155.824
0.971	2385.204	178.06
0.967	2682.887	200.282

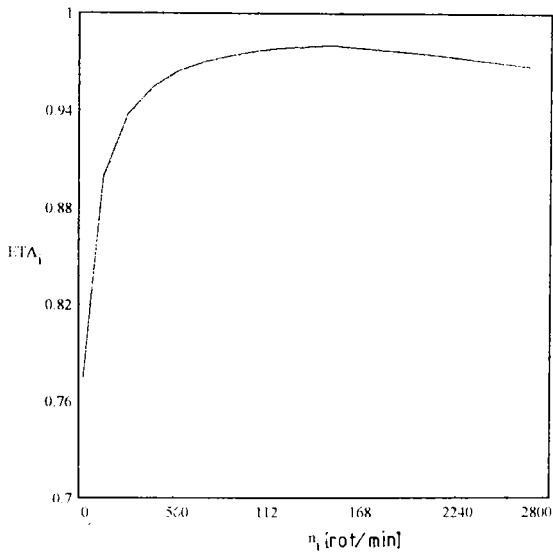


Fig. 3.10

Randamentul crește puternic în perioada de pornire, atinge un maxim la sfârșitul demarajului apoi are tendință de scădere lină.

Variația randamentului funcție de turație la reglarea după aderență este prezentată în figura 3.11.

$\eta_{A_i}$	$n_i$	$V_i$
0.706	25.971	1.939
0.858	140.239	10.469
0.921	289.642	21.622
0.947	439.838	32.835
0.96	590.116	44.053
0.968	740.375	55.27
0.972	890.598	66.485
0.976	1040.788	77.697
0.977	1190.738	88.891
0.979	1341.09	100.115
0.98	1491.208	111.321
0.98	1491.195	111.32
0.978	1789.355	133.578
0.975	2087.345	155.824
0.971	2385.204	178.06
0.967	2682.887	200.282

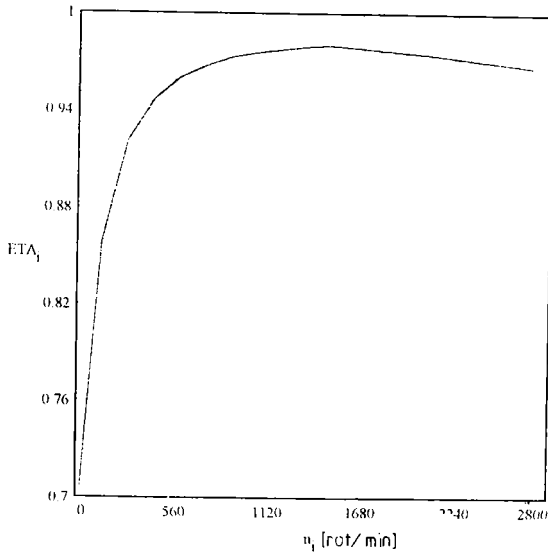


Fig. 3.11

La reglarea după aderență randamentul are aceeași formă de variație dar cu valori ceva mai mici în perioada demarajului decât la reglarea la moment constant.

În Anexa 2 sunt prezentate programele în limbaj Turbo Pascal de calcul a randamentului în funcție de turația motorului.

### 3.5 Calculul forței de tracțiune a locomotivei Bo-Bo la reglarea după aderență

Caracteristica de tracțiune  $F_0$  (V) este necesară a fi construită deoarece ea pune în evidență cel mai bine posibilitățile de utilizare ale viitoarei locomotive.

În capitolul II s-au determinat momentele utile funcție de turația motorului  $M_u(n)$  la reglarea după aderență.

Pentru determinarea forței de tracțiune se aplică relația:

$$F_{0n_i} = z_m \frac{2}{D} i_{tr} \eta_{tr} M_{u_i} \quad [3.48]$$

în care:  $z_m$  este numărul de motoare de tracțiune;

$i_{tr}$  - raportul de transmitere;

$\eta_{tr}$  - randamentul transmisiei;

$M_{u_i}$  - momentul util dezvoltat de un motor la frecvența  $f_i$  și tensiunea  $U_i$ .

Viteza corespunzătoare se calculează astfel:

$$V_i = 0.1885 D \frac{n_i}{i_{tr}} \quad [3.49]$$

unde:  $D$  este diametrul roții motoare;

$n_i$  - turația corespunzătoare motorului electric.

Pentru calculul forței de tracțiune (ce corespunde momentelor critice) funcție de viteză  $F_{0k}(V)$  se calculează momentele electromagnetice critice, în aceleași condiții, cu următoarea relație:

$$Mk_i = \frac{3}{4\pi c} \frac{p U_i^2}{f_i \left[ R_1 + \sqrt{R_1^2 + X^2 \left( \frac{f_i}{f_n} \right)^2} \right]} \quad [3.50]$$

în care toate mărimile sunt cunoscute și calculate în capitolul II.

Momentele utile critice se calculează din momentele electromagnetice critice din care se scad momentul pierderilor mecanice și prin ventilație:

$$M_{uk_i} = Mk_i - \frac{30}{\pi n_i} Pm_i = Mk_i - 0.65 \left( \frac{n_i}{1000} \right)^2 \left( \frac{D_c}{10} \right)^4 \quad [3.51]$$



Deci forța de tracțiune (corespunzătoare momentelor critice) va avea următoarea expresie:

$$F_{ok_i} = z_m \frac{2}{D} i_{ir} \eta_{ir} M_{uk_i} \quad [3.52]$$

Vitezele corespunzătoare se calculează cu relația [3.49] cu observația că turația  $n_i$  are expresia:

$$n_i = n_{si} (1 - S_{si}) \quad [3.53]$$

unde:  $n_{si}$  este turația de sincronism,

$S_{si}$  - alunecarea critică ce se calculează cu relația [2.11] pentru frecvențele  $f_i$ .

În figura 3.12 se prezintă variația forței de tracțiune nominale funcție de viteză  $F_{on}(V)$  și a forței de tracțiune (corespunzătoare momentelor critice)  $F_{ok}(V)$ .

Cu această ocazie se calculează și raportul dintre forța de tracțiune (corespunzătoare momentelor critice) și forța de tracțiune nominală, raport care reprezintă de fapt chiar raportul momentelor:

$$k = \frac{M_{k_i}}{M_{n_i}} = \frac{F_{ok_i}}{F_{on_i}} \quad [3.54]$$

$F_{n_i}$	$V_i$	$F_{k_i}$	$V_{k_i}$	$f_i$	$kF_i$
181017.661	1.939	352613.964	0.57	1	1.948
166081.848	10.469	352564.272	7.52	5	2.1228
152791.253	21.622	352498.538	18.48	10	2.3071
143533.044	32.835	352428.738	29.63	15	2.4554
136741.764	44.053	352358.645	40.81	20	2.5768
131550.478	55.27	352289.849	52	25	2.678
127453.714	66.485	352220.876	63.19	30	2.7635
124138.298	77.697	352152.688	74.38	35	2.8368
124116.192	77.779	352083.412	85.58	40	2.8367
119100.318	100.115	352014.559	96.78	45	2.9556
117141.467	111.321	351945.955	107.97	50	3.0045
116480.845	111.32	357984.403	107.97	50	3.0733
97076.031	133.578	250070.79	130.37	60	2.576
83217.356	155.824	184331.497	152.76	70	2.2151
72825.376	178.06	141322.549	175.16	80	1.9406
64744.955	200.282	111638.564	197.59	90	1.7243

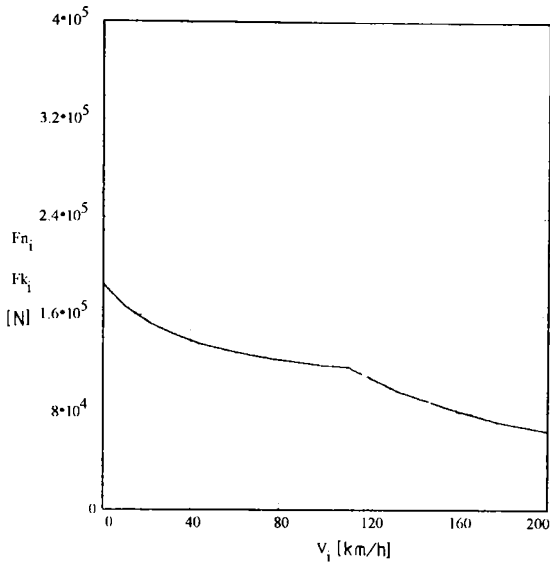


Fig. 3.12

În figura 3.13 se prezintă variația acestui raport în funcție de viteza de circulație.

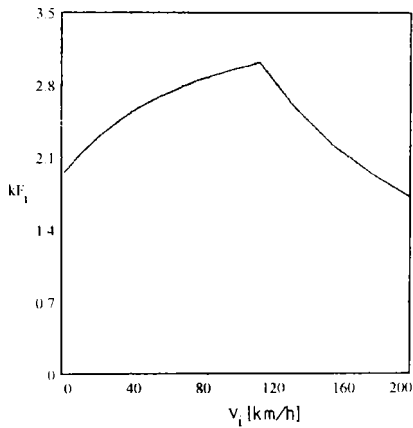


Fig. 3.13

Se poate observa că acesta crește în perioada demarajului până la valoarea  $k=3.0733$  corespunzătoare frecvenței de 50 Hz (care este frecvența de calcul a motorului), după care scade până la valoarea  $k=1.7243$  (deci mai există rezerva de

supraîncărcare a motorului) corespunzătoare frecvenței maxime deci vitezei maxime constructive.

În Anexa 2 este prezentat programul în limbaj Turbo Pascal de calcul a forțelor de tracțiune în funcție de viteză la reglarea după aderență.

### 3.6 Calculul forței de tracțiune a locomotivei Bo-Bo la reglarea după moment constant

Și în acest caz, pentru determinarea forței de tracțiune nominale și a celei corespunzătoare momentelor critice funcție de viteză se folosesc relațiile [3.48],[3.52] respectiv [3.49].

În figura 3.14 se prezintă variația forței de tracțiune nominale funcție de viteză  $F_{on}(V)$  și variația forței de tracțiune corespunzătoare momentelor critice funcție de viteză  $F_{ok}(V)$ .

Tot pe această figură se mai reprezintă forța de tracțiune funcție de viteză  $F_{on}(V)$  a locomotivei germane B.R. 181.2, locomotivă care are caracteristici constructive aproape identice cu ale locomotivei studiate în prezenta lucrare.

$F_{n1}$	$V_1$	$F_{k1}$	$V_{k1}$	$kF_1$	$f_1$
117357.203	2.064	352613.964	0.57	3.0046	1
117357.203	10.706	352564.272	7.52	3.0042	5
117357.197	21.811	352498.538	18.48	3.0036	10
117357.201	32.975	352428.738	29.63	3.003	15
117357.202	44.155	352358.645	40.81	3.0024	20
117357.203	55.342	352289.849	52	3.0019	25
117357.203	66.533	352220.876	63.19	3.0013	30
117357.203	77.725	352152.688	74.38	3.0007	35
117357.203	88.919	352083.412	85.58	3.0001	40
117357.203	100.113	352014.559	96.78	2.9995	45
117357.203	111.32	351945.955	107.97	2.9989	50
116480.845	111.32	357984.403	107.97	3.0733	50
97076.031	133.578	250070.79	130.37	2.576	60
83217.356	155.824	184331.497	152.76	2.2151	70
72825.376	178.06	141322.549	175.16	1.9406	80
64744.955	200.282	111638.564	197.55	1.7243	90

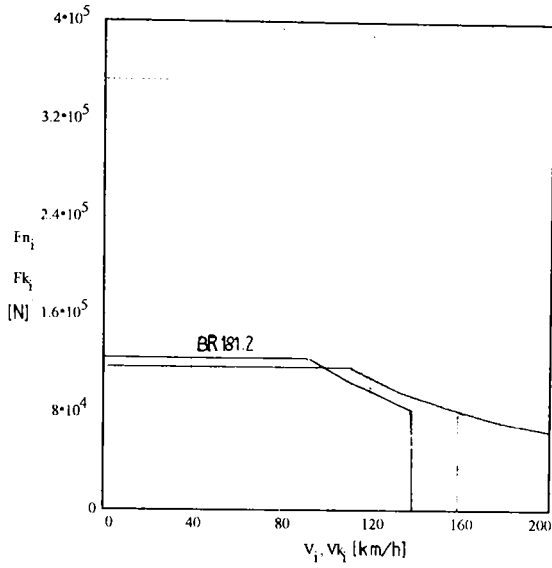


Fig. 3.14

Raportul dintre forța de tracțiune corespunzătoare momentelor critice și forța de tracțiune nominală, definit de relația [3.54], pentru reglarea la moment constant este reprezentat în figura 3.15.

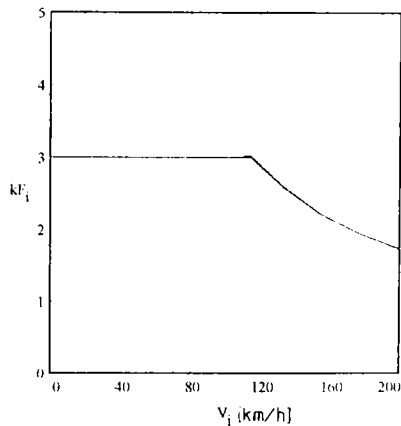


Fig. 3.15

Acest raport se păstrează constant în perioada demarajului la o valoare aproximativă  $k=3$  după care scade la o valoare  $k=1.72$  când viteza de circulație atinge 200 Km/h. Deci și la viteza maximă avem o rezervă de supraîncărcare a motorului.

În Anexa 2 se prezintă programul în limbaj Turbo Pascal de calcul a forței de tracțiune funcție de viteza de circulație la reglarea după moment constant.

## CAPITOLUL IV

### CONDITII IMPUSE MOTOARELOR ASINCRONE IN REGIM DE TRACIUNE LA PUTERI PARTIALE

#### 4.1 Caracteristicile de putere parțială

La remorcarea trenurilor pe o cale cu profil variat nu întotdeauna poate fi utilizată întreaga putere instalată pe locomotivă. Timpul de funcționare la puterea totală depinde de tonajul trenului remorcat, de profilul căii și de intensitatea graficului de mers.

Trebuie evidențiat faptul că sunt situații când trenul cu tonaj maxim trebuie să circule cu viteza limită inferioară de 5 km/h sau cu viteza maximă, sau când locomotiva trebuie să circule izolat.

Deși aceste considerații arată o utilizare slabă, totuși chiar și în cazul unei utilizări mai depline a puterii locomotivei, o parte însemnată din timp ea trebuie să lucreze la puteri parțiale (pante, curbe, restricții de viteză, accelerări)

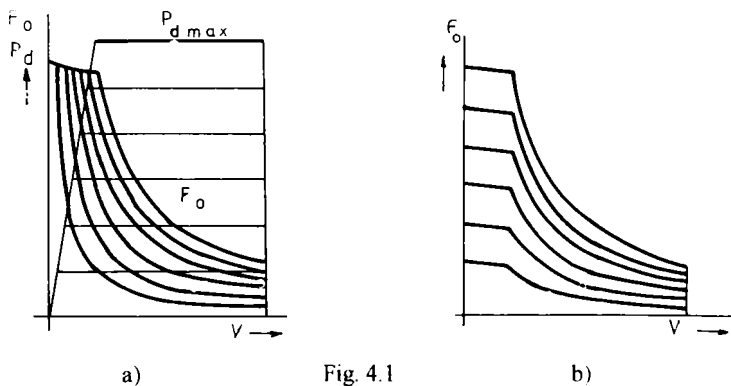


Fig. 4.1

Caracteristicile de tracțiune ale locomotivelor care lucrează la puteri parțiale pot avea forme diferite. În figura 4.1 sunt prezentate aceste caracteristici:

- fără schimbarea forței de tracțiune la pornire (figura 4.1 a);
- cu schimbarea forței de tracțiune la pornire (figura 4.1 b).

#### 4.2 Reglarea la puteri parțiale cu schimbarea forței de tracțiune la demaraj

În acest caz se consideră caracteristicile determinate la capitolul II și se determină încărcările motorului pentru trei forțe de tracțiune de 0.8, 0.6, 0.4 din forța de tracțiune nominală.

Pentru determinarea mărimilor ce caracterizează funcționarea motorului asincron la puteri parțiale în exploatarea feroviară se aplică metodologia dezvoltată în capitolele II și III.

În continuare sunt prezentate rezultatele calculului efectuate pe calculator pentru viteze, factor de putere și alunecări în urma rulării programului în limbaj Turbo Pascal, care este cuprins în Anexa 3

$v1_i$	$v2_i$	$v3_i$	$\cos\Phi1_i$	$\cos\Phi2_i$	$\cos\Phi3_i$	$s1_i$	$s2_i$	$s3_i$
2.105	2.142	2.177	0.676	0.564	0.424	0.06	0.043	0.028
10.815	10.918	11.015	0.888	0.837	0.727	0.034	0.025	0.016
21.938	22.058	22.174	0.903	0.866	0.777	0.02	0.015	0.01
33.107	33.234	33.357	0.906	0.873	0.792	0.014	0.011	0.007
44.29	44.42	44.546	0.907	0.877	0.799	0.011	0.008	0.005
55.479	55.611	55.739	0.908	0.879	0.804	0.009	0.007	0.004
66.67	66.804	66.933	0.909	0.88	0.807	0.008	0.006	0.004
77.864	77.998	78.128	0.909	0.881	0.809	0.007	0.005	0.003
89.058	89.192	89.324	0.909	0.882	0.811	0.006	0.004	0.003
100.253	100.388	100.52	0.91	0.882	0.812	0.005	0.004	0.003
111.454	111.589	111.72	0.909	0.881	0.81	0.005	0.003	0.002
111.454	111.589	111.72	0.909	0.881	0.81	0.005	0.003	0.002
133.748	133.909	134.065	0.918	0.9	0.846	0.005	0.003	0.002
156.029	156.222	156.406	0.922	0.911	0.872	0.005	0.003	0.002
178.306	178.532	178.745	0.922	0.918	0.89	0.005	0.004	0.002
200.575	200.838	201.082	0.92	0.921	0.902	0.005	0.004	0.002

Pentru puterile parțiale luate în considerare, variațiile factorului de putere funcție de viteza de circulație sunt prezentate în figura 4.2. Se observă că factorul de putere scade cu scăderea puterii de funcționare a motorului.

În figura 4.3 este prezentată variația încărcării motorului pentru cele trei puteri parțiale. Forma de variație a alunecărilor se păstrează cu precizarea că alunecările sunt mai mici cu cât putere de lucru a motorului este mai mică.

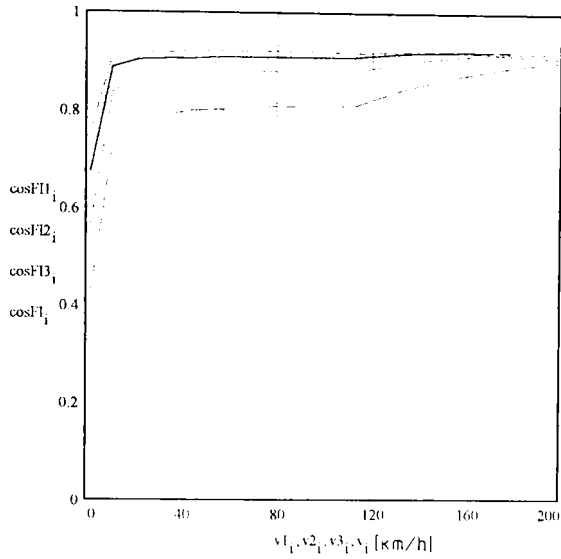


Fig.4.2

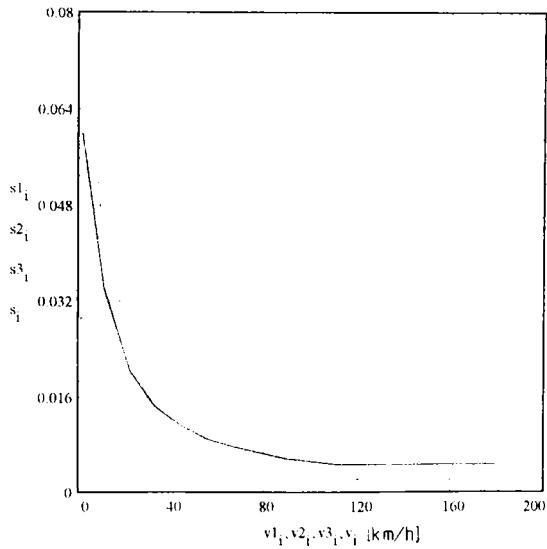


Fig.4.3



În continuare sunt prezentate rezultatele calculelor pentru curenți și puteri obținute în urma rulării programului în limbaj Turbon Pascal, program ce este cuprins în Anexa 3.

$V1_i$	$V2_i$	$V3_i$	$I1_i$	$I2_i$	$I3_i$	$P1_i$	$P2_i$	$P3_i$
2.105	2.142	2.177	260.196	238.11	223.059	$1.751 \cdot 10^4$	$1.337 \cdot 10^4$	$9.411 \cdot 10^3$
10.815	10.918	11.015	304.431	240.093	183.479	$7.774 \cdot 10^4$	$5.781 \cdot 10^4$	$3.835 \cdot 10^4$
21.938	22.058	22.174	325.208	253.009	187.281	$1.522 \cdot 10^5$	$1.136 \cdot 10^5$	$7.545 \cdot 10^4$
33.107	33.234	33.357	333.009	258.258	189.447	$2.265 \cdot 10^5$	$1.693 \cdot 10^5$	$1.126 \cdot 10^5$
44.29	44.42	44.546	337.134	261.116	190.758	$3.007 \cdot 10^5$	$2.25 \cdot 10^5$	$1.499 \cdot 10^5$
55.479	55.611	55.739	339.723	262.974	191.679	$3.75 \cdot 10^5$	$2.809 \cdot 10^5$	$1.873 \cdot 10^5$
66.67	66.804	66.933	341.516	264.286	192.391	$4.494 \cdot 10^5$	$3.368 \cdot 10^5$	$2.248 \cdot 10^5$
77.864	77.998	78.128	342.904	265.302	192.943	$5.239 \cdot 10^5$	$3.928 \cdot 10^5$	$2.623 \cdot 10^5$
89.058	89.192	89.324	343.963	266.091	193.461	$5.985 \cdot 10^5$	$4.489 \cdot 10^5$	$3.001 \cdot 10^5$
100.253	100.388	100.52	344.843	266.775	193.839	$6.731 \cdot 10^5$	$5.051 \cdot 10^5$	$3.378 \cdot 10^5$
111.454	111.589	111.72	342.465	264.335	192.026	$7.406 \cdot 10^5$	$5.541 \cdot 10^5$	$3.698 \cdot 10^5$
111.454	111.589	111.72	345.544	266.712	193.753	$7.539 \cdot 10^5$	$5.641 \cdot 10^5$	$3.765 \cdot 10^5$
133.748	133.909	134.065	337.886	258.815	184.341	$7.444 \cdot 10^5$	$5.588 \cdot 10^5$	$3.742 \cdot 10^5$
156.029	156.222	156.406	337.729	256.706	180.169	$7.473 \cdot 10^5$	$5.615 \cdot 10^5$	$3.77 \cdot 10^5$
178.306	178.532	178.745	339.087	256.366	178.111	$7.506 \cdot 10^5$	$5.649 \cdot 10^5$	$3.803 \cdot 10^5$
200.575	200.838	201.082	341.724	257.092	177.352	$7.545 \cdot 10^5$	$5.686 \cdot 10^5$	$3.839 \cdot 10^5$

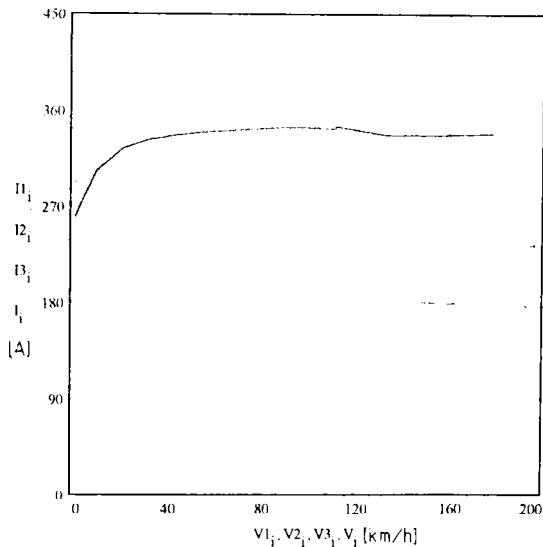


Fig. 4.4

În figura 4.4 se prezintă variația curenților absorbiți de motor pentru reglările la puteri parțiale cu schimbarea forței de tracțiune la demaraj. Este evident că la puteri parțiale curentul statoric este pe măsura puterii.

Sunt prezentate valorile randamentului calculate în urma rulării programului în limbaj Turbo Pascal la reglare la puteri parțiale cu schimbarea forței de tracțiune la demaraj.

$\eta_1$	$\eta_2$	$\eta_3$	$V_1$	$V_2$	$V_3$
0.7872	0.7863	0.7563	2.105	2.142	2.177
0.9169	0.9334	0.9461	10.815	10.918	11.015
0.9497	0.9598	0.968	21.938	22.058	22.174
0.9632	0.9701	0.9754	33.107	33.234	33.357
0.9703	0.9753	0.9787	44.29	44.42	44.546
0.9746	0.9782	0.9802	55.479	55.611	55.739
0.9772	0.9799	0.9807	66.67	66.804	66.933
0.979	0.9809	0.9807	77.864	77.998	78.128
0.9802	0.9814	0.9804	89.058	89.192	89.324
0.9809	0.9816	0.9798	100.253	100.388	100.52
0.9815	0.9815	0.9789	111.454	111.589	111.72
0.9816	0.9817	0.9792	111.454	111.589	111.72
0.9786	0.9777	0.9731	133.748	133.909	134.065
0.9748	0.9728	0.966	156.029	156.222	156.406
0.9705	0.9672	0.9579	178.306	178.532	178.745
0.9656	0.9609	0.9487	200.575	200.838	201.082

Randamentul (vezi figura 4.5) în perioada demarajului este mai mic cu cât puterea parțială este mai mare, iar după aceea randamentul este mai mare cu cât puterea parțială este mai mare.

În urma rulării programelor în limbaj Turbo Pascal (vezi Anexa 3), pe baza metodologiei elaborată în capitolele anterioare, s-au obținut valorile forțelor de tracțiune funcție de viteză pentru reglarea la puteri parțiale cu schimbarea forței de tracțiune la demaraj.

În figura 4.7 se prezintă variația raportului dintre forța de tracțiune corespunzătoare momentelor critice și forțele de tracțiune rezultate la reglare la puteri parțiale, unde se poate observa că acesta este cu atât mai mare cu cât puterea parțială este mai mică dar își păstrează forma de variație ca în cazul regimului nominal, adică

constantă pe perioada demarajului după care urmează o scădere până la viteza maximă.

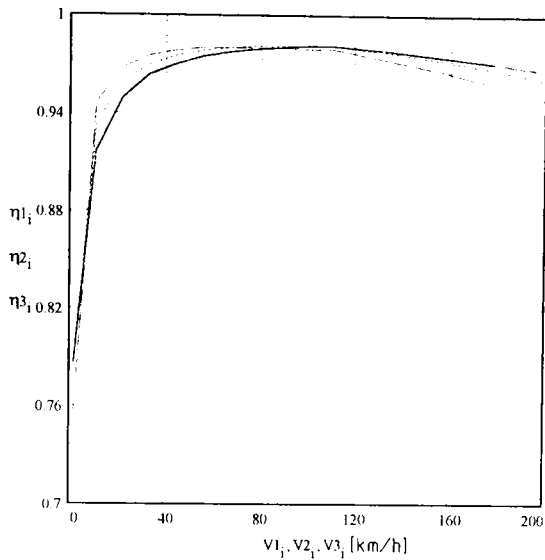


Fig.4.5

În figura 4.6 este prezentată variația puterilor motorului funcție de viteză.

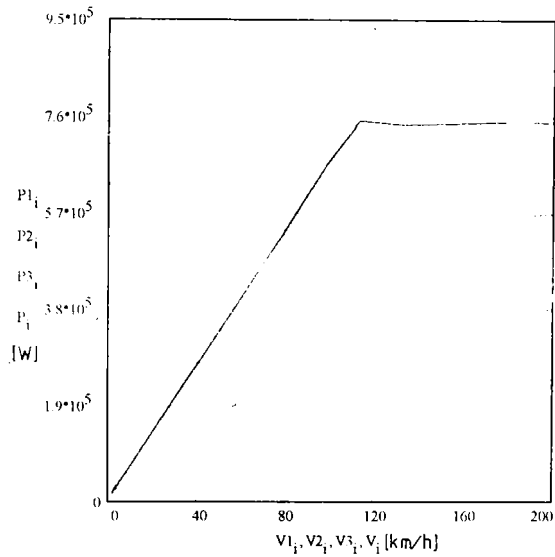


Fig. 4.6

$v1_i$	$v2_i$	$v3_i$	$F1_i$	$F2_i$	$F3_i$	$Fn_i$	$k1_i$	$k2_i$	$k3_i$
2.105	2.142	2.177	$9.38910^4$	$7.04110^4$	$4.69410^4$	$1.17410^5$	3.756	5.008	7.512
10.815	10.918	11.015	$9.38910^4$	$7.04110^4$	$4.69410^4$	$1.17410^5$	3.755	5.007	7.51
21.938	22.058	22.174	$9.38910^4$	$7.04110^4$	$4.69410^4$	$1.17410^5$	3.755	5.006	7.509
33.107	33.234	33.357	$9.38910^4$	$7.04110^4$	$4.69410^4$	$1.17410^5$	3.754	5.005	7.508
44.29	44.42	44.546	$9.38910^4$	$7.04110^4$	$4.69410^4$	$1.17410^5$	3.753	5.004	7.506
55.479	55.611	55.739	$9.38910^4$	$7.04110^4$	$4.69410^4$	$1.17410^5$	3.752	5.003	7.505
66.67	66.804	66.933	$9.38910^4$	$7.04110^4$	$4.69410^4$	$1.17410^5$	3.752	5.002	7.503
77.864	77.998	78.128	$9.38910^4$	$7.04110^4$	$4.69410^4$	$1.17410^5$	3.751	5.001	7.502
89.058	89.192	89.324	$9.38910^4$	$7.04110^4$	$4.69410^4$	$1.17410^5$	3.75	5	7.5
100.253	100.388	100.52	$9.38910^4$	$7.04110^4$	$4.69410^4$	$1.17410^5$	3.749	4.999	7.499
111.454	111.589	111.72	$9.38910^4$	$7.04110^4$	$4.69410^4$	$1.17410^5$	3.786	5.066	7.62
111.454	111.589	111.72	$9.38910^4$	$7.04110^4$	$4.69410^4$	$1.17410^5$	3.846	5.135	7.711
133.748	133.909	134.065	$9.29510^4$	$6.94710^4$	$4.61910^4$	$1.17410^5$	3.224	4.304	6.464
156.029	156.222	156.406	$9.30710^4$	$6.97210^4$	$4.64310^4$	$1.16510^5$	2.772	3.701	5.558
178.306	178.532	178.745	$7.75610^4$	$5.8110^4$	$3.86910^4$	$9.70810^4$	2.429	3.243	4.87
200.575	200.838	201.082	$6.64910^4$	$4.9810^4$	$3.31610^4$	$8.32210^4$	2.159	2.882	4.328
			$5.81810^4$	$4.35810^4$	$2.90210^4$	$7.28310^4$			
			$5.17210^4$	$3.87410^4$	$2.57910^4$	$6.47410^4$			

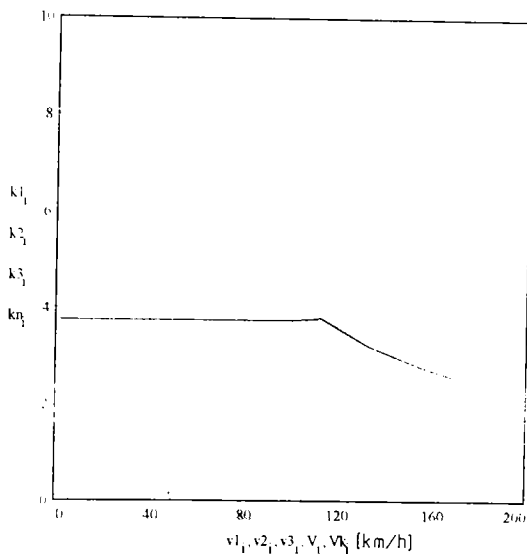


Fig. 4.7

Caracteristicile de tracțiune  $Fo(V)$  sunt prezentate în figura 4.8 pentru reglarea la puterile parțiale luate în considerare.

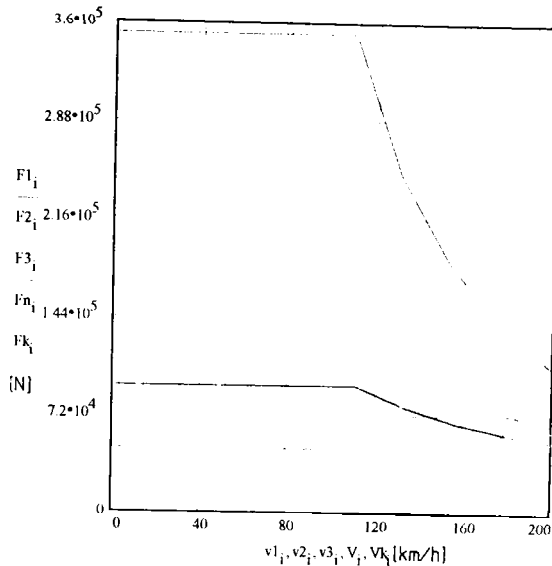


Fig. 4.8

Forțele de tracțiune evident că sunt pe măsura puterilor parțiale la care lucrează vehiculul feroviar, sunt constante pe perioada demarajului după care scad în momentul intrării pe caracteristica de putere parțială constantă.

### **4.3 Reglarea la puteri parțiale fără schimbarea forței de tracțiune la demaraj**

De această dată considerăm că la demaraj forța de tracțiune este cea nominală dar trecerea pe curba de putere constantă se face la o frecvență mai mică decât cea nominală, deci puterea de lucru este o putere parțială.

Pentru reglarea la puteri parțiale se impune valoarea frecvenței (ceea ce corespunde vitezei de trecere pe curba de putere constantă) apoi se determină, conform metodologiei dezvoltate în capitolele II și III, parametrii de funcționare ai motorului asincron la reglarea în regim de demaraj la moment constant.

Pentru o frecvență mai mică decât cea nominală, pentru exemplificare s-a ales frecvența  $f = 40$  Hz, momentele electromagnetice pentru frecvențe  $f = [1...40]$  sunt prezentate în figura 4.9.

În continuare sunt prezentate valorile tensiunilor calculate pentru frecvențele luate în considerare. Coeficientul  $k_i$  reprezintă raportul dintre tensiune și frecvență, raport care nu este constant mai ales în zona frecvențelor mici (vezi figura 4.10).

$f_{rw}$	$k_i$	$U_w$
1	33.171	33.171
5	19.166	95.828
10	17.285	172.849
15	16.679	250.187
20	16.382	327.636
25	16.205	405.135
30	16.089	482.66
35	16.006	560.207
40	15.944	637.751

Variația tensiunii de alimentare, pe perioada demarajului, funcție de frecvență este prezentată în figura 4.11.

În figura 4.12 sunt reprezentate caracteristicile mecanice  $M_u(n)$  pentru frecvențele alese.

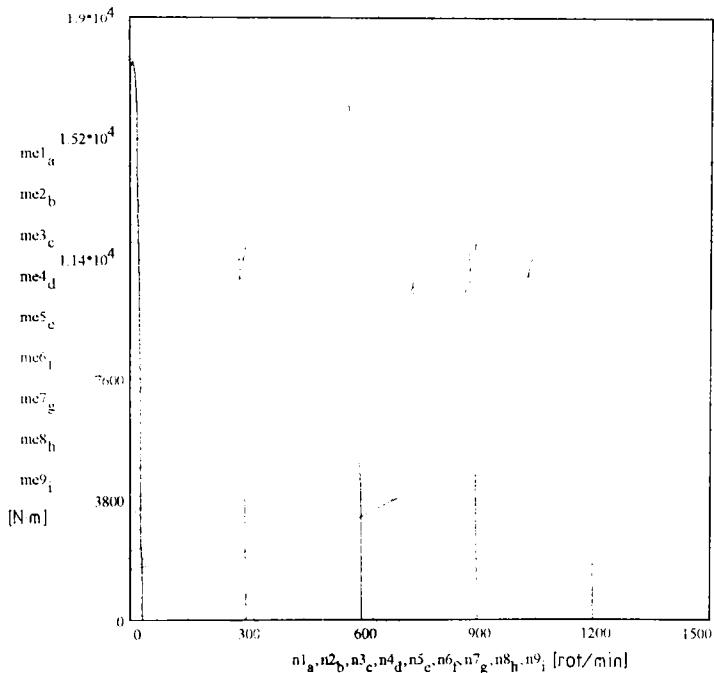


Fig.4.9

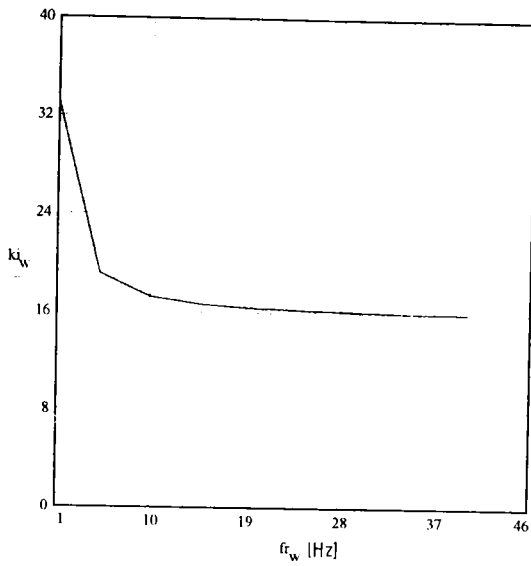


Fig. 4.10

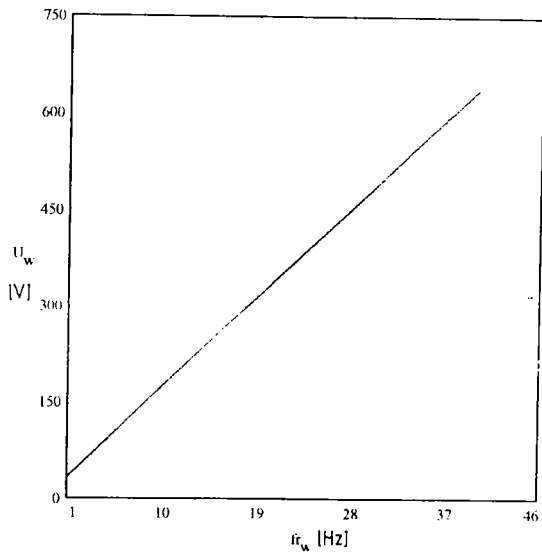


Fig. 4.11

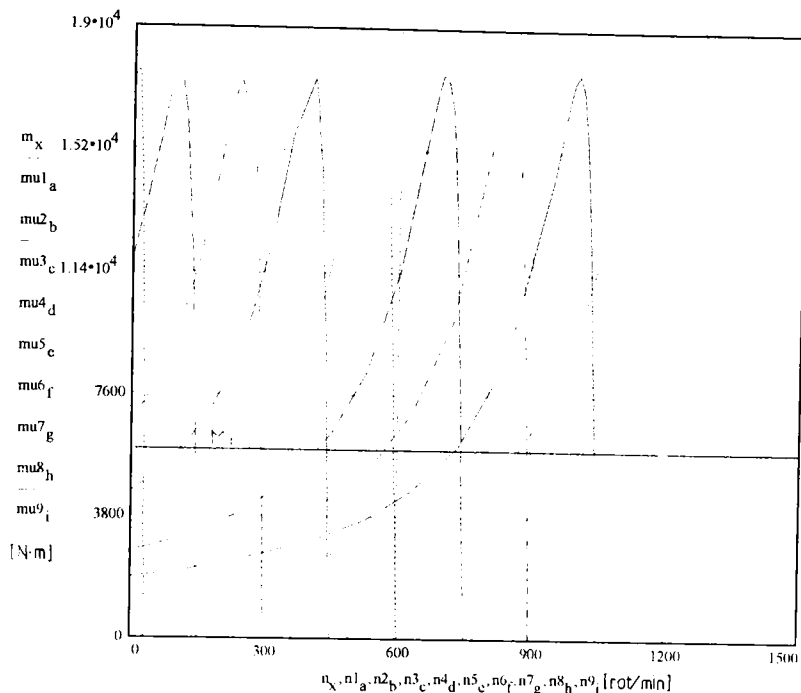


Fig. 4.12

Pentru reglarea la putere constantă se păstrează tensiunea constantă corespunzătoare frecvenței de 40 Hz și se crește în continuare frecvența până la atingerea vitezei maxime de circulație:

$$U = 638$$

$f_w$
40
50
60
70
80
90

$K_w$
15.944
12.755
10.629
9.111
7.972
7.086

În figura 4.13 sunt prezentate momentele electromagnetice dezvoltate de motorul asincron funcție de turație la slăbirea câmpului.

În tracțiunea feroviară interesează mai mult caracteristica mecanică  $M_u(n)$  și în figura 4.14 s-au reprezentat momentele utile la arborele motorului funcție de turația motorului.



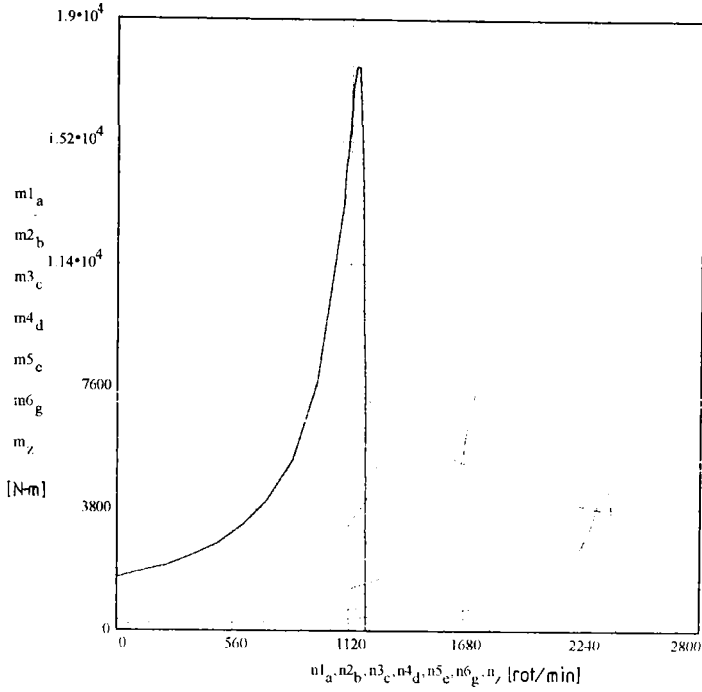


Fig. 4.13

În figura 4.15 este prezentată tensiunea de alimentare funcție de frecvență, care este constantă în tot timpul reglării la putere constantă.

Variația raportului dintre tensiunea de alimentare și frecvența de lucru este prezentată în figura 4.16. Acest coeficient, la reglarea pe putere constantă, scade pe măsură ce crește frecvența.

În figura 4.17 se poate aprecia variația raportului tensiune- frecvență pe toată gama de viteze de circulație. Deci acesta scade brusc în domeniul vitezelor mici, apoi rămâne aproximativ constant iar în continuare scade cu creșterea frecvenței.

Pe toată reglarea la puterea parțială fără schimbarea forței de tracțiune la demaraj variația tensiunii este prezentată în figura 4.18.

Variația curentului statoric în funcție de viteza de circulație la această putere parțială este prezentată în figura 4.19. În perioada demarajului curentul statoric urmărește curentul de la regimul nominal iar la trecerea pe putere constantă este cu ceva mai mare, datorită scăderii factorului de putere (vezi figura 4.24).

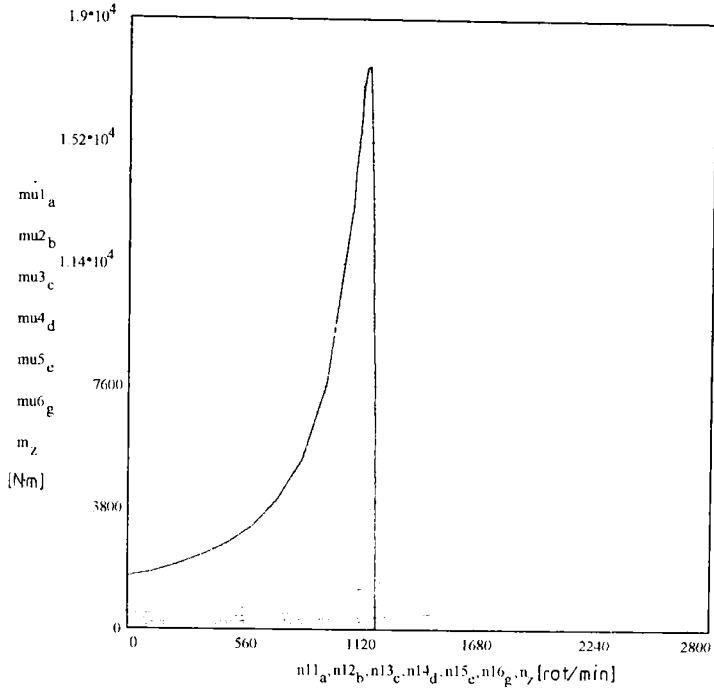


Fig. 4.14

În figura 4.20 este prezentată variația puterii absorbite de motorul de tracțiune în funcție de viteza de circulație, când forța de tracțiune nu se schimbă la pornire. Puterea crește ca și la regimul nominal până la viteza de trecere pe curba de putere parțială constantă după care rămâne constantă la această valoare.

Variația alunecării motorului în funcție de viteză pe parcursul acestei reglări este prezentată în figura 4.21. Alunecările sunt diferite la reglarea pe putere constantă în sensul că acestea sunt mai mari, cum era de așteptat, decât la puterea nominală.

În figura 4.22 este prezentată variația randamentului funcție de viteza de circulație, randament care este mai mic față de randamentul la regim nominal numai în domeniul de lucru pe curba de putere constantă.

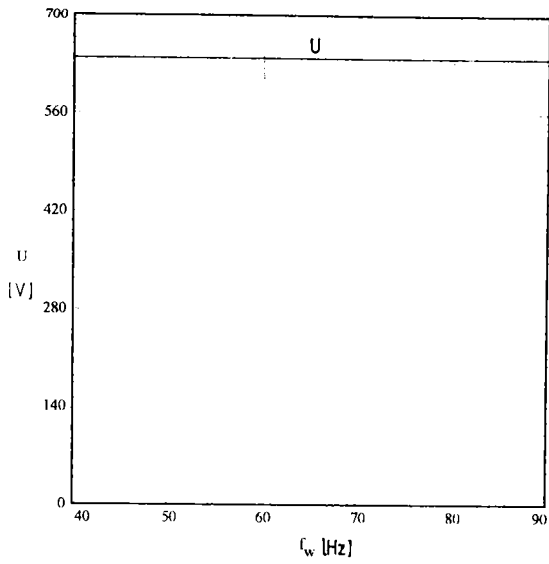


Fig. 4.15

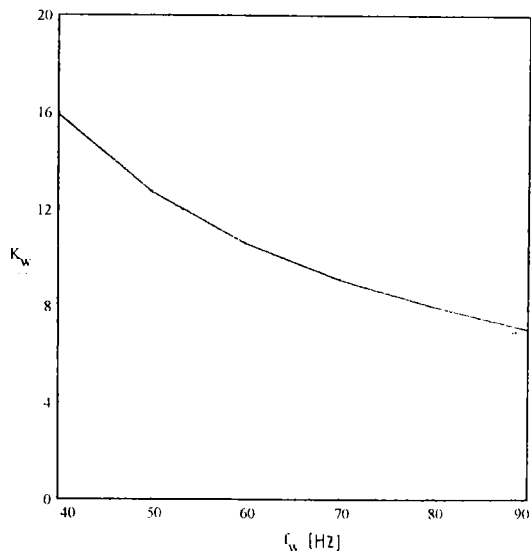


Fig. 4.16

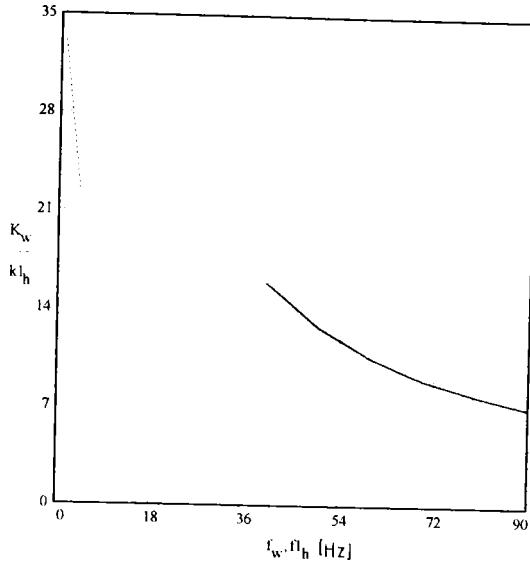


Fig. 4.17

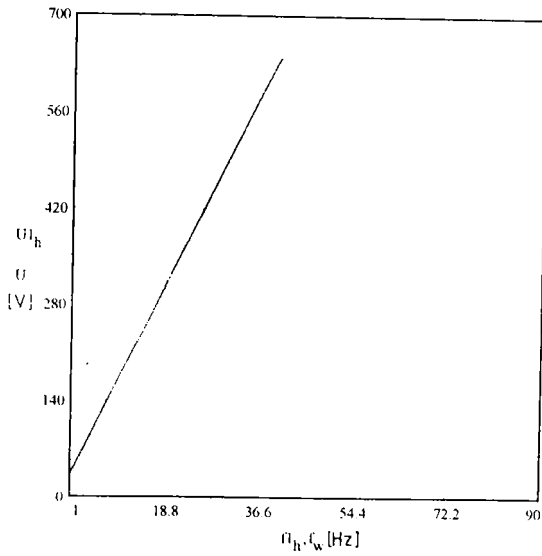


Fig. 4.18

$s_j$	$ l p_j $	$I_j$	$P_j$	$P_i$
0.078293	288.658	291.112	21840.354	22213.279
0.043934	373.946	377.134	98187.729	99869.103
0.026085	401.632	405.054	191479.365	194756.803
0.0184	411.603	415.113	284282.418	289150.451
0.014193	416.781	420.335	377039.85	383497.877
0.011547	419.965	423.547	469802.008	477849.139
0.009733	422.205	425.806	562683.522	572321.282
0.008411	423.831	427.444	655582.291	666808.29
0.007407	425.173	428.799	748688.387	761510.712
0.00739	424.287	429.863	747073.876	856222.521
0.007414	418.07	423.56	738289.037	934593.576
0.007596	421.201	423.756	740863.18	935458.676
0.007833	426.969	420.471	743994.61	931186.024
0.008151	435.378	422.589	747666.894	934230.583
0.008582	447.126	426.537	752016.049	937730.83
		432.188		941721.215

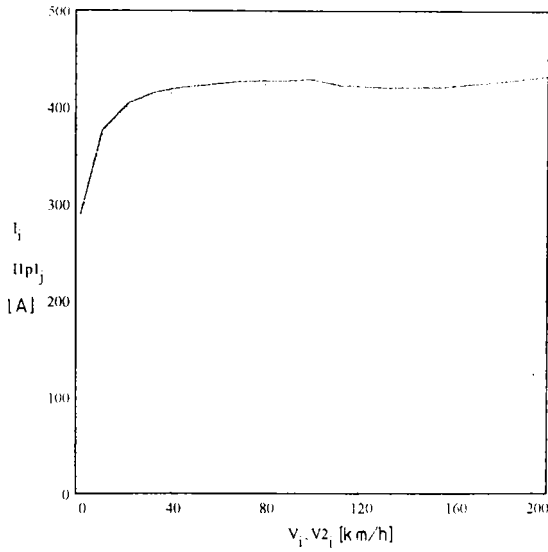


Fig. 4.19

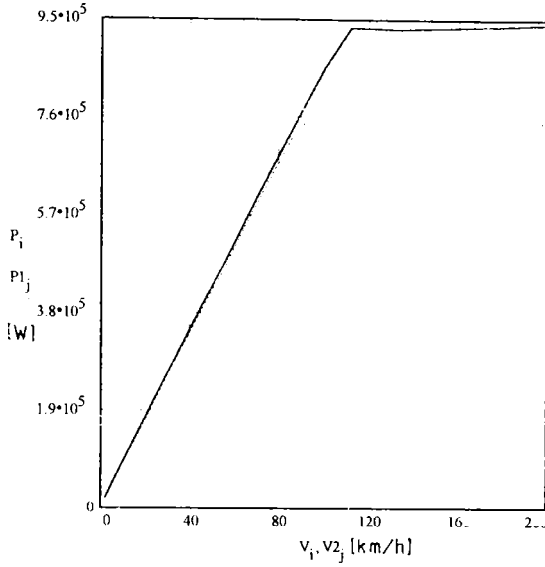


Fig. 4.20

$s_i$	$v_{2_i}$	$s_{1_i}$
0.078293	2.064	0.078293
0.043934	10.706	0.043934
0.026085	21.811	0.026085
0.0184	32.975	0.0184
0.014193	44.155	0.014193
0.011547	55.342	0.011547
0.009733	66.533	0.009733
0.008411	77.725	0.008411
0.007407	88.919	0.007407
0.00739	88.92	0.006617
0.007414	111.147	0.00587
0.007596	133.352	0.00587
0.007833	155.54	0.005914
0.008151	177.704	0.006026
0.008583	199.83	0.006165
		0.006338

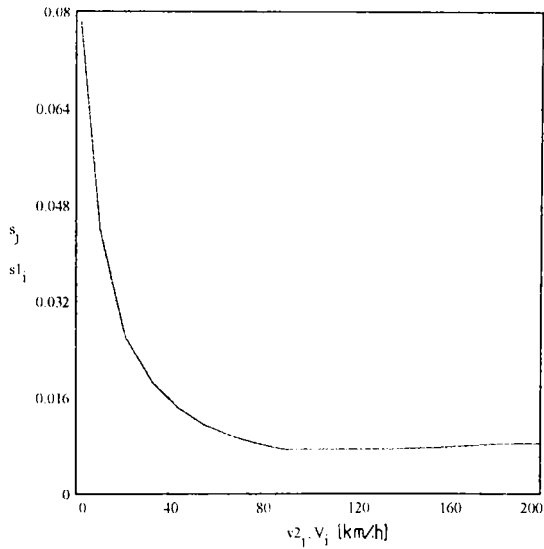


Fig. 4.21

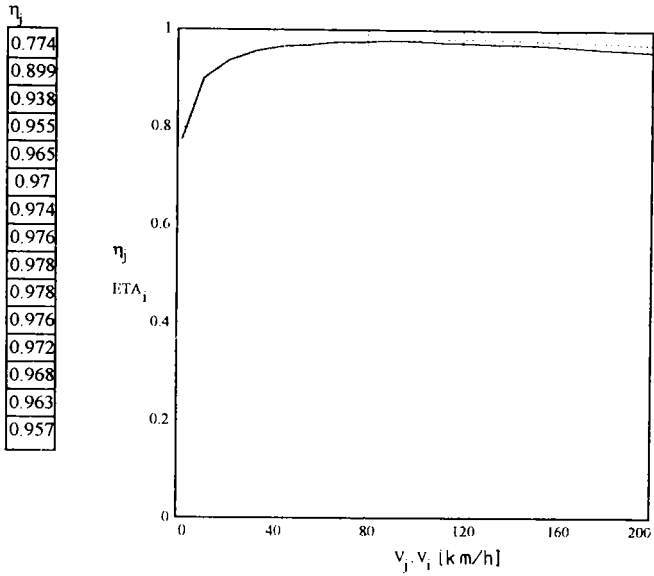


Fig. 4.22

In figura 4.23 este prezentată variația curentului rotorului funcție de viteza de mers.

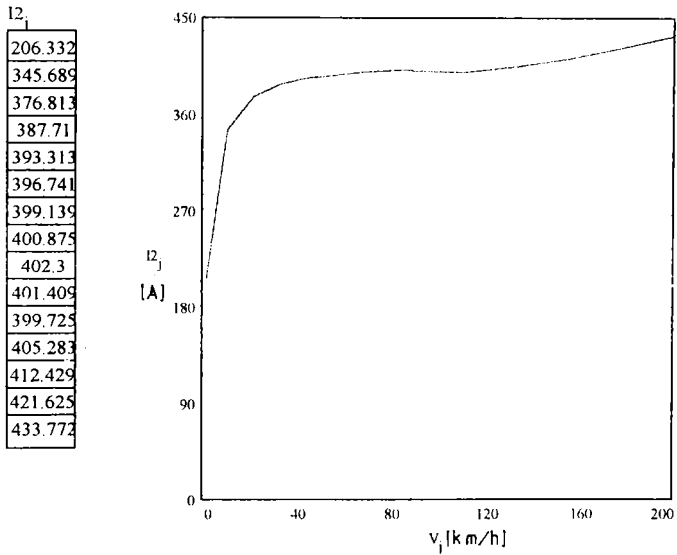


Fig. 4.23

$\cos\phi_{1j}$	$\cos\phi_{2j}$
0.76032	0.76032
0.91335	0.91335
0.9194	0.9194
0.92021	0.92021
0.92038	0.92038
0.92041	0.92041
0.9204	0.9204
0.92039	0.92039
0.92037	0.92037
0.92035	0.9203
0.91981	0.92301
0.91981	0.91934
0.92276	0.91076
0.92114	0.89757
0.91603	0.87537
0.9079	

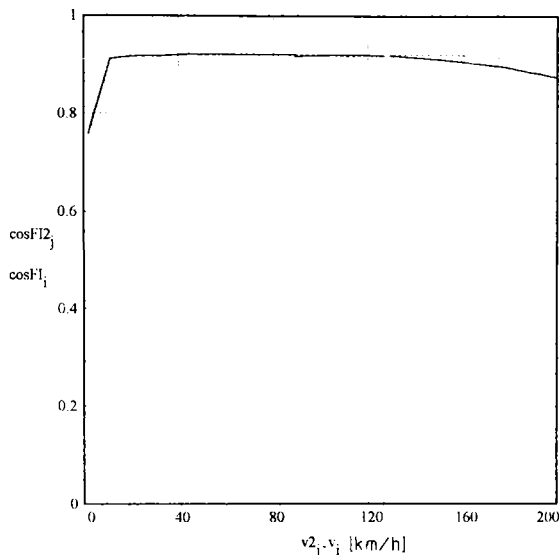


Fig. 4.24

În continuare sunt prezentate rezultatele calculelor pentru forța de tracțiune corespunzătoare momentelor critice, forța de tracțiune la puterea parțială considerată și raportul lor la vitezele corespunzătoare.

$F_{0j}$	$F_{okj}$	$kF_j$	$V_j$	$V_{kj}$
117357.203	352613.964	3.005	2.064	0.57
117357.203	352564.272	3.004	10.706	7.52
117357.197	352498.538	3.004	21.811	18.48
117357.201	352428.738	3.003	32.975	29.63
117357.202	352358.645	3.002	44.155	40.81
117357.203	352289.845	3.002	55.342	52
117357.203	352220.876	3.001	66.533	63.19
117357.203	352152.688	3.001	77.725	74.38
117357.203	352083.412	3	88.919	85.58
117341.805	352083.412	3	88.92	85.58
93886.427	227471.319	2.423	111.147	107.97
78253.034	158777.532	2.029	133.352	130.37
67090.18	116910.744	1.743	155.54	152.76
58722.634	89502.681	1.524	177.704	175.16
52220.565	70570.6	1.351	199.83	197.55

În figura 4.25 este prezentată variația raportului dintre forța corespunzătoare momentelor critice și forța de tracțiune la puterea parțială considerată, raport care în perioada demarajului este același ca și la regimul nominal, dar pe curba de putere constantă acesta scade mai puternic.



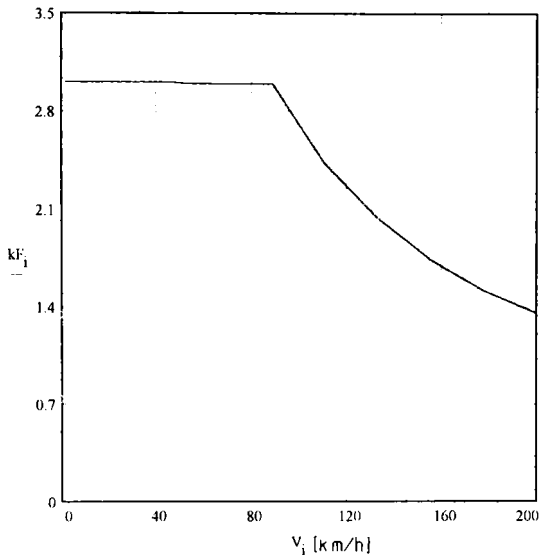


Fig. 4.25

Valoarea acestui coeficient și legea lui de variație diferă de la motor la motor.

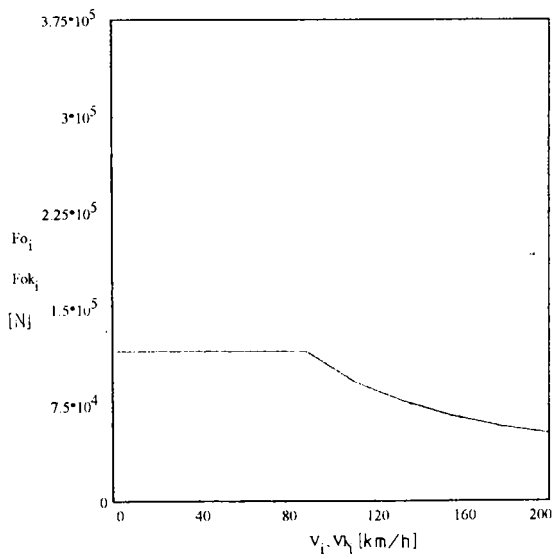


Fig. 4.26

În figura 4.26 este prezentată variația forței de tracțiune corespunzătoare momentelor critice și a forței de tracțiune la puterea parțială funcție de viteza de circulație pentru vehiculul motor luat în studiu.

La finalul acestei reglări se poate remarca influența funcționării motorului asincron la puteri parțiale asupra diferiților parametri energetici.

De menționat este faptul că pentru reglare la puteri parțiale fără schimbarea forței de tracțiune la demaraj trebuie, obligatoriu, făcute analize privind viteza maximă de circulație pentru o anumită frecvență și tensiune pe motor, deoarece la trecerea pe curba de putere constantă există posibilitatea ca motorul să nu mai dezvolte momentul necesar și atunci va funcționa pe ramura instabilă a caracteristicii sale, situație inacceptabilă pentru tracțiunea feroviară. Pentru tensiunea aleasă se va limita frecvența maximă, deci se va limita viteza maximă de circulație la puterea parțială luată în considerare.

## **CAPITOLUL V**

### **COMANDA ȘI REGLAREA AUTOMATĂ A MOTORULUI ASINCRON ÎN REGIM DE TRACȚIUNE PRIN CALCULATOR**

#### **5.1 Introducere**

Echiparea locomotivelor electrice cu sisteme de comandă și reglare automată devine o necesitate impusă de cerințele căilor ferate moderne de a transporta cât mai economic, cu viteze cât mai mari și în deplină siguranță.

Cerința este deosebit de necesară în cadrul transportului suburban, caracterizat prin densitatea traficului și prin opriri frecvente în fiecare stație, și în cadrul transportului interurban unde datorită vitezelor ridicate de circulație de circa 200 km/h și a puterilor instalate mari este necesar un înalt grad de automatizare.

În cazul trenurilor electrice interurbane s-a mers până la realizarea conducerii automate a regimurilor de tracțiune și frânare, încât omul a devenit un simplu supraveghetor.

Prin reglarea automată a forțelor de tracțiune și frânare precum și a vitezei de circulație se urmărește, pe de o parte, optimizarea conducerii trenului, iar pe de altă parte, sporirea siguranței circulației, deoarece degrevarea mecanicului de locomotivă de activitatea de conducere permite concentrarea atenției asupra căii, indicațiilor semnalelor, etc.

Pentru realizarea unui reglaj automat cu caracteristici funcționale optime este necesar cunoașterea necesităților concrete de automatizare și posibilităților echipamentului electric de pe vehicul.

Printre funcțiunile care au fost studiate pentru automatizare în tracțiunea feroviară electrică putem enumera:

- reglarea curentului de demaraj, respectiv a curentului la frânarea electrică reostatică;

- reglarea accelerației și decelerației;
- reglarea după consumul minim de energie;
- reglarea tensiunii și a frecvenței la demaraj;
- reglarea frecvenței pe caracteristica de putere constantă;
- reglarea după energia maximă recuperată;
- reglarea vitezei cu menținerea constantă a frecvenței rotorice;
- reglarea vitezei cu menținerea constantă a alunecării.

Introducerea automatizării tracțiunii electrice feroviare prezintă următoarele avantaje mai importante:

- creșterea confortului călătorilor;
- reducerea consumului de energie;
- îmbunătățirea regularității circulației;
- reducerea uzurii materialului rulant.

Există sisteme în care sunt incluse și programe de mers (timp de mers, spații de mers și de frânare, viteze, timp de opriri în stații).

În general, comenzile sunt grupate în funcție de cerințele concrete de automatizare specifice activității locomotivei sau trenului electric luate în studiu

## **5.2 Comanda și reglarea motorului asincron prin calculator**

### **5.2.1. Construcția și funcționarea standului**

Comanda și reglarea tensiunii și frecvenței de alimentare a motorului asincron a constituit premiza realizării unui stand cu motor asincron.

Schema bloc de principiu a standului construit în acest scop la catedra Material rulant de cale ferată, laboratorul Locomotive electrice este prezentat în figura 5.1.

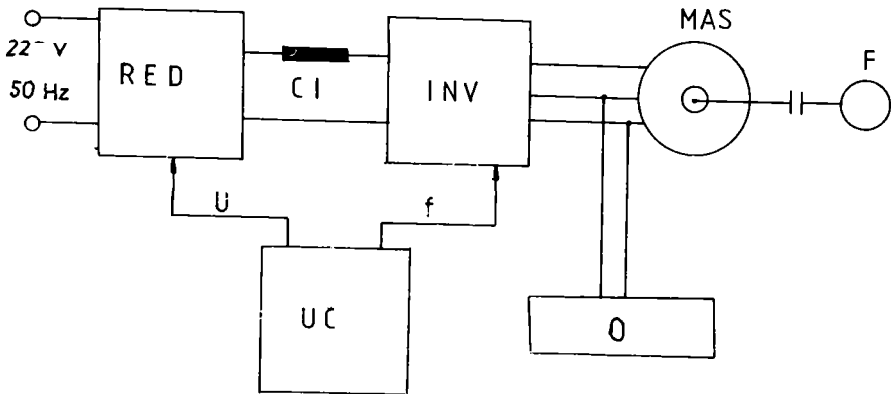


Fig.5.1

În figura 5.1 s-au făcut următoarele notații:

- RED - redresor complet comandat;
- CI - circuit intermediar de curent continuu;
- INV - invertor de curent;
- MAS - motor asincron trifazat cu rotorul în scurtcircuit;
- F - frână;
- O - osciloscop;
- UC - unitatea centrală de comandă ( calculator PC).

Alimentarea standului se face de la rețeaua monofazată de 220 V și 50 Hz.

Redresorul, comandat prin calculator, transformă energia electrică de curent alternativ în curent continuu de diferite tensiuni în funcție de comanda unghiului de aprindere a tiristoarelor.

Filtru din circuitul intermediar de curent continuu este format în acest caz dintr-o dobină. Invertorul, comandat tot prin calculator, alimentează fazele motorului

asincron cu diferite tensiuni și frecvențe. Cu ajutorul frânei se realizează diferite momente de frânare pentru motorul asincron, deci se simulează calea de rulare.

Prin unitatea centrală se pot comanda tensiunea la ieșirea din redresor respectiv frecvența la inverter. Pentru înregistrarea semnalelor s-a utilizat un osciloscop.

Motorul asincron trifazat cu rotorul în scurtcircuit are următoarele caracteristici constructive și funcționale (STAS 1893 - 72): puterea = 0.55 kW,  $\cos \varphi = 0.75$ , turația  $n = 1380$  rot/min, frecvența  $f = 50$  Hz, clasa de izolație E.

### 5.2.2. Redresorul. Comanda redresorului

Redresorul este complet comandat și este alimentat la rețeaua monofazată cu tensiunea de 220 V și frecvența 50 Hz.

Schema redresorului este prezentată în figura 5.2.

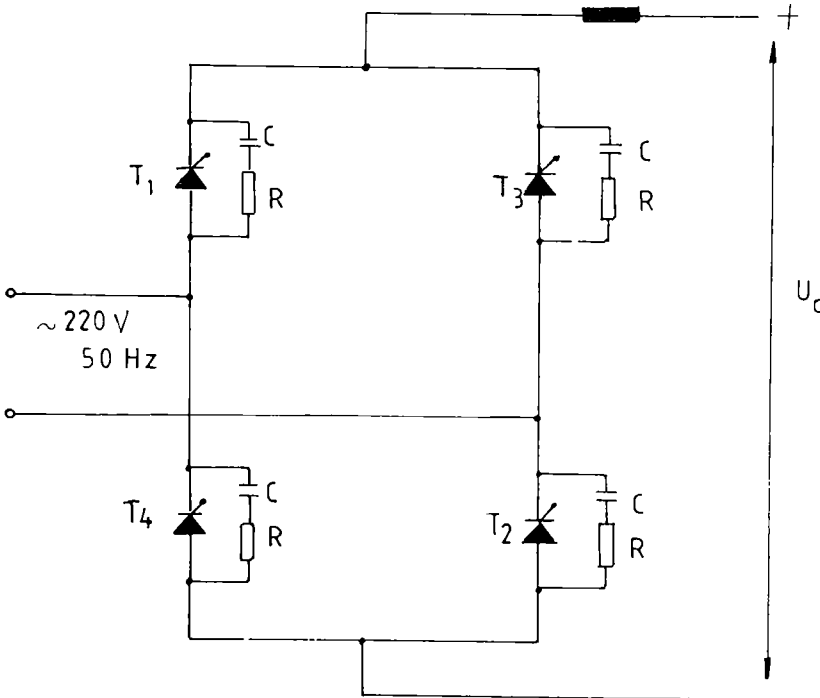


Fig.5.2

Partea de putere a redresorului conține patru tiristoare T250/1200, fiecare având montat un circuit de protecție format din:

- o rezistență de valoare  $R=11 \Omega$  ;
- un condensator cu capacitatea  $C=1 \mu F$ .

Schema dispozitivului de comandă pe grilă a redresorului este prezentată în figura 5.3.

Unitatea centrală, prin intermediul unui convertor numeric - analogic aplică la intrarea dispozitivului de comandă a grilei o tensiune proporțională cu unghiul de aprindere al tiristoarelor.

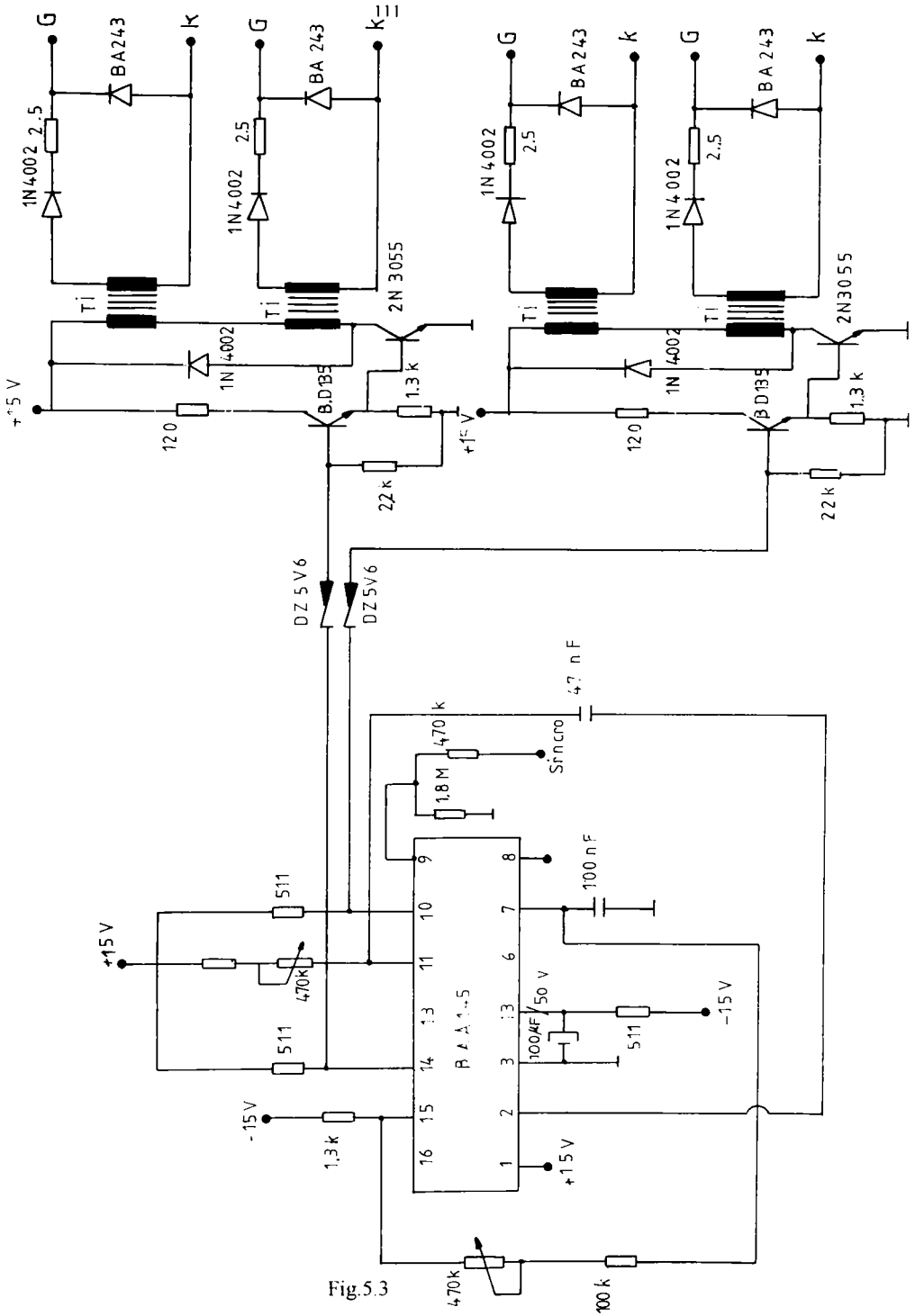


Fig.5.3



### 5.2.3. Invertorul de curent. Comanda invertorului

Invertorul construit pentru stand este un invertor de curent cu stingere autonomă.

Schema generală a acestui invertor este prezentată în figura 5.4.

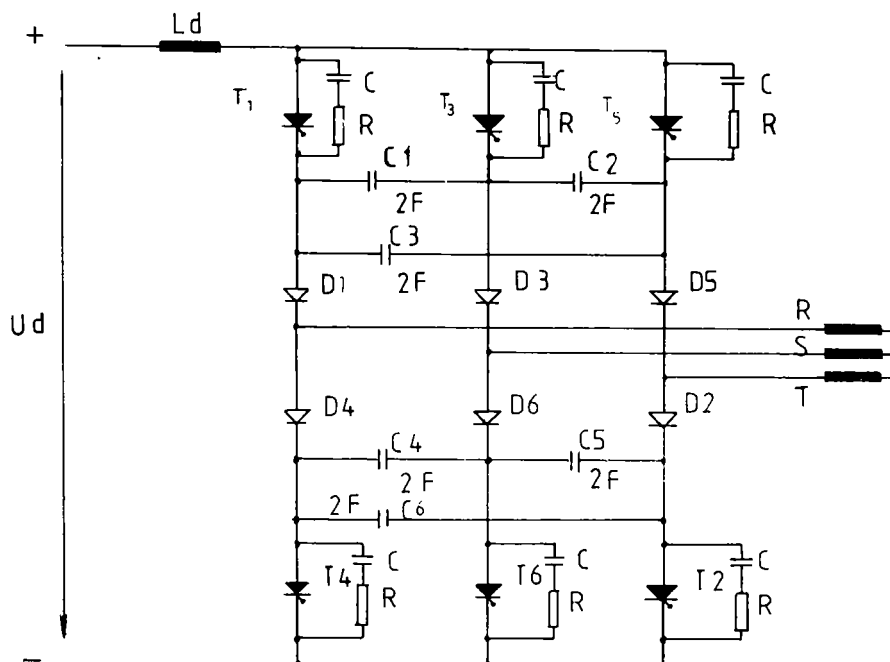


Fig.5.4

Elementele componente ale invertorului sunt șase tiristoare T250/1200, șase diode TU38 care realizează decuplarea celor șase condensatoare de stingere cu capacitatea de  $180 \mu F$  de înfășurările motorului.

Condensatoarele de stingere sunt conectate între faze, punctele de legătură cu acestea fiind între tiristoare și diode. Tiristoarele de putere au circuitele de protecție formate dintr-un condensator și o rezistență. Stingerea tiristoarelor invertorului este asigurată prin aprinderea după 120 grade electrice a tiristorului care urmează să intre

în conducție. Prin condensatoarele de stingere, montate între faze, trece curentul motorului și astfel acestea se vor încălzi.

Caracteristic comutației este că tensiunea pe condensatoarele de stingere își schimbă polaritatea, iar energia înmagazinată în inductanța de scăpări a motorului, în absența diodelor de recuperare determină supraîncărcarea condensatoarelor de stingere, care trebuie să preia această energie.

La dimensionarea acestui tip de inverter s-au avut în vedere următoarele criterii:

- criteriul timpului de blocare al tiristorului. Acest timp trebuie să fie mai mare decât timpul de revenire al tiristorului. Fără respectarea acestei condiții va fi ratată comutarea iar inverterul va intra în scurtcircuit intern, prin elementele semiconductoare de putere.

- criteriul timpului de încărcare al condensatorului de stingere care trebuie să fie mai mic decât o treime din perioada corespunzătoare frecvenței de ieșire din inverter. Dacă nu se respectă acest criteriu comutarea este perturbată în intervalul de conducție al diodelor.

- criteriul de stabilitate. Pe toată durata timpului de blocare al diodelor, tensiunea anod - catod nu trebuie să devină pozitivă. Respectând această condiție vor fi eliminate o serie de neplăceri cum ar fi stabilitatea circuitelor de stingere și reducerea curentului motorului.

Logica de comandă a inverterului este asigurată de unitatea centrală prin aplicarea unui impuls driverelor aferente tiristoarelor de putere.

Schema unui driver este prezentat în figura 5.5.

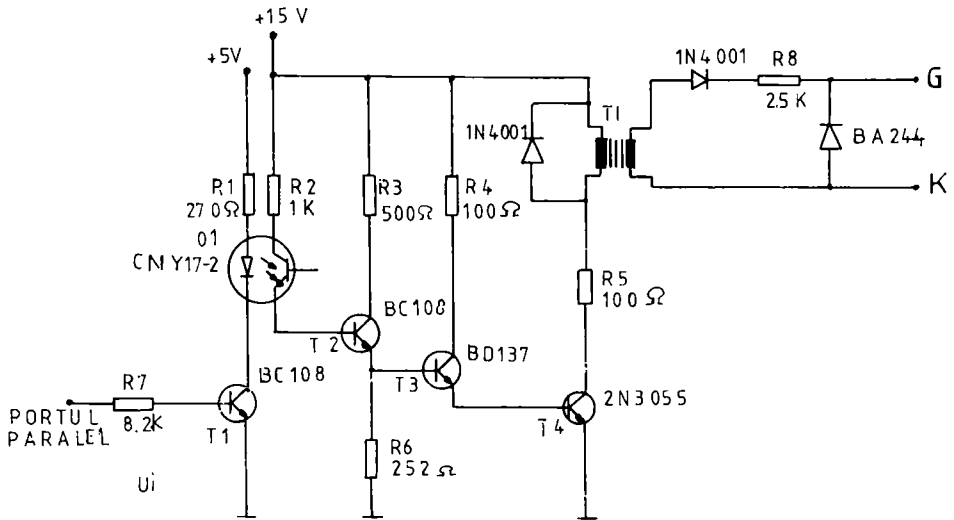


Fig.5.5

#### 5.2.4. Unitatea centrală de comandă

Unitatea centrală de comandă este compusă din următoarele părți principale:

- un calculator IBM - PC - XT;
- o placă de comandă numeric - analogică pentru comanda redresorului;
- o placă de comandă numerică pentru comanda inverterului;

Prin unitatea centrală se comandă redresorul și inverterul.

### 5.3 Măsurători experimentale

#### 5.3.1 Măsurători experimentale efectuate pe standul cu motor asincron de la ICMET Craiova

Pe standul respectiv au fost efectuate încercări și măsurători pentru motorul asincron trifazat cu rotorul în scurtcircuit MAB T2, motor care a fost proiectat și executat pentru ramele de metrou cu transmisie în curent alternativ din București.

Motorul asincron MAB T2 are următoarele caracteristici:

- puterea nominală  $P = 100 \text{ kW}$ ;
- tensiunea nominală  $U_n = 560 \text{ V}$ ;
- curentul nominal  $I_n = 130 \text{ A}$ ;
- turația nominală  $n = 1\ 167 \text{ rot / min}$ ;
- frecvența nominală  $f = 60 \text{ Hz}$ ;
- factorul de putere  $\cos \varphi = 0.87$ ;
- randamentul  $\eta = 90 \%$ ;
- alunecarea nominală  $s = 2.6 \%$ ;
- numărul perechilor de poli  $p = 3$ ;
- clasa de izolație F.

Inercările efectuate cu motorul MAB T2 pe ștand au respectat STAS 9904/1-6 / 70, STAS 7246 / 82 și CSM 108 / 83 motoare asincrone trifazate de tracțiune.

Dintre multitudinea de măsurători efectuate pe ștand am selectat numai rezultatele pentru caracteristica mecanică  $M(n)$  care ne interesează în mod deosebit în tracțiunea feroviară, rezultate ce sunt prezentate în tabelul 5.1.

U [V]	M [Nm]	n [rot/min]
400	432.6	47
	432.6	0
	422.3	83
	412.0	111
	401.7	154
	370.8	211
	422.3	310
	422.3	460
	473.8	630
	525.3	771
	566.5	835
	669.5	953
	721.0	1002
	772.5	1048
793.1	1067	

	793.1	1085
	772.5	1100
	618.0	1119
	0	1200

În figura 5.6 s-a prezentat caracteristica mecanică ridicată pe ștand, peste care s-a suprapus caracteristica mecanică teoretică ridicată pe calculator.

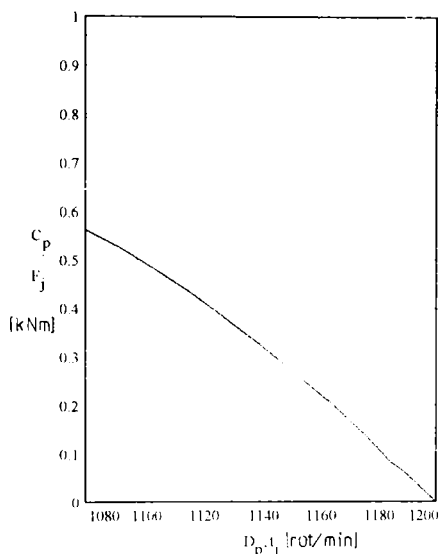


Fig.5.6

Se poate remarca că există o diferență între cele două caracteristici, diferență care se poate explica prin existența erorilor aparatelor de măsură, erorilor de citire, influența încălzirii înfășurărilor motorului care în calcule nu sunt luate în considerare, influența temperaturii mediului ambiant din timpul măsurătorilor, diferențe de ordin constructiv, etc.

### 5.3.2 Măsurători experimentale efectuate pe rama de metrou

#### REM - C A Nr. 23

Motoare asincrone cu rotorul în scurtcircuit, deocamdată în tracțiunea electrică, în România, se aplică pe ramele de metrou iar introducerea în tracțiunea feroviară rămâne o problemă de perspectivă.

Rama de metrou REM-CA Nr.23 echipată cu motoare de tracțiune asincrone MABT 2 este formată din două vagoane motoare (vezi figura 5.7)

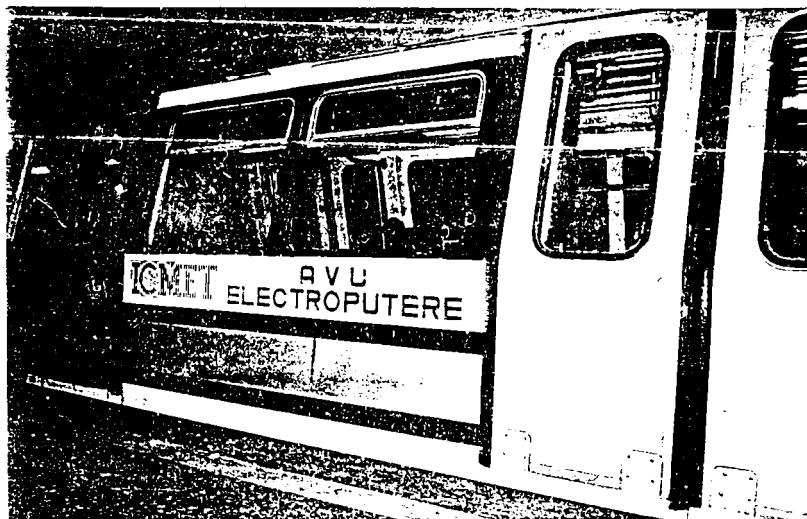


Fig.5.7

Pe ramă s-au montat aparate de captare a semnalelor atât pe circuitul primar de curent continuu cât și pe partea de circuit secundar de curent alternativ.

Măsurătorile experimentale efectuate au vizat ambele regimuri de funcționare ale ramei:

- regimul de tracțiune;
- regimul de frânare recuperativă.

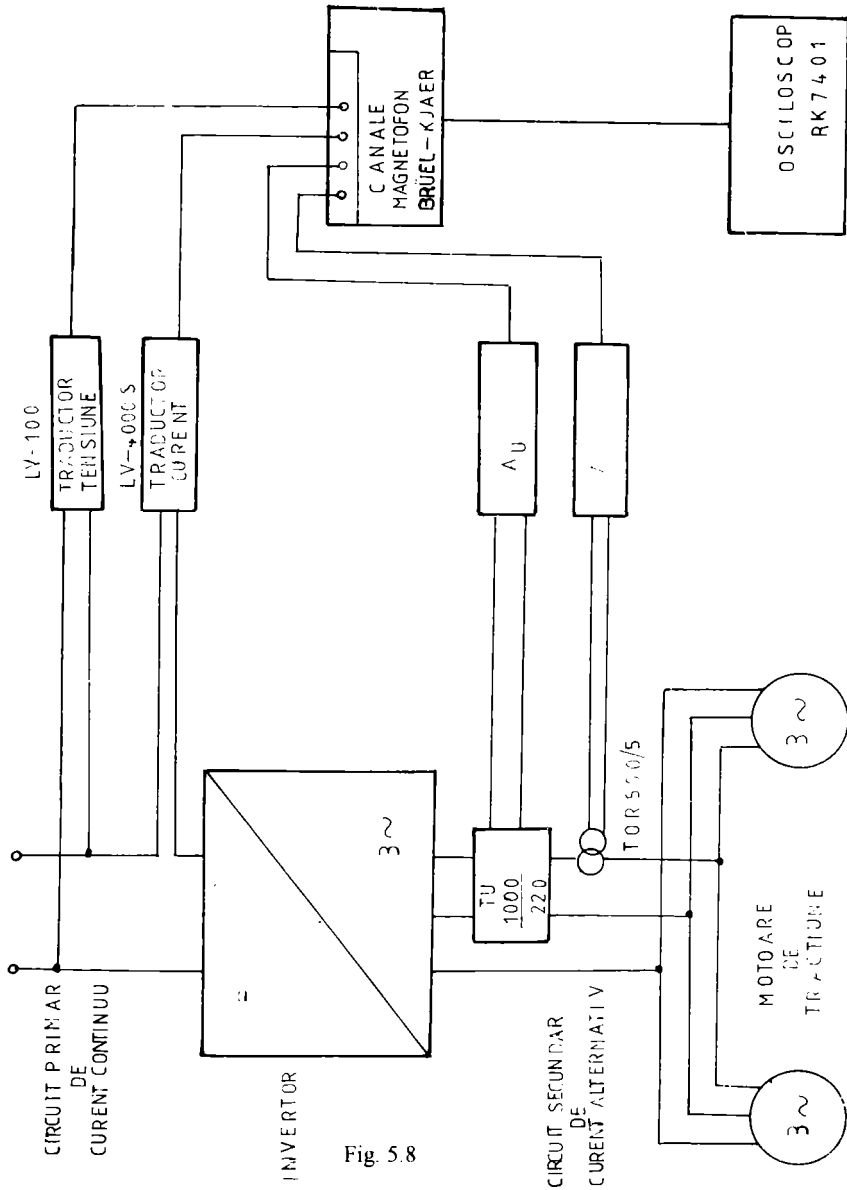
Pentru fidelitatea captării semnalelor în timpul măsurătorilor s-a utilizat metoda înregistrării directă și continuă.

Schema de principiu de înmagazinare pe memorii magnetice a semnalelor de pe rama de metrou este prezentată în figura 5.8.

Pe circuitul primar de curent continuu s-au folosit traductoare de tensiune de tip LV-100 și traductoare de curent de tip LV- 4000S.

În circuitul secundar de curent alternativ s-au montat un traductor de curent tip TORR- 500/5 și un traductor de tensiune tip TU- 1000/220.

În figurile 5.9 și 5.10 sunt prezentate modul de amplasare a traductoarelor de curent și tensiune în circuitul primar de curent continuu respectiv în circuitul secundar de curent alternativ pe rama de metrou



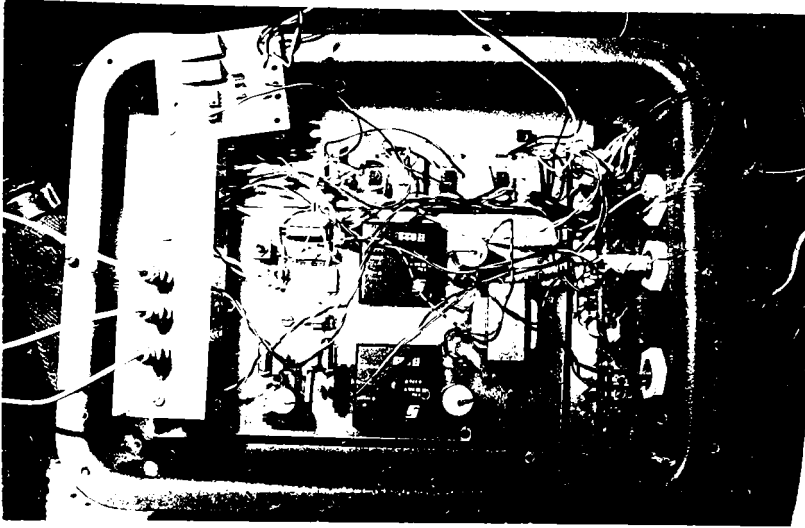


Fig 5.9

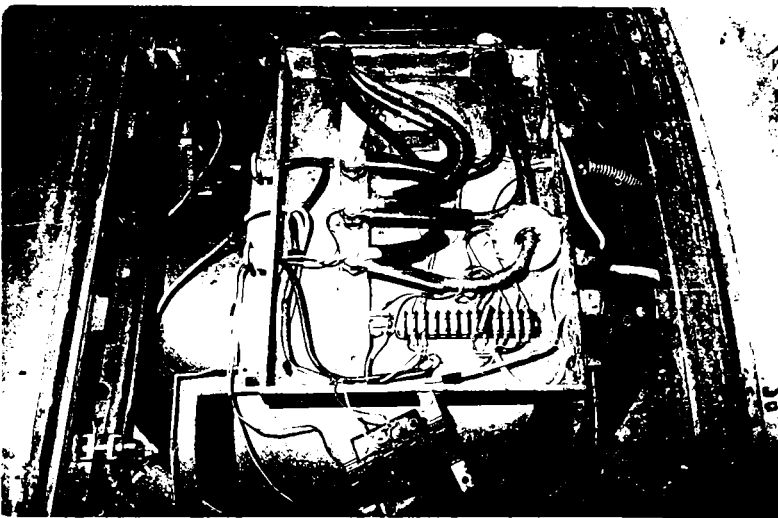


Fig.5.10



Aparatura de înmagazinare a semnalelor pe memorii magnetice a fost un înregistrator magnetic de tip Brüel - Kjaer cu patru canale. Pentru înregistrarea semnalelor s-a utilizat oscilografal tip H071.4 și înregistratorul cu hârtie tip H327. Pentru transpunerea semnalelor de pe aparatura de înmagazinare cu memorii magnetice pe osciloscop și pe aparate indicatoare a valorii semnalelor s-a folosit metoda directă.

În figura 5.11 este prezentată aparatura necesară pentru transpunerea și vizualizarea semnalelor.

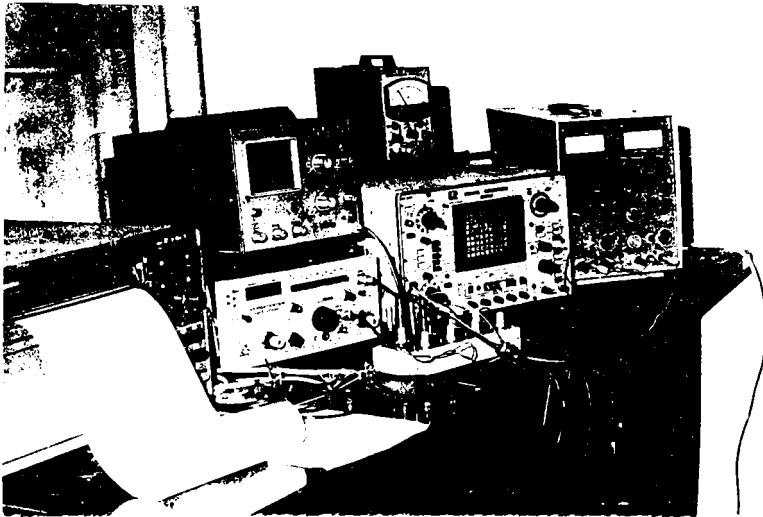


Fig.5.11

Aparatura folosită este aptă pentru selectarea semnalelor pe domenii de valori, pe domenii de frecvență și perturbații. Pentru semnalele înregistrate pe rama de metrou s-a folosit osciloscopul tip RK - 7401 cu două canale și memorie. Semnalele memorate și expuse pe ecranul osciloscopului au fost fotografiate urmând ca apoi să fie analizate.

Scările osciloscopului au fost stabilite la valorile:

- pentru tensiunea alternativă : 0.2V div; 2 ms/div;
- pentru curentul alternativ: 2V/div; 2ms/div.

În figura 5.12 sunt prezentate variațiile tensiunii și curentului în circuitul

secundar de curent alternativ deci chiar pe ieșirile din inverterul care alimentează două motoare de tracțiune asincrone.

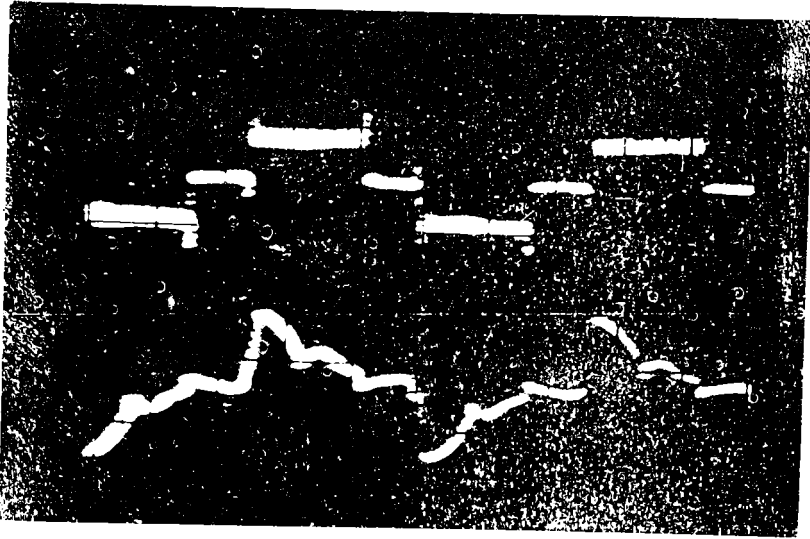


Fig. 5.12

În acest caz motorul are tensiunea efectivă pe fază de  $66\text{ V}$ , la o frecvență de  $95\text{ Hz}$ .

### **5.3.3 Măsurători experimentale efectuate pe standul din laboratorul "Locomotive electrice" al catedrei MRCE**

Pe standul cu motor asincron construit (vezi figura 5.13) s-au făcut încercări și măsurători numai în regim de tracțiune.

Captarea semnalelor de pe fazele motorului s-a făcut prin metoda înregistrării discontinue.

Pentru anumite valori ale tensiunii și frecvenței comandate semnalele privind tensiunea sau curentul pe fazele motorului au fost afișate direct pe osciloscopul E 0109 cu două spoturi și au fost făcute fotografii.

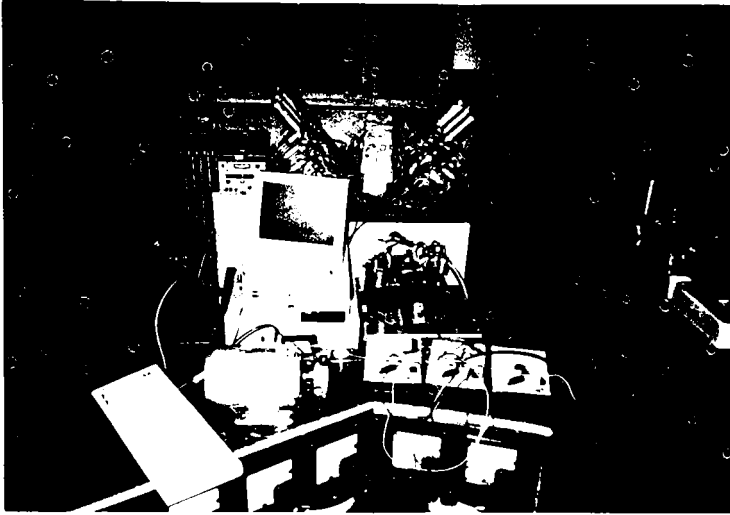
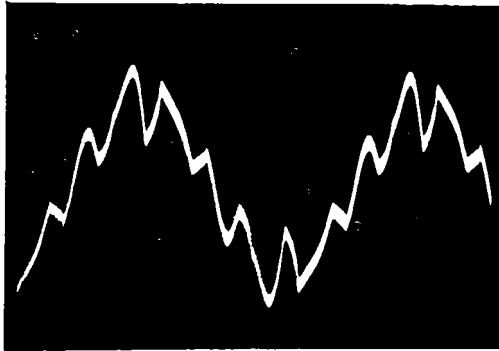
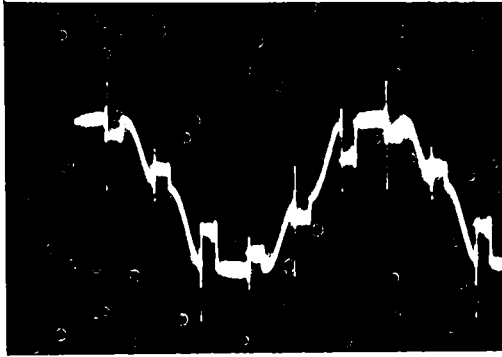


Fig.5.13

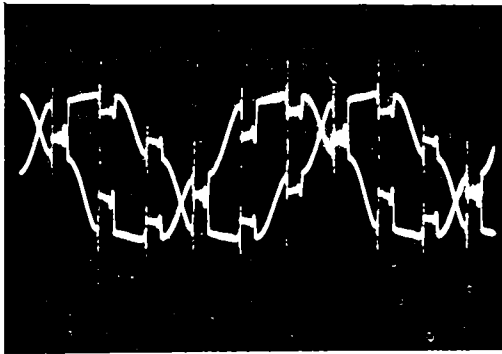
În figura 5.14 (a, b, c) sunt prezentate variațiile curentului, a tensiunii pe o fază, pe două faze. Valoarea tensiunii efective pe fază este de 58 V la o frecvență de 17 Hz.



a)



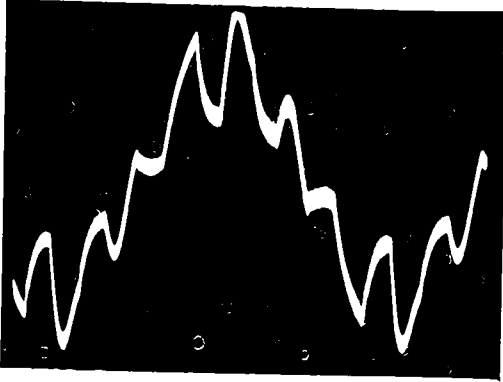
b)



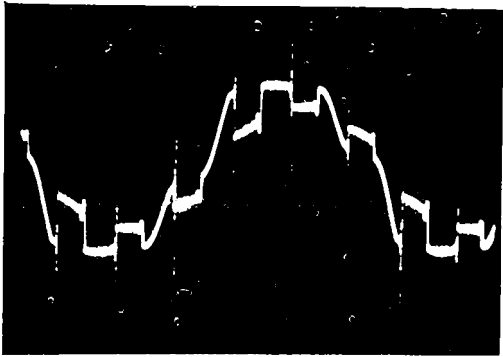
c)

Fig.5.14

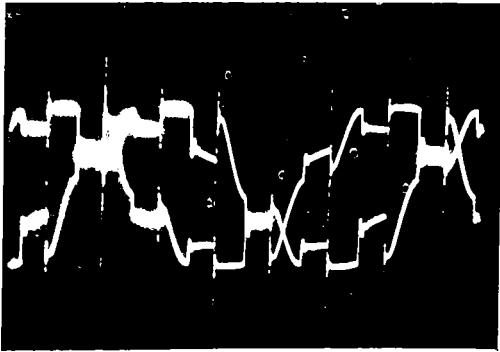
În figura 5.15 (a, b, c) sunt prezentate variațiile curentului, a tensiunii pe o fază, pe două faze. Valoarea tensiunii efective pe fază este de 65 V la o frecvență de 13 Hz.



a)



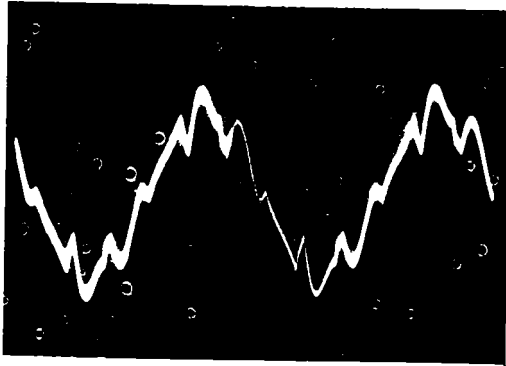
b)



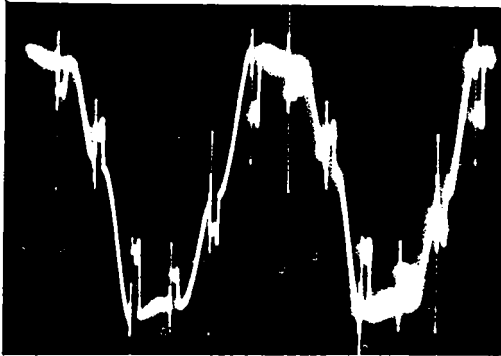
c)

Fig.5.15

În figura 5.16 (a, b, c) sunt prezentate variațiile curentului, a tensiunii pe o fază, pe două faze. Valoarea tensiunii efective pe fază este de 105 V la o frecvență de 20 Hz.



a)



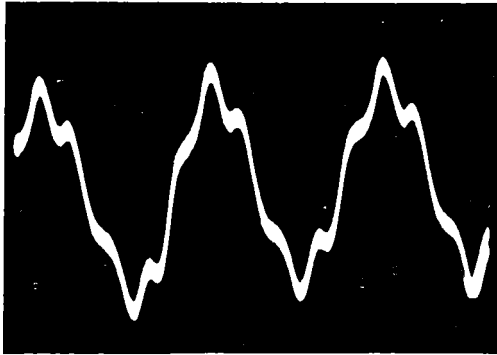
b)



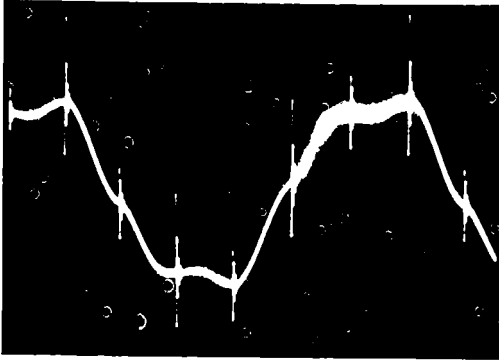
c)

Fig. 5.16

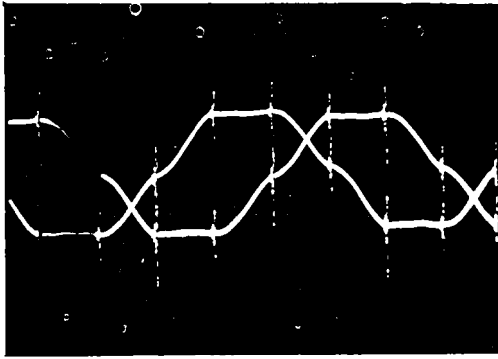
În figura 5.17 (a, b, c) sunt prezentate variațiile curentului, a tensiunii pe o fază, pe două faze. Valoarea tensiunii efective pe fază este de 140 V la o frecvență de 26 Hz.



a)



b)



c)

Fig. 5.17

Din analiza celor prezentate reies posibilitățile de funcționare ale standului construit. La frecvențe mici de funcționare ale motorului se pot observa zonele de comandă și de comutare ale tristoarelor din circuitul de forță, forma semnalelor tensiunii și curentului (asemănătoare cu cele ale motorului de metrou) care se apropie mai mult de sinusoidă cu creșterea frecvenței de lucru.



## CAPITOLUL VI

### CONCLUZII

Stadiul actual al tracțiunii electrice feroviare impune pe vehiculele electrice transmisia în curent alternativ.

Pentru sistemul de tracțiune feroviar cu motoare asincrone în literatura de specialitate din țară se prezintă numai problemele de principiu ale acestei acționări, de unde rezultă necesitatea cercetării proceselor complexe care apar în circuitul de forță al vehiculelor electrice feroviare echipate cu asemenea motoare, determinarea condițiilor impuse motoarelor de tracțiune de exploatarea feroviară.

Din motivațiile prezentate în capitolul I, autorul a elaborat prezenta lucrare, a cărei tematică este de strictă actualitate, ținând cont și de faptul că acest sistem trebuie și va fi introdus în țara noastră.

Pentru verificarea teoriei elaborate în lucrare s-a pornit la calculul unui motor asincron trifazat cu rotorul în scurtcircuit de putere  $P = 900$  kW, tensiune de linie  $U_1 = 1385$  V și numărul de perechi de poli  $p = 2$ , care considerăm că va echipa o locomotivă electrică Bo-Bo cu puterea nominală de 3600 kW și viteza maximă constructivă de 200 km/h.

La determinarea parametrilor constructivi și funcționali ai motorului de tracțiune un rol important îl are stabilirea raportului dintre momentul critic și nominal, deoarece la turația maximă a motorului (corespunzătoare vitezei maxime a vehiculului) motorul trebuie să dezvolte momentul corespunzător puterii constante de lucru.

În capitolul II, pe baza relațiilor matematice stabilite, se simulează pe calculator reglarea motorului asincron trifazat cu rotorul în scurtcircuit în regim de tracțiune:

- la moment constant;
- după aderență;
- la putere constantă.

Se abordează și problema ridicării caracteristicilor de pornire (de apropiere) din care rezultă domeniul de variație al tensiunii impunând frecvența de pornire, considerând că locomotiva va circula izolată sau va funcționa până la limita de aderență.

Analizând rezultatele obținute, în acest capitol, se pot concluziona:

- în cazul demarajului cu forță de tracțiune constantă, ceea ce înseamnă moment motor constant, raportul dintre tensiune și frecvență scade puternic în zona frecvențelor mici, după care se menține aproximativ constant în jurul frecvenței nominale, apoi scade cu creșterea frecvenței:

- în zona frecvențelor mici nu trebuie omisă căderea de tensiune pe înfășurarea statorică:

- la reglarea după aderență alunecările sunt mai mari decât în cazul demarajului cu forță de tracțiune constantă;

- la putere constantă trebuie verificată funcționarea motorului la turația maximă încât acesta să nu funcționeze pe porțiunea instabilă. Din această condiție se poate stabili turația maximă astfel ca la diametrul roții motoare dat, viteza de circulație impusă să poată fi realizată cu un raport corespunzător  $M_k/M_n$ .

În capitolul III se elaborează metodologiile de calcul funcție de alunecare, deoarece alunecarea este parametrul ce definește încărcarea motorului, pentru:

- factorul de putere;
- curentul statoric;
- curentul rotoric;
- puterea electrică absorbită;
- randamentul motorului.

Aceste relații matematice au stat la baza întocmirii programelor în limbaj Turbo Pascal pe calculator, ale căror rezultate au stabilit condițiile de funcționare ale

motorului asincron cu rotorul în scurtcircuit impuse de exploatarea feroviară.

Curbele de variație a acestor mărimi, ridicate cantitativ, se regăsesc în succintele informații din literatura de specialitate dar care sunt prezentate numai calitativ.

S-a ridicat pe calculator caracteristica de tracțiune  $F_0(V)$  pentru reglările luate în considerare și este comparabilă cu caracteristica locomotivei germane B.R.181 care are datele tehnice apropiate de cele ale locomotivei propuse.

Raportul dintre forța de tracțiune corespunzătoare momentului critic și cea nominală a putut fi studiat pe toată gama de turație a motorului și se poate trage concluzia că, pe curba de putere constantă, acesta scade cu creșterea frecvenței, ajungând la frecvența de 90 Hz să mai fie o rezervă de supraîncărcare de 72 %.

La remorcarea trenurilor pe o cale cu profil variat nu întotdeauna poate fi utilizată întreaga putere instalată pe vehiculul motor. De aceea este imperios necesară studierea reglării la puteri parțiale. Din literatura de specialitate pentru vehiculele feroviare caracteristicile de tracțiune la puteri parțiale pot fi:

- fără schimbarea forței de tracțiune la demaraj;
- cu schimbarea forței de tracțiune la demaraj.

Problema este aprofundată în capitolul IV prin simulare pe calculator în limbaj Turbo Pascal folosind teoria din capitolele II și III.

La prima variantă se impune frecvența (viteza) de trecere pe curba de putere parțială constantă, se determină tensiunile și frecvențele corespunzătoare pentru perioada demarajului, iar la reglarea pe putere constantă se crește numai frecvența. De această dată valoarea tensiunii maxime pe motor este mai mică deoarece frecvența impusă este mai mică decât cea nominală și deci momentele critice vor fi de valori mai mici ceea ce impune studierea vitezei maxime de circulație.

Valoarea maximă a frecvenței (vitezei maxime de circulație) trebuie stabilită astfel încât motorul să funcționeze pe partea stabilă. Cu alte cuvinte la diferite puteri parțiale de funcționare se vor limita vitezele maxime de circulație la valori cu atât mai mici cu cât puterea parțială de funcționare a vehiculului este mai mică.

Pentru această reglare s-au ridicat variațiile:

- alunecării;
- curentului statoric și rotoric;

- factorului de putere;
- randamentului;
- puterii electrice absorbite;
- forța de tracțiune funcție de viteza de circulație.

Pentru funcționarea la putere parțială cu schimbarea forței de tracțiune (varianta 2-a) , conform metodologiei elaborate, s-au ridicat aceleași caracteristici funcție de viteza de mers:

- alunecare;
- curentul statoric și rotoric;
- factorul de putere;
- randamentul;
- puterea electrică absorbită;
- forța de tracțiune.

În acest caz remarcăm un fapt foarte important și anume că rezerva de supraîncărcare a motorului scade la funcționarea la puteri parțiale, astfel că la o putere parțială de 748 kW rezerva de putere este de numai 35% față de 72% cât a fost la puterea nominală de 900 kW.

În capitolul V se prezintă standul cu motor asincron construit special în laboratorul "Locomotive electrice" pentru abordarea practică a comenzii în regim de tracțiune a motorului asincron. Ca metodă de lucru este folosită comanda frecvenței și tensiunii de alimentare a motorului asincron, comandă care se realizează de unitatea centrală a standului care este un calculator personal PC. Rezultatele obținute cu instalația realizată au demonstrat o bună concordanță între studiile teoretice și cele experimentale.

Standul cu motor asincron construit în acest scop va putea fi folosit pentru lucrările de laborator la disciplina "Locomotive și trenuri electrice" unde se vor aprofunda cunoștințele teoretice și practice privind funcționarea vehiculelor electrice cu transmisie în curent alternativ.

S-a comparat caracteristica motorului asincron MABT2 ce echipează ramele de metrou, ridicată experimental la ICMET Craiova, cu cea teoretică ridicată pe calculator iar diferențele existente și-au găsit explicații.

S-au prezentat în lucrare și măsurători experimentale efectuate cu rama de metrou REM-CA Nr. 23 care există în exploatare în transportul bucureștean, măsurători care concordă cu cele obținute pe stand.

Printre probleme mai importante pe care le aduce prezenta lucrare ca noutăți se menționează următoarele:

- determinarea raportului tensiune pe frecvență în perioada demarajului;
  - stabilirea relațiilor de calcul funcție de alunecare pentru:
    - factorul de putere;
    - curentul statoric;
    - curentul rotoric;
    - randamentul;
    - puterea electrică absorbită.
  - simularea pe calculator a caracteristicilor mecanice dezvoltate de motorul considerat atât la puterea nominală cât și la puteri parțiale:
    - determinarea caracteristicilor de pornire (de apropiere) ale locomotivei și domeniul de variație al tensiunii la o frecvență de pornire impusă;
    - determinarea încărcării (alunecării) motorului asincron funcție de viteză atât la puterea nominală cât și la puteri parțiale;
    - simularea pe calculator a:
      - factorului de putere;
      - curentului statoric;
      - curentului rotoric;
      - randamentului;
      - puterii electrice absorbite pe tot domeniul de viteze ;
    - determinarea caracteristicilor de tracțiune  $F_o(V)$  pentru locomotiva considerată Bo-Bo de 3600 kw și viteza maximă 200 km/h atât la puterea nominală cât și la puteri parțiale;
    - concluziile privind alegerea raportului moment critic pe moment nominal în funcție de reglarea propusă și caracteristicile constructive ale locomotivei;
    - comanda motorului asincron în regim de tracțiune prin calculator.
- Metodologia de calcul și ridicare a caracteristicilor de tracțiune pentru vehiculele electrice acționate cu motoare asincrone cu rotorul în scurtcircuit,

prezentată în lucrare, este utilă specialiștilor din domeniu care își desfășoară activitatea în cercetare, proiectare, învățământ, construcție și exploatare.

Aprofundarea cercetării acționării cu motoare asincrone cu rotorul în scurtcircuit și punerea în practică poate fi făcută de institutele de cercetare și proiectare în domeniu, deoarece puterile instalate pe vehiculele electrice feroviare ating valori de până la 8 000 kW.

Lucrare de față răspunde prin problematica abordată necesităților actuale și de perspectivă privind realizarea unor noi tipuri de vehicule electrice feroviare moderne.

## **BIBLIOGRAFIE**

1. Alexa, D.; Hrubaru, O. Aplicații ale convertoarelor statice de putere. Editura Tehnică, București, 1989.
2. Alexa, D.; Micu, D. Invertoare și redresoare cu parametrii energetici ridicați. Editura Tehnică, București, 1986.
3. A.B.B. Henschel - Fahrzeugtechnik für alle Anwendungen. Mannheim, 1993.
4. A.B.B. Henschel - Drehstrom - Asynchronfahrmotoren für elektrische Triebfahrzeuge. Mannheim, 1993.
5. Bächle, Ch. Requirements on the control of a three-level four quadrant power converter in a traction application. Elektrische Bahnen, nr.3, 1990.
6. Banu, C. Aspecte privind sistemele de comandă și reglare automată la trenurile electrice de curent monofazat cu redresoare comandate. Revista transporturilor și telecomunicațiilor, nr.7-10, București, 1990.
7. Bălă, C. Mașini electrice: teorie și încercări. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1982.
8. Bălă, C. Proiectarea mașinilor electrice. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1967.
9. Bălă, C.: ș.a. Mașini electrice: probleme. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1982.
10. Berte, F. Motoasincrono per asinamenti a fregvenza variabile. Elektrificasione. nr.1, 1990, Roma.
11. Boldea, I.; Atanasiu, Gh. Analiza unitară a mașinilor electrice. Editura Academiei, București, 1983.

12. Bodea, M. ș.a. Diode și tiristoare - Aplicații. Vol.I. Editura Tehnică, București, 1989.
13. Bodea, M. ș.a. Diode și tiristoare - Aplicații Vol.II. Editura Tehnică, București, 1990.
14. Boldea, I. Parametri mașinilor electrice: identificare, estimare, validare. Editura Academiei, 1991.
15. Boldea, I. Transformatoare și mașini electrice. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1994.
16. Boțan, N.V. Reglarea vitezei sistemelor de acționare electrică. Editura Tehnică, București, 1974.
17. Boțan, N.V. Comanda sistemelor de acționare electrică. Editura Tehnică, București, 1977.
18. Burdubuş, F. O propunere de strategie pentru orientarea cercetării, dezvoltării și fabricației de material rulant motor la S.C. Locomotive Electroputere și I.C.M.E.T. Craiova. Technical reports nr. 16, Craiova, 1993.
19. Condacse, N. Locomotive și trenuri electrice. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1980.
20. Cioc, I.; Nica, C. Proiectarea mașinilor electrice. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1994.
21. Cioc, I.; Bichir, N.; Cristea, N. Mașini electrice, Editura Scrisul Românesc, Craiova, 1981.
22. Cîmpeanu, A. Mașini electrice. Editura Scrisul Românesc. Craiova, 1977.
23. Cîmpeanu, A. Mașini electrice: probleme fundamentale, speciale și de funcționare optimală. Editura Scrisul Românesc, Craiova, 1988.
24. Cantemir, L.; Opreșor, M. Tracțiune electrică. Editura Didactică și Pedagogică București, 1971.
25. Dordea, T. Mașini electrice. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1977.
26. Dordea, T.; Biriescu, M. Proiectarea și construcția mașinilor electrice. Centrul de multiplicare al UTT, 1992, vol. I.
27. Dordea, T.; Biriescu, M. Proiectarea și construcția mașinilor electrice. Centrul de multiplicare al UTT, 1992, vol. II.
28. Dragomir, T. ș.a. Reglatoare automate. Vol. II. I.P.T.V. Timișoara, 1989.



29. Drăghici, A., Calceanu, I. Cartea mecanicului de locomotive electrice. M.T.Tc., Departamentul Căilor Ferate, Direcția Tracțiune și Vagoane, Ediția 1980.
30. Dumitrache, I. ș.a. Automatizări electronice. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1993.
31. Étienne, M. Système de traction utilisant le moteur asynchrone alimenté en fréquence variable. Revue Generale des Chemins de Fer, nr. 7/8, 1969.
32. Eurosprinter: Europe's Universal Locomotive of the Future (Siemens).
33. Fransua, A. Tratat de mașini electrice, Vol. III, Mașini asincrone. Editura Academiei, 1971.
34. Fransua, A.; ș.a. Mașini și sisteme de acționări electrice. Editura Tehnică, București, 1978.
35. Garabet, T.; Bivol, I.; Negru, G. Utilizarea redresoarelor comandate în acționări electrice. Editura Tehnică, București, 1969.
36. GTO converters for Electric Rail Traction (Siemens).
37. Hüchelheim, K.; Mangold, Ch. Novel 4-quadrant converter control method. Elektrische Bahnen, nr.3, 1990.
38. Iancu, V.; ș.a. Tracțiune electrică. Institutul Politehnic Cluj-Napoca. 1989.
39. Jänecke, M.; Kremer, R.; Steuerwald, G. Direct self-control, a novel method of controlling asynchronous machines in traction applications. Elektrische Bahnen, GW, vol.88 ,nr.3, 1990.
40. Juncu, M. Rama de metrou acționată cu motoare asincrone rotative. E.E.A.- Electrotehnică nr.36, București, 1988.
41. Juncu, M.; Dumitru, F. Asynchronous motor drives for Bucharest metro frames, Technical reports. Electroputere nr.16. Craiova, 1993.
42. Kelemen, A. Acționări electrice. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1976.
43. Kelemen, A.; ș.a. Mutatoare. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1980.
44. Kelemen, A.; Imecs, M. Electronică de putere. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1983.
45. Lazu, C.; Corlățeanu, V. Mașini electrice. Vol.II. Mașini de curent alternativ. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1962.
46. Marcu, M. Contribuții la utilizarea curentului alternativ la transmisia locomotivei cu motoare termice. Teză de doctorat. București, 1985.

47. Marinescu, C. Considerații privind efectele frecvenței rotorice asupra cuplului motorului asincron. Revista transporturilor și telecomunicațiilor, nr. 7-10, București, 1990.
48. Măgureanu, R.; Micu, D. Conversoare statice de frecvență în acționări cu motoare asincrone. Editura Tehnică, București, 1985.
49. Măgureanu, R. Mașini și acționări electrice - Tendințe actuale. Vol.I. Editura Tehnică, București, 1988.
50. Michael Mehlretter, J. ELEKTRISCHE TRIEBFAHRZEUGE. MOTORBUCH VERLAG ,STUTTGART, 1986.
51. Mihăilescu, D.; Lie, A. Considerații privind funcționarea vehiculelor feroviare cu transmisie în curent alternativ cu motoare asincrone de tracțiune. Revista transporturilor și telecomunicațiilor, nr. 1, București, 1984.
52. Mihăilescu, D. Contribuții cu privire la utilizarea transmisiilor în curent alternativ la locomotivele cu motoare termice. Teză de doctorat. București, 1977.
53. Mihăilescu, D.; Pantelimon, M. Analiza armonică a transmisiei în curent alternativ la vehiculele de tracțiune. Revista transporturilor și telecomunicațiilor nr.4, București, 1985.
54. Muntean, G.I. Tracțiunea trenurilor. Institutul Politehnic Traian Vuia. Timișoara, 1977.
55. Negreanu, A. Locomotive și trenuri electrice. Institutul Politehnic Traian Vuia, Timișoara, 1979.
56. Nica, E.; Lorând, J.; Mihoc, M. Simularea mașinii de inducție asociate cu convertor static. Editura Custos, Târgu-Mureș, 1995.
57. Nicolaide, A.; Gogoiu, A. Mașini electrice de curent alternativ. Universitatea Brașov, 1977.
58. Păpușoiu, Gh. Contribuții la modificarea și reglarea vitezei motoarelor asincrone utilizate în tracțiune. Teză de doctorat, Timișoara, 1987.
59. Păun, Șt. Caracteristicile de tracțiune ale locomotivelor electrice. Referatul 1.
60. Păun, Șt. Posibilități de automatizare a tracțiunii electrice. Referatul 2.
61. Păun, Șt. Echiparea vehiculelor urbane cu motoare asincrone trifazate. Sesiunea de Comunicări Științifice a Universității " Aurel Vlaicu". Arad, 5-6 mai, 1994.

62. Păun, Șt. Funcționarea vehiculelor urbane cu motoare asincrone trifazate în regim de frânare recuperativă. Analele Universității "Constantin Brâncuși" Târgu-Jiu, nr. 1, 3-4 iunie, 1994.
63. Păun, Șt.; ș.a. Conducerea automată a locomotivei electrice 060-EA de 5100 kW, Simpozion național "Încercarea vehiculelor de tracțiune feroviară". Craiova, 6-7 octombrie 1994.
64. Păun, Șt.; Manga, M. Transmisii în curent alternativ-curent alternativ în tracțiunea electrică feroviară. Sesiunea de Comunicări Științifice a Universității " Aurel Vlaicu", Arad, 16-17 mai, 1996.
65. Popa, A. Locomotive și automotoare cu motoare termice. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1984.
66. Popa, A. Comanda și reglarea automată a vehiculelor de tracțiune feroviară. Centrul de documentare și publicații tehnice - M.T.Tc., 1974.
67. Popa, A. ș.a. Tracțiunea trenurilor. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1965.
68. Popa, G. Contribuții privind studiul regimurilor de funcționare ale vehiculelor electrice de tracțiune, mono-trifazate - echipate cu motoare asincrone trifazate în condiții de exploatare. Teză de doctorat. București, 1993.
69. Popescu, N. Puterea de accelerare a locomotivei 060 EA de 5100 kW. Revista Căilor Ferate Române, nr. 8, 1971.
70. Preitl, Șt. Teoria sistemelor și reglaj automat. Universitatea Tehnică Timișoara, 1992.
71. Preitl, Șt. ș.a. Teoria sistemelor și reglaj automat. Ingineria reglării automate. Vol. II, Universitatea Tehnică Timișoara, 1994.
72. Rahn, T. ICE HIGH-TECH ON RAILS. HESTRA-VERLAG, 1986.
73. Rappenglück, W. Serielocomotive Baureihe 120 der Deutschen Bundesbahn mit Drehstromantriebstechnik, Elektrische Bahnen, nr.6, 1987.
74. Runge, W. Bahnantriebssysteme mit synchronen Fahrmotoren. Elektrische Bahnen, nr.7, 1987.
75. Runge, W. Bahnantriebssysteme mit synchronen Fahrmotoren. Elektrische Bahnen, nr. 7, 1987.

76. Rasten, E. Betriebserfahrungen mit der Lokomotive in Drehstromantriebstechnik E117 der NSB. Elektrische Bahnen, nr. 6, 1987.
77. Sângeorzan, D. Echipamente de reglare numerică. Editura Militară, București, 1990.
78. Sebeșan, I. Dinamica vehiculelor de cale ferată. Editura Tehnică, București, 1995.
79. Teich, W. Traction Vehicle Tehnic for all Application. ABB Henschel.
80. Teich, W. Deselelektronische Triebfahrzeuge mit schleifringlasen Asynchronfahrmotoren. Elektrische Bahnen, nr.4, 1972.
81. The converters - Related Drive Control of the Control Unit for the SIBAS 32 Railway Automation System (Siemens).
81. Traction Tehnology for the New Type S252 High Performance Locomotives for the Spanish Railways, reprint ZEV+DET Glasers Annalen 14,1990,(Siemens).
82. Tunsoiu, Gh. Acționări și automatizări electrice. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1968.
83. Tunsoiu, Gh.; Seracin, E.; Saal, C. Acționări electrice. Editura didactică și Pedagogică. București, 1982.
84. Turbuț, Gh.; ș.a. Inginerie de sistem, automatizări și informatică în transporturi feroviare, navale, aeriene, rutiere. Editura Tehnică. București. 1988.
85. Turbuț, Gh.; ș.a. Inginerie de sistem, automatizări și informatică în transporturi feroviare, navale, aeriene, rutiere. Editura Tehnică. București. 1989.
86. Văzdăuțeanu, V. Tracțiune electrică. IPTV Timișoara. 1984.
87. Yamaya, T. 25 kV thyristor - controlled electric locomotives for ECDD. Toshiba Review nr. 161 - 1987.
88. Zăgănescu, I. Locomotive și automotoare cu motoare termice. Editura Didactică și Pedagogică. București. 1972.

## ANEXE

<b>ANEXA 1</b> . . . . .	<b>141</b>
1.1 Caracteristica nominală a motorului asincron . . . . .	141
1.2 Reglarea în regim de demaraj la moment constant . . . . .	145
1.3 Reglarea la putere constantă . . . . .	152
1.4 Reglarea în regim de demaraj după aderență . . . . .	155
 <b>ANEXA 2</b> . . . . .	 <b>157</b>
2.1 Calculul factorului de putere . . . . .	157
2.2 Calculul curentului și a puterii electrice . . . . .	158
2.3 Calculul randamentului . . . . .	161
2.4 Calculul factorului de putere la reglarea după aderență. . . . .	163
2.5 Calculul curentului și a puterii electrice la reglarea după aderență..	165
2.6 Calculul randamentului la reglarea după aderență	167
2.7 Calculul forței de tracțiune . . . . .	170
2.7 Calculul forței de tracțiune la reglarea după aderență . . . . .	172
 <b>ANEXA 3</b> . . . . .	 <b>175</b>
Reglare la puteri parțiale cu schimbarea forței de tracțiune la demaraj	
3.1 Calculul factorului de putere . . . . .	175
3.2 Calculul curentului și a puterii electrice . . . . .	178
3.3 Calculul randamentului . . . . .	182
3.4 Calculul forței de tracțiune . . . . .	186
Reglare la puteri parțiale fără schimbarea forței de tracțiune la demaraj	
3.5 Calculul factorului de putere . . . . .	189
3.6 Reglarea la moment constant . . . . .	193
3.7 Reglarea la putere constantă . . . . .	199
3.8 Calculul curentului și a puterii electrice . . . . .	203
3.9 Calculul randamentului . . . . .	205
3.10 Calculul forței de tracțiune . . . . .	208

141  
ANEXA 1

1.1 CARACTERISTICA NOMINALA A MOTORULUI ASINCRON

```

program carac_nominala;
uses crt,graph;
var P,Un,I_n,nn,ETAm,cosFln,fn,mf,c,R1,R2,X1,X2,X,Xm,Ls,OMEGAs:real;
    Ufn:real;
    pol:integer;
    s,M,n:array[1..41] of real;

procedure date_motor_asincron;
begin
clrscr;
gotoxy(25,2);write(' DATELE MOTORULUI ASINCRON:');
writeln;writeln;
writeln(' -puterea electrica a motorului ... P= [KW]');
writeln(' -tensiunea nominala la linie ... Un= [V]');
writeln(' -curentul nominal ... In= [A]');
writeln(' -turatia nominala ... nn= [rot/min]');
writeln(' -randamentul M.E.T. ... ETAm=');
writeln(' -factorul de putere nominal ... cosFln=');
writeln(' -frecventa nominala ... fn= [Hz]');
writeln(' -numarul de faze ... mf=');
writeln(' -reactanta mutuala totala ... Xm= [ohm]');
writeln(' -rezistenta statorului ... R1= [ohm]');
writeln(' -rezistenta rotorului raportata la stator R2= [ohm]');
writeln(' -reactanta statorului ... X1 [ohm]');
writeln(' -reactanta rotorului raportata la stator X2= [ohm]');
writeln(' -numarul de perechi de poli p=');
gotoxy(46,4);read(P);
gotoxy(47,5);read(Un);
gotoxy(47,6);read(I_n);
gotoxy(47,7);read(nn);
gotoxy(49,8);read(ETAm);
gotoxy(51,9);read(cosFln);
gotoxy(47,10);read(fn);
gotoxy(47,11);read(mf);
gotoxy(46,12);read(Xm);
gotoxy(47,13);read(R1);
gotoxy(47,14);read(R2);
gotoxy(47,15);read(X1);
gotoxy(47,16);read(X2);
gotoxy(48,17);read(pol);
OMEGAs:=2*pi*fn/pol;
writeln(' -viteza unghiulara de rotatie a campului');
writeln(' -magnetic din stator ... OMEGAs=');
gotoxy(50,19);write(OMEGAs:8:3);
c:=1+X1/Xm;
X:=X1+c*X2;
Ls:=X/(2*pi*fn);
gotoxy(48,19);write('c= ',c:10:8,' [ohm]');
gotoxy(48,20);write('X= ',X:4:2,' [ohm]');
gotoxy(47,21);write('Ls= ',Ls:8:5,' [H]');
gotoxy(2,25);write('**** pentru a continua apasa ENTER ****');
readln;readln;
end;

```

```

procedure trasare_caracteristica_nominala;
const s1=-0.000001;
      s2=0.000001;
      s3=0.01;
      s4=0.0126;
var i,j:integer;
    sn,Ufi,sk,Mmax,OMEGAmx,OMEGAn,Pmax,Pmecn,Mn,ns:real;
    xx:real; {variabila defineste raportul Mmax/Mn}
    fl,f2,f3:text;
begin
  clrscr;
  writeln('      TRASAREA CARACTERISTICII NOMINALE A MOTORULUI ASINCRON');
  s[1]:=-1;
  assign(fl,'alunec.dat');
  rewrite(fl);
  write(fl,s[1]:2:0;');
  gotoxy(2,3);write('s[1]=';s[1]:2:0);
  for i:=2 to 10 do begin
    s[i]:=s[i-1]+0.1;
    gotoxy(2,i+2);write('s[';i;']=';s[i]:5:1);
    write(fl,s[i]:5:1;');
  end;
  for i:=11 to 19 do begin
    s[i]:=s[i-1]+0.01;
    gotoxy(2,i+2);write('s[';i;']=';s[i]:5:2);
    write(fl,s[i]:5:2;');
  end;
  gotoxy(2,22);write('s[';i+1;']=';s1:10:6);
  write(fl,s1:10:6;');
  gotoxy(25,3);write('s[';i+2;']=';s2:10:6);
  write(fl,s2:10:6;');
  gotoxy(25,4);write('s[';i+3;']=';s3:4:2);
  write(fl,s3:4:2;');
  gotoxy(25,5);write('s[';i+4;']=';s4:6:4);
  write(fl,s4:6:4;');
  s[24]:=0.02;
  gotoxy(25,6);write('s[24]=';s[24]:4:2);
  write(fl,s[24]:4:2;');
  i:=25;
  j:=6;
  repeat s[i]:=s[i-1]+0.01;
    gotoxy(25,j+1);write('s[';i;']=';s[i]:4:2);
    write(fl,s[i]:4:2;');
    i:=i+1;j:=j+1;
  until i=32;
  s[32]:=-0.1;
  gotoxy(25,14);write('s[32]=';s[32]:3:1);
  write(fl,s[32]:3:1;');
  i:=33;
  j:=14;
  repeat s[i]:=s[i-1]+0.1;
    gotoxy(25,j+1);write('s[';i;']=';s[i]:3:1);
    write(fl,s[i]:3:1;');
    i:=i+1;j:=j+1;
  until i=42;
  close(fl);
  gotoxy(50,8);write('---> alunecarea ...');
  gotoxy(2,25);write('*** pentru a continua apasa ENTER ***');
  readln;
  clrscr;

```

```

Ufn:=Un/sqrt(3);
writeln;writeln;
writeln('Ufn=',Ufn:9.4);
sk:=c*R2/sqrt(sqrt(R1)+sqrt(X));
  writeln('Alunecarea critica: sk=',sk:8.6);
Mmax:=1.5/(2*c*pi)*(pol*sqrt(Ufn))/(fn*(R1+sqrt(sqrt(R1)+sqrt(X))))*1/1000;
  writeln('Pentru aceasta rezulta momentul maxim: Mmax=',Mmax:6.3,' [kN*m]');
OMEGAmax:=2*pi*fn*(1-sk)/pol;
  writeln('Turatia corespunzatoare momentului critic: OMEGAmax=',OMEGAmax:8.3);
Pmax:=Mmax*OMEGAmax;
  writeln('Puterea mecanica corespunzatoare punctului critic: Pmax=',Pmax:8.3);
writeln;
write(' -introduceti valoarea alunecarii nominale: sn='),read(sn);
Mn:=1.5/pi*pol*R2*sqrt(Ufn)/(sn*fn*(sqrt(R1+c*R2/sn)+sqrt(X)))*1/1000;
  writeln('Pentru alunecarea nominala => momentul nominal Mn=',Mn:5.3,' [kN*m]');
xx:=Mmax/Mn; {S-A NOTAT RAPORTUL Mmax/Mn CU xx}
writeln(' rezulta Mmax/Mn=',xx:5.3);
writeln;
OMEGAn:=2*PI*NN/60;
  writeln('OMEGAn=',OMEGAn:8.3);
Pmecn:=Mn*OMEGAn;
  writeln('Puterea mecanica cedata de motor: Pmecn=' Pmecn:8.3,' [kW]');
ns:=fn/pol*60;
  writeln('Turatia sincrona a M.E.T.: ns=',ns:5.2);
gotoxy(2,5);write('*** pentru a continua apasa ENTER ***');
readln;readln;
clrscr;
assign(f2,'moment.dat');
rewrite(f2);
writeln(' Momentul dezvoltat de motor si turatia in functie de alunecare');
for i=1 to 19 do begin
  M[i]:=1.5/pi*(pol*sqrt(Ufn)*R2)/(s[i]*fn*(sqrt(R1+c*R2/s[i])+sqrt(X)))*1/1000;
  gotoxy(2,i+2);write('M['i,']=',M[i]:7.3);
  write(f2,M[i]:7.3,');
end;
  i:=i+1;
  M[i]:=1.5/pi*(pol*sqrt(Ufn)*R2)/(s1*fn*(sqrt(R1+c*R2/s1)+sqrt(X)))*1/1000;
  gotoxy(2,i+2);write('M['i,']=',M[i]:12.9);
  write(f2,M[i]:12.9,');
  i:=i+1; j:=1;
  M[i]:=1.5/pi*(pol*sqrt(Ufn)*R2)/(s2*fn*(sqrt(R1+c*R2/s2)+sqrt(X)))*1/1000;
  gotoxy(22,j+2);write('M['i,']=',M[i]:12.9);
  write(f2,M[i]:12.9,');
  i:=i+1; j:=j+1;
  M[i]:=1.5/pi*(pol*sqrt(Ufn)*R2)/(s3*fn*(sqrt(R1+c*R2/s3)+sqrt(X)))*1/1000;
  gotoxy(22,j+2);write('M['i,']=',M[i]:7.3);
  write(f2,M[i]:7.3,');
  i:=i+1; j:=j+1;
  M[i]:=1.5/pi*(pol*sqrt(Ufn)*R2)/(s4*fn*(sqrt(R1+c*R2/s4)+sqrt(X)))*1/1000;
  gotoxy(22,j+2);write('M['i,']=',M[i]:7.3);
  write(f2,M[i]:7.3,');
  i:=24;
  j:=1;
  repeat
    M[i]:=1.5/pi*(pol*sqrt(Ufn)*R2)/(s[i]*fn*(sqrt(R1+c*R2/s[i])+sqrt(X)))*1/1000;
    gotoxy(22,j+5);write('M['i,']=',M[i]:7.3);
    write(f2,M[i]:7.3,');
    i:=i+1; j:=j+1;
  until i=42;
close(f2);

```



```

assign(f3,'turatie.dat');
rewrite(f3);
for i:=1 to 19 do begin
  n[i]:=(1-s[i])*ns;
  gotoxy(45,i+2);write('n['i,']=',n[i]:7:3);
  write(f3,n[i]:7:3,');
end;
i:=20;j:=1;
n[20]:=(1-s1)*ns;
gotoxy(45,j+21);write('n[20]='.n[20]:8:3);
write(f3,n[20]:7:3,');
i:=21;j:=1;
n[21]:=(1-s2)*ns;
gotoxy(63,j+2);write('n[21]='.n[21]:8:3);
write(f3,n[21]:7:3,');
n[22]:=(1-s3)*ns;
gotoxy(63,j+3);write('n[22]='.n[22]:8:3);
write(f3,n[22]:7:3,');
n[23]:=(1-s4)*ns;
gotoxy(63,j+4);write('n[23]='.n[23]:8:3);
write(f3,n[23]:7:3,');
i:=24;j:=5;
repeat
  n[i]:=(1-s[i])*ns;
  gotoxy(63,j+1);write('n['i,']=',n[i]:8:3);
  write(f3,n[i]:7:3,');
  i:=i+1;j:=j+1;
until i=42;
close(f3);
readln;readln;
end;

```

```

procedure grafica;
var gd,gm,i:integer;
    ww,zz:real;
begin
  gd:=detect;
  utigraph(gd,gm,'f:\comp\tp\1gr');
  line(250,50,250,290);
  line(5,170,500,170);
  for i:=2 to 41 do begin
    ( M[i]:=m*R2*sqrt(Ufn) (s[i]*OMEGAs*(sqrt(R1+c*R2 s[i])+sqrt(X1+c*X2)))*1-1000;
    ww:=s[i];
    zz:=M[i];
    putpixel(round(ww*150),round(zz*50),15);(round(s[i])*350,round(M[i])*150);
  end;
  readln;
  closegraph;
end;

begin
  date_motor_asincron;
  trasare_caracteristica_nominala;
  grafica;
end.

```

## 1.2 REGLARE IN REGIM DE DEMARAJ LA MOMENT CONSTANT

```

program reglarea_motoarelor_asincrone;
uses crt;
var i,j:integer;
    fn,R1,R2,X1,X2,X,pol,fp,Un,c,ww,Men,sn,Pmn,nn,Mun:real;
    {pol=p NOTATIE PENTRU NUMARUL DE PERECHI DE POLI}
    Up,F_p,Mmax,Ufn,De,Xm:real;
    f.alpha,Ufn_i,k:array[1..11] of real;
    s:array[1..21] of real;
    Mm:array[1..11,1..21] of real;
    f1,f2,f3,tur_m:text;
    m_util_m:text;
    pierd_m:text;
    moment_m,m_u_n:text;
    ns_array[1..11] of real;
    n1,n2,n3,n4,n5,n6,n7,n8,n9,n10,n11:array[1..21] of real;
    Pm1,Pm2,Pm3,Pm4,Pm5,Pm6,Pm7,Pm8,Pm9,Pm10,Pm11:array[1..21] of real;
    Mu1,Mu2,Mu3,Mu4,Mu5,Mu6,Mu7,Mu8,Mu9,Mu10,Mu11:array[1..21] of real;

```

```

procedure date_de_intrare;
begin
    clrscr;
    gotoxy(30,1);write('REGIMUL DE PORNIRE');
    gotoxy(30,2);write('*****');
    writeln;writeln;
    writeln('tensiunea nominala la linie ..... Un= [V]');
    writeln('frecventa nominala ..... fn [Hz]');
    writeln('rezistenta statorului ..... R1 [ohm]');
    writeln('rezistenta rotorului raportata la stator ..... R2= [ohm]');
    writeln('reactanta statorului ..... X1= [ohm]');
    writeln('reactanta rotorului raportata la stator ..... X2= [ohm]');
    writeln('numarul de perechi de poli ..... p=');
    writeln('frecventa de pornire ..... fp= [Hz]');
    writeln('reactanta mutuala totala ..... Xm=');
    writeln('diametrul motorului ..... De= [cm]');
    write('turatia nominala ..... nn= [rot/min]');
    writeln('alunecarea nominala ..... sn=');
    gotoxy(60,4);read(Un);
    gotoxy(60,5);read(fn);
    gotoxy(60,6);read(R1);
    gotoxy(60,7);read(R2);
    gotoxy(60,8);read(X1);
    gotoxy(60,9);read(X2);
    gotoxy(59,10);read(pol);
    gotoxy(60,11);read(fp);
    gotoxy(60,12);read(Xm);
    gotoxy(60,13);read(De);
    gotoxy(60,14);read(nn);
    gotoxy(60,15);readln(sn);
    gotoxy(1,25);write('*** pentru a continua apasa ENTER ***');
    readln;
end;

```

```

procedure regimul_de_demaraj_moment_constant;
begin
    clrscr;
    Ufn:=Un/sqrt(3);
    c:=1+X1/Xm;
    X:=X1+c*X2;

```

```

Mmax:=1.5/(2*c*pi)*pol*sqr(Ufn)/(fn*(R1+sqrt(sqrt(R1)+sqr(X))));
assign(f1,'tensiune.dat');
rewrite(f1);
assign(f2,'Ki.dat');
rewrite(f2);
assign(f3,'frecvent.dat');
rewrite(f3);
f[1]:=fp;
f[2]:=5;
write(f3,f[1]:2:0,' ');
write(f3,f[2]:2:0,' ');
  alpha[1]:=f[1]/fn;
  alpha[2]:=f[2]/fn;
  Ufn_i[1]:=sqrt(Mmax*f[1]*(R1+sqrt(sqrt(R1)+sqr(alpha[1]*sqr(X)))/(0.239*pol));
  Ufn_i[2]:=sqrt(Mmax*f[2]*(R1+sqrt(sqrt(R1)+sqr(alpha[2]*sqr(X)))/(0.239*pol));
  k[1]:=Ufn_i[1]/f[1];
  k[2]:=Ufn_i[2]/f[2];
write(f1,Ufn_i[1]:9:3,' ');
write(f1,Ufn_i[2]:9:3,' ');
write(f2,k[1]:8:4,' ');
write(f2,k[2]:8:4,' ');
for i:=3 to 11 do begin
  f[i]:=f[i-1]+5;
  write(f3,f[i]:2:0,' ');
  alpha[i]:=f[i]/fn;
  Ufn_i[i]:=sqrt(Mmax*f[i]*(R1+sqrt(sqrt(R1)+sqr(alpha[i]*sqr(X)))/(0.239*pol));
  write(f1,Ufn_i[i]:9:3,' ');
  k[i]:=Ufn_i[i]/f[i];
  write(f2,k[i]:8:4,' ');
end;
close(f1);
close(f2);
close(f3);
s[1]:=0.000001;s[2]:=0.01;s[3]:=0.0120;s[4]:=0.02;s[5]:=0.03;s[6]:=0.04;
s[7]:=0.05;s[8]:=0.06;s[9]:=0.07;s[10]:=0.08;s[11]:=0.09;s[12]:=0.1;
s[13]:=0.2;s[14]:=0.3;s[15]:=0.4;s[16]:=0.5;s[17]:=0.6;s[18]:=0.7;
s[19]:=0.8;s[20]:=0.9;s[21]:=0.9999999999;
gotoxy(20,1);write('MOMENTELE ELECTROMAGNETICE');
gotoxy(1,2);write('f[1]=';fp:3:1,' [Hz]');
assign(moment_m,moment_m.pm);rewrite(moment_m);
for j:=1 to 21 do begin
  Mm[1,j]:=1.5*pi*pol*sqr(Ufn_i[1])*R2/(s[j]*f[1]*(sqrt(R1+c*R2/s[j])+sqr(X)*sqr(f1/fn)));
  writeln(moment_m,Mm[1,j]:10:3);
  gotoxy(1,3+j);write('Mm[';j;']=',Mm[1,j]:8:3);
end;
gotoxy(20,2);write('f[2]=';f[2]:2:0,' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
  Mm[2,j]:=1.5*pi*pol*sqr(Ufn_i[2])*R2/(s[j]*f[2]*(sqrt(R1+c*R2/s[j])+sqr(X)*sqr(f2/fn)));
  writeln(moment_m,Mm[2,j]:10:3);
  gotoxy(20,3+j);write('Mm[';j;']=',Mm[2,j]:8:3);
end;
gotoxy(40,2);write('f[3]=';f[3]:2:0,' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
  Mm[3,j]:=1.5*pi*pol*sqr(Ufn_i[3])*R2/(s[j]*f[3]*(sqrt(R1+c*R2/s[j])+sqr(X)*sqr(f3/fn)));
  writeln(moment_m,Mm[3,j]:10:3);
  gotoxy(40,3+j);write('Mm[';j;']=',Mm[3,j]:8:3);
end;
gotoxy(60,2);write('f[4]=';f[4]:2:0,' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
  Mm[4,j]:=1.5*pi*pol*sqr(Ufn_i[4])*R2/(s[j]*f[4]*(sqrt(R1+c*R2/s[j])+sqr(X)*sqr(f4/fn)));

```

```

writeln(moment_m,Mm[4,j]:10:3);
gotoxy(60,3+j);write('Mm['j,']=',Mm[4,j]:8:3);
end;
gotoxy(1,25);write('*** pentru a continua apasa ENTER ***');
readln;
clrscr;
gotoxy(20,1);write('MOMENTELE ELECTROMAGNETICE *** continuare I ***');
gotoxy(1,2);write('f[5]=';f[5]:2:0,' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
  Mm[5,j]:=1.5/pi*(pol*sqrt(Ufn_i[5])*R2)/(s[j]*f[5]*(sqrt(R1+c*R2/s[j])+sqrt(X)*sqrt(f[5]/fn)));
  writeln(moment_m,Mm[5,j]:10:3);
  gotoxy(1,3+j);write('Mm['j,']=',Mm[5,j]:8:3);
end;
gotoxy(20,2);write('f[6]=';f[6]:2:0,' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
  Mm[6,j]:=1.5/pi*(pol*sqrt(Ufn_i[6])*R2)/(s[j]*f[6]*(sqrt(R1+c*R2/s[j])+sqrt(X)*sqrt(f[6]/fn)));
  writeln(moment_m,Mm[6,j]:10:3);
  gotoxy(20,3+j);write('Mm['j,']=',Mm[6,j]:8:3);
end;
gotoxy(40,2);write('f[7]=';f[7]:2:0,' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
  Mm[7,j]:=1.5/pi*(pol*sqrt(Ufn_i[7])*R2)/(s[j]*f[7]*(sqrt(R1+c*R2/s[j])+sqrt(X)*sqrt(f[7]/fn)));
  writeln(moment_m,Mm[7,j]:10:3);
  gotoxy(40,3+j);write('Mm['j,']=',Mm[7,j]:8:3);
end;
gotoxy(60,2);write('f[8]=';f[8]:2:0,' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
  Mm[8,j]:=1.5/pi*(pol*sqrt(Ufn_i[8])*R2)/(s[j]*f[8]*(sqrt(R1+c*R2/s[j])+sqrt(X)*sqrt(f[8]/fn)));
  writeln(moment_m,Mm[8,j]:10:3);
  gotoxy(60,3+j);write('Mm['j,']=',Mm[8,j]:8:3);
end;
gotoxy(1,25);write('*** pentru a continua apasa ENTER ***');
readln;
clrscr;
gotoxy(20,1);write('MOMENTELE ELECTROMAGNETICE *** continuare II ***');
gotoxy(1,2);write('f[9]=';f[9]:2:0,' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
  Mm[9,j]:=1.5/pi*(pol*sqrt(Ufn_i[9])*R2)/(s[j]*f[9]*(sqrt(R1+c*R2/s[j])+sqrt(X)*sqrt(f[9]/fn)));
  writeln(moment_m,Mm[9,j]:10:3);
  gotoxy(1,3+j);write('Mm['j,']=',Mm[9,j]:8:3);
end;
gotoxy(20,2);write('f[10]=';f[10]:2:0,' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
  Mm[10,j]:=1.5/pi*(pol*sqrt(Ufn_i[10])*R2)/(s[j]*f[10]*(sqrt(R1+c*R2/s[j])+sqrt(X)*sqrt(f[10]/fn)));
  writeln(moment_m,Mm[10,j]:10:3);
  gotoxy(20,3+j);write('Mm['j,']=',Mm[10,j]:8:3);
end;
gotoxy(40,2);write('f[11]=';f[11]:2:0,' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
  Mm[11,j]:=1.5/pi*(pol*sqrt(Ufn_i[11])*R2)/(s[j]*f[11]*(sqrt(R1+c*R2/s[j])+sqrt(X)*sqrt(f[11]/fn)));
  writeln(moment_m,Mm[11,j]:10:3);
  gotoxy(40,3+j);write('Mm['j,']=',Mm[11,j]:8:3);
end;
close(moment_m);
gotoxy(1,25);write('*** pentru a continua apasa ENTER ***');
readln;
clrscr;
writeln(' In momentul cand se comanda pornirea viteza V=0 [Km/h] si alunecarea s=1');
gotoxy(1,6);write('frecventa [Hz]');
gotoxy(1,7);write('~~~~~');

```

```

gotoxy(19,6);write('tensiunea [V]');
gotoxy(19,7);write("~~~~~");
gotoxy(40,6);write('K=U[i]/f[i]');
gotoxy(40,7);write("~~~~~");
for i:=1 to 11 do begin
  gotoxy(2,7+i);write('f[i],',f[i]:2:0);
  gotoxy(19,7+i);write('Ufn[i],',Ufn_i[i]:7:3);
  gotoxy(39,7+i);write('K[i],',K[i]:7:3);
end;
gotoxy(58,5);write('turatii de');
gotoxy(58,6);write('sincronism');
gotoxy(58,7);write("~~~~~");
ns[1]:=fp*60/pol;
ww:=ns[1];
gotoxy(58,8);write('ns[1]',ns[1]:7:3);
for i:=2 to 11 do begin
  ns[i]:=f[i]*60/pol;
  gotoxy(58,7+i);write('ns[i],',ns[i]:7:3);
end;
gotoxy(1,25);write('*** pentru a continua apasa ENTER ***');
readln;
clrscr;
gotoxy(35,1);write('TURATII');
gotoxy(1,2);write('f[1]',f[1]:2:0,' [Hz]');
assign(tur_m,'tur_m.pm');rewrite(tur_m);
for j:=1 to 21 do begin
  n1[j]:= (1-s[j])*ww;
  gotoxy(1.3+j);write('n1[j],',n1[j]:8:3);
  writeln(tur_m,n1[j]:8:2);
end;
gotoxy(20,2);write('f[2]',f[2]:2:0,' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
  n2[j]:= (1-s[j])*ns[2];
  gotoxy(20.3+j);write('n2[j],',n2[j]:8:3);
  writeln(tur_m,n2[j]:8:2);
end;
gotoxy(40,2);write('f[3]',f[3]:2:0,' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
  n3[j]:= (1-s[j])*ns[3];
  gotoxy(40.3+j);write('n3[j],',n3[j]:8:3);
  writeln(tur_m,n3[j]:8:2);
end;
gotoxy(60,2);write('f[4]',f[4]:2:0,' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
  n4[j]:= (1-s[j])*ns[4];
  gotoxy(60.3+j);write('n4[j],',n4[j]:8:3);
  writeln(tur_m,n4[j]:8:2);
end;
gotoxy(1,25);write('*** pentru a continua apasa ENTER ***');
readln;
clrscr;
gotoxy(35,1);write('TURATII *** continuare 1 ***');
gotoxy(1,2);write('f[5]',f[5]:2:0,' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
  n5[j]:= (1-s[j])*ns[5];
  gotoxy(1.3+j);write('n5[j],',n5[j]:8:3);
  writeln(tur_m,n5[j]:8:2);
end;
gotoxy(20,2);write('f[6]',f[6]:2:0,' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin

```

```

n6[j]:=(1-s[j])*ns[6];
gotoxy(20,3+j);write('n6['j,']=',n6[j]:8:3);
writeln(tur_m,n6[j]:8:2);
end;
gotoxy(40,2);write('f[7]='f[7]:2:0,' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
n7[j]:=(1-s[j])*ns[7];
gotoxy(40,3+j);write('n7['j,']=',n7[j]:8:3);
writeln(tur_m,n7[j]:8:2);
end;
gotoxy(60,2);write('f[8]='f[8]:2:0,' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
n8[j]:=(1-s[j])*ns[8];
gotoxy(60,3+j);write('n8['j,']=',n8[j]:8:3);
writeln(tur_m,n8[j]:8:2);
end;
gotoxy(1,25);write('*** pentru a continua apasa ENTER ***');
readln;
clrscr;
gotoxy(35,1);write('TURATII *** continuare II ***');
gotoxy(1,2);write('f[9]='f[9]:2:0,' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
n9[j]:=(1-s[j])*ns[9];
gotoxy(1,3+j);write('n9['j,']=',n9[j]:8:3);
writeln(tur_m,n9[j]:8:2);
end;
gotoxy(20,2);write('f[10]='f[10]:2:0,' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
n10[j]:=(1-s[j])*ns[10];
gotoxy(20,3+j);write('n10['j,']=',n10[j]:8:3);
writeln(tur_m,n10[j]:8:2);
end;
gotoxy(40,2);write('f[11]='f[11]:2:0,' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
n11[j]:=(1-s[j])*ns[11];
gotoxy(40,3+j);write('n11['j,']=',n11[j]:8:3);
writeln(tur_m,n11[j]:8:2);
end;
closef(tur_m);
gotoxy(1,25);write('*** pentru a continua apasa ENTER ***');
readln;
clrscr;
assign(pierd_m,'pierd m.pri');rewrite(pierd_m);
for j:=1 to 21 do begin
Pm1[j]:=0.65*sqrt(n1[j]/1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10);
writeln(pierd_m,Pm1[j]:8:3);
end;
for j:=1 to 21 do begin
Pm2[j]:=0.65*sqrt(n2[j]/1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10);
writeln(pierd_m,Pm2[j]:8:3);
end;
for j:=1 to 21 do begin
Pm3[j]:=0.65*sqrt(n3[j]/1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10);
writeln(pierd_m,Pm3[j]:8:3);
end;
for j:=1 to 21 do begin
Pm4[j]:=0.65*sqrt(n4[j]/1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10);
writeln(pierd_m,Pm4[j]:8:3);
end;
for j:=1 to 21 do begin

```

```

Pm5[j]:=0.65*sqrt(n5[j]/1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10);
writeln(pierd_m,Pm5[j]:8:3);
end;
for j:=1 to 21 do begin
  Pm6[j]:=0.65*sqrt(n6[j]/1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10);
  writeln(pierd_m,Pm6[j]:8:3);
end;
for j:=1 to 21 do begin
  Pm7[j]:=0.65*sqrt(n7[j]/1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10);
  writeln(pierd_m,Pm7[j]:8:3);
end;
for j:=1 to 21 do begin
  Pm8[j]:=0.65*sqrt(n8[j]/1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10);
  writeln(pierd_m,Pm8[j]:8:3);
end;
for j:=1 to 21 do begin
  Pm9[j]:=0.65*sqrt(n9[j]/1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10);
  writeln(pierd_m,Pm9[j]:8:3);
end;
for j:=1 to 21 do begin
  Pm10[j]:=0.65*sqrt(n10[j]/1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10);
  writeln(pierd_m,Pm10[j]:8:3);
end;
for j:=1 to 21 do begin
  Pm11[j]:=0.65*sqrt(n11[j]/1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10);
  writeln(pierd_m,Pm11[j]:8:3);
end;
close(pierd_m);
Men:=1.5/pi*(pol*sqrt(Ufin)*R2)/(sn*fn*(sqrt(R1+c*R2*sn)+sqrt(X)));
Pmn:=0.65*sqrt(nr/1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10);
Mun:=Men-Pmn*30/(pi*nr);
assign(m_u_n,m_u_n.dat);rewrite(m_u_n);
write(m_u_n,Mun:8:3);
close(m_u_n);
clrscr;
gotoxy(35,1);write('MOMENTE UTILE');
gotoxy(1,2);write('f1]=';f[1]:3:1;[Hz]');
assign(m_util_m,m_util_m.prt);rewrite(m_util_m);
for j:=1 to 21 do begin
  Mu1[j]:=Mm[1,j]-0.65*n1[j]/sqrt(1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10)*30/pi;
  Mu1[j]:=Mm[1,j]-Pm1[j]*30/(pi*n1[j]);
  writeln(m_util_m,Mu1[j]:10:3);
  gotoxy(1,j+3);write('Mu1[';j;']=,Mu1[j]:8:3);
end;
gotoxy(20,2);write('f2]=';f[2]:2:0;[Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
  Mu2[j]:=Mm[2,j]-0.65*n2[j]/sqrt(1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10)*30/pi;
  Mu2[j]:=Mm[2,j]-Pm2[j]*30/(pi*n2[j]);
  writeln(m_util_m,Mu2[j]:10:3);
  gotoxy(20,j+3);write('Mu2[';j;']=,Mu2[j]:8:3);
end;
gotoxy(40,2);write('f3]=';f[3]:2:0;[Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
  Mu3[j]:=Mm[3,j]-0.65*n3[j]/sqrt(1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10)*30/pi;
  Mu3[j]:=Mm[3,j]-Pm3[j]*30/(pi*n3[j]);
  writeln(m_util_m,Mu3[j]:10:3);
  gotoxy(40,j+3);write('Mu3[';j;']=,Mu3[j]:8:3);
end;
gotoxy(60,2);write('f4]=';f[4]:2:0;[Hz]');
for j:=1 to 21 do begin

```

```

( Mu4[j]:=Mm[4,j]-0.65*n4[j]/sqrt(1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10)*30/pi;)
Mu4[j]:=Mm[4,j]-Pm4[j]*30/(pi*n4[j]);
writeln(m_util_m,Mu4[j],10.3);
gotoxy(60,j+3);write('Mu4['j,']=',Mu4[j],8.3);
end;
gotoxy(1,25);write('*** pentru a continua apasa ENTER ***');
readln;
clrscr;
gotoxy(1,2);write('f[5]='f[5]:2.0,' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
( Mu5[j]:=Mm[5,j]-0.65*n5[j]/sqrt(1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10)*30/pi;)
Mu5[j]:=Mm[5,j]-Pm5[j]*30/(pi*n5[j]);
writeln(m_util_m,Mu5[j],10.3);
gotoxy(1,j+3);write('Mu5['j,']=',Mu5[j],8.3);
end;
gotoxy(20,2);write('f[6]='f[6]:2.0,' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
( Mu6[j]:=Mm[6,j]-0.65*n6[j]/sqrt(1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10)*30/pi;)
Mu6[j]:=Mm[6,j]-Pm6[j]*30/(pi*n6[j]);
writeln(m_util_m,Mu6[j],10.3);
gotoxy(20,j+3);write('Mu6['j,']=',Mu6[j],8.3);
end;
gotoxy(40,2);write('f[7]='f[7]:2.0,' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
( Mu7[j]:=Mm[7,j]-0.65*n7[j]/sqrt(1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10)*30/pi;)
Mu7[j]:=Mm[7,j]-Pm7[j]*30/(pi*n7[j]);
writeln(m_util_m,Mu7[j],10.3);
gotoxy(40,j+3);write('Mu7['j,']=',Mu7[j],8.3);
end;
gotoxy(60,2);write('f[8]='f[8]:2.0,' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
( Mu8[j]:=Mm[8,j]-0.65*n8[j]/sqrt(1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10)*30/pi;)
Mu8[j]:=Mm[8,j]-Pm8[j]*30/(pi*n8[j]);
writeln(m_util_m,Mu8[j],10.3);
gotoxy(60,j+3);write('Mu8['j,']=',Mu8[j],8.3);
end;
gotoxy(1,25);write('*** pentru a continua apasa ENTER ***');
readln;
clrscr;
gotoxy(1,2);write('f[9]='f[9]:2.0,' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
( Mu9[j]:=Mm[9,j]-0.65*n9[j]/sqrt(1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10)*30/pi;)
Mu9[j]:=Mm[9,j]-Pm9[j]*30/(pi*n9[j]);
writeln(m_util_m,Mu9[j],10.3);
gotoxy(1,j+3);write('Mu9['j,']=',Mu9[j],8.3);
end;
gotoxy(20,2);write('f[10]='f[10]:2.0,' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
( Mu10[j]:=Mm[10,j]-0.65*n10[j]/sqrt(1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10)*30/pi;)
Mu10[j]:=Mm[10,j]-Pm10[j]*30/(pi*n10[j]);
writeln(m_util_m,Mu10[j],10.3);
gotoxy(20,j+3);write('Mu10['j,']=',Mu10[j],8.3);
end;
gotoxy(40,2);write('f[11]='f[11]:2.0,' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
( Mu11[j]:=Mm[11,j]-0.65*n11[j]/sqrt(1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10)*30/pi;)
Mu11[j]:=Mm[11,j]-Pm11[j]*30/(pi*n11[j]);
writeln(m_util_m,Mu11[j],10.3);
gotoxy(40,j+3);write('Mu11['j,']=',Mu11[j],8.3);
end;

```



```
close(m_util_m);
readln;
end;
```

```
begin
date_de_intrare:
regimul_de_demaraj_moment_constant:
end.
```

### 1.3 REGLAREA LA PUTERE CONSTANTA

```
program diploma3;
uses crt;
```

```
var P,Ul,U,pol,fn,R1,R2,X1,X2,c,X,Xm,ns1,ns2,ns3,ns4,ns5,De:real;
s,n1,n2,n3,n4,n5:array[1..21] of real;
Pm1,Pm2,Pm3,Pm4,Pm5:array[1..21] of real;
M1,M2,M3,M4,M5,Mu1,Mu2,Mu3,Mu4,Mu5:array[1..21] of real;
f,K:array[1..5] of real;
Mx,nx:array[1..14] of real;
i,j:integer;
moment_p,tur_p,m_util_p,fl1,fl2,fl3,fl4,fl5:text;
pierderi:text;
```

```
procedure date_intrare;
```

```
begin
clrscr;
writeln;
writer('REGLAREA LA PUTERE CONSTANTA').writeln;
writeln(' ');
writeln:writeln;
writeln('Puterea motorului: ..... P=!' {Kw}');
writeln('Tensiunea de lina: ..... Ul=!' {V}');
writeln('Numarul de perechi de poli: ..... p=');
writeln('Frecventa nominala: ..... fn=!' {Hz}');
writeln('Rezistenta statorului: ..... R1=!' {ohm}');
writeln('Rezistenta rotorului raportata la stator: ..... R2=!' {ohm}');
writeln('Reactanta statorului: ..... X1=!' {ohm}');
writeln('Reactanta rotorului raportata la stator: ..... X2=!' {ohm}');
writeln('Diametrul motorului: ..... De=!' {cm}');
writeln('Reactanta mutuala totala: ..... Xm=!' {ohm}');
gotoxy(51,6);read(P);
gotoxy(51,7);read(Ul);
gotoxy(51,8);read(pol);
gotoxy(52,9);read(fn);
gotoxy(52,10);read(R1);
gotoxy(52,11);read(R2);
gotoxy(52,12);read(X1);
gotoxy(52,13);read(X2);
gotoxy(52,14);read(De);
gotoxy(52,15);readln(Xm);
gotoxy(1,25);write('*** pentru a continua apasa ENTER ***');
readln;
end;
```

```
procedure reglarea_la_putere_constanta;
```

```
begin
clrscr;
U:=Ul/sqrt(3);
c:=1+X1/Xm;
X:=X1+c*X2;
```

```

assign(moment_p,'moment_p.prm');
rewrite(moment_p);
for i:=1 to 21 do begin
  M1[i]:=1.5/pi*(pol*sqrt(U)*R2)/(s[i]*f1)*(sqrt(R1+c*R2/s[i])+sqrt(f1/fn)*sqrt(X));
  {gotoxy(3,3+i);write('M1['i,']=',M1[i]:8:3);}
  writeln(moment_p,M1[i]:8:3);
end;
for i:=1 to 21 do begin
  M2[i]:=1.5/pi*(pol*sqrt(U)*R2)/(s[i]*f2)*(sqrt(R1+c*R2/s[i])+sqrt(f2/fn)*sqrt(X));
  {gotoxy(15,3+i);write('M2['i,']=',M2[i]:8:3);}
  writeln(moment_p,M2[i]:8:3);
end;
for i:=1 to 21 do begin
  M3[i]:=1.5/pi*(pol*sqrt(U)*R2)/(s[i]*f3)*(sqrt(R1+c*R2/s[i])+sqrt(f3/fn)*sqrt(X));
  {gotoxy(27,3+i);write('M3['i,']=',M3[i]:8:3);}
  writeln(moment_p,M3[i]:8:3);
end;
for i:=1 to 21 do begin
  M4[i]:=1.5/pi*(pol*sqrt(U)*R2)/(s[i]*f4)*(sqrt(R1+c*R2/s[i])+sqrt(f4/fn)*sqrt(X));
  {gotoxy(49,3+i);write('M4['i,']=',M4[i]:8:3);}
  writeln(moment_p,M4[i]:8:3);
end;
for i:=1 to 21 do begin
  M5[i]:=1.5/pi*(pol*sqrt(U)*R2)/(s[i]*f5)*(sqrt(R1+c*R2/s[i])+sqrt(f5/fn)*sqrt(X));
  {gotoxy(61,3+i);write('M5['i,']=',M5[i]:8:3);}
  writeln(moment_p,M5[i]:8:3);
end;
close(moment_p);
ns1:=60*f1;pol;ns2:=60*f2;pol;ns3:=60*f3;pol;ns4:=60*f4;pol;ns5:=60*f5;pol;
assign(tur_p,'tur_p.prm');rewrite(tur_p);
for i:=1 to 21 do begin
  n1[i]=(1-s[i])*ns1;
  writeln(tur_p,n1[i]:8:3);
end;
for i:=1 to 21 do begin
  n2[i]=(1-s[i])*ns2;
  writeln(tur_p,n2[i]:8:3);
end;
for i:=1 to 21 do begin
  n3[i]=(1-s[i])*ns3;
  writeln(tur_p,n3[i]:8:3);
end;
for i:=1 to 21 do begin
  n4[i]=(1-s[i])*ns4;
  writeln(tur_p,n4[i]:8:3);
end;
for i:=1 to 21 do begin
  n5[i]=(1-s[i])*ns5;
  writeln(tur_p,n5[i]:8:3);
end;
close(tur_p);
nx[1]:=1400;
for j:=2 to 13 do begin
  nx[j]:=nx[j-1]+100;
end;
nx[14]:=2750;
assign(fl1,'nx.dat');rewrite(fl1);
for j:=1 to 14 do begin
  write(fl1,nx[j]:4:0,' ');
end;

```

```

close(f1);
for j:=1 to 14 do begin
  Mx[j]:=P*30/(pi*nx[j])*1000;
end;
assign(f12,'mx.dat');rewrite(f12);
for j:=1 to 14 do begin
  write(f12,mx[j]:8:3,');
end;
close(f12);
for j:=1 to 5 do begin
  K[j]:=U/f[j];
end;
assign(f13,'KK.dat');rewrite(f13);
for j:=1 to 5 do begin
  write(f13,K[j]:6:3,');
end;
close(f13);
assign(f14,'U.dat');rewrite(f14);
write(f14,U:4:0,');
close(f14);
assign(f15,'f.dat');rewrite(f15);
for j:=1 to 5 do begin
  write(f15,f[j]:2:0,');
end;
close(f15);
readln;
end;

procedure pierderi_mecanee;
begin
  assign(pierderi,'pierderi.pm');rewrite(pierderi);
  for i:=1 to 21 do begin
    Pm1[i]:=0.65*sqrt(n1[i]*1000)*sqrt(De*10)*sqrt(De*10);
    writeln(pierderi,Pm1[i]:20:15);
  end;
  for i:=1 to 21 do begin
    Pm2[i]:=0.65*sqrt(n2[i]*1000)*sqrt(De*10)*sqrt(De*10);
    writeln(pierderi,Pm2[i]:20:15);
  end;
  for i:=1 to 21 do begin
    Pm3[i]:=0.65*sqrt(n3[i]*1000)*sqrt(De*10)*sqrt(De*10);
    writeln(pierderi,Pm3[i]:20:15);
  end;
  for i:=1 to 21 do begin
    Pm4[i]:=0.65*sqrt(n4[i]*1000)*sqrt(De*10)*sqrt(De*10);
    writeln(pierderi,Pm4[i]:20:15);
  end;
  for i:=1 to 21 do begin
    Pm5[i]:=0.65*sqrt(n5[i]*1000)*sqrt(De*10)*sqrt(De*10);
    writeln(pierderi,Pm5[i]:20:15);
  end;
  close(pierderi);
end;

procedure momente_util;
begin
  assign(m_util_p,'m_util_p.pm');rewrite(m_util_p);
  for i:=1 to 21 do begin
    Mu1[i]:=M1[i]-Pm1[i]*30/(pi*n1[i]);
    writeln(m_util_p,Mu1[i]:8:3);
  end;
end;

```

```

end;
for i:=1 to 21 do begin
  Mu2[i]:=M2[i]-Pm2[i]*30/(pi*n2[i]);
  writeln(m_util_p,Mu2[i]:8:3);
end;
for i:=1 to 21 do begin
  Mu3[i]:=M3[i]-Pm3[i]*30/(pi*n3[i]);
  writeln(m_util_p,Mu3[i]:8:3);
end;
for i:=1 to 21 do begin
  Mu4[i]:=M4[i]-Pm4[i]*30/(pi*n4[i]);
  writeln(m_util_p,Mu4[i]:8:3);
end;
for i:=1 to 21 do begin
  Mu5[i]:=M5[i]-Pm5[i]*30/(pi*n5[i]);
  writeln(m_util_p,Mu5[i]:8:3);
end;
close(m_util_p);
end;

begin
s[1]:=0.000001;s[2]:=0.01;s[3]:=0.0126;s[4]:=0.02;s[5]:=0.03;s[6]:=0.04;
s[7]:=0.05;s[8]:=0.06;s[9]:=0.07;s[10]:=0.08;s[11]:=0.09;s[12]:=0.1;
s[13]:=0.2;s[14]:=0.3;s[15]:=0.4;s[16]:=0.5;s[17]:=0.6;s[18]:=0.7;
s[19]:=0.8;s[20]:=0.9;s[21]:=0.999999999999;
f[1]:=50;f[2]:=60;f[3]:=70;f[4]:=80;f[5]:=90;
date_intrare;
reglarea_la_putere_constanta;
pierderi_mecanice;
momente_utile;
end.

```

#### 1.4 REGLAREA IN REGIM DE DEMARAJ DUPA ADERENTA

```

program aderenta;
uses crt;
const E1:At:=0.99;
      it:=3.15625;
      D:=1.250;
      V:=110;
var Men,Mun,De,Pm1,pol,R1,R2,X1,X2,fn,s1,e,X1fn,I1,Xm,real;
    F_n,real;
    min,Cia,mn,real;
    i:integer;
    Me,Xv,narray[1..6] of real;
    fl,t2:text;
begin
clrscr;
writeln;
writeln('tensiunea nominala la linie ..... Ul=      [V]');
writeln('turatia nominala ..... nu=      [rot/min]');
writeln('alunecarea nominala ..... sn=');
writeln('frecventa nominala ..... fn=      [Hz]');
writeln('rezistenta statorului ..... R1=      [ohm]');
writeln('rezistenta rotorului raportata la stator ..... R2=      [ohm]');
writeln('reactanta statorului ..... X1=      [ohm]');
writeln('reactanta rotorului raportata la stator ..... X2=      [ohm]');
writeln('numarul de perechi de poli ..... p=');
writeln('diametrul motorului ..... De=      [cm]');

```

```

writeln('reactanta mutuala totala ..... Xm=      {ohm}');
gotoxy(52,2);read(U);
gotoxy(52,3);read(n);
gotoxy(52,4);read(sn);
gotoxy(52,5);read(fn);
gotoxy(52,6);read(R1);
gotoxy(52,7);read(R2);
gotoxy(52,8);read(X1);
gotoxy(52,9);read(X2);
gotoxy(51,10);read(pol);
gotoxy(52,11);read(De);
gotoxy(53,12);readln(Xm);
gotoxy(1,25);write(' *** pentru a continua apasa ENTER ***');
readln;
clrscr;
c:=1+X1/Xm;
X:=X1+c*X2;
Ufn:=U/sqrt(3);
Men:=1.5/pi*pol*R2*sqrt(Ufn)/(sn*fn*(sqrt(R1+c*R2/sn)+sqrt(X)));
Pmn:=0.65*sqrt(n/1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10);
Mun:=Men-Pmn*30/(pi*n);
writeln;writeln;
writeln('momentul nominal:      Mun=',Mun:10:3);
Fn:=2*D*ET*tr*Mun*tr;
writeln('forta de tractiune nominala: Fn=',Fn:10:3);
miu:=0.333*(8+0.1*Vv)/(8+0.2*V);
writeln('coeficientul de aderenta:   miu=',miu:7:5);
Ga:=Fn/miu;
writeln('greutatea aderenta:      Ga=',Ga:10:3);
n[1]:=0;n[2]:=nn/5;n[3]:=2*nn/5;n[4]:=3*nn/5;n[5]:=4*nn/5;n[6]:=5*nn/5;
assign(f2,'tur_ader.dat');rewrite(f2);
for i:=1 to 6 do write(f2,n[i]:7:2,' ');
close(f2);
assign(f1,'m_ader.dat');rewrite(f1);
for i:=1 to 6 do begin
  Vv[i]:=3.6*pi*D/60*n[i]*tr;
  Me[i]:=D*(2*ET*tr)*Ga*0.333*(8+0.1*Vv[i])/(8+0.2*Vv[i]);
  write(f1,Me[i]:10:3,' ');
end;
close(f1);
gotoxy(1,25);write(' *** pentru a continua apasa ENTER ***');
readln;
end.

```

## ANEXA 2

## 2.1 CALCULUL FACTORULUI DE PUTERE

```

program eos_fi;
uses crt;
const D=1.25;
      itr=3.1514;
var R1,R2,X_1,X_2,X_m,Lm,L1,L2,fn,fp,po:real;
    s1:array[1..11] of real;
    s2:array[1..5] of real;
    A,B,cosFI,Xm,X1,X2,f,ns,n,V,s:array[1..16] of real;
    i:integer;
    f1,f2,f3,f4,f5,f6,f7:text;
begin
clrscr;
writeln;writeln;
writeln('PROGRAM PENTRU cos_fi');
writeln;writeln;
writeln('rezistenta statorului ..... R1=      {ohm}');
writeln('rezistenta rotorului raportata la stator      R2 =      {ohm}');
writeln('reactanta statorului      X1      {ohm}');
writeln('reactanta rotorului raportata la stator      X2 =      {ohm}');
writeln('reactanta mutuala totala      Xm      {ohm}');
writeln('frecventa nominala      fn      {Hz}');
writeln('frecventa de pornire: ..... fp      {Hz}');
writeln('numarul de perechi de poli      p');
gotoxy(59,6);read(R1);
gotoxy(60,7);read(R2);
gotoxy(59,8);read(X_1);
gotoxy(60,9);read(X_2);
gotoxy(59,10);read(X_m);
gotoxy(59,11);read(fn);
gotoxy(59,12);read(fp);
gotoxy(58,13);readln(po);
gotoxy(1,25);write('*** pentru a continua apasa ENTER ***');
readln;
clrscr;
assign(f1,'s.dat');
reset(f1);
for i:=1 to 11 do begin
  read(f1,s1[i]); { s1[i] -> ALUNECARILE PE MOMENT CONSTANT };
end;
close(f1);
assign(f2,'al_tr_2.dat');
reset(f2);
for i:=1 to 5 do begin
  read(f2,s2[i]); { s2[i] -> ALUNECARILE PE PUTERE CONSTANTA };
end;
close(f2);
assign(f5,'ss.dat');rewrite(f5);
for i:=1 to 11 do writeln(f5,s1[i]:8:0);
for i:=1 to 5 do writeln(f5,s2[i]:8:6);
close(f5);
Lm:=X_m/(2*pi*fn);
L1:=X_1/(2*pi*fn);
L2:=X_2/(2*pi*fn);

```

```

f[1]:=fp;f[2]:=5;f[3]:=10;f[4]:=15;f[5]:=20;f[6]:=25;f[7]:=30;f[8]:=35;
f[9]:=40;f[10]:=45;f[11]:=50;f[12]:=50;f[13]:=60;f[14]:=70;f[15]:=80;
f[16]:=90;
assign(f4,'f.dat');rewrite(f4);
  for i:=1 to 16 do writeln(f4,f[i]:4:2);
close(f4);
for i:=1 to 16 do Xm[i]:=2*pi*f[i]*Lm;
for i:=1 to 16 do X1[i]:=2*pi*f[i]*L1;
for i:=1 to 16 do X2[i]:=2*pi*f[i]*L2;
for i:=1 to 11 do A[i]:=(sqrt(Xm[i])*R2/s1[i])/(sqrt(R2/s1[i])+sqrt(Xm[i]+X2[i]));
A[12]:=(sqrt(Xm[12])*R2/s2[1])/(sqrt(R2/s2[1])+sqrt(Xm[12]+X2[12]));
A[13]:=(sqrt(Xm[13])*R2/s2[2])/(sqrt(R2/s2[2])+sqrt(Xm[13]+X2[13]));
A[14]:=(sqrt(Xm[14])*R2/s2[3])/(sqrt(R2/s2[3])+sqrt(Xm[14]+X2[14]));
A[15]:=(sqrt(Xm[15])*R2/s2[4])/(sqrt(R2/s2[4])+sqrt(Xm[15]+X2[15]));
A[16]:=(sqrt(Xm[16])*R2/s2[5])/(sqrt(R2/s2[5])+sqrt(Xm[16]+X2[16]));

for i:=1 to 11 do B[i]:=Xm[i]*(sqrt(R2/s1[i])+X2[i])*(Xm[i]+X2[i])/(sqrt(R2/s1[i])+sqrt(Xm[i]+X2[i]));
B[12]:=Xm[12]*(sqrt(R2/s2[1])+X2[12])*(Xm[12]+X2[12])/(sqrt(R2/s2[1])+sqrt(Xm[12]+X2[12]));
B[13]:=Xm[13]*(sqrt(R2/s2[2])+X2[13])*(Xm[13]+X2[13])/(sqrt(R2/s2[2])+sqrt(Xm[13]+X2[13]));
B[14]:=Xm[14]*(sqrt(R2/s2[3])+X2[14])*(Xm[14]+X2[14])/(sqrt(R2/s2[3])+sqrt(Xm[14]+X2[14]));
B[15]:=Xm[15]*(sqrt(R2/s2[4])+X2[15])*(Xm[15]+X2[15])/(sqrt(R2/s2[4])+sqrt(Xm[15]+X2[15]));
B[16]:=Xm[16]*(sqrt(R2/s2[5])+X2[16])*(Xm[16]+X2[16])/(sqrt(R2/s2[5])+sqrt(Xm[16]+X2[16]));

for i:=1 to 16 do cosf[i]:=(R1+A[i])/sqrt(sqrt(R1+A[i])+sqrt(B[i]+X1[i]));
assign(f3,'cos_f.dat');rewrite(f3);
  for i:=1 to 16 do writeln(f3,cosf[i]:7:5);
close(f3);
reset(f5);
  for i:=1 to 16 do read(f5,s[i]);
  for i:=1 to 16 do ns[i]:=f[i]*pol*o0;
  for i:=1 to 16 do n[i]:=(1-s[i])*ns[i];
  for i:=1 to 16 do V[i]:=3.6*pi*D.60*n[i]*tr;
assign(f6,'t_dipl_8.dat');rewrite(f6);
  for i:=1 to 16 do writeln(f6,n[i]:8:3);
close(f6);
assign(f7,'v_dipl8.dat');rewrite(f7);
  for i:=1 to 16 do writeln(f7,V[i]:6:3);
close(f7);
end.

```

## 2.2. CALCULUL CURENTEI LA SI VA PUTERII FLEGTRECI

```

program curent_putere;
uses crt;
var R1,R2,X_1,X_2,X_m,Lm,L1,L2,Lm,fp,fi,u,pol,D,atreal;
s1:array[1..11] of real;
s2:array[1..5] of real;
s,U,X1,X2,Xm,f,A,B,H,P,ns,n,V:array[1..16] of real;
i:integer;
f1,f2,f3,g,h,l,m,f4,f5,f6,f7:text;

```

procedure introducere\_date\_intrare;

```

begin
clrscr;
writeln;writeln;
writeln('PROGRAM PENTRU curent_putere');
writeln;writeln;
writeln('-rezistenta statorului: ..... R1= {ohm}');
writeln('-rezistenta rotorului raportata la stator: ..... R2= {ohm}');

```

```

writeln('reactanta statorului: ..... X1=      {ohm}');
writeln('reactanta rotorului raportata la stator: ..... X2 =      {ohm}');
writeln('reactanta mutuala totala: ..... Xm=      {ohm}');
writeln('frecventa nominala: ..... fn=      {Hz}');
writeln('frecventa de pomire: ..... fp=      {Hz}');
writeln('numarul de perechi de poli: ..... p=');
writeln('diametrul rotii: ..... D=      [m]');
writeln('raportul de transmitere: ..... it=');
gotoxy(59,6);read(R1);
gotoxy(60,7);read(R2);
gotoxy(59,8);read(X_1);
gotoxy(60,9);read(X_2);
gotoxy(59,10);read(X_m);
gotoxy(59,11);read(fn);
gotoxy(59,12);read(fp);
gotoxy(58,13);read(pol);
gotoxy(58,14);read(D);
gotoxy(61,15);readln(itr);
gotoxy(1,25);write(' *** pentru a continua apasa ENTER ***');
readln;
end;

```

```

procedure citire_alunecari;

```

```

begin
  clrscr;
  assign(g,'al.dat');rewrite(g);
  assign(f1,'s_ const.dat');
  reset(f1);
  for i:=1 to 11 do begin
    read(f1,s1[i]);      { s1[i] - ALUNECARILE PE MOMENT CONSTANT }
    writeln(g,s1[i]:8:6);
  end;
  close(f1);
  assign(f2,'al_tr_2.dat');
  reset(f2);
  for i:=1 to 5 do begin
    read(f2,s2[i]);      { s2[i] - ALUNECARILE PE PLETTERI CONSTANTA }
    writeln(g,s2[i]:8:6);
  end;
  close(f2);
  close(g);
  reset(g);
  for i:=1 to 16 do begin
    read(g,s[i]);
    gotoxy(5,3+i);write('s[';i;']=';s[i]:8:6);
  end;
  close(g);
end;

```

```

procedure citire_tensiune;

```

```

begin
  assign(h,'tensiune.dat');
  reset(h);
  for i:=1 to 11 do read(h,U[i]);
  close(h);
  assign(l,'u.dat');
  reset(l);read(l,U_u);
  close(l);
  for i:=12 to 16 do U[i]:=U_u;
  assign(m,'tens.dat');rewrite(m);

```



```

for i:=1 to 16 do writeln(m,U[i]:8:3);
close(m);
for i:=1 to 16 do begin
  gotoxy(25,3+i);write('U['i,']=',U[i]:8:3);
end;
end;

procedure calcul_curent;
begin
f[1]:=fp;f[2]:=5;f[3]:=10;f[4]:=15;f[5]:=20;f[6]:=25;f[7]:=30;f[8]:=35;
f[9]:=40;f[10]:=45;f[11]:=50;f[12]:=50;f[13]:=60;f[14]:=70;f[15]:=80;
f[16]:=90;
Lm:=X_m/(2*pi*fn);
L2:=X_2/(2*pi*fn);
L1:=X_1/(2*pi*fn);
for i:=1 to 16 do Xm[i]:=2*pi*f[i]*Lm;
for i:=1 to 16 do X2[i]:=2*pi*f[i]*L2;
for i:=1 to 16 do X1[i]:=2*pi*f[i]*L1;
for i:=1 to 16 do A[i]:=(sqrt(Xm[i])*R2/s[i])/(sqrt(R2/s[i])+sqrt(Xm[i]+X2[i]));
for i:=1 to 16 do B[i]:=Xm[i]*(sqrt(R2/s[i])+X2[i])*(Xm[i]+X2[i])/(sqrt(R2/s[i])*sqrt(Xm[i]+X2[i]));
for i:=1 to 16 do begin
  I1[i]:=U[i]/sqrt(sqrt(R1+A[i])+sqrt(B[i]+X1[i]));
  gotoxy(45,3+i);write('I1['i,']=',I1[i]:6:3);
end;
assign(f4,'curent.dat');rewrite(f4);
for i:=1 to 16 do writeln(f4,I1[i]:6:3);
close(f4);
for i:=1 to 16 do begin
  P[i]:=3*sqrt(I1[i])*(R1+A[i]);
  gotoxy(64,3+i);write('P['i,']=',P[i]:8:3);
end;
assign(f5,'putere.dat');rewrite(f5);
for i:=1 to 16 do writeln(f5,P[i]:8:3);
close(f5);
gotoxy(1,25);write(' *** pentru a continua apasa ENTER *** ');
readln;
clrscr;
for i:=1 to 16 do begin
  gotoxy(1,3+i);write('A['i,']=',A[i]:8:3);
  gotoxy(20,3+i);write('B['i,']=',B[i]:8:3);
end;
readln;
end;

procedure turatii_viteze;
begin
for i:=1 to 16 do ns[i]:=f[i]*pol*60;
for i:=1 to 16 do n[i]:=1-s[i])*ns[i];
for i:=1 to 16 do V[i]:=3.6*pi*D:60*n[i] itr;
assign(f6,'t_dipl_8.dat');rewrite(f6);
for i:=1 to 16 do writeln(f6,n[i]:8:3);
close(f6);
assign(f7,'v_dipl8.dat');rewrite(f7);
for i:=1 to 16 do writeln(f7,V[i]:6:3);
close(f7);
end;

begin
introducere_date_intrare;
citire_alunecari;

```

```

citire_tensiune;
calcul_curent;
turatii_viteze;
end.

```

### 2.3 CALCULUL RANDAMENTULUI

```

program randament;
uses crt;
var Pn,Ul,I_n,fn,R1,R2,X_1,X_2,X_m,De,Pfen,L1,L2,Lm,Un:real;
    I1,I2,U,f,s,cosFI,X1,X2,Xm,c,n,x:array[1..16] of real;
    Pfe,Ps,Prmec,Pcu1,Pcu2,ETA:array[1..16] of real;
    i:integer;
    fl ,f2,f3,f4,f5,f6,f7,f8:text;

procedure date_intrare;
begin
  clrscr;
  writeln;writeln;
  writeln(' PROGRAM PENTRU RANDAMENT');
  writeln;
  writeln('puterea nominala: ..... Pn= [Kw]');
  writeln('tensiunea la line: ..... Ul= [V]');
  writeln('curentul nominal: ..... In= [A]');
  writeln('frecventa nominala: ..... fn= [Hz]');
  writeln('rezistenta statorului: ..... R1= [ohm]');
  writeln('rezistenta rotorului raportata la stator: ..... R2 [ohm]');
  writeln('reactanta statorului: ..... X1= [ohm]');
  writeln('reactanta rotorului raportata la stator: ..... X2 = [ohm]');
  writeln('reactanta mutuala totala ..... Xm= [ohm]');
  writeln('diametrul motorului: ..... De= [cm]');
  writeln('pierderile in fier nominale: Pfen=');
  gotoxy(56,5);read(Pn);
  gotoxy(56,6);read(Ul);
  gotoxy(56,7);read(I_n);
  gotoxy(56,8);read(fn);
  gotoxy(56,9);read(R1);
  gotoxy(57,10);read(R2);
  gotoxy(56,11);read(X_1);
  gotoxy(57,12);read(X_2);
  gotoxy(56,13);read(X_m);
  gotoxy(56,14);read(De);
  gotoxy(58,15);readln(Pfen);
  gotoxy(1,25);write(' *** pentru a continua apasa ENTER ***');
  readln;
end;

procedure citire_curent;
begin
  clrscr;
  assign(fl,'curent.dal');
  reset(fl);
  for i:=1 to 16 do read(fl,I1[i]);
  close(fl);
end;

```

```

procedure citire_tensiune;
begin
  assign(f2,'tens.dat');
  reset(f2);
  for i:=1 to 16 do read(f2,U[i]);
  close(f2);
end;

```

```

procedure citire_frecventa;
begin
  assign(f3,'ff.dat');
  reset(f3);
  for i:=1 to 16 do read(f3,f[i]);
  close(f3);
end;

```

```

procedure citire_alunecari;
begin
  assign(f4,'ss.dat');
  reset(f4);
  for i:=1 to 16 do read(f4,s[i]);
  close(f4);
end;

```

```

procedure citire_cosF1;
begin
  assign(f5,'cos_fi.dat');
  reset(f5);
  for i:=1 to 16 do read(f5,cosF1[i]);
  close(f5);
end;

```

```

procedure citire_furatii;
begin
  assign(f6,'dipl_8.dat');
  reset(f6);
  for i:=1 to 16 do read(f6,n[i]);
  close(f6);
end;

```

```

procedure calcul_X1_X2_Xm_c;
begin
  Lm:=X_m/(2*pi*f*n);
  L1:=X_1/(2*pi*f*n);
  L2:=X_2/(2*pi*f*n);
  for i:=1 to 16 do Xm[i]:=2*pi*f[i]*Lm;
  for i:=1 to 16 do X1[i]:=2*pi*f[i]*L1;
  for i:=1 to 16 do X2[i]:=2*pi*f[i]*L2;
  for i:=1 to 16 do c[i]:=1+X1[i]/Xm[i];
end;

```

```

procedure calcul_I2;
begin
  clrscr;
  for i:=1 to 16 do begin
    I2[i]:=U[i]/sqrt(sqrt(R1+c[i]*R2/s[i])+sqrt(X1[i]+c[i]*X2[i]));
    gotoxy(1,i+3);write('I2[',i,']=',I2[i]:7:3);
  end;
  assign(f8,'i2.dat');rewrite(f8);
  for i:=1 to 16 do writeln(f8,I2[i]:7:3);

```

```

close(f8);
end;

procedure calcul_pierderi_randament;
begin
  Un:=U/sqrt(3);
  { PIERDERI IN FIER }
  for i:=1 to 16 do begin
    x[i]:=1.3*ln(f[i]/fn);
    Pfe[i]:=Pfen*sqr(U[i]/Un)*sqr(fn/f[i])*exp(x[i]);
  end;
  { PIERDERI SUPLIMENTARE }
  for i:=1 to 16 do Ps[i]:=0.5/100*Pn*sqr(l1[i]/l n);
  { PIERDERILE MECANICE }
  for i:=1 to 16 do Pmec[i]:=0.65*sqr(n[i]/1000)*sqr(De/10)*sqr(De/10);
  { PIERDERILE IN CUPRUI 1 }
  for i:=1 to 16 do Pcu1[i]:=3*sqr(l1[i])*R1;
  { PIERDERILE IN CUPRUI 2 }
  for i:=1 to 16 do Pcu2[i]:=3*sqr(l2[i])*R2;
  { CALCUL RANDAMENT }
  for i:=1 to 16 do begin
    ETA[i]:=(3*U[i]*l1[i]*cosF1[i]-(Pfe[i]+Pcu1[i]+Pcu2[i]+Pmec[i]+Ps[i]))/(3*U[i]*l1[i]*cosF1[i]);
    gotoxy(20,i+3);write('ETA[',i,']=',ETA[i],'.4');
  end;
  assign(f7,'randam.dat');
  rewrite(f7);
  for i:=1 to 16 do write(f7,ETA[i]);
  close(f7);
  readln;
end;

begin
  date_intrare;
  citire_curent;
  citire_tensiune;
  citire_frecventa;
  citire_alunecari;
  citire_cosF1;
  citire_turafii;
  calcul_X1_X2_Xm c;
  calcul_I2;
  calcul_pierderi_randament;
end.

```

## 2.4 CALCULUL FACTORULUI DE PUTERE LA REGLAREA DUPA ADERENTA

```

program cos_fi_aderenta;
uses crt;
var R1,R2,X_1,X_2,X_m,Lm,L1,L2,fn,fp,pol,D,itr:real;
s1:array[1..11] of real;
s2:array[1..5] of real;
A,B,cosF1,Xm,X1,X2,f,ns,n,V,s:array[1..16] of real;
i:integer;
f1,f2,f3,f4,f5,f6,f7:text;
begin
  clrscr;
  writeln;writeln;
  writeln('PROGRAM PENTRU cos_fi_aderenta');

```

```

writeln:writeln;
writeln('rezistenta statorului: ..... R1=      {ohm}');
writeln('rezistenta rotorului raportata la stator: ..... R2' =      {ohm}');
writeln('reactanta statorului: ..... X1=      {ohm}');
writeln('reactanta rotorului raportata la stator: ..... X2' =      {ohm}');
writeln('reactanta mutuala totala: ..... Xm=      {ohm}');
writeln('frecventa nominala: ..... fn=      [Hz]');
writeln('frecventa de pomire: ..... fp=      [Hz]');
writeln('numarul de perechi de poli: ..... p=#);
writeln('diametrul rotii: ..... D=      [m]');
writeln('raportul transmisiei: ..... itr=#);
gotoxy(59,6);read(R1);
gotoxy(60,7);read(R2);
gotoxy(59,8);read(X_1);
gotoxy(60,9);read(X_2);
gotoxy(59,10);read(X_m);
gotoxy(59,11);read(fn);
gotoxy(59,12);read(fp);
gotoxy(58,13);read(pol);
gotoxy(58,14);read(D);
gotoxy(60,15);readln(itr);
gotoxy(1,25);write(' *** pentru a continua apasa ENTER ***');
readln;
clrscr;
assign(f1,'al_ader.dat');
reset(f1);
for i:=1 to 11 do begin
  read(f1,s1[i]);      { s1[i] := ALUNECARILE PE ADERENTA }
end;
close(f1);
assign(f2,'al_tr_2.dat');
reset(f2);
for i:=1 to 5 do begin
  read(f2,s2[i]);      { s2[i] := ALUNECARILE PE PUTERE CONSTANTA }
end;
close(f2);
assign(f5,'ss_ader.dat');rewriter(f5);
for i:=1 to 11 do writeln(f5,s1[i]:8:0);
for i:=1 to 5 do writeln(f5,s2[i]:8:0);
close(f5);
Lm:=X_m/(2*pi*fn);
L1:=X_1/(2*pi*fn);
L2:=X_2/(2*pi*fn);
f[1]:=fp;f[2]:=5;f[3]:=10;f[4]:=15;f[5]:=20;f[6]:=25;f[7]:=30;f[8]:=35;
f[9]:=40;f[10]:=45;f[11]:=50;f[12]:=50;f[13]:=60;f[14]:=70;f[15]:=80;
f[16]:=90;
assign(f4,'ff.dat');rewriter(f4);
for i:=1 to 16 do writeln(f4,f[i]:4:2);
close(f4);
for i:=1 to 16 do Xm[i]:=2*pi*f[i]*Lm;
for i:=1 to 16 do X1[i]:=2*pi*f[i]*L1;
for i:=1 to 16 do X2[i]:=2*pi*f[i]*L2;
for i:=1 to 11 do A[i]:=(sqrt(Xm[i])*R2/s1[i])*(sqrt(R2*s1[i])+sqrt(Xm[i]+X2[i]));
A[12]:=(sqrt(Xm[12])*R2/s2[1])/(sqrt(R2/s2[1])+sqrt(Xm[12]+X2[12]));
A[13]:=(sqrt(Xm[13])*R2/s2[2])/(sqrt(R2/s2[2])+sqrt(Xm[13]+X2[13]));
A[14]:=(sqrt(Xm[14])*R2/s2[3])/(sqrt(R2/s2[3])+sqrt(Xm[14]+X2[14]));
A[15]:=(sqrt(Xm[15])*R2/s2[4])/(sqrt(R2/s2[4])+sqrt(Xm[15]+X2[15]));
A[16]:=(sqrt(Xm[16])*R2/s2[5])/(sqrt(R2/s2[5])+sqrt(Xm[16]+X2[16]));

for i:=1 to 11 do B[i]:=Xm[i]*(sqrt(R2/s1[i])+X2[i])*(Xm[i]+X2[i])/(sqrt(R2/s1[i])+sqrt(Xm[i]+X2[i]));

```

```

B[12]:=Xm[12]*(sqrt(R2/s2[1])+X2[12]*(Xm[12]+X2[12]))/(sqrt(R2/s2[1])+sqrt(Xm[12]+X2[12]));
B[13]:=Xm[13]*(sqrt(R2/s2[2])+X2[13]*(Xm[13]+X2[13]))/(sqrt(R2/s2[2])+sqrt(Xm[13]+X2[13]));
B[14]:=Xm[14]*(sqrt(R2/s2[3])+X2[14]*(Xm[14]+X2[14]))/(sqrt(R2/s2[3])+sqrt(Xm[14]+X2[14]));
B[15]:=Xm[15]*(sqrt(R2/s2[4])+X2[15]*(Xm[15]+X2[15]))/(sqrt(R2/s2[4])+sqrt(Xm[15]+X2[15]));
B[16]:=Xm[16]*(sqrt(R2/s2[5])+X2[16]*(Xm[16]+X2[16]))/(sqrt(R2/s2[5])+sqrt(Xm[16]+X2[16]));

```

```

for i:=1 to 16 do cosFi[i]:=(R1+A[i])/sqrt(sqrt(R1+A[i])+sqrt(B[i]+X1[i]));
assign(f3,'cosfi_ad.dat',rewrite(f3);
  for i:=1 to 16 do writeln(f3,cosFi[i]:7:5);
close(f3);
reset(f5);
for i:=1 to 16 do read(f5,s[i]);
for i:=1 to 16 do ns[i]:=f[i]/pol*60;
for i:=1 to 16 do n[i]:=(1-s[i])*ns[i];
for i:=1 to 16 do V[i]:=3.6*pi*D/60*n[i]/itr;
assign(fb,'t_ader.dat',rewrite(fb);
  for i:=1 to 16 do writeln(fb,n[i]:8:3);
close(fb);
assign(f7,'v_ader.dat',rewrite(f7);
  for i:=1 to 16 do writeln(f7,V[i]:6:3);
close(f7);
end.

```

## 2.5 CALCULUL CURENTULUI SI A PUTERII ELECTRICE LA REGLARAREA DUPA ADERENTA

program curent\_putere\_aderenta.

uses crt;

var R1,R2,X\_1,X\_2,X\_m,I,m,I2,I1,fn,fp,U,n,pol,D,itr:real;

s1:array[1..11] of real;

s2:array[1..5] of real;

s,U,X1,X2,Xm,f,A,B,I1,p,ns,n,V:array[1..16] of real;

i:integer;

f1,f2,f3,g,h,l,m,f4,f5,fb,f7:text;

procedure introducere\_date\_intrare;

begin

clrscr;

writeln;writeln;

writeln('PROGRAM PENTRU CURENT PUTERE ADERENTA.V.');

writeln;writeln;

writeln('rezistenta statorului ..... R1 = {ohm}');

writeln('rezistenta rotorului raportata la stator ..... R2 = {ohm}');

writeln('reactanta statorului ..... X1 = {ohm}');

writeln('reactanta rotorului raportata la stator ..... X2 = {ohm}');

writeln('reactanta mutuala totala ..... Xm = {ohm}');

writeln('frecventa nominala ..... fn = {Hz}');

writeln('frecventa de pornire ..... fp = {Hz}');

writeln('numarul de perechi de poli ..... p=');

writeln('diametrul motorului ..... D = {m}');

writeln('raportul transmisiei ..... itr=');

gotoxy(59,6);read(R1);

gotoxy(60,7);read(R2);

gotoxy(59,8);read(X\_1);

gotoxy(60,9);read(X\_2);

gotoxy(59,10);read(X\_m);

gotoxy(59,11);read(fn);

gotoxy(59,12);read(fp);

gotoxy(58,13);read(pol);

```

gotoxy(58,14);read(D);
gotoxy(60,15);readln(itr);
gotoxy(1,25);write(' *** pentru a continua apasa ENTER ***');
readln;
end;

```

```

procedure citire_alunecari;
begin
clrscr;
assign(g,'al_c.dat');rewrite(g);
assign(f1,'al_ader.dat');
reset(f1);
for i:=1 to 11 do begin
  read(f1,s1[i]);      { s1[i] -> ALUNECARILE PE ADERENTA }
  writeln(g,s1[i]:8:6);
end;
close(f1);
assign(f2,'al_tr_2.dat');
reset(f2);
for i:=1 to 5 do begin
  read(f2,s2[i]);      { s2[i] -> ALUNECARILE PE PUTERI CONSTANTA }
  writeln(g,s2[i]:8:6);
end;
close(f2);
close(g);
reset(g);
for i:=1 to 16 do begin
  read(g,s[i]);
  gotoxy(5,3+i);write('s['i,']=',s[i]:8:6);
end;
close(g);
end;

```

```

procedure citire_tensiune;
begin
assign(h,'tensiune.dat');
reset(h);
for i:=1 to 11 do read(h,U[i]);
close(h);
assign(l,'u.dat');
reset(l);read(l,U_1:u);
close(l);
for i:=12 to 16 do U[i]:=U_1:u;
assign(m,'tens.dat');rewrite(m);
for i:=1 to 16 do writeln(m,U[i]:8:3);
close(m);
for i:=1 to 16 do begin
  gotoxy(25,3+i);write('U['i,']=',U[i]:8:3);
end;
end;

```

```

procedure calcul_curent;
begin
f[1]:=fp;f[2]:=5;f[3]:=10;f[4]:=15;f[5]:=20;f[6]:=25;f[7]:=30;f[8]:=35;
f[9]:=40;f[10]:=45;f[11]:=50;f[12]:=50;f[13]:=60;f[14]:=70;f[15]:=80;
f[16]:=90;
Lm:=X_m/(2*pi*fn);
L2:=X_2/(2*pi*fn);
L1:=X_1/(2*pi*fn);
for i:=1 to 16 do Xm[i]:=2*pi*f[i]*Lm;

```

```

for i:=1 to 16 do X2[i]:=2*pi*f[i]*L2;
for i:=1 to 16 do X1[i]:=2*pi*f[i]*L1;
for i:=1 to 16 do A[i]:=(sqrt(Xm[i])*R2/s[i])/(sqrt(R2/s[i])+sqrt(Xm[i]+X2[i]));
for i:=1 to 16 do B[i]:=Xm[i]*(sqrt(R2/s[i])+X2[i]*(Xm[i]+X2[i]))/(sqrt(R2/s[i])+sqrt(Xm[i]+X2[i]));
for i:=1 to 16 do begin
  I1[i]:=U[i]/sqrt(sqrt(R1+A[i])+sqrt(B[i]+X1[i]));
  gotoxy(45,3+i);write('I1[';i;']=',I1[i]:6:3);
end;
assign(f4,'c_ader.dat');rewrite(f4);
for i:=1 to 16 do writeln(f4,I1[i]:6:3);
close(f4);
for i:=1 to 16 do begin
  P[i]:=3*sqrt(I1[i])*(R1+A[i]);
  gotoxy(64,i+3);write('P[';i;']=',P[i]:8:3);
end;
assign(f5,'p_ader.dat');rewrite(f5);
for i:=1 to 16 do writeln(f5,P[i]:8:3);
close(f5);
gotoxy(1,25);write(' *** pentru a continua apasa ENTER *** ');
readln;
clrscr;
for i:=1 to 16 do begin
  gotoxy(1,3+i);write('A[';i;']=',A[i]:8:3);
  gotoxy(20,3+i);write('B[';i;']=',B[i]:8:3);
end;
readln;
end;

procedure turatii_viteze;
begin
  for i:=1 to 16 do ns[i] :=f[i]/pol*60;
  for i:=1 to 16 do n[i]:=(1-s[i])*ns[i];
  for i:=1 to 16 do V[i]:=3.6*pi*D*60*n[i]/tr;
  assign(f6,'t_dipl_a.dat');rewrite(f6);
  for i:=1 to 16 do writeln(f6,n[i]:8:3);
  close(f6);
  assign(f7,'v_dipl_a.dat');rewrite(f7);
  for i:=1 to 16 do writeln(f7,V[i]:6:3);
  close(f7);
end;

begin
  introducere_date_intrare;
  citire_alunecari;
  citire_tensiune;
  calcul_curent;
  turatii_viteze;
end.

```

## 2.6 CALCULUL RANDAMENTULUI LA REGLAREA DUPA ADERENTA

```

program randament_aderenta;
uses crt;
var Pn,U1,I_n,fn,R1,R2,X_1,X_2,X_m,De,Pfen,L1,L2,Lm,Un:real;
    I1,I2,U,f,s,cosFI,X1,X2,Xm,c,n,x:array[1..16] of real;
    Pfe,Ps,Pmec,Pcu1,Pcu2,ETA:array[1..16] of real;
    i:integer;
    f1,f2,f3,f4,f5,f6,f7,f8:text;

```



```

procedure date_intrare;
begin
  clrscr;
  writeln,writeln;
  writeln('  PROGRAM PENTRU RANDAMENT ADERENTA');
  writeln;
  writeln('puterea nominala: ..... Pn=      {Kw}');
  writeln('tensiunea la linie: ..... Ul=      {V}');
  writeln('curentul nominal: ..... In=      {A}');
  writeln('frecventa nominala: ..... fn=      {Hz}');
  writeln('rezistenta statorului: ..... R1=      {ohm}');
  writeln('rezistenta rotorului raportata la stator: ..... R2 =      {ohm}');
  writeln('reactanta statorului: ..... X1=      {ohm}');
  writeln('reactanta rotorului raportata la stator: ..... X2 =      {ohm}');
  writeln('reactanta mutuala totala: ..... Xm=      {ohm}');
  writeln('diametrul motorului: ..... De=      {cm}');
  writeln('pierderile in fier nominale: ..... Pfen=');
  gotoxy(56,5);read(Pn);
  gotoxy(56,6);read(Ul);
  gotoxy(56,7);read(In);
  gotoxy(56,8);read(fn);
  gotoxy(56,9);read(R1);
  gotoxy(57,10);read(R2);
  gotoxy(56,11);read(X1);
  gotoxy(57,12);read(X2);
  gotoxy(56,13);read(Xm);
  gotoxy(56,14);read(De);
  gotoxy(58,15);readln(Pfen);
  gotoxy(1,25);writeln('*** pentru a continua apasa ENTER ***');
  readln;
end;

procedure citire_curent;
begin
  clrscr;
  assign(f1,'c_ader.dat');
  reset(f1);
  for i:=1 to 16 do read(f1,f[i]);
  close(f1);
end;

procedure citire_tensiune;
begin
  assign(f2,'tens.dat');
  reset(f2);
  for i:=1 to 16 do read(f2,U[i]);
  close(f2);
end;

procedure citire_frecventa;
begin
  assign(f3,'ff.dat');
  reset(f3);
  for i:=1 to 16 do read(f3,f[i]);
  close(f3);
end;

```

```

procedure citire_alunecari;
begin
  assign(f4,'ss_ader.dat');
  reset(f4);
  for i:=1 to 16 do read(f4,s[i]);
  close(f4);
end;

```

```

procedure citire_cosFI;
begin
  assign(f5,'cosfi_ad.dat');
  reset(f5);
  for i:=1 to 16 do read(f5,cosFI[i]);
  close(f5);
end;

```

```

procedure citire_turatii;
begin
  assign(f6,'t_dipl_a.dat');
  reset(f6);
  for i:=1 to 16 do read(f6,n[i]);
  close(f6);
end;

```

```

procedure calcul_X1_X2_Xm_c;
begin
  Lm:=X_n/(2*pi*fn);
  L1:=X_1/(2*pi*fn);
  L2:=X_2/(2*pi*fn);
  for i:=1 to 16 do Xm[i]:=2*pi*f[i]*Lm;
  for i:=1 to 16 do X1[i]:=2*pi*f[i]*L1;
  for i:=1 to 16 do X2[i]:=2*pi*f[i]*L2;
  for i:=1 to 16 do c[i]:=1+X1[i]/Xm[i];
end;

```

```

procedure calcul_J2;
begin
  clrscr;
  for i:=1 to 16 do begin
    J2[i]:=U[i]*sqrt(sqrt(R1+c[i])*R2 s[i])+sqrt(X1[i]+c[i])*X2[i]+);
    gotoxy(1,3);writeln('J2['i,'] =',J2[i]);
  end;
  assign(f8,'i2a.dat');rewritel(f8);
  for i:=1 to 16 do writeln(f8,J2[i];8 3);
  close(f8);
end;

```

```

procedure calcul_pierderi_randament;
begin
  Un:=U/sqrt(3);
  { PIERDERI IN FIER }
  for i:=1 to 16 do begin
    x[i]:=1.3*ln(f[i]/fn);
    Pfe[i]:=Pfen*sqrt(U[i]/Un)*sqrt(fv/f[i])*exp(x[i]);
  end;
  { PIERDERI SUPLIMENTARE }
  for i:=1 to 16 do Ps[i]:=0.5/100*Pn*sqrt(11(i)/1_n);
  { PIERDERILE MECANICE }
  for i:=1 to 16 do Pmec[i]:=0.65*sqrt(n[i]/1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10);
  { PIERDERILE IN CUPRUL 1 }

```

```

for i:=1 to 16 do Pcu1[i]:=3*sqr(f1[i])*R1;
  { PIERDERILE IN CUPRU 2 }
for i:=1 to 16 do Pcu2[i]:=3*sqr(f2[i])*R2;
  { CALCUL RANDAMENT }
for i:=1 to 16 do begin
  ETA[i]:=(3*U[i]*f1[i]*cosFI[i]-(Pfe[i]+Pcu1[i]+Pcu2[i]+Pmec[i]+Ps[i]))/(3*U[i]*f1[i]*cosFI[i]);
  gotoxy(20,i+3);write('ETA[',i,']=',ETA[i]:7:4);
end;
assign(f7,'rand_ader.dat');
rewrite(f7);
for i:=1 to 16 do write(f7,ETA[i]);
close(f7);
readln;
end;

begin
date_intrare;
citire_curent;
citire_tensiune;
citire_frecventa;
citire_alunecari;
citire_cosFI;
citire_turatii;
calcul_N1_N2_Nm_e;
calcul_I2;
calcul_pierderi_randament;
end.

```

## 2.7 CALCULUL FORTEI DE TRACTIUNE

```

program tractiune;
uses crt;
var i,j:integer;
    Mu,Fn,n,V,f:array[1..16] of real;
    nm:integer;
    D,itr,ETAtr:real;
    f1,f2,f3,f4,f5,f6,f7:text;
begin
clrscr;
writeln;writeln;
gotoxy(3,5);write('Numarul de motoare pe locomotiva = ');
read(nm);
gotoxy(3,6);write('Diametrul rotii = ..... D = ');read(D);
gotoxy(3,7);write('Raportul de transmitere = ..... itr = ');read(itr);
gotoxy(3,8);write('Randamentul atac osie = ..... FIATR = ');read(FIATR);
clrscr;
f[1]:=1;f[2]:=5;f[3]:=10;f[4]:=15;f[5]:=20;f[6]:=25;f[7]:=30;f[8]:=35;
f[9]:=40;f[10]:=45;f[11]:=50;f[12]:=50;f[13]:=60;f[14]:=70;f[15]:=80;
f[16]:=90;
assign(f7,'f.dat');rewrite(f7);
for i:=1 to 16 do writeln(f7,f[i]);
close(f7);
assign(f1,'m_const.dat');
reset(f1);
i:=0;
while not eof(f1) do
begin
i:=i+1;
read(f1,Mu[i]);

```

```

end;
close(f1);
for i:=1 to 11 do begin
  gotoxy(5,3+i);write('Mu['i,']=',Mu[i]:9:3);
end;
for i:=1 to 11 do begin
  Fn[i]:=mm*2/D*Mu[i]*itr*ETAtr;
  gotoxy(25,3+i);write('Fn['i,']=',Fn[i]:9:3);
end;
assign(f5,'f_trac.dat');
rewrite(f5);
for i:=1 to 11 do write(f5,Fn[i]:15:3,' ');
i:=11;
assign(f2,'mom_tr_2.dat');
reset(f2);
while not eof(f2) do
begin
  i:=i+1;
  read(f2,Mu[i]);
end;
close(f2);
for i:=12 to 16 do begin
  gotoxy(5,3+i);write('Mu['i,']=',Mu[i]:9:3);
end;
for i:=12 to 16 do begin
  Fn[i]:=mm*2/D*Mu[i]*itr*ETAtr;
  gotoxy(25,3+i);write('Fn['i,']=',Fn[i]:9:3);
end;
for i:=12 to 16 do write(f5,Fn[i]:15:3,' ');
close(f5);
assign(f3,'n_const.dat');
reset(f3);
i:=0;
while not eof(f3) do
begin
  i:=i+1;
  read(f3,n[i]);
end;
close(f3);
for i:=1 to 11 do begin
  gotoxy(45,3+i);write('n['i,']=',n[i]:8:3);
end;
for i:=1 to 11 do begin
  V[i]:=3.6*pi*D/60*n[i]*itr;
  gotoxy(65,3+i);write('V['i,']=',V[i]:8:3);
end;
assign(f6,'v_trac.dat');
rewrite(f6);
for i:=1 to 11 do write(f6,V[i]:7:3,' ');
assign(f4,'tur_tr_2.dat');
reset(f4);
i:=11;
while not eof(f4) do
begin
  i:=i+1;
  read(f4,n[i]);
end;
close(f4);
for i:=12 to 16 do begin
  gotoxy(45,3+i);write('n['i,']=',n[i]:8:3);

```

```

end;
for i:=12 to 16 do begin
  V[i]:=3.6*pi*D/60*n[i]/itr;
  gotoxy(65,3+i);write('V[i,i]=';V[i]:8.3);
end;
for i:=12 to 16 do write(f6,V[i]:7.3.1');
close(f6);
readln;readln;
end.

```

## 2.8 CALCULUL FORTEI DE TRACȚIUNE LA REGLAREA DUPĂ ADERENȚĂ

```

program tracțiune_aderenta;
uses crt;
var i,j:integer;
    Mu,Fn,n,V:array[1..20] of real;
    D,itr,ETAtr,nm:real;
    f1,f2,f3,f4,f5,t6:text;
begin
  clrscr;
  writeln;writeln;writeln;
  write('Diametrul rotii: ..... D=';D:10.1;[m]');
  gotoxy(45,4);read(D);
  write('Raportul de transmitere: ..... itr=');
  read(itr);
  write('Randamentul atacului de osie: ..... ETAtr=');
  read(ETAtr);
  write('Numarul de motoare: ..... nm=');
  readln(nm);
  clrscr;
  assign(f1,'mu_ader.dat');
  reset(f1);
  i:=0;
  while not eof(f1) do
  begin
    i:=i+1;
    read(f1,Mu[i]);
  end;
  close(f1);
  for i:=1 to 11 do begin
    gotoxy(5,3+i);write('Mu[i,i]=';Mu[i]:9.3);
  end;
  for i:=1 to 11 do begin
    Fn[i]:=nm*2*D*Mu[i]*itr*ETAtr;
    gotoxy(25,3+i);write('Fn[i,i]=';Fn[i]:9.3);
  end;
  assign(f5,'f_trac_a.dat');
  rewrite(f5);
  for i:=1 to 11 do write(f5,Fn[i]:15.3.1');
  i:=11;
  assign(f2,'mom_tr_2.dat');
  reset(f2);
  while not eof(f2) do
  begin
    i:=i+1;
    read(f2,Mu[i]);
  end;
  close(f2);
  for i:=12 to 16 do begin

```

```

    gotoxy(5,3+i);write('Mu[i,]=',Mu[i]:9:3);
end;
for i:=12 to 16 do begin
    Fn[i]:=num*2/D*Mu[i]*itr*ETAt;
    gotoxy(25,3+i);write('Fn[i,]=',Fn[i]:9:3);
end;
for i:=12 to 16 do write(f5,Fn[i]:15:3,' ');
close(f5);
assign(f3,'n_ader.dat');
reset(f3);
i:=0;
while not eof(f3) do
begin
    i:=i+1;
    read(f3,n[i]);
end;
close(f3);

for i:=1 to 11 do begin
    gotoxy(45,3+i);write('n[i,]=',n[i]:8:3);
end;
for i:=1 to 11 do begin
    V[i]:=3.6*pi*D/60*n[i]/tr;
    gotoxy(65,3+i);write('V[i,]=',V[i]:8:3);
end;
assign(f6,'v_trac_a.dat');
rewrite(f6);
for i:=1 to 11 do write(f6,V[i]:7:3,' ');
assign(f4,'tur_tr_2.dat');
reset(f4);
i:=11;
while not eof(f4) do
begin
    i:=i+1;
    read(f4,n[i]);
end;
close(f4);
for i:=12 to 16 do begin
    gotoxy(45,3+i);write('n[i,]=',n[i]:8:3);
end;
for i:=12 to 16 do begin
    V[i]:=3.6*pi*D/60*n[i]*tr;
    gotoxy(65,3+i);write('V[i,]=',V[i]:7:3);
end;
for i:=12 to 16 do write(f6,V[i]:7:3,' ');
close(f6);
readln;
end.

program forta_de_tractiune_critica;
uses crt;
var i:integer;
    f,sk,ns,n,V,Pm,Mk,Muk,Fo,Uu:array[1..16] of real;
    U,U1,c,X1,X2,Xm,X,R1,R2,fn,fp,po1,D,De,itr,ETAt,num:real;
    f1,f2,f3:text;
begin
    clrscr;
    writeln;writeln;
    writeln('tensiunea la linie: ..... U1=          (V)');

```

```

writeln('numarul de perechi de poli: ..... p=');
writeln('frecventa nominala: ..... fn=           [Hz]');
writeln('frecventa de pornire: ..... fp=         [Hz]');
writeln('diametrul motorului: ..... De=         [cm]');
writeln('diametrul rotii: ..... D=              [m]');
writeln('raportul de transmitere: ..... itr=');
writeln('randamentul transmisiei: ..... ETAt=');
writeln('rezistenta statorului: ..... R1=        [ohm]');
writeln('rezistenta rotorului raportata la stator: R2=      [ohm]');
writeln('reactanta statorului: ..... X1=        [ohm]');
writeln('reactanta rotorului raportata la stator: .. X2=     [ohm]');
writeln('reactanta mutuala totala: ..... Xm=      [ohm]');
writeln('numarul de motoare: ..... nm=');
gotoxy(50,3);read(U);
gotoxy(49,4);read(pol);
gotoxy(50,5);read(fn);
gotoxy(50,6);read(fp);
gotoxy(50,7);read(De);
gotoxy(49,8);read(D);
gotoxy(51,9);read(itr);
gotoxy(52,10);read(ETAt);
gotoxy(50,11);read(R1);
gotoxy(50,12);read(R2);
gotoxy(50,13);read(X1);
gotoxy(50,14);read(X2);
gotoxy(50,15);read(Xm);
gotoxy(50,16);readln(nm);
gotoxy(1,25);write(' *** pentru a continua apasa ENTER *** ');
readln;
f[1]=fp;f[2]=5;f[3]=10;f[4]=15;f[5]=20;f[6]=25;f[7]=30;f[8]=35;
f[9]=40;f[10]=45;f[11]=50;f[12]=50;f[13]=60;f[14]=70;f[15]=80;
f[16]=90;
U:=U/sqrt(3);
c:=1+X1/Xm;
X:=X1+c*X2;
for i:=1 to 16 do sk[i]:=c*R2/sqrt(sqrt(R1)+sqrt(f[i])*sqrt(X));
for i:=1 to 16 do ns[i]:=60*f[i]*pol;
for i:=1 to 16 do n[i]:=(1-sk[i])*ns[i];
for i:=1 to 16 do V[i]:=3.6*(pi*D)/(60*itr)*n[i];
  assign(f1,'viteza k.dat');rewrite(f1);
  for i:=1 to 16 do writeln(f1,V[i]:2);
  close(f1);
for i:=1 to 16 do Pm[i]:=0.65*sqrt(n[i]*1000)*sqrt(De*10)*sqrt(De*10);
assign(f3,'tensiune.dat');reset(f3);
for i:=1 to 11 do read(f3,Uu[i]);
close(f3);
for i:=1 to 11 do Mk[i]:=1.5/(2*pi*c)*(pol*sqrt(Uu[i]))/(f[i]*(R1+sqrt(sqrt(R1)+sqrt(X))*sqrt(f[i])*fn));
for i:=1 to 11 do Muk[i]:=Mk[i]-Pm[i]*30/(pi*n[i]);
for i:=12 to 16 do Mk[i]:=1.5/(2*pi*c)*(pol*sqrt(U))/(f[i]*(R1+sqrt(sqrt(R1)+sqrt(X))*sqrt(f[i])*fn));
for i:=12 to 16 do Muk[i]:=Mk[i]-Pm[i]*30/(pi*n[i]);
clrscr;
for i:=1 to 16 do begin
  gotoxy(3,i+3);write('Muk[i]=',Muk[i]:10:3);
end;
readln;
for i:=1 to 16 do Fo[i]:=nm*D*Muk[i]*itr*ETAt;
  assign(f2,'forta_k.dat');rewrite(f2);
  for i:=1 to 16 do writeln(f2,Fo[i]:10:3);
  close(f2);
end.

```

## ANEXA 3

REGLAREA LA PUTERI PARTIALE CU SCHIMBAREA FORTEI DE TRACTIUNE  
LA DEMARAJ

## 3.1 CALCULUL FACTORULUI DE PUTERE

```

program cos_fi_puteri_partiale_varianta_1,
uses crt;
var R1,R2,X_1,X_2,X_m,Lm,L1,L2,fi,fp,pol,D,itr:real;
    sa1,sb1,sc1:array[1..11] of real;
    sa2,sb2,sc2:array[1..5] of real;
    Aa1,Aa2,Ab1,Ab2,Ae1,Ae2,Ba1,Ba2,Xm,X1,X2,f,ns,p,V,s:array[1..16] of real;
    Bc1,Bc2,Bb1,Bb2,cosFla,cosFlb,cosFlc:array[1..16] of real;
    i:integer;
    f1,f2,g1,g2,h1,h2,f3,f4,f5,f6,f7,f8,f9,f10,f11,g3,g4,g5,g6:text;
begin
clrscr;
writeln;writeln;
writeln('PROGRAM PENTRU cos_fi PUTERI PARTIALE');
writeln;writeln;
writeln('rezistenta statorului ..... R1 ..... [ohm]');
writeln('rezistenta rotorului raportata la stator ..... R2 ..... [ohm]');
writeln('reactanta statorului ..... X1 ..... [ohm]');
writeln('reactanta rotorului raportata la stator ..... X2 ..... [ohm]');
writeln('reactanta mutuala totala ..... Xm ..... [ohm]');
writeln('frecventa nominala ..... fn ..... [Hz]');
writeln('frecventa de pornire ..... fp ..... [Hz]');
writeln('numarul de perechi de poli ..... p=');
writeln('diametrul rotii ..... D ..... [m]');
writeln('raportul transmisiei ..... itr=');
gotoxy(59,6);read(R1);
gotoxy(60,7);read(R2);
gotoxy(59,8);read(X_1);
gotoxy(60,9);read(X_2);
gotoxy(59,10);read(X_m);
gotoxy(59,11);read(fn);
gotoxy(59,12);read(fp);
gotoxy(58,13);read(pol);
gotoxy(58,14);read(D);
gotoxy(60,15);readln(itr);
gotoxy(1,25);write('*** pentru a continua apasa ENTER ***');
readln;
clrscr;
{ CARACTERISTICA 1 }
assign(f1,'s_const1.dat');
reset(f1);
for i:=1 to 11 do begin
    read(f1,sa1[i]); { sa1[i] -> ALUNECARILE PE MOMENT CONSTANT }
end;
close(f1);
assign(f2,'a_part_1.dat');
reset(f2);
for i:=1 to 5 do begin
    read(f2,sa2[i]); { sa2[i] -> ALUNECARILE PE PUTERE CONSTANTA }
end;
close(f2);

```



```

    { CARACTERISTICA II }
assign(g1,'s_const2.dat');
reset(g1);
for i:=1 to 11 do begin
  read(g1,sb1[i]);      { sb1[i] -> ALUNECARILE PE MOMENT CONSTANT }
end;
close(g1);
assign(g2,'a_part_2.dat');
reset(g2);
for i:=1 to 5 do begin
  read(g2,sb2[i]);      { sb2[i] -> ALUNECARILE PE PUTERE CONSTANTA }
end;
close(g2);

    { CARACTERISTICA III }
assign(h1,'s_const3.dat');
reset(h1);
for i:=1 to 11 do begin
  read(h1,sc1[i]);      { sc1[i] -> ALUNECARILE PE MOMENT CONSTANT }
end;
close(h1);
assign(h2,'a_part_3.dat');
reset(h2);
for i:=1 to 5 do begin
  read(h2,sc2[i]);      { sc2[i] -> ALUNECARILE PE PUTERE CONSTANTA }
end;
close(h2);

assign(f5,'ss_p_1.dat');rewrite(f5);
  for i:=1 to 11 do writeln(f5,sa1[i]:8:6);
  for i:=1 to 5 do writeln(f5,sa2[i]:8:6);
close(f5);

assign(f8,'ss_p_2.dat');rewrite(f8);
  for i:=1 to 11 do writeln(f8,sb1[i]:8:6);
  for i:=1 to 5 do writeln(f8,sb2[i]:8:6);
close(f8);

assign(f9,'ss_p_3.dat');rewrite(f9);
  for i:=1 to 11 do writeln(f9,sc1[i]:8:6);
  for i:=1 to 5 do writeln(f9,sc2[i]:8:6);
close(f9);

Lm:=X_m/(2*pi*fn);
L1:=X_1/(2*pi*fn);
L2:=X_2/(2*pi*fn);
f[1]:=fp;f[2]:=5;f[3]:=10;f[4]:=15;f[5]:=20;f[6]:=25;f[7]:=30;f[8]:=35;
f[9]:=40;f[10]:=45;f[11]:=50;f[12]:=50;f[13]:=60;f[14]:=70;f[15]:=80;
f[16]:=90;
assign(f4,'f.dat');rewrite(f4);
  for i:=1 to 16 do writeln(f4,f[i]:4:2);
close(f4);
for i:=1 to 16 do Xm[i]:=2*pi*f[i]*Lm;
for i:=1 to 16 do X1[i]:=2*pi*f[i]*L1;
for i:=1 to 16 do X2[i]:=2*pi*f[i]*L2;
for i:=1 to 11 do Aa1[i]:=(sqrt(Xm[i])*R2/sa1[i])/(sqrt(R2/sa1[i])+sqrt(Xm[i]+X2[i]));
for i:=1 to 11 do Ab1[i]:=(sqrt(Xm[i])*R2/sb1[i])/(sqrt(R2/sb1[i])+sqrt(Xm[i]+X2[i]));
for i:=1 to 11 do Ac1[i]:=(sqrt(Xm[i])*R2/sc1[i])/(sqrt(R2/sc1[i])+sqrt(Xm[i]+X2[i]));

```

```

Aa2[12]:=sqrt(Xm[12])*R2/sa2[1]/(sqrt(R2/sa2[1])+sqrt(Xm[12]+X2[12]));
Aa2[13]:=sqrt(Xm[13])*R2/sa2[2]/(sqrt(R2/sa2[2])+sqrt(Xm[13]+X2[13]));
Aa2[14]:=sqrt(Xm[14])*R2/sa2[3]/(sqrt(R2/sa2[3])+sqrt(Xm[14]+X2[14]));
Aa2[15]:=sqrt(Xm[15])*R2/sa2[4]/(sqrt(R2/sa2[4])+sqrt(Xm[15]+X2[15]));
Aa2[16]:=sqrt(Xm[16])*R2/sa2[5]/(sqrt(R2/sa2[5])+sqrt(Xm[16]+X2[16]));

```

```

Ab2[12]:=sqrt(Xm[12])*R2/sb2[1]/(sqrt(R2/sb2[1])+sqrt(Xm[12]+X2[12]));
Ab2[13]:=sqrt(Xm[13])*R2/sb2[2]/(sqrt(R2/sb2[2])+sqrt(Xm[13]+X2[13]));
Ab2[14]:=sqrt(Xm[14])*R2/sb2[3]/(sqrt(R2/sb2[3])+sqrt(Xm[14]+X2[14]));
Ab2[15]:=sqrt(Xm[15])*R2/sb2[4]/(sqrt(R2/sb2[4])+sqrt(Xm[15]+X2[15]));
Ab2[16]:=sqrt(Xm[16])*R2/sb2[5]/(sqrt(R2/sb2[5])+sqrt(Xm[16]+X2[16]));

```

```

Ac2[12]:=sqrt(Xm[12])*R2/sc2[1]/(sqrt(R2/sc2[1])+sqrt(Xm[12]+X2[12]));
Ac2[13]:=sqrt(Xm[13])*R2/sc2[2]/(sqrt(R2/sc2[2])+sqrt(Xm[13]+X2[13]));
Ac2[14]:=sqrt(Xm[14])*R2/sc2[3]/(sqrt(R2/sc2[3])+sqrt(Xm[14]+X2[14]));
Ac2[15]:=sqrt(Xm[15])*R2/sc2[4]/(sqrt(R2/sc2[4])+sqrt(Xm[15]+X2[15]));
Ac2[16]:=sqrt(Xm[16])*R2/sc2[5]/(sqrt(R2/sc2[5])+sqrt(Xm[16]+X2[16]));

```

```
for i=1 to 11 do
```

```
Ba1[i]:=Xm[i]*(sqrt(R2/sa1[i])+X2[i])*(Xm[i]+X2[i])/((sqrt(R2/sa1[i])+sqrt(Xm[i]+X2[i])));
```

```
for i=1 to 11 do
```

```
Bb1[i]:=Xm[i]*(sqrt(R2/sb1[i])+X2[i])*(Xm[i]+X2[i])/((sqrt(R2/sb1[i])+sqrt(Xm[i]+X2[i])));
```

```
for i=1 to 11 do
```

```
Bc1[i]:=Xm[i]*(sqrt(R2/sc1[i])+X2[i])*(Xm[i]+X2[i])/((sqrt(R2/sc1[i])+sqrt(Xm[i]+X2[i])));
```

```

Ba2[12]:=Xm[12]*(sqrt(R2/sa2[1])+X2[12])*(Xm[12]+X2[12])/((sqrt(R2/sa2[1])+sqrt(Xm[12]+X2[12])));
Ba2[13]:=Xm[13]*(sqrt(R2/sa2[2])+X2[13])*(Xm[13]+X2[13])/((sqrt(R2/sa2[2])+sqrt(Xm[13]+X2[13])));
Ba2[14]:=Xm[14]*(sqrt(R2/sa2[3])+X2[14])*(Xm[14]+X2[14])/((sqrt(R2/sa2[3])+sqrt(Xm[14]+X2[14])));
Ba2[15]:=Xm[15]*(sqrt(R2/sa2[4])+X2[15])*(Xm[15]+X2[15])/((sqrt(R2/sa2[4])+sqrt(Xm[15]+X2[15])));
Ba2[16]:=Xm[16]*(sqrt(R2/sa2[5])+X2[16])*(Xm[16]+X2[16])/((sqrt(R2/sa2[5])+sqrt(Xm[16]+X2[16])));

```

```

Bb2[12]:=Xm[12]*(sqrt(R2/sb2[1])+X2[12])*(Xm[12]+X2[12])/((sqrt(R2/sb2[1])+sqrt(Xm[12]+X2[12])));
Bb2[13]:=Xm[13]*(sqrt(R2/sb2[2])+X2[13])*(Xm[13]+X2[13])/((sqrt(R2/sb2[2])+sqrt(Xm[13]+X2[13])));
Bb2[14]:=Xm[14]*(sqrt(R2/sb2[3])+X2[14])*(Xm[14]+X2[14])/((sqrt(R2/sb2[3])+sqrt(Xm[14]+X2[14])));
Bb2[15]:=Xm[15]*(sqrt(R2/sb2[4])+X2[15])*(Xm[15]+X2[15])/((sqrt(R2/sb2[4])+sqrt(Xm[15]+X2[15])));
Bb2[16]:=Xm[16]*(sqrt(R2/sb2[5])+X2[16])*(Xm[16]+X2[16])/((sqrt(R2/sb2[5])+sqrt(Xm[16]+X2[16])));

```

```

Bc2[12]:=Xm[12]*(sqrt(R2/sc2[1])+X2[12])*(Xm[12]+X2[12])/((sqrt(R2/sc2[1])+sqrt(Xm[12]+X2[12])));
Bc2[13]:=Xm[13]*(sqrt(R2/sc2[2])+X2[13])*(Xm[13]+X2[13])/((sqrt(R2/sc2[2])+sqrt(Xm[13]+X2[13])));
Bc2[14]:=Xm[14]*(sqrt(R2/sc2[3])+X2[14])*(Xm[14]+X2[14])/((sqrt(R2/sc2[3])+sqrt(Xm[14]+X2[14])));
Bc2[15]:=Xm[15]*(sqrt(R2/sc2[4])+X2[15])*(Xm[15]+X2[15])/((sqrt(R2/sc2[4])+sqrt(Xm[15]+X2[15])));
Bc2[16]:=Xm[16]*(sqrt(R2/sc2[5])+X2[16])*(Xm[16]+X2[16])/((sqrt(R2/sc2[5])+sqrt(Xm[16]+X2[16])));

```

```
for i=1 to 11 do cosFIa[i]:=(R1+Aa1[i])/sqrt(sqrt(R1+Aa1[i])+sqrt(Ba1[i]+X1[i]));
```

```
for i=12 to 16 do cosFIa[i]:=(R1+Aa2[i])/sqrt(sqrt(R1+Aa2[i])+sqrt(Ba2[i]+X1[i]));
```

```
for i=1 to 11 do cosFIB[i]:=(R1+Ab1[i])/sqrt(sqrt(R1+Ab1[i])+sqrt(Bb1[i]+X1[i]));
```

```
for i=12 to 16 do cosFIB[i]:=(R1+Ab2[i])/sqrt(sqrt(R1+Ab2[i])+sqrt(Bb2[i]+X1[i]));
```

```
for i=1 to 11 do cosFIC[i]:=(R1+Ac1[i])/sqrt(sqrt(R1+Ac1[i])+sqrt(Bc1[i]+X1[i]));
```

```
for i=12 to 16 do cosFIC[i]:=(R1+Ac2[i])/sqrt(sqrt(R1+Ac2[i])+sqrt(Bc2[i]+X1[i]));
```

```
assign(f3,'cosfi_p1.dat');rewrite(f3);
```

```
for i=1 to 16 do writeln(f3,cosFIa[i]:7:5);
```

```
close(f3);
```

```
assign(f10,'cosfi_p2.dat');rewrite(f10);
```

```
for i=1 to 16 do writeln(f10,cosFIB[i]:7:5);
```

```
close(f10);
```

```
assign(f1,'cosfi_p3.dat');rewrite(f1);
  for i:=1 to 16 do writeln(f1,cosF[i]:7:5);
close(f1);
```

```
reset(f5);
  for i:=1 to 16 do read(f5,s[i]);
  for i:=1 to 16 do ns[i]:=f[i]/pol*60;
  for i:=1 to 16 do n[i]:=(1-s[i])*ns[i];
  for i:=1 to 16 do V[i]:=3.6*pi*D/60*n[i]/itr;
close(f5);
assign(f6,'t_pa_8.dat');rewrite(f6);
  for i:=1 to 16 do writeln(f6,n[i]:8:3);
close(f6);
assign(f7,'v_pa_8.dat');rewrite(f7);
  for i:=1 to 16 do writeln(f7,V[i]:6:3);
close(f7);
```

```
reset(f8);
  for i:=1 to 16 do read(f8,s[i]);
  for i:=1 to 16 do ns[i]:=f[i]/pol*60;
  for i:=1 to 16 do n[i]:=(1-s[i])*ns[i];
  for i:=1 to 16 do V[i]:=3.6*pi*D/60*n[i]/itr;
close(f8);
assign(g3,'t_pa_81.dat');rewrite(g3);
  for i:=1 to 16 do writeln(g3,n[i]:8:3);
close(g3);
assign(g4,'v_pa_81.dat');rewrite(g4);
  for i:=1 to 16 do writeln(g4,V[i]:6:3);
close(g4);
```

```
reset(f9);
  for i:=1 to 16 do read(f9,s[i]);
  for i:=1 to 16 do ns[i]:=f[i]/pol*60;
  for i:=1 to 16 do n[i]:=(1-s[i])*ns[i];
  for i:=1 to 16 do V[i]:=3.6*pi*D/60*n[i]/itr;
close(f9);
assign(g5,'t_pa_82.dat');rewrite(g5);
  for i:=1 to 16 do writeln(g5,n[i]:8:3);
close(g5);
assign(g6,'v_pa_82.dat');rewrite(g6);
  for i:=1 to 16 do writeln(g6,V[i]:6:3);
close(g6);
```

end.

### 3.2. CALCULUL CURENTULUI SI A PUTERII ELECTRICE

```
program curent_putere_puteri_partiale_varianta_1;
uses crt;
var R1,R2,X_1,X_2,X_m,Lm,L2,L1,fn,fp,U_u,pol,D,itr:real;
    s1,s2,s3,P1,P2,P3,n1,n2,n3,v1,v2,v3:array[1..16] of real;
    U,X1,X2,Xm,fA1,A2,A3,B1,B2,B3,I1_1,I1_2,I1_3:ns:array[1..16] of real;
    i:integer;
    f1,f2,f3,g,h,l,m,f4,f5,f6,f7,f8,f9,f10,f11,f12,f13,f14,f15:text;

procedure introducere_date_intrare;
begin
  clrscr;
  writeln;writeln;
```

```

writeln('PROGRAM PENTRU CURENT PUTERE');
writeln;writeln;
writeln('rezistenta statorului: ..... R1=      [ohm]');
writeln('rezistenta rotorului raportata la stator: ..... R2=      [ohm]');
writeln('reactanta statorului: ..... X1=      [ohm]');
writeln('reactanta rotorului raportata la stator: ..... X2=      [ohm]');
writeln('reactanta mutuala totala: ..... Xm=      [ohm]');
writeln('frecventa nominala: ..... fn=      [Hz]');
writeln('frecventa de pomire: ..... fp=      [Hz]');
writeln('numarul de perechi de poli: ..... p=');
writeln('diametrul motorului: ..... D=      [m]');
writeln('raportul transmisiei: ..... itr=');
gotoxy(59,6);read(R1);
gotoxy(60,7);read(R2);
gotoxy(59,8);read(X_1);
gotoxy(60,9);read(X_2);
gotoxy(59,10);read(X_m);
gotoxy(59,11);read(fn);
gotoxy(59,12);read(fp);
gotoxy(58,13);read(pol);
gotoxy(58,14);read(D);
gotoxy(60,15);readln(itr);
gotoxy(1,25);writef('*** pentru a continua apasa ENTER ***');
readln;
end;

procedure citire_alunecari;
begin
  clrscr;
  assign(f1,'ss_p_1.dat');
  reset(f1);
  for i:=1 to 16 do read(f1,s1[i]); { s1[i] = ALUNECARILE CARACTERISTICA I }
  close(f1);
  assign(f2,'ss_p_2.dat');
  reset(f2);
  for i:=1 to 16 do read(f2,s2[i]); { s2[i] = ALUNECARILE CARACTERISTICA II }
  close(f2);
  assign(f3,'ss_p_3.dat');
  reset(f3);
  for i:=1 to 16 do read(f3,s3[i]); { s3[i] = ALUNECARILE CARACTERISTICA III }
  close(f3);
end;

procedure citire_tensiune;
begin
  assign(h,'tensiune.dat');
  reset(h);
  for i:=1 to 11 do read(h,U[i]);
  close(h);
  assign(l,'u.dat');
  reset(l);read(l,U_u);
  close(l);
  for i:=12 to 16 do U[i]:=U_u;
  assign(m,'tens.dat');rewrite(m);
  for i:=1 to 16 do writeln(m,U[i]:8:3);
  close(m);
  for i:=1 to 16 do begin
    gotoxy(25,3+i);write('U['i,']=',U[i]:8:3);
  end;
end;
end;

```

```

procedure calcul_curent;
begin
f[1]:=fp;f[2]:=5;f[3]:=10;f[4]:=15;f[5]:=20;f[6]:=25;f[7]:=30;f[8]:=35;
f[9]:=40;f[10]:=45;f[11]:=50;f[12]:=50;f[13]:=60;f[14]:=70;f[15]:=80;
f[16]:=90;
Lm:=X_m/(2*pi*fn);
L2:=X_2/(2*pi*fn);
L1:=X_1/(2*pi*fn);
for i:=1 to 16 do Xm[i]:=2*pi*f[i]*Lm;
for i:=1 to 16 do X2[i]:=2*pi*f[i]*L2;
for i:=1 to 16 do X1[i]:=2*pi*f[i]*L1;

for i:=1 to 16 do A1[i]:=(sqrt(Xm[i])*R2/s1[i])/(sqrt(R2/s1[i])+sqrt(Xm[i]+X2[i]));
for i:=1 to 16 do A2[i]:=(sqrt(Xm[i])*R2/s2[i])/(sqrt(R2/s2[i])+sqrt(Xm[i]+X2[i]));
for i:=1 to 16 do A3[i]:=(sqrt(Xm[i])*R2/s3[i])/(sqrt(R2/s3[i])+sqrt(Xm[i]+X2[i]));

for i:=1 to 16 do B1[i]:=Xm[i]*(sqrt(R2/s1[i])+X2[i]*(Xm[i]+X2[i]))/(sqrt(R2/s1[i])+sqrt(Xm[i]+X2[i]));
for i:=1 to 16 do B2[i]:=Xm[i]*(sqrt(R2/s2[i])+X2[i]*(Xm[i]+X2[i]))/(sqrt(R2/s2[i])+sqrt(Xm[i]+X2[i]));
for i:=1 to 16 do B3[i]:=Xm[i]*(sqrt(R2/s3[i])+X2[i]*(Xm[i]+X2[i]))/(sqrt(R2/s3[i])+sqrt(Xm[i]+X2[i]));
clrscr;
for i:=1 to 16 do begin
  f1_1[i]:=U[i]/sqrt(sqrt(R1+A1[i])+sqrt(B1[i]+X1[i]));
  gotoxy(1,3+i);write('f1_1[';i;']=',f1_1[i];6:3);
end;

for i:=1 to 16 do begin
  f1_2[i]:=U[i]/sqrt(sqrt(R1+A2[i])+sqrt(B2[i]+X1[i]));
  gotoxy(20,3+i);write('f1_2[';i;']=',f1_2[i];6:3);
end;

for i:=1 to 16 do begin
  f1_3[i]:=U[i]/sqrt(sqrt(R1+A3[i])+sqrt(B3[i]+X1[i]));
  gotoxy(40,3+i);write('f1_3[';i;']=',f1_3[i];6:3);
end;
gotoxy(1,25);write('*** pentru a continua apasa ENTER ***');
readln;

assign(f4,'curent1p.dat');rewrite(f4);
for i:=1 to 16 do writeln(f4,f1_1[i];6:3);
close(f4);

assign(f8,'curent2p.dat');rewrite(f8);
for i:=1 to 16 do writeln(f8,f1_2[i];6:3);
close(f8);

assign(f9,'curent3p.dat');rewrite(f9);
for i:=1 to 16 do writeln(f9,f1_3[i];6:3);
close(f9);

clrscr;
for i:=1 to 16 do begin
  P1[i]:=3*sqrt(f1_1[i])*(R1+A1[i]);
  gotoxy(1,i+3);write('P1[';i;']=',P1[i];8:3);
end;
assign(f5,'putere1.dat');rewrite(f5);
for i:=1 to 16 do writeln(f5,P1[i];8:3);
close(f5);

for i:=1 to 16 do begin

```

```

P2[i]:=3*sqr(11_2[i])*(R1+A2[i]);
gotoxy(20,i+3);writer('P2['i,']=',P2[i]:8:3);
end;
assign(f10,'putere2.dat');rewrite(f10);
for i:=1 to 16 do writeln(f10,P2[i]:8:3);
close(f10);

for i:=1 to 16 do begin
  P3[i]:=3*sqr(11_3[i])*(R1+A3[i]);
  gotoxy(40,i+3);writer('P3['i,']=',P3[i]:8:3);
end;
assign(f11,'putere3.dat');rewrite(f11);
for i:=1 to 16 do writeln(f11,P3[i]:8:3);
close(f11);
gotoxy(1,25);writer(' *** pentru a continua apasa ENTER *** ');
readln;

clrscr;
for i:=1 to 16 do begin
  gotoxy(1,3+i);writer('A['i,']=',A1[i]:8:3);
  gotoxy(20,3+i);writer('B['i,']=',B1[i]:8:3);
end;
readln;
end;

procedure turam_viteze;
begin
  for i:=1 to 16 do ns[i] := t1*pe1*o0;
  for i:=1 to 16 do n1[i] := (1-s1[i])*ns[i];
  for i:=1 to 16 do V1[i] := 3.6*pi*D:o0*n1[i]:itr;

  for i:=1 to 16 do n2[i] := (1-s2[i])*ns[i];
  for i:=1 to 16 do V2[i] := 3.6*pi*D:o0*n2[i]:itr;

  for i:=1 to 16 do n3[i] := (1-s3[i])*ns[i];
  for i:=1 to 16 do V3[i] := 3.6*pi*D:o0*n3[i]:itr;

  assign(f6,'t_d_8_p1.dat');rewrite(f6);
  for i:=1 to 16 do writeln(f6,n1[i]:8:3);
  close(f6);
  assign(f7,'v_d_8_p1.dat');rewrite(f7);
  for i:=1 to 16 do writeln(f7,V1[i]:6:3);
  close(f7);

  assign(f12,'t_d_8_p2.dat');rewrite(f12);
  for i:=1 to 16 do writeln(f12,n2[i]:8:3);
  close(f12);
  assign(f13,'v_d_8_p2.dat');rewrite(f13);
  for i:=1 to 16 do writeln(f13,V2[i]:6:3);
  close(f13);

  assign(f14,'t_d_8_p3.dat');rewrite(f14);
  for i:=1 to 16 do writeln(f14,n3[i]:8:3);
  close(f14);
  assign(f15,'v_d_8_p3.dat');rewrite(f15);
  for i:=1 to 16 do writeln(f15,V3[i]:6:3);
  close(f15);
end;

```

```

begin
  introducere_date_intrare:
  citire_alunecari;
  citire_tensiune;
  calcul_curent;
  turatii_viteze;
end.

```

### 3.3 CALCULUL RANDAMENTULUI

```

program randament_partial_varianta_1;
uses crt;
var Pn,Ul,fn,n,R1,R2,X_1,X_2,X_m,De,Pfen,L1,L2,Lm,Un:real;
    I1,I2,I3,I4,I5,I6,I7,I8,I9,I0,I1,g1,h1,g4,h4,G5,H5,g6,g8,g9:text;
    cosF1,cosF2,cosF3,n1,n2,n3:ARRAY[1..16] OF REAL;
    Pfc,Ps1,Ps2,Ps3,Pmec1,Pmec2,Pmec3,ETA1,ETA2,ETA3,s1,s2,s3:array[1..16] of real;
    Peu11,Peu12,Peu13,Peu21,Peu22,Peu23:array[1..16] of real;
i:integer;
f1,f2,f3,f4,f5,f6,f7,f8,f9,f10,f11,g1,h1,g4,h4,G5,H5,g6,g8,g9:text;
h6,h7,h8:text;
procedure date_intrare;
begin
  clrscr;
  writeln;writeln;
  writeln(' PROGRAM PENTRU RANDAMENT');
  writeln;
  writeln('puterea nominala ..... Pn= [Kw]');
  writeln('tensiunea la linie: ..... Ul= [V]');
  writeln('curentul nominal: ..... In= [A]');
  writeln('frecventa nominala: ..... fn= [Hz]');
  writeln('rezistenta statorului: ..... R1= [ohm]');
  writeln('rezistenta rotorului raportata la stator: ..... R2 = [ohm]');
  writeln('reactanta statorului: ..... X1 = [ohm]');
  writeln('reactanta rotorului raportata la stator: ..... X2 = [ohm]');
  writeln('reactanta mutuala totala: ..... Xm = [ohm]');
  writeln('diametrul motorului: ..... De= [cm]');
  writeln('pierderile in fier nominale: Pfen =');
  gotoxy(56,5);readln(Pn);
  gotoxy(56,6);readln(Ul);
  gotoxy(56,7);readln(I_n);
  gotoxy(56,8);readln(fn);
  gotoxy(56,9);readln(R1);
  gotoxy(57,10);readln(R2);
  gotoxy(56,11);readln(X_1);
  gotoxy(57,12);readln(X_2);
  gotoxy(56,13);readln(X_m);
  gotoxy(56,14);readln(De);
  gotoxy(58,15);readln(Pfen);
  gotoxy(1,25);write(' *** pentru a continua apasa ENTER ***');
  readln;
end;

procedure citire_curent;
begin
  clrscr;
  assign(fl,'curent1.p.dat');
  reset(fl);
  for i:=1 to 16 do read(fl,I1[i]);
  close(fl);

```

```

assign(g1,'curent2p.dat');
reset(g1);
for i:=1 to 16 do read(g1,I12[i]);
close(g1);

```

```

assign(h1,'curent3p.dat');
reset(h1);
for i:=1 to 16 do read(h1,I13[i]);
close(h1);
end;

```

```

procedure citire_tensiune;
begin
assign(f2,'tens.dat');
reset(f2);
for i:=1 to 16 do read(f2,U[i]);
close(f2);
end;

```

```

procedure citire_frecventa;
begin
assign(f3,'ff.dat');
reset(f3);
for i:=1 to 16 do read(f3,f[i]);
close(f3);
end;

```

```

procedure citire_alunecan;
begin
assign(f4,'ss_p_1.dat');
reset(f4);
for i:=1 to 16 do read(f4,s1[i]);
close(f4);

```

```

assign(g4,'ss_p_2.dat');
reset(g4);
for i:=1 to 16 do read(g4,s2[i]);
close(g4);

```

```

assign(h4,'ss_p_3.dat');
reset(h4);
for i:=1 to 16 do read(h4,s3[i]);
close(h4);
end;

```

```

procedure citire_cosF1;
begin
assign(f5,'cosfi_p1.dat');
reset(f5);
for i:=1 to 16 do read(f5,cosF1[i]);
close(f5);

```

```

assign(g5,'cosfi_p2.dat');
reset(g5);
for i:=1 to 16 do read(g5,cosF2[i]);
close(g5);

```

```

assign(h5,'cosfi_p3.dat');
reset(h5);

```



```

    for i:=1 to 16 do read(h5.cosF13[i]);
close(h5);
end;

```

```

procedure citire_turatii;
begin
assign(f6,'n_const1.dat');
reset(f6);
    for i:=1 to 11 do read(f6.n1[i]);
close(f6);
assign(g6,'t_part_1.dat');
reset(g6);
    for i:=12 to 16 do read(g6.n1[i]);
close(g6);

```

```

assign(f8,'n_const2.dat');
reset(f8);
    for i:=1 to 11 do read(f8.n2[i]);
close(f8);
assign(g8,'t_part_2.dat');
reset(g8);
    for i:=12 to 16 do read(g8.n2[i]);
close(g8);

```

```

assign(f9,'n_const3.dat');
reset(f9);
    for i:=1 to 11 do read(f9.n3[i]);
close(f9);
assign(g9,'t_part_3.dat');
reset(g9);
    for i:=12 to 16 do read(g9.n3[i]);
close(g9);

```

```
end;
```

```

procedure calcul_X1_X2_Xm_c;
begin

```

```

    Lm:=X_m*(2*pi*fn);
    L1:=X_1/(2*pi*fn);
    L2:=X_2/(2*pi*fn);
    for i:=1 to 16 do Xm[i]:=2*pi*fi*Lm;
    for i:=1 to 16 do X1[i]:=2*pi*fi*L1;
    for i:=1 to 16 do X2[i]:=2*pi*fi*L2;
    for i:=1 to 16 do c[i]:=1-X1[i]*Xm[i];

```

```
end;
```

```

procedure calcul_I2;

```

```

begin
clrscr;
    for i:=1 to 16 do begin
        I21[i]:=U[i]/sqrt(sqrt(R1+c[i]*R2/s1[i])+sqrt(X1[i]+c[i]*X2[i]));
        gotoxy(1,i+3),write('I21[',i,']= ',I21[i]:7:3);
    end;
    assign(h6,'c_rot_21.dat');rewrite(h6);
    for i:=1 to 16 do writeln(h6,I21[i]);
    close(h6);

```

```

    for i:=1 to 16 do begin
        I22[i]:=U[i]/sqrt(sqrt(R1+c[i]*R2/s2[i])+sqrt(X1[i]+c[i]*X2[i]));
        gotoxy(20,i+3),write('I22[',i,']= ',I22[i]:7:3);
    end;

```

```

assign(h7,'c_rot_22.dat');rewrite(h7);
for i:=1 to 16 do writeln(h7,I22[i]);
close(h7);

for i:=1 to 16 do begin
  I23[i]:=U[i]/sqrt(sqrt(R1+c[i]*R2/s3[i])+sqrt(X1[i]+c[i]*X2[i]));
  gotoxy(40,i+3);write('I23['',i,'']=,I23[i]:7:3);
end;
assign(h8,'c_rot_23.dat');rewrite(h8);
for i:=1 to 16 do writeln(h8,I23[i]);
close(h8);

readln;
gotoxy(1,25);write(' *** pentru a continua apasa ENTER ***');
end;

procedure calcul_pierderi_randament;
begin
  clrscr;
  Un:=U/sqrt(3);
  { PIERDERI IN FIER }
  for i:=1 to 16 do begin
    x[i]:=1.3*ln(f[i]/fn);
    Pfe[i]:=Pfen*sqrt(U[i]*Un)*sqrt(fn*f[i])*exp(x[i]);
  end;
  { PIERDERI SUPPLEMENTARE }
  for i:=1 to 16 do Ps1[i]:=0.5*100*Pn*sqrt(I11[i]/I1_n);
  for i:=1 to 16 do Ps2[i]:=0.5*100*Pn*sqrt(I12[i]/I1_n);
  for i:=1 to 16 do Ps3[i]:=0.5*100*Pn*sqrt(I13[i]/I1_n);
  { PIERDERILE MECANICE }
  for i:=1 to 16 do Pmec1[i]:=0.65*sqrt(n1[i]/1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10);
  for i:=1 to 16 do Pmec2[i]:=0.65*sqrt(n2[i]/1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10);
  for i:=1 to 16 do Pmec3[i]:=0.65*sqrt(n3[i]/1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10);
  { PIERDERILE IN CUPRU 1 }
  for i:=1 to 16 do Pcu11[i]:=3*sqrt(I11[i])*R1;
  for i:=1 to 16 do Pcu12[i]:=3*sqrt(I12[i])*R1;
  for i:=1 to 16 do Pcu13[i]:=3*sqrt(I13[i])*R1;
  { PIERDERILE IN CUPRU 2 }
  for i:=1 to 16 do Pcu21[i]:=3*sqrt(I21[i])*R2;
  for i:=1 to 16 do Pcu22[i]:=3*sqrt(I22[i])*R2;
  for i:=1 to 16 do Pcu23[i]:=3*sqrt(I23[i])*R2;
  { CALCUL RANDAMENT }
  for i:=1 to 16 do begin
    ETA1[i]:=(3*U[i]*I11[i])*cosF11[i];
    (Pfe[i]+Pcu11[i]+Pcu21[i]+Pmec1[i]+Ps1[i])*(3*U[i]*I11[i])*cosF11[i];
    gotoxy(1,i+3);write('ETA1['',i,'']=,ETA1[i]:7:4);

    ETA2[i]:=(3*U[i]*I12[i])*cosF12[i];
    (Pfe[i]+Pcu12[i]+Pcu22[i]+Pmec2[i]+Ps2[i])*(3*U[i]*I12[i])*cosF12[i];
    gotoxy(20,i+3);write('ETA2['',i,'']=,ETA2[i]:7:4);

    ETA3[i]:=(3*U[i]*I13[i])*cosF13[i];
    (Pfe[i]+Pcu13[i]+Pcu23[i]+Pmec3[i]+Ps3[i])*(3*U[i]*I13[i])*cosF13[i];
    gotoxy(40,i+3);write('ETA3['',i,'']=,ETA3[i]:7:4);
  end;
  assign(f7,'randam1.dat');
  rewrite(f7);
  for i:=1 to 16 do write(f7,ETA1[i]);
  close(f7);

```

```

assign(f10,'randam2.dat');
rewrite(f10);
  for i:=1 to 16 do write(f10,ETA2[i]);
close(f10);

```

```

assign(f11,'randam3.dat');
rewrite(f11);
  for i:=1 to 16 do write(f11,ETA3[i]);
close(f11);
readln;
end;

```

```

begin
  date _intrare;
  citire _curent;
  citire _tensiune;
  citire _frecventa;
  citire _alunecari;
  citire _cosFI;
  citire _uratii;
  calcul _X1 _X2 _Xm _c;
  calcul _I2;
  calcul _pierderi _randament;
end;

```

### 3.4 CALCULUL FORTEI DE TRACTIUNE

```

program forta_de_tractiune_puteri_pariale;
uses crt;
var mu1,mu2,mu3,n1,n2,n3,F1,F2,F3,V1,V2,V3:array[1..16] of real;
    i:integer;
    d1,d2,d3,f4,f5,f6,f7,f8,f9,f10,f11,f12,g1,g2,g3,g4,g5,g6:text;
    D,itr,ETAtr,nn:real;

```

```

procedure date;
begin
  clrscr;
  writeln,writeln,writeln;
  write('Diametrul rotii [m] = ');
  readln(D);
  write('Raportul transmisiei (itr) = ');
  readln(itr);
  write('Randamentul transmisiei (ETAtr) = ');
  readln(ETAtr);
  write('Numarul de rotari (nn) = ');
  readln(nn);
readln;
end;

```

```

procedure citire_moment_I; { la 0.8 din Mun }
begin
  assign(d1,'m_const1.dat');
  reset(d1);
  i:=0;
  while not eof(d1) do
  begin
    i:=i+1;
    read(d1,mu1[i]);
  end;

```

```

close(d1);
assign(d2,'m_part_1.dat');
reset(d2);
i:=11;
while not eof(d2) do
begin
  i:=i+1;
  read(d2,mu1[i]);
end;
close(d2);
end;

```

```

procedure citire_moment_2; { la 0.6 din Mun }
begin
  assign(d3,'m_const2.dat');
  reset(d3);
  i:=0;
  while not eof(d3) do
  begin
    i:=i+1;
    read(d3,mu2[i]);
  end;
  close(d3);
  assign(f4,'m_part_2.dat');
  reset(f4);
  i:=11;
  while not eof(f4) do
  begin
    i:=i+1;
    read(f4,mu2[i]);
  end;
  close(f4);
end;

```

```

procedure citire_moment_3; { la 0.4 din Mun }
begin
  assign(f5,'m_const3.dat');
  reset(f5);
  i:=0;
  while not eof(f5) do
  begin
    i:=i+1;
    read(f5,mu3[i]);
  end;
  close(f5);
  assign(f6,'m_part_3.dat');
  reset(f6);
  i:=11;
  while not eof(f6) do
  begin
    i:=i+1;
    read(f6,mu3[i]);
  end;
  close(f6);
end;

```

```

procedure citire_turatii_1; { la 0.8 din Mun }
begin
  assign(g1,'n_const1.dat');
  reset(g1);

```

```

i:=0;
while not eof(g1) do
begin
  i:=i+1;
  read(g1,n1[i]);
end;
close(g1);
assign(g2,'t_part_1.dat');
reset(g2);
i:=11;
while not eof(g2) do
begin
  i:=i+1;
  read(g2,n1[i]);
end;
close(g2);
end;

```

```

procedure citire_turatii_2.      { la 0.6 din Mun }
begin
  assign(g3,'n_const2.dat');
  reset(g3);
  i:=0;
  while not eof(g3) do
  begin
    i:=i+1;
    read(g3,n2[i]);
  end;
  close(g3);
  assign(g4,'t_part_2.dat');
  reset(g4);
  i:=11;
  while not eof(g4) do
  begin
    i:=i+1;
    read(g4,n2[i]);
  end;
  close(g4);
end;

```

```

procedure citire_turatii_3.      { la 0.4 din Mun }
begin
  assign(g5,'n_const3.dat');
  reset(g5);
  i:=0;
  while not eof(g5) do
  begin
    i:=i+1;
    read(g5,n3[i]);
  end;
  close(g5);
  assign(g6,'t_part_3.dat');
  reset(g6);
  i:=11;
  while not eof(g6) do
  begin
    i:=i+1;
    read(g6,n3[i]);
  end;
  close(g6);
end;

```

end;

procedure calcul\_forta\_tractiune;

begin

for i:=1 to 16 do F1[i]:=nm\*2/D\*Mu1[i]\*itr\*ETAtr;

for i:=1 to 16 do F2[i]:=nm\*2/D\*Mu2[i]\*itr\*ETAtr;

for i:=1 to 16 do F3[i]:=nm\*2/D\*Mu3[i]\*itr\*ETAtr;

assign(f7,'f1\_part.dat');rewrite(f7);

for i:=1 to 16 do writeln(f7,F1[i]:10:3);

close(f7);

assign(f8,'f2\_part.dat');rewrite(f8);

for i:=1 to 16 do writeln(f8,F2[i]:10:3);

close(f8);

assign(f9,'f3\_part.dat');rewrite(f9);

for i:=1 to 16 do writeln(f9,F3[i]:10:3);

close(f9);

end;

procedure calcul\_viteze;

begin

for i:=1 to 16 do V1[i]:=3.6\*pi\*D.60\*n1[i]:itr;

for i:=1 to 16 do V2[i]:=3.6\*pi\*D/60\*n2[i]:itr;

for i:=1 to 16 do V3[i]:=3.6\*pi\*D/60\*n3[i]:itr;

assign(f10,'v1\_part.dat');rewrite(f10);

for i:=1 to 16 do writeln(f10,V1[i]:7:3);

close(f10);

assign(f11,'v2\_part.dat');rewrite(f11);

for i:=1 to 16 do writeln(f11,V2[i]:7:3);

close(f11);

assign(f12,'v3\_part.dat');rewrite(f12);

for i:=1 to 16 do writeln(f12,V3[i]:7:3);

close(f12);

end;

begin

date;

citire\_moment\_1;

citire\_moment\_2;

citire\_moment\_3;

citire\_turati\_1;

citire\_turati\_2;

citire\_turati\_3;

calcul\_forta\_tractiune;

calcul\_viteze;

end.

## REGLAREA LA PUTERI PARTIALE FARA SCHIMBAREA FORTEI DE TRACTIUNE LA DEMARAJ

### 3.5 CALCULUL FACTORULUI DE PUTERE

program cos\_fi\_puteri\_partiale\_varianta\_II: {40 Hz }

uses crt;

var R1,R2,X\_1,X\_2,X\_m,Lm,L1,L2,fn,fp,pol,D,itr:real;

sb1:array[1..10] of real;

sa1:array[1..9] of real;

sa2,sb2:array[1..6] of real;

Aa1,Aa2,Ab1,Ab2,Ba1,Ba2,Xm,X1,X2,f,fi,ns,n,V,s:array[1..16] of real;

Rb1,Rb2,cc,Elb,ccc,Elc,ccc,Elc,Xm1,Xm2,ccccc:array[1..16] of real;

```

i:integer;
f1,f2,g1,g2,h1,h2,f3,f4,f5,f6,f7,f8,f9,f10,f11,g3,g4,g5:text;
begin
clrscr;
writeln;writeln;
writeln('PROGRAM PENTRU eos_fi PUTERI PARTIALE');
writeln;writeln;
writeln('-rezistenta statorului: ..... R1=      [ohm]');
writeln('-rezistenta rotorului raportata la stator: ..... R2 =      [ohm]');
writeln('-reactanta statorului: ..... X1=      [ohm]');
writeln('-reactanta rotorului raportata la stator: ..... X2' =      [ohm]');
writeln('-reactanta mutuala totala: ..... Xm=      [ohm]');
writeln('-frecventa nominala: ..... fn=      [Hz]');
writeln('-frecventa de pornire: ..... fp=      [Hz]');
writeln('-numarul de perechi de poli: ..... p=);
writeln('-diametrul rotii: ..... D=      [m]');
writeln('-raportul transmisiei: ..... itr=');
gotoxy(59,6);read(R1);
gotoxy(60,7);read(R2);
gotoxy(59,8);read(X_1);
gotoxy(60,9);read(X_2);
gotoxy(59,10);read(X_m);
gotoxy(59,11);read(fn);
gotoxy(59,12);read(fp);
gotoxy(58,13);read(p);
gotoxy(58,14);read(D);
gotoxy(60,15);readln(itr);
gotoxy(1,25);write('*** pentru a continua apasa ENTER ***');
readln;
clrscr;
  { CARACTERISTICA I }
assign(f1,'s_const.dat');
reset(f1);
for i:=1 to 9 do begin
  read(f1, sb1[i]);      { sb1[i] -> ALUNECARILE PE MOMENT CONSTANT }
end;
close(f1);
assign(f2,'altr2_40.dat');
reset(f2);
for i:=1 to 6 do begin
  read(f2, sb2[i]);      { sb2[i] -> ALUNECARILE PE PUTERE CONSTANTA }
end;
close(f2);

  { CARACTERISTICA II }
assign(g1,'s_const.dat');
reset(g1);
for i:=1 to 10 do begin
  read(g1, sa1[i]);      { sb1[i] -> ALUNECARILE PE MOMENT CONSTANT }
end;
close(g1);
{assign(g2,'altr2_45.dat');
reset(g2);}
{ for i:=1 to 6 do begin
  read(g2, sa2[i]);      { sb2[i] -> ALUNECARILE PE PUTERE CONSTANTA }
  end;
close(g2);}

assign(f5,'ss_p1_1.dat');rewrite(f5);
for i:=1 to 9 do writeln(f5, sb1[i]:8:6);

```

```
for i:=1 to 6 do writeln(f5.sb2[i]:8:6);
close(f5);
```

```
assign(fb,'ss_pi_2.dat');rewrite(fb);
for i:=1 to 10 do writeln(fb.sa1[i]:8:6);
for i:=1 to 6 do writeln(fb.sa2[i]:8:6);
close(fb);
```

```
Lm:=X_m/(2*pi*fn);
L1:=X_1/(2*pi*fn);
L2:=X_2/(2*pi*fn);
f[1]:=fp;f[2]:=5;f[3]:=10;f[4]:=15;f[5]:=20;f[6]:=25;f[7]:=30;f[8]:=35;
f[9]:=40;f[10]:=45;f[11]:=45;f[12]:=50;f[13]:=60;f[14]:=70;f[15]:=80;
f[16]:=90;
```

```
fr[1]:=fp;fr[2]:=5;fr[3]:=10;fr[4]:=15;fr[5]:=20;fr[6]:=25;fr[7]:=30;fr[8]:=35;
fr[9]:=40;fr[10]:=40;fr[11]:=50;fr[12]:=60;fr[13]:=70;fr[14]:=80;
fr[15]:=90;
```

```
assign(f4,'f1.dat');rewrite(f4);
for i:=1 to 16 do writeln(f4.fi[i]:4:2);
close(f4);
for i:=1 to 16 do Xm[i]:=2*pi*fi*Lm;
for i:=1 to 16 do X1[i]:=2*pi*fi*L1;
for i:=1 to 16 do X2[i]:=2*pi*fi*L2;
```

```
assign(g3,'ff2.dat');rewrite(g3);
for i:=1 to 15 do writeln(g3.fi[i]:4:2);
close(g3);
for i:=1 to 15 do Xm1[i]:=2*pi*fi*Lm;
for i:=1 to 15 do X11[i]:=2*pi*fi*L1;
for i:=1 to 15 do X21[i]:=2*pi*fi*L2;
```

```
for i:=1 to 10 do Aa1[i]:=(sqrt(Xm[i])*R2/sa1[i])/sqrt(R2/sa1[i])+sqrt(Xm[i]+X2[i]);
for i:=1 to 9 do Ab1[i]:=(sqrt(Xm1[i])*R2/sb1[i])/sqrt(R2/sb1[i])+sqrt(Xm1[i]+X21[i]);
```

```
f Aa2[11]:=(sqrt(Xm[11])*R2/sa2[1])/(sqrt(R2/sa2[1])+sqrt(Xm[11]+X2[11]));
Aa2[12]:=(sqrt(Xm[12])*R2/sa2[2])/(sqrt(R2/sa2[2])+sqrt(Xm[12]+X2[12]));
Aa2[13]:=(sqrt(Xm[13])*R2/sa2[3])/(sqrt(R2/sa2[3])+sqrt(Xm[13]+X2[13]));
Aa2[14]:=(sqrt(Xm[14])*R2/sa2[4])/(sqrt(R2/sa2[4])+sqrt(Xm[14]+X2[14]));
Aa2[15]:=(sqrt(Xm[15])*R2/sa2[5])/(sqrt(R2/sa2[5])+sqrt(Xm[15]+X2[15]));
Aa2[16]:=(sqrt(Xm[16])*R2/sa2[6])/(sqrt(R2/sa2[6])+sqrt(Xm[16]+X2[16]));
```

```
Ab2[10]:=(sqrt(Xm1[10])*R2/sb2[1])/(sqrt(R2/sb2[1])+sqrt(Xm1[10]+X21[10]));
Ab2[11]:=(sqrt(Xm1[11])*R2/sb2[2])/(sqrt(R2/sb2[2])+sqrt(Xm1[11]+X21[11]));
Ab2[12]:=(sqrt(Xm1[12])*R2/sb2[3])/(sqrt(R2/sb2[3])+sqrt(Xm1[12]+X21[12]));
Ab2[13]:=(sqrt(Xm1[13])*R2/sb2[4])/(sqrt(R2/sb2[4])+sqrt(Xm1[13]+X21[13]));
Ab2[14]:=(sqrt(Xm1[14])*R2/sb2[5])/(sqrt(R2/sb2[5])+sqrt(Xm1[14]+X21[14]));
Ab2[15]:=(sqrt(Xm1[15])*R2/sb2[6])/(sqrt(R2/sb2[6])+sqrt(Xm1[15]+X21[15]));
```

```
for i:=1 to 10 do
Ba1[i]:=Xm[i]*(sqrt(R2/sa1[i]+X2[i])*(Xm[i]+X2[i]))/(sqrt(R2/sa1[i])+sqrt(Xm[i]+X2[i]));
for i:=1 to 9 do
Bb1[i]:=Xm1[i]*(sqrt(R2/sb1[i]+X21[i])*(Xm1[i]+X21[i]))/(sqrt(R2/sb1[i])+sqrt(Xm1[i]+X21[i]));
```

```
{
Ba2[11]:=Xm[11]*(sqrt(R2/sa2[1]+X2[11])*(Xm[11]+X2[11]))/(sqrt(R2/sa2[1])+sqrt(Xm[11]+X2[11]));
Ba2[12]:=Xm[12]*(sqrt(R2/sa2[2]+X2[12])*(Xm[12]+X2[12]))/(sqrt(R2/sa2[2])+sqrt(Xm[12]+X2[12]));
Ba2[13]:=Xm[13]*(sqrt(R2/sa2[3]+X2[13])*(Xm[13]+X2[13]))/(sqrt(R2/sa2[3])+sqrt(Xm[13]+X2[13]));
Ba2[14]:=Xm[14]*(sqrt(R2/sa2[4]+X2[14])*(Xm[14]+X2[14]))/(sqrt(R2/sa2[4])+sqrt(Xm[14]+X2[14]));
```



$$\text{Ba2}[15] := \text{Xm}[15] * (\text{sqrt}(\text{R2}/\text{sa2}[5]) + \text{X2}[15] * (\text{Xm}[15] + \text{X2}[15])) / (\text{sqrt}(\text{R2}/\text{sa2}[5]) + \text{sqrt}(\text{Xm}[15] + \text{X2}[15]));$$

$$\text{Ba2}[16] := \text{Xm}[16] * (\text{sqrt}(\text{R2}/\text{sa2}[6]) + \text{X2}[16] * (\text{Xm}[16] + \text{X2}[16])) / (\text{sqrt}(\text{R2}/\text{sa2}[6]) + \text{sqrt}(\text{Xm}[16] + \text{X2}[16]));$$

$$\text{Bb2}[10] := \text{Xm}[10] * (\text{sqrt}(\text{R2}/\text{sb2}[1]) + \text{X2}[10] * (\text{Xm}[10] + \text{X2}[10])) / (\text{sqrt}(\text{R2}/\text{sb2}[1]) + \text{sqrt}(\text{Xm}[10] + \text{X2}[10]));$$

$$\text{Bb2}[11] := \text{Xm}[11] * (\text{sqrt}(\text{R2}/\text{sb2}[2]) + \text{X2}[11] * (\text{Xm}[11] + \text{X2}[11])) / (\text{sqrt}(\text{R2}/\text{sb2}[2]) + \text{sqrt}(\text{Xm}[11] + \text{X2}[11]));$$

$$\text{Bb2}[12] := \text{Xm}[12] * (\text{sqrt}(\text{R2}/\text{sb2}[3]) + \text{X2}[12] * (\text{Xm}[12] + \text{X2}[12])) / (\text{sqrt}(\text{R2}/\text{sb2}[3]) + \text{sqrt}(\text{Xm}[12] + \text{X2}[12]));$$

$$\text{Bb2}[13] := \text{Xm}[13] * (\text{sqrt}(\text{R2}/\text{sb2}[4]) + \text{X2}[13] * (\text{Xm}[13] + \text{X2}[13])) / (\text{sqrt}(\text{R2}/\text{sb2}[4]) + \text{sqrt}(\text{Xm}[13] + \text{X2}[13]));$$

$$\text{Bb2}[14] := \text{Xm}[14] * (\text{sqrt}(\text{R2}/\text{sb2}[5]) + \text{X2}[14] * (\text{Xm}[14] + \text{X2}[14])) / (\text{sqrt}(\text{R2}/\text{sb2}[5]) + \text{sqrt}(\text{Xm}[14] + \text{X2}[14]));$$

$$\text{Bb2}[15] := \text{Xm}[15] * (\text{sqrt}(\text{R2}/\text{sb2}[5]) + \text{X2}[15] * (\text{Xm}[15] + \text{X2}[15])) / (\text{sqrt}(\text{R2}/\text{sb2}[5]) + \text{sqrt}(\text{Xm}[15] + \text{X2}[15]));$$

```
{ for i:=1 to 10 do cosFla[i]:= (R1 + Aa1[i])/sqrt(sqrt(R1 + Aa1[i]) + sqrt(Ba1[i] + X1[i]));
for i:=11 to 16 do cosFla[i]:= (R1 + Aa2[i])/sqrt(sqrt(R1 + Aa2[i]) + sqrt(Ba2[i] + X1[i]));
```

```
for i:=1 to 9 do cosFib[i]:= (R1 + Ab1[i])/sqrt(sqrt(R1 + Ab1[i]) + sqrt(Bb1[i] + X1[i]));
for i:=10 to 15 do cosFib[i]:= (R1 + Ab2[i])/sqrt(sqrt(R1 + Ab2[i]) + sqrt(Bb2[i] + X1[i]));
```

```
{ assign(f3,'cosfip11.dat');rewrite(f3);
for i:=1 to 16 do writeln(f3,cosFla[i],7:5);
close(f3);
```

```
assign(f10,'cosfip22.dat');rewrite(f10);
for i:=1 to 15 do writeln(f10,cosFib[i],7:5);
close(f10);
```

```
{ reset(f8);
for i:=1 to 16 do read(f8,s[i]);
close(f8);
for i:=1 to 16 do ns[i]:=f[i]*pol*o0;
for i:=1 to 16 do n[i]:= (1-s[i])*ns[i];
for i:=1 to 16 do V[i]:=3.6*pi*D/o0*n[i]/itr;
assign(f6,'t_pa_8_1.dat');rewrite(f6);
for i:=1 to 16 do writeln(f6,n[i],8:3);
close(f6);
assign(f7,'v_pa_8_1.dat');rewrite(f7);
for i:=1 to 16 do writeln(f7,V[i],6:3);
close(f7);
```

```
reset(f5);
for i:=1 to 15 do read(f5,s[i]);
close(f5);
for i:=1 to 15 do ns[i]:=f[i]*pol*o0;
for i:=1 to 15 do n[i]:= (1-s[i])*ns[i];
for i:=1 to 15 do V[i]:=3.6*pi*D/o0*n[i]/itr;
assign(g4,'t_pa_8_2.dat');rewrite(g4);
for i:=1 to 15 do writeln(g4,n[i],8:3);
close(g4);
assign(g5,'v_pa_8_2.dat');rewrite(g5);
```

```

for i:=1 to 15 do writeln(g5,V[i]:6:3);
close(g5);
end.

```

### 3.6 REGLAREA LA MOMENT CONSTANT

```

program reglarea_motoarelor_asincrone_puteri_partiale_pana_la_40_Hz;
uses crt;
      ( MOMENT CONSTANT )

```

```

var i,j:integer;
    fn,R1,R2,X1,X2,X.pol,fp,Un,c,ww,Men,sn,Prmn,nm,Mun:real;
    {pol:=p NOTATIE PENTRU NUMARUL DE PERECHI DE POLI}
    Up,F_p,Mmax,Ufn,De,Xm:real;
    {alpha,Ufn_i,k:array[1..9] of real;
    s:array[1..21] of real;
    Mm:array[1..9,1..21] of real;
    f1,f2,f3,tur_m:text;
    m_util_m:text;
    pierd_m:text;
    moment_m,m_u_n:text;
    ns:array[1..9] of real;
    n1,n2,n3,n4,n5,n6,n7,n8,n9:array[1..21] of real;
    Pm1,Pm2,Pm3,Pm4,Pm5,Pm6,Pm7,Pm8,Pm9:array[1..21] of real;
    Mu1,Mu2,Mu3,Mu4,Mu5,Mu6,Mu7,Mu8,Mu9:array[1..21] of real.

```

```

procedure date_de_intrare;

```

```

begin
clrscr;
gotoxy(30,1);write('REGIMUL DE DEMARAJ');
gotoxy(30,2);write('*****');
writeln;writeln;
writeln('tensiunea nominala la linie ..... Un=      [V]');
writeln('frecvta nominala ..... fn=      [Hz]');
writeln('rezistenta statorului ..... R1=      [ohm]');
writeln('rezistenta rotorului raportata la stator ..... R2=      [ohm]');
writeln('reactanta statorului ..... X1=      [ohm]');
writeln('reactanta rotorului raportata la stator ..... X2=      [ohm]');
writeln('numarul de perechi de poli ..... p='');
writeln('frecvta de pomire ..... fp=      [Hz]');
writeln('reactanta mutuala totala ..... Xm='');
writeln('diametrul motorului ..... De=      [cm]');
write('huratia nominala ..... nm=      [rot/min]');
writeln('alunecarea nominala ..... sn='');
gotoxy(60,4);read(Un);
gotoxy(60,5);read(fn);
gotoxy(60,6);read(R1);
gotoxy(60,7);read(R2);
gotoxy(60,8);read(X1);
gotoxy(60,9);read(X2);
gotoxy(59,10);read(pol);
gotoxy(60,11);read(fp);
gotoxy(60,12);read(Xm);
gotoxy(60,13);read(De);
gotoxy(60,14);read(nm);
gotoxy(60,15);read(sn);
gotoxy(1,25);write('*** pentru a continua apasa ENTER ***');
readln;
end;

```

procedure regimul\_de\_demaraj\_moment\_constant:

```

begin
  clrscr;
  Ufn:=Un/sqrt(3);
  c:=1+X1/Xm;
  X:=X1+c*X2;
  Mmax:=1.5/(2*pi*c)*pol*sqrt(Ufn)/(fn*(R1+sqrt(sqrt(R1)+sqrt(X))));
  assign(f1,'ten_part.dat');
  rewrite(f1);
  assign(f2,'K1_part.dat');
  rewrite(f2);
  assign(f3,'f_parti.dat');
  rewrite(f3);
  f[1]:=fp;
  f[2]:=5;
  write(f3,f[1]:2:0,' ');
  write(f3,f[2]:2:0,' ');
  alpha[1]:=f[1]/fn;
  alpha[2]:=f[2]/fn;
  Ufn_i[1]:=sqrt(Mmax*f[1]*(R1+sqrt(sqrt(R1)+sqrt(alpha[1]*sqrt(X)))/(0.239*pol));
  Ufn_i[2]:=sqrt(Mmax*f[2]*(R1+sqrt(sqrt(R1)+sqrt(alpha[2]*sqrt(X)))/(0.239*pol));
  k[1]:=Ufn_i[1]/f[1];
  k[2]:=Ufn_i[2]/f[2];
  write(f1,Ufn_i[1]:9:3,' ');
  write(f1,Ufn_i[2]:9:3,' ');
  write(f2,k[1]:8:4,' ');
  write(f2,k[2]:8:4,' ');
  for i:=3 to 9 do begin
    f[i]:=f[i-1]+5;
    write(f3,f[i]:2:0,' ');
    alpha[i]:=f[i]/fn;
    Ufn_i[i]:=sqrt(Mmax*f[i]*(R1+sqrt(sqrt(R1)+sqrt(alpha[i]*sqrt(X)))/(0.239*pol));
    write(f1,Ufn_i[i]:9:3,' ');
    k[i]:=Ufn_i[i]/f[i];
    write(f2,k[i]:8:4,' ');
  end;
  close(f1);
  close(f2);
  close(f3);
  s[1]:=0.000001;s[2]:=0.01;s[3]:=0.0126;s[4]:=0.02;s[5]:=0.03;s[6]:=0.04;
  s[7]:=0.05;s[8]:=0.06;s[9]:=0.07;s[10]:=0.08;s[11]:=0.09;s[12]:=0.1;
  s[13]:=0.2;s[14]:=0.3;s[15]:=0.4;s[16]:=0.5;s[17]:=0.6;s[18]:=0.7;
  s[19]:=0.8;s[20]:=0.9;s[21]:=0.999999999999;
  gotoxy(20,1);write('MOMENTELE ELECTROMAGNETICE');
  gotoxy(1,2);write('f[1]=':f[1]:3:1,' [Hz]');
  assign(moment_m,'m_part.prn');rewrite(moment_m);
  for j:=1 to 21 do begin
    Mm[1,j]:=1.5/pi*(pol*sqrt(Ufn_i[1])*R2)/(s[j]*f[1]*(sqrt(R1+c*R2/s[j])+sqrt(X)*sqrt(f1*fn));
    writeln(moment_m,Mm[1,j]:10:3);
    gotoxy(1,3+j);write('Mm[':j,']=',Mm[1,j]:8:3);
  end;
  gotoxy(20,2);write('f[2]=':f[2]:2:0,' [Hz]');
  for j:=1 to 21 do begin
    Mm[2,j]:=1.5/pi*(pol*sqrt(Ufn_i[2])*R2)/(s[j]*f[2]*(sqrt(R1+c*R2/s[j])+sqrt(X)*sqrt(f2*fn));
    writeln(moment_m,Mm[2,j]:10:3);
    gotoxy(20,3+j);write('Mm[':j,']=',Mm[2,j]:8:3);
  end;
  gotoxy(40,2);write('f[3]=':f[3]:2:0,' [Hz]');
  for j:=1 to 21 do begin
    Mm[3,j]:=1.5/pi*(pol*sqrt(Ufn_i[3])*R2)/(s[j]*f[3]*(sqrt(R1+c*R2/s[j])+sqrt(X)*sqrt(f3*fn));

```

```

writeln(moment_m.Mm[3,j]:10.3);
gotoxy(40,3+j);write('Mm['j,']=',Mm[3,j]:8.3);
end;
gotoxy(60,2);write('f4]='f4]:2.0,' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
  Mm[4,j]:=1.5/pi*(pol*sqrt(Ufn_i[4]*R2)/(s[j]*f4)*(sqrt(R1+c*R2/s[j]+sqrt(X))*sqrt(f4/fn)));
  writeln(moment_m.Mm[4,j]:10.3);
  gotoxy(60,3+j);write('Mm['j,']=',Mm[4,j]:8.3);
end;
gotoxy(1,25);write('*** pentru a continua apasa ENTER ***');
readln;
clrscr;
gotoxy(20,1);write('MOMENTELE ELECTROMAGNETICE *** continuare I ***');
gotoxy(1,2);write('f5]='f5]:2.0,' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
  Mm[5,j]:=1.5/pi*(pol*sqrt(Ufn_i[5]*R2)/(s[j]*f5)*(sqrt(R1+c*R2/s[j]+sqrt(X))*sqrt(f5/fn)));
  writeln(moment_m.Mm[5,j]:10.3);
  gotoxy(1,3+j);write('Mm['j,']=',Mm[5,j]:8.3);
end;
gotoxy(20,2);write('f6]='f6]:2.0,' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
  Mm[6,j]:=1.5/pi*(pol*sqrt(Ufn_i[6]*R2)/(s[j]*f6)*(sqrt(R1+c*R2/s[j]+sqrt(X))*sqrt(f6/fn)));
  writeln(moment_m.Mm[6,j]:10.3);
  gotoxy(20,3+j);write('Mm['j,']=',Mm[6,j]:8.3);
end;
gotoxy(40,2);write('f7]='f7]:2.0,' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
  Mm[7,j]:=1.5/pi*(pol*sqrt(Ufn_i[7]*R2)/(s[j]*f7)*(sqrt(R1+c*R2/s[j]+sqrt(X))*sqrt(f7/fn)));
  writeln(moment_m.Mm[7,j]:10.3);
  gotoxy(40,3+j);write('Mm['j,']=',Mm[7,j]:8.3);
end;
gotoxy(60,2);write('f8]='f8]:2.0,' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
  Mm[8,j]:=1.5/pi*(pol*sqrt(Ufn_i[8]*R2)/(s[j]*f8)*(sqrt(R1+c*R2/s[j]+sqrt(X))*sqrt(f8/fn)));
  writeln(moment_m.Mm[8,j]:10.3);
  gotoxy(60,3+j);write('Mm['j,']=',Mm[8,j]:8.3);
end;
gotoxy(1,25);write('*** pentru a continua apasa ENTER ***');
readln;
clrscr;
gotoxy(20,1);write('MOMENTELE ELECTROMAGNETICE *** continuare II ***');
gotoxy(1,2);write('f9]='f9]:2.0,' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
  Mm[9,j]:=1.5/pi*(pol*sqrt(Ufn_i[9]*R2)/(s[j]*f9)*(sqrt(R1+c*R2/s[j]+sqrt(X))*sqrt(f9/fn)));
  writeln(moment_m.Mm[9,j]:10.3);
  gotoxy(1,3+j);write('Mm['j,']=',Mm[9,j]:8.3);
end;
close(moment_m);
gotoxy(1,25);write('*** pentru a continua apasa ENTER ***');
readln;
clrscr;
writeint('In momentul cand se comanda pornirea viteza V=0 {Km/h} si alunecarea s^{-1}');
gotoxy(1,6);write('frecventa [Hz]');
gotoxy(1,7);write('');
gotoxy(19,6);write('tensiunea [V]');
gotoxy(19,7);write('');
gotoxy(40,6);write('K=U[i]/f[i]');
gotoxy(40,7);write('');
for i:=1 to 9 do begin
  gotoxy(2,7+i);write('f['i,']=',f[i]:2.0);

```

```

gotoxy(19,7+i);write('Ufn['i,']=',Ufn_i[i]:7:3);
gotoxy(39,7+i);write('K['i,']=',K[i]:7:3);
end;
gotoxy(58,5);write('turatii de');
gotoxy(58,6);write('sincronism');
gotoxy(58,7);write('~~~~~');
ns[1]:=fp*60/pol;
ww:=ns[1];
gotoxy(58,8);write('ns[1]='_ns[1]:7:3);
for i:=2 to 9 do begin
ns[i]:=fi*i*60/pol;
gotoxy(58,7+i);write('ns['i,']=',ns[i]:7:3);
end;
gotoxy(1,25);write('*** pentru a continua apasa ENTER ***');
readln;
clrscr;
gotoxy(35,1);write('TURATII');
gotoxy(1,2);write('f[1]='_f[1]:2:0.' [Hz]');
assign(tur_m,'t_m_part.prt');rewrite(tur_m);
for j:=1 to 21 do begin
n1[j]:=1-s[j])*ww;
gotoxy(1,3+j);write('n1['j,']=',n1[j]:8:3);
writeln(tur_m,n1[j]:8:2);
end;
gotoxy(20,2);write('f[2]='_f[2]:2:0.' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
n2[j]:=1-s[j])*ns[2];
gotoxy(20,3+j);write('n2['j,']=',n2[j]:8:3);
writeln(tur_m,n2[j]:8:2);
end;
gotoxy(40,2);write('f[3]='_f[3]:2:0.' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
n3[j]:=1-s[j])*ns[3];
gotoxy(40,3+j);write('n3['j,']=',n3[j]:8:3);
writeln(tur_m,n3[j]:8:2);
end;
gotoxy(60,2);write('f[4]='_f[4]:2:0.' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
n4[j]:=1-s[j])*ns[4];
gotoxy(60,3+j);write('n4['j,']=',n4[j]:8:3);
writeln(tur_m,n4[j]:8:2);
end;
gotoxy(1,25);write('*** pentru a continua apasa ENTER ***');
readln;
clrscr;
gotoxy(35,1);write('TURATII *** continuare I ***');
gotoxy(1,2);write('f[5]='_f[5]:2:0.' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
n5[j]:=1-s[j])*ns[5];
gotoxy(1,3+j);write('n5['j,']=',n5[j]:8:3);
writeln(tur_m,n5[j]:8:2);
end;
gotoxy(20,2);write('f[6]='_f[6]:2:0.' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
n6[j]:=1-s[j])*ns[6];
gotoxy(20,3+j);write('n6['j,']=',n6[j]:8:3);
writeln(tur_m,n6[j]:8:2);
end;
gotoxy(40,2);write('f[7]='_f[7]:2:0.' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin

```

```

n7[j]=(1-s[j])*ns[7];
gotoxy(40,3+j);write('n7[';j;']=';n7[j];8:3);
writeln(tur_m,n7[j];8:2);
end;
gotoxy(60,2);write('f[8]=;f[8];2:0.' [Hz]);
for j:=1 to 21 do begin
n8[j]=(1-s[j])*ns[8];
gotoxy(60,3+j);write('n8[';j;']=';n8[j];8:3);
writeln(tur_m,n8[j];8:2);
end;
gotoxy(1,25);write('*** pentru a continua apasa ENTER ***');
readln;
clrscr;
gotoxy(35,1);write('TURATHI *** continuare II ***');
gotoxy(1,2);write('f[9]=;f[9];2:0.' [Hz]);
for j:=1 to 21 do begin
n9[j]=(1-s[j])*ns[9];
gotoxy(1,3+j);write('n9[';j;']=';n9[j];8:3);
writeln(tur_m,n9[j];8:2);
end;
close(tur_m);
gotoxy(1,25);write('*** pentru a continua apasa ENTER ***');
readln;
clrscr;
assign(pierd_m,'pierd.pa.prt').rewrite(pierd_m);
for j:=1 to 21 do begin
Pm1[j]:=0.65*sqrt(n1[j]/1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10);
writeln(pierd_m,Pm1[j];8:3);
end;
for j:=1 to 21 do begin
Pm2[j]:=0.65*sqrt(n2[j]/1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10);
writeln(pierd_m,Pm2[j];8:3);
end;
for j:=1 to 21 do begin
Pm3[j]:=0.65*sqrt(n3[j]/1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10);
writeln(pierd_m,Pm3[j];8:3);
end;
for j:=1 to 21 do begin
Pm4[j]:=0.65*sqrt(n4[j]/1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10);
writeln(pierd_m,Pm4[j];8:3);
end;
for j:=1 to 21 do begin
Pm5[j]:=0.65*sqrt(n5[j]/1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10);
writeln(pierd_m,Pm5[j];8:3);
end;
for j:=1 to 21 do begin
Pm6[j]:=0.65*sqrt(n6[j]/1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10);
writeln(pierd_m,Pm6[j];8:3);
end;
for j:=1 to 21 do begin
Pm7[j]:=0.65*sqrt(n7[j]/1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10);
writeln(pierd_m,Pm7[j];8:3);
end;
for j:=1 to 21 do begin
Pm8[j]:=0.65*sqrt(n8[j]/1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10);
writeln(pierd_m,Pm8[j];8:3);
end;
for j:=1 to 21 do begin
Pm9[j]:=0.65*sqrt(n9[j]/1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10);
writeln(pierd_m,Pm9[j];8:3);
end;

```

```

end;
close(pierd_m);
Men:=1.5/pi*(pol*sqrt(Ufn)*R2)/(sn*fn*(sqrt(R1+c*R2/sn)+sqrt(X)));
Pmn:=0.65*sqrt(nn/1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10);
Mun:=Men-Pmn*30/(pi*nn);
assign(m_u_n,m_u_n_pa.daf);rewrite(m_u_n);
write(m_u_n,Mun:8:3);
close(m_u_n);
clrscr;
gotoxy(35,1);write('MOMENTE UTILILE');
gotoxy(1,2);write('f1]=';f1];3:1.' [Hz]');
assign(m_util_m,m_u_part.pm);rewrite(m_util_m);
for j:=1 to 21 do begin
{ Mu1[j]:=Mm[1,j]-0.65*n1[j]/sqrt(1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10)*30/pi.;
  Mu1[j]:=Mm[1,j]-Pm1[j]*30/(pi*n1[j]);
  writeln(m_util_m,Mu1[j]:10:3);
  gotoxy(1,j+3);write('Mu1[';j;']=';Mu1[j]:8:3);
end;
gotoxy(20,2);write('f2]=';f2];2:0.' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
{ Mu2[j]:=Mm[2,j]-0.65*n2[j]/sqrt(1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10)*30/pi.;
  Mu2[j]:=Mm[2,j]-Pm2[j]*30/(pi*n2[j]);
  writeln(m_util_m,Mu2[j]:10:3);
  gotoxy(20,j+3);write('Mu2[';j;']=';Mu2[j]:8:3);
end;
gotoxy(40,2);write('f3]=';f3];2:0.' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
{ Mu3[j]:=Mm[3,j]-0.65*n3[j]/sqrt(1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10)*30/pi.;
  Mu3[j]:=Mm[3,j]-Pm3[j]*30/(pi*n3[j]);
  writeln(m_util_m,Mu3[j]:10:3);
  gotoxy(40,j+3);write('Mu3[';j;']=';Mu3[j]:8:3);
end;
gotoxy(60,2);write('f4]=';f4];2:0.' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
{ Mu4[j]:=Mm[4,j]-0.65*n4[j]/sqrt(1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10)*30/pi.;
  Mu4[j]:=Mm[4,j]-Pm4[j]*30/(pi*n4[j]);
  writeln(m_util_m,Mu4[j]:10:3);
  gotoxy(60,j+3);write('Mu4[';j;']=';Mu4[j]:8:3);
end;
gotoxy(1,25);write('*** pentru a continua apasa ENTER ***');
readln;
clrscr;
gotoxy(1,2);write('f5]=';f5];2:0.' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
{ Mu5[j]:=Mm[5,j]-0.65*n5[j]/sqrt(1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10)*30/pi.;
  Mu5[j]:=Mm[5,j]-Pm5[j]*30/(pi*n5[j]);
  writeln(m_util_m,Mu5[j]:10:3);
  gotoxy(1,j+3);write('Mu5[';j;']=';Mu5[j]:8:3);
end;
gotoxy(20,2);write('f6]=';f6];2:0.' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
{ Mu6[j]:=Mm[6,j]-0.65*n6[j]/sqrt(1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10)*30/pi.;
  Mu6[j]:=Mm[6,j]-Pm6[j]*30/(pi*n6[j]);
  writeln(m_util_m,Mu6[j]:10:3);
  gotoxy(20,j+3);write('Mu6[';j;']=';Mu6[j]:8:3);
end;
gotoxy(40,2);write('f7]=';f7];2:0.' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
{ Mu7[j]:=Mm[7,j]-0.65*n7[j]/sqrt(1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10)*30/pi.;
  Mu7[j]:=Mm[7,j]-Pm7[j]*30/(pi*n7[j]);

```

```

writeln(m_util_m,Mu7[j],10:3);
gotoxy(40,j+3);write('Mu7['j,']=',Mu7[j]:8:3);
end;
gotoxy(60,2);write('f[8]='f[8]:2:0,' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
( Mu8[j]:=Mm[8,j]-0.65*n8[j]/sqrt(1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10)*30/pi;
  Mu8[j]:=Mm[8,j]-Pm8[j]*30/(pi*n8[j]);
  writeln(m_util_m,Mu8[j],10:3);
  gotoxy(60,j+3);write('Mu8['j,']=',Mu8[j]:8:3);
end;
gotoxy(1,25);write('*** pentru a continua apasa ENTER ***');
readln;
clrscr;
gotoxy(1,2);write('f[9]='f[9]:2:0,' [Hz]');
for j:=1 to 21 do begin
( Mu9[j]:=Mm[9,j]-0.65*n9[j]/sqrt(1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10)*30/pi;
  Mu9[j]:=Mm[9,j]-Pm9[j]*30/(pi*n9[j]);
  writeln(m_util_m,Mu9[j],10:3);
  gotoxy(1,j+3);write('Mu9['j,']=',Mu9[j]:8:3);
end;
close(m_util_m);
readln;
end;

begin
date_de_intrare;
regimul_de_demaraj_moment_constant;
end;

```

### 3.7 REGLAREA LA PUTERE CONSTANTA

program reglarea\_motoarelor\_asincrone\_la\_putere\_constanta\_de\_la\_40\_Hz;  
uses crt;

```

var P,U,U.pol,fb,R1,R2,X1,X2,c,X,Xm,ns,lns2,ns3,ns,lns5,ns0,De,read;
s,n1,n2,n3,n4,n5,n6:array[1..21] of real;
Pm1,Pm2,Pm3,Pm4,Pm5,Pm6:array[1..21] of real;
M1,M2,M3,M4,M5,M6,Mu1,Mu2,Mu3,Mu4,Mu5,Mu6:array[1..21] of real;
f,K:array[1..6] of real;
Mx,nx:array[1..6] of real;
Uf:array[1..9] of real;
i,j:integer;
moment p,tur p,m,unl p,f1,f2,f3,f4,f5,1;text;
perderi:text;

```

procedure date\_intrare;

```

begin
clrscr;
writeln;
write('          REGLAREA LA PUTERE CONSTANTA');writeln;
writeln('          ');
writeln;writeln;
writeln('Puterea motorului: ..... P=';      {Kw});
writeln('Tensiunea de linie: ..... U3=';      {V});
writeln('Numarul de perechi de poli: ..... p=';
writeln('Frecventa nominala: ..... fn=';      {Hz});
writeln('Rezistenta statorului: ..... R1=';      {ohm});
writeln('Rezistenta rotorului raportata la stator: ..... R2=';      {ohm});
writeln('Reactanta statorului: ..... X1=';      {ohm});

```



```

writeln('Reactanta rotorului raportata la stator: ..... X2=',' [ohm]');
writeln('Diametrul motorului..... De=',' {cm}');
writeln('Reactanta mutuala totala: ..... Xm=',' [ohm]');
gotoxy(51,6);read(P);
gotoxy(51,7);read(U);
gotoxy(51,8);read(pol);
gotoxy(52,9);read(fin);
gotoxy(52,10);read(R1);
gotoxy(52,11);read(R2);
gotoxy(52,12);read(X1);
gotoxy(52,13);read(X2);
gotoxy(52,14);read(De);
gotoxy(52,15);readln(Xm);
gotoxy(1,25);write('*** pentru a continua apasa ENTER ***');
readln;
end;

```

procedure reglarea\_la\_putere\_constanta;

```

begin
cirscr;
assign(t,'ten_part.dat');
reset(t);
for i:=1 to 9 do read(t,U[i]);
close(t);
U:=(U[9]);
c:=1+X1/Xm;
X:=X1+c*X2;
assign(moment_p,'m_p_part.prm');
rewrite(moment_p);
for i:=1 to 21 do begin
M1[i]:=1.5*pi*(pol*sqrt(U)*R2)/(s[i]*f1)*(sqrt(R1+c*R2/s[i])+sqrt(f1*fin)*sqrt(X));
{gotoxy(3,3+i);write('M1['i,']=',M1[i]:8:3);}
writeln(moment_p,M1[i]:8:3);
end;
for i:=1 to 21 do begin
M2[i]:=1.5*pi*(pol*sqrt(U)*R2)/(s[i]*f2)*(sqrt(R1+c*R2/s[i])+sqrt(f2*fin)*sqrt(X));
{gotoxy(15,3+i);write('M2['i,']=',M2[i]:8:3);}
writeln(moment_p,M2[i]:8:3);
end;
for i:=1 to 21 do begin
M3[i]:=1.5*pi*(pol*sqrt(U)*R2)/(s[i]*f3)*(sqrt(R1+c*R2/s[i])+sqrt(f3*fin)*sqrt(X));
{gotoxy(27,3+i);write('M3['i,']=',M3[i]:8:3);}
writeln(moment_p,M3[i]:8:3);
end;
for i:=1 to 21 do begin
M4[i]:=1.5*pi*(pol*sqrt(U)*R2)/(s[i]*f4)*(sqrt(R1+c*R2/s[i])+sqrt(f4*fin)*sqrt(X));
{gotoxy(49,3+i);write('M4['i,']=',M4[i]:8:3);}
writeln(moment_p,M4[i]:8:3);
end;
for i:=1 to 21 do begin
M5[i]:=1.5*pi*(pol*sqrt(U)*R2)/(s[i]*f5)*(sqrt(R1+c*R2/s[i])+sqrt(f5*fin)*sqrt(X));
{gotoxy(61,3+i);write('M5['i,']=',M5[i]:8:3);}
writeln(moment_p,M5[i]:8:3);
end;
for i:=1 to 21 do begin
M6[i]:=1.5*pi*(pol*sqrt(U)*R2)/(s[i]*f6)*(sqrt(R1+c*R2/s[i])+sqrt(f6*fin)*sqrt(X));
{gotoxy(61,3+i);write('M6['i,']=',M6[i]:8:3);}
writeln(moment_p,M6[i]:8:3);
end;
close(moment_p);

```

```

ns1:=60*f[1]/pol;ns2:=60*f[2]/pol;ns3:=60*f[3]/pol;ns4:=60*f[4]/pol;ns5:=60*f[5]/pol;
ns6:=60*f[6]/pol;
assign(tur_p,'t_p_part.pm');rewrite(tur_p);
for i:=1 to 21 do begin
  n1[i]:=1-s[i])*ns1;
  writeln(tur_p,n1[i]:8.3);
end;
for i:=1 to 21 do begin
  n2[i]:=1-s[i])*ns2;
  writeln(tur_p,n2[i]:8.3);
end;
for i:=1 to 21 do begin
  n3[i]:=1-s[i])*ns3;
  writeln(tur_p,n3[i]:8.3);
end;
for i:=1 to 21 do begin
  n4[i]:=1-s[i])*ns4;
  writeln(tur_p,n4[i]:8.3);
end;
for i:=1 to 21 do begin
  n5[i]:=1-s[i])*ns5;
  writeln(tur_p,n5[i]:8.3);
end;
for i:=1 to 21 do begin
  n6[i]:=1-s[i])*ns6;
  writeln(tur_p,n6[i]:8.3);
end;
close(tur_p);
nx[1]:=1200;
for j:=2 to 15 do begin
  nx[j]:=nx[j-1]*100;
end;
nx[16]:=2750;
assign(fl1,'nx_part.dat');rewrite(fl1);
for j:=1 to 16 do begin
  write(fl1,nx[j]:4:0,');
end;
close(fl1);
for j:=1 to 16 do begin
  Mx[j]:=P*30/(pi*nx[j]*1000);
end;
assign(fl2,'mx_part.dat');rewrite(fl2);
for j:=1 to 16 do begin
  write(fl2,mx[j]:8.3,');
end;
close(fl2);
for j:=1 to 6 do begin
  K[j]:=U/flj];
end;
assign(fl3,'KK_part.dat');rewrite(fl3);
for j:=1 to 6 do begin
  write(fl3,K[j]:6:3,');
end;
close(fl3);
assign(fl4,'U_part.dat');rewrite(fl4);
write(fl4,U:4:0,');
close(fl4);
assign(fl5,'f_part.dat');rewrite(fl5);
for j:=1 to 6 do begin
  write(fl5,f[j]:2:0,');

```

```

end;
close(f15);
readln;
end;

```

```

procedure pierderi_mecanice;
begin
  assign(pierderi,'p_part.pm');rewrite(pierderi);
  for i:=1 to 21 do begin
    Pm1[i]:=0.65*sqrt(n1[i]/1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10);
    writeln(pierderi,Pm1[i]:20:15);
  end;
  for i:=1 to 21 do begin
    Pm2[i]:=0.65*sqrt(n2[i]/1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10);
    writeln(pierderi,Pm2[i]:20:15);
  end;
  for i:=1 to 21 do begin
    Pm3[i]:=0.65*sqrt(n3[i]/1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10);
    writeln(pierderi,Pm3[i]:20:15);
  end;
  for i:=1 to 21 do begin
    Pm4[i]:=0.65*sqrt(n1[i]/1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10);
    writeln(pierderi,Pm4[i]:20:15);
  end;
  for i:=1 to 21 do begin
    Pm5[i]:=0.65*sqrt(n5[i]/1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10);
    writeln(pierderi,Pm5[i]:20:15);
  end;
  for i:=1 to 21 do begin
    Pm6[i]:=0.65*sqrt(n6[i]/1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10);
    writeln(pierderi,Pm6[i]:20:15);
  end;
  close(pierderi);
end;

```

```

procedure momente_util;
begin
  assign(m_util,'mu_part.pm');rewrite(m_util_p);
  for i:=1 to 21 do begin
    Mu1[i]:=M1[i]-Pm1[i]*30/(pi*n1[i]);
    writeln(m_util_p,Mu1[i]:8:3);
  end;
  for i:=1 to 21 do begin
    Mu2[i]:=M2[i]-Pm2[i]*30/(pi*n2[i]);
    writeln(m_util_p,Mu2[i]:8:3);
  end;
  for i:=1 to 21 do begin
    Mu3[i]:=M3[i]-Pm3[i]*30/(pi*n3[i]);
    writeln(m_util_p,Mu3[i]:8:3);
  end;
  for i:=1 to 21 do begin
    Mu4[i]:=M4[i]-Pm4[i]*30/(pi*n4[i]);
    writeln(m_util_p,Mu4[i]:8:3);
  end;
  for i:=1 to 21 do begin
    Mu5[i]:=M5[i]-Pm5[i]*30/(pi*n5[i]);
    writeln(m_util_p,Mu5[i]:8:3);
  end;
  for i:=1 to 21 do begin
    Mu6[i]:=M6[i]-Pm6[i]*30/(pi*n6[i]);
  end;

```

```

    writeln(m_util_p,Mu6[i]:8:3);
end;
close(m_util_p);
end;

begin
s[1]:=0.000001;s[2]:=0.01;s[3]:=0.0126;s[4]:=0.02;s[5]:=0.03;s[6]:=0.04;
s[7]:=0.05;s[8]:=0.06;s[9]:=0.07;s[10]:=0.08;s[11]:=0.09;s[12]:=0.1;
s[13]:=0.2;s[14]:=0.3;s[15]:=0.4;s[16]:=0.5;s[17]:=0.6;s[18]:=0.7;
s[19]:=0.8;s[20]:=0.9;s[21]:=0.9999999999999999;
f[1]:=40;f[2]:=50;f[3]:=60;f[4]:=70;f[5]:=80;f[6]:=90;
date_intrare;
reglarea_la_putere_constanta;
pierderi_mecanice;
momente_utile;
end.

```

### 3.8 CALCULUL CURENTULUI SI A PUTERII ELECTRICE

program curent\_putere\_puteri\_partiale\_varianta\_II. ( 40 Hz )

uses crt;

```

var R1,R2,X_1,X_2,X_m,Lm,L2,L1,fp,U_u,pol,D,itr:real;
s1,P1,P2,n1,n2,v1,v2:array[1..16] of real;
X11,X21,Xm1,A2,B2,s2:array[1..15] of real;
U1,U2,X1,X2,Xm,f,fr,A1,B1,ff_1,ff_2,ns:array[1..16] of real;
i:integer;
f1,f2,f3,g,h,j,m,f1,f5,f6,f7,f8,f9,f10,f11,f12,f13,f14,f15:text;
g1,g2:text;

```

procedure introducere\_date\_intrare;

begin

clrscr;

writeln;writeln;

writeln('PROGRAM PENTRU CURENT PUTERE');

writeln;writeln;

writeln('rezistenta statonului ..... R1= [ohm]');

writeln('rezistenta rotorului raportata la stator R2= [ohm]');

writeln('reactanta statonului X1= [ohm]');

writeln('reactanta rotorului raportata la stator X2= [ohm]');

writeln('reactanta mutuala totala Xm= [ohm]');

writeln('frecventa nominala fn= [Hz]');

writeln('frecventa de pomire fp= [Hz]');

writeln('numarul de perechi de poli ..... p');

writeln('diametrul rotii ..... D= [m]');

writeln('raportul transmisiei ..... nu');

gotoxy(59,6);read(R1);

gotoxy(60,7);read(R2);

gotoxy(59,8);read(X\_1);

gotoxy(60,9);read(X\_2);

gotoxy(59,10);read(X\_m);

gotoxy(59,11);read(fn);

gotoxy(59,12);read(fp);

gotoxy(58,13);read(pol);

gotoxy(58,14);read(D);

gotoxy(60,15);readln(itr);

gotoxy(1,25);write(' \*\*\* pentru a continua apasa ENTER \*\*\*');

readln;

end;

```

procedure citire_alunecari:
begin
  clrscr;
  assign(f1,'ss_p1_1.dat');
  reset(f1);
  for i:=1 to 15 do read(f1,s2[i]); { s1[i] -> ALUNECARILE CARACTERISTICA I }
  close(f1);
end;

procedure citire_tensiune:
begin
  assign(g1,'tensiune.dat'); { CARACTERISTICA II }
  reset(g1);
  for i:=1 to 9 do read(g1,U2[i]);
  close(g1);
  assign(l,'u.dat');
  reset(l).read(L,U);
  close(l);
  for i:=10 to 15 do U2[i]:=U2[9];
  assign(g2,'tens_t2.dat');rewrite(g2);
  for i:=1 to 15 do writeln(g2,U2[i]:8:3);
  close(g2);

  for i:=1 to 15 do begin
    gotoxy(50,3+i).write('U2['i,']:=',U2[i]:8:3);
  end;
  readln;
end;

procedure calcul_curent:
begin

  fr[1]:=fp;fr[2]:=5;fr[3]:=10;fr[4]:=15;fr[5]:=20;fr[6]:=25;fr[7]:=30;fr[8]:=35;
  fr[9]:=40;fr[10]:=40;fr[11]:=50;fr[12]:=60;fr[13]:=70;fr[14]:=80;fr[15]:=90;

  Lm:=X_m/(2*pi*fn);
  L2:=X_2/(2*pi*fn);
  L1:=X_1/(2*pi*fn);

  for i:=1 to 15 do Nm1[i]:=2*pi*fr[i]*Lm;
  for i:=1 to 15 do N21[i]:=2*pi*fr[i]*L2;
  for i:=1 to 15 do N11[i]:=2*pi*fr[i]*L1;

  for i:=1 to 15 do A2[i]:=(sqrt(Nm1[i]*R2_s2[i])+(sqrt(R2_s2[i])-sqrt(Nm1[i]*N21[i])));

  for i:=1 to 15 do
    B2[i]:=Nm1[i]*(sqrt(R2_s2[i]*N21[i]*(Nm1[i]*N21[i]))+(sqrt(R2_s2[i])*sqrt(Nm1[i]*N21[i]));

  clrscr;
  for i:=1 to 15 do begin
    gotoxy(1,i+3).write('A2['i,']:=',A2[i]:8:4);
  end;
  for i:=1 to 15 do begin
    gotoxy(30,i+3).write('B2['i,']:=',B2[i]:8:4);
  end;
  gotoxy(1,25).write(' *** pentru a continua apasa ENTER ***');
  readln;

  clrscr;
  for i:=1 to 15 do begin

```

```

I1_2[i]:=U2[i]/sqrt(sqrt(R1+A2[i])+sqrt(B2[i]+X11[i]));
gotoxy(20,3+i);write('I1_2[',i,']=,I1_2[i]:6:3);
end;
gotoxy(1,25);write(' *** pentru a continua apasa ENTER ***');
readln;

```

```

assign(f8,'curent22.dat');rewrite(f8);
for i:=1 to 15 do writeln(f8,I1_2[i]:6:3);
close(f8);

```

```

clrscr;

```

```

for i:=1 to 15 do begin
  P2[i]:=3*sqrt(I1_2[i])*(R1+A2[i]);
  gotoxy(20,i+3);write('P2[',i,']=,P2[i]:8:3);
end;
assign(f10,'puter22.dat');rewrite(f10);
for i:=1 to 15 do writeln(f10,P2[i]:8:3);
close(f10);
gotoxy(1,25);write(' *** pentru a continua apasa ENTER ***');
readln;
end;

```

```

procedure citire_turatii_viteze;

```

```

begin
  assign(f13,'pa_8_2.dat');reset(f13);
  for i:=1 to 15 do read(f13,n2[i]);
  close(f13);
  assign(f14,'v_pa_8_2.dat');reset(f14);
  for i:=1 to 15 do read(f14,v2[i]);
  close(f14);
end;

```

```

begin

```

```

  introducere_date_intrare;
  citire_alunecan;
  citire_tensiune;
  calcul_curent;
  citire_turatii_viteze;
end;

```

### 3.9 CALCULUL RANDAMENTULUI

```

program randament_partial_f10_Hz;

```

```

uses crt;
var Pn,U,I,n,fn,R1,R2,X_1,X_2,X_m,Dc,Pfen,I1,I2,Lm,Un,real;
    I1,I2,U,f_s,cosFI,X1,X2,Xm,c,n,array[1..10] of real;
    Pfc,Ps,Pmec,Peu1,Peu2,ETA:array[1..10] of real;
    i:integer;
    f1,f2,f3,f4,f5,f6,f7,f8;text;

```

```

procedure date_intrare;

```

```

begin
  clrscr;
  writeln;writeln;
  writeln(' PROGRAM PENTRU RANDAMENT');
  writeln;
  writeln('-puterea nominala: ..... Pn= [Kw]');
  writeln('-tensiunea la linie: ..... U= [V]');

```

```

writeln('curentul nominal: ..... In=      [A]');
writeln('frecventa nominala: ..... fn=     [Hz]');
writeln('rezistenta statorului: ..... R1=    [ohm]');
writeln('rezistenta rotorului raportata la stator: ..... R2 =    [ohm]');
writeln('reactanta statorului: ..... X1=     [ohm]');
writeln('reactanta rotorului raportata la stator: ..... X2' =    [ohm]');
writeln('reactanta mutuala totala: ..... Xm=  [ohm]');
writeln('diametrul motorului: ..... De=     [cm]');
writeln('pierderile in fier nominale: ..... Pfen='');
gotoxy(56,5);read(Pn);
gotoxy(56,6);read(U);
gotoxy(56,7);read(I_n);
gotoxy(56,8);read(fn);
gotoxy(56,9);read(R1);
gotoxy(57,10);read(R2);
gotoxy(56,11);read(X_1);
gotoxy(57,12);read(X_2);
gotoxy(56,13);read(X_m);
gotoxy(56,14);read(De);
gotoxy(58,15);readln(Pfen);
gotoxy(1,25);write(' *** pentru a continua apasa ENTER ***');
readln;
end;

```

```

procedure citire_curent;
begin
  clrscr;
  assign(f1,'curent22.dat');
  reset(f1);
  for i:=1 to 15 do read(f1,U[i]);
  close(f1);
end;

```

```

procedure citire_tensiune;
begin
  assign(f2,'tens_12.dat');
  reset(f2);
  for i:=1 to 15 do read(f2,U[i]);
  close(f2);
end;

```

```

procedure citire_alunecari;
begin
  assign(f4,'ss_pi_1.dat');
  reset(f4);
  for i:=1 to 15 do read(f4,s[i]);
  close(f4);
end;

```

```

procedure citire_cosFI;
begin
  assign(f5,'cosfp22.dat');
  reset(f5);
  for i:=1 to 15 do read(f5,cosFI[i]);
  close(f5);
end;

```

```

procedure citire_turatii;
begin
  assign(f6,'t_pa_8_2.dat');
  reset(f6);
  for i:=1 to 15 do read(f6,n[i]);
  close(f6);
end;

procedure calcul_X1_X2_Xm_c;
begin
  Lm:=X_m/(2*pi*fn);
  L1:=X_1/(2*pi*fn);
  L2:=X_2/(2*pi*fn);
  for i:=1 to 15 do Xm[i]:=2*pi*f[i]*Lm;
  for i:=1 to 15 do X1[i]:=2*pi*f[i]*L1;
  for i:=1 to 15 do X2[i]:=2*pi*f[i]*L2;
  for i:=1 to 15 do c[i]:=1+X1[i]/Xm[i];
end;

procedure calcul_I2;
begin
  clrscr;
  for i:=1 to 15 do begin
    I2[i]:=U[i]/sqrt(sqrt(R1+c[i]*R2/s[i])+sqrt(X1[i]*c[i]*X2[i]));
    gotoxy(1,i+3);write('I2[';i;']=',I2[i];);
  end;
  assign(f8,'i2_rot2.dat');rewrite(f8);
  for i:=1 to 15 do write(f8,I2[i]);
  close(f8);
end;

procedure calcul_pierderi_randament;
begin
  Un:=U/sqrt(3);
  { PIERDERI IN FIER }
  for i:=1 to 15 do begin
    x[i]:=1.3*ln(f[i]/fn);
    Pfe[i]:=Pfen*sqrt(U[i]/Un)*sqrt(fn/f[i])*exp(x[i]);
  end;
  { PIERDERI SUPLIMENTARE }
  for i:=1 to 15 do Ps[i]:=0.5*100*Pn*sqrt(1+i/n);
  { PIERDERILE MECANICE }
  for i:=1 to 15 do Pmec[i]:=0.65*sqrt(n[i]*1000)*sqrt(De*10)*sqrt(De*10);
  { PIERDERILE IN CUPRUL 1 }
  for i:=1 to 15 do Pcu1[i]:=3*sqrt(1+i)*R1;
  { PIERDERILE IN CUPRUL 2 }
  for i:=1 to 15 do Pcu2[i]:=3*sqrt(2+i)*R2;
  { CALCUL RANDAMENT }
  for i:=1 to 15 do begin
    ETA[i]:=(3*U[i]*f[i]*cosF[i]-Pfe[i]+Pcu1[i]+Pcu2[i]+Pmec[i]+Ps[i]))/(3*U[i]*f[i]*cosF[i]);
    gotoxy(20,i+3);write('ETA[';i;']=',ETA[i];);
  end;
  assign(f7,'ran_par2.dat');
  rewrite(f7);
  for i:=1 to 15 do write(f7,ETA[i]);
  close(f7);
readln;
end;

```



```

begin
f[1]:=1;f[2]:=5;f[3]:=10;f[4]:=15;f[5]:=20;f[6]:=25;f[7]:=30;f[8]:=35;
f[9]:=40;f[10]:=40;f[11]:=50;f[12]:=60;f[13]:=70;f[14]:=80;f[15]:=90;
date_intrare;
citire_curent;
citire_tensiune;
citire_alunecari;
citire_cosFI;
citire_turatii;
calcul_X1_X2_Xm_c;
calcul_I2;
calcul_pierderi_randament;
end.

```

### 3.10 CALCULUL FORTEI DE TRACTIUNE

```

program forta_de_tractiune_si_critica_partial_2;
uses crt;
var i,j:integer;
    f,sk,ns,n,V,Pm,Mk,Muk,Fo,Fok,U:array[1..15] of real;
    c,X1,X2,Xm,X,R1,R2,fn,fp,De,D,itr,ETAtr,nm:real;
    Mu,F_n:array[1..15] of real;
    fl,f2,f3,f4,f5,f6,g1,g2,g3,g4,g5,g6:text;
begin
clrscr;
writeln;writeln;
writeln('numarul de perechi de poli: ..... p=');
writeln('frecventa nominala: ..... fn= [Hz]');
writeln('frecventa de pomire: ..... fp= [Hz]');
writeln('diametrul motorului: ..... De= [cm]');
writeln('diametrul rotii: ..... D= [m]');
writeln('raportul de transmitere: ..... itr=');
writeln('randamentul transmisiei: ..... ETAtr=');
writeln('rezistenta statorului: ..... R1= [ohm]');
writeln('rezistenta rotorului raportata la stator: ..... R2= [ohm]');
writeln('reactanta statorului: ..... X1= [ohm]');
writeln('reactanta rotorului raportata la stator: ..... X2= [ohm]');
writeln('reactanta mutuala totala: ..... Xm= [ohm]');
writeln('numarul de motoare: ..... nm=');
gotoxy(51,3);read(pol);
gotoxy(52,4);read(fn);
gotoxy(52,5);read(fp);
gotoxy(52,6);read(De);
gotoxy(51,7);read(D);
gotoxy(53,8);read(itr);
gotoxy(55,9);read(ETAtr);
gotoxy(52,10);read(R1);
gotoxy(52,11);read(R2);
gotoxy(52,12);read(X1);
gotoxy(52,13);read(X2);
gotoxy(52,14);read(Xm);
gotoxy(52,15);readln(nm);
gotoxy(1,25);write('*** pentru a continua apasa ENTER ***');
readln;
f[1]:=1;f[2]:=5;f[3]:=10;f[4]:=15;f[5]:=20;f[6]:=25;f[7]:=30;f[8]:=35;
f[9]:=40;f[10]:=40;f[11]:=50;f[12]:=60;f[13]:=70;f[14]:=80;f[15]:=90;
c:=1+X1/Xm;
X:=X1+c*X2;
for i:=1 to 15 do sk[i]:=((c*R2)/sqrt(sqrt(R1)+sqrt(f[i]/fn))*sqrt(X));

```

```

for i:=1 to 15 do ns[i]:=60*f[i]/pol;
for i:=1 to 15 do n[i]:=(1-sk[i])*ns[i];
for i:=1 to 15 do V[i]:=3.6*(pi*D)/(60*itr)*n[i];
assign(g5,'vit_k_pa.dat');rewrite(g5);
for i:=1 to 15 do writeln(g5,V[i]:7:2);
close(g5);
for i:=1 to 15 do Pm[i]:=0.65*sqrt(n[i]/1000)*sqrt(De/10)*sqrt(De/10);

clrscr;
assign(g4,'tensiune.dat');reset(g4);
for i:=1 to 9 do read(g4,U[i]);
close(g4);
for i:=10 to 15 do U[i]:=U[9];
assign(f1,'m_const.dat');
reset(f1);
for i:=1 to 9 do read(f1,Mu[i]);
close(f1);
assign(g1,'momt2_40.dat');
reset(g1);
for i:=10 to 15 do read(g1,Mu[i]);
close(g1);
for i:=1 to 15 do Mk[i]:=1.5*(2*pi*c)*(pol*sqrt(U[i]))*(f[i]*(R1+sqrt(sqrt(R1)+sqrt(X))*sqrt(f[i]/fn)));
for i:=1 to 15 do Muk[i]:=Mk[i]-Pm[i]*30*(pi*n[i]);
for i:=1 to 15 do Fok[i]:=nm*2*I*Muk[i]*itr*ETAtr;
assign(g6,'fo_k_par.dat');rewrite(g6);
for i:=1 to 15 do writeln(g6,Fok[i]);
close(g6);
for i:=1 to 15 do begin
gotoxy(5,3+i);write('Mu['i:1]=',Mu[i]:9:3);
end;
for i:=1 to 15 do begin
F_n[i]:=nm*2/D*Mu[i]*itr*ETAtr;
gotoxy(25,3+i);write('Fn['i:1]='',F_n[i]:9:3);
end;
assign(f5,'f_tr_ii.dat');
rewrite(f5);
for i:=1 to 15 do write(f5,F_n[i]:15:3,' ');
close(f5);
assign(f3,'n_const.dat');
reset(f3);
for i:=1 to 9 do read(f3,n[i]);
close(f3);
assign(g3,'tr2_40.dat');
reset(g3);
for i:=10 to 15 do read(g3,n[i]);
close(g3);
for i:=1 to 15 do begin
gotoxy(15,3+i);write('n['i:1]='',n[i]:8:3);
end;
for i:=1 to 15 do begin
V[i]:=3.6*pi*D/60*n[i]*itr;
gotoxy(65,3+i);write('V['i:1]='',V[i]:8:3);
end;
assign(f6,'v_trac_p.dat');
rewrite(f6);
for i:=1 to 15 do write(f6,V[i]:7:3,' ');
close(f6);
readln;
end

```