



Aparate Electrice Speciale

Convertoare de Energie
Electrică

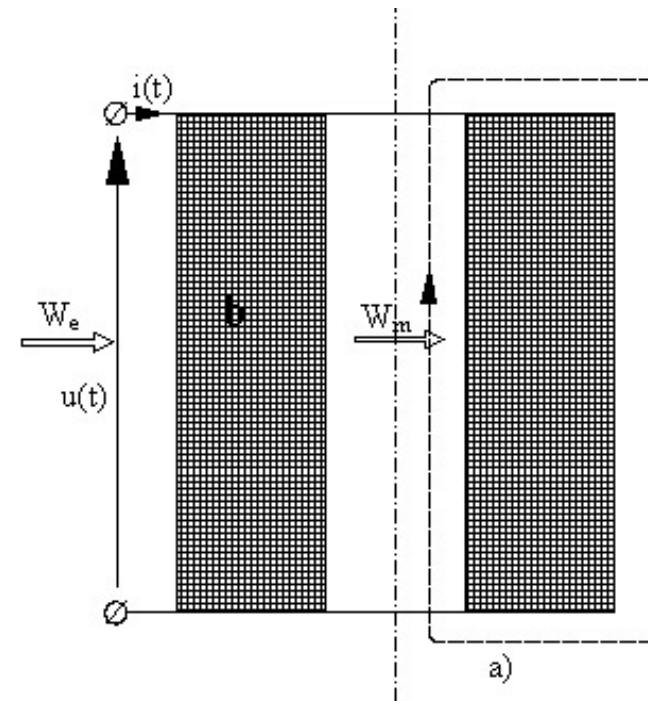
Considerații generale

Conversia energiei electrice în forme de energii utile nu are ca rezultat numai tipul de energie necesară, fiind însoțită simultan și de alte forme de energie care se constituie în pierderi, astfel încât fiecare conversie este caracterizată de un anumit randament. Numeroase procese tehnologice actuale au un consum de mai multe forme de energie, fiecare având o sursă proprie. Ca urmare este posibilă realizarea unor convertoare multiple ale energiei electrice în formele de energie necesare.

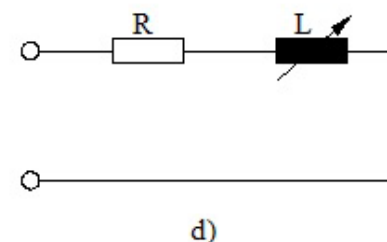
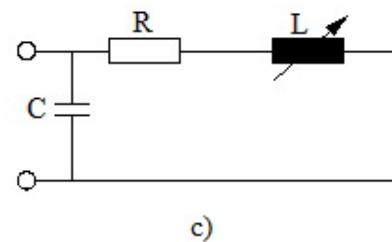
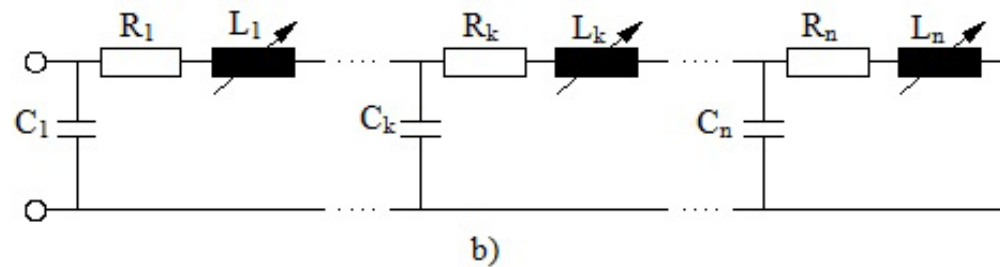
Conversia electromagnetică


Conversia electromagnetică se produce la orice dispozitiv electrotehnic ce include înfășurări electrice: aparat electric, transformator, mașini electrice rotative sau liniare și aplicațiile acestora.

Energia electrică absorbită, $W_e = \int u \cdot i \cdot dt$



Evaluarea conversiei energiei electrice în energie magnetică se poate face considerând schema electrică echivalentă a circuitului electric (sau a bobinei). Schema echivalentă a bobinei (înfășurării) cu elemente de circuit distribuite este redată în Fig.3.1b, unde fiecare spiră apare cu rezistența (R_k), inductanța (L_k) și capacitatea sa (C_k); cu elemente concentrate schema devine cea din Fig.3.1c, iar când capacitatea poate fi neglijabilă se obține schema echivalentă simplă din Fig.3.1d.





Considerând schema electrică echivalentă din Fig.3.1c, pentru un interval de timp t , avem expresia:

$$\int_0^t u \cdot i \cdot dt = \int_0^t R \cdot i^2 \cdot dt + \int_0^\psi i \cdot d\psi.$$

Conversia energiei electrice produse de bobină are loc cu randamentul electromagnetic :

$$\eta_{e.m.} = \frac{\int_0^t (u \cdot i - R \cdot i^2) dt}{\int_0^t u \cdot i \cdot dt} = \frac{W_e - W_m}{W_e}.$$

Prezența miezului feromagnetic m , la bobină, Fig.3.1c, modifică schema echivalentă a bobinei de la forma dată în Fig.3.1d, de exemplu, la cea din Fig.3.1f la care la rezistențele R și reactanțele X (a inductanței L), apare rezistența R_m și reactanța X_m (a inductanței L_m) care se datorează pierderilor active și reactive în miez.

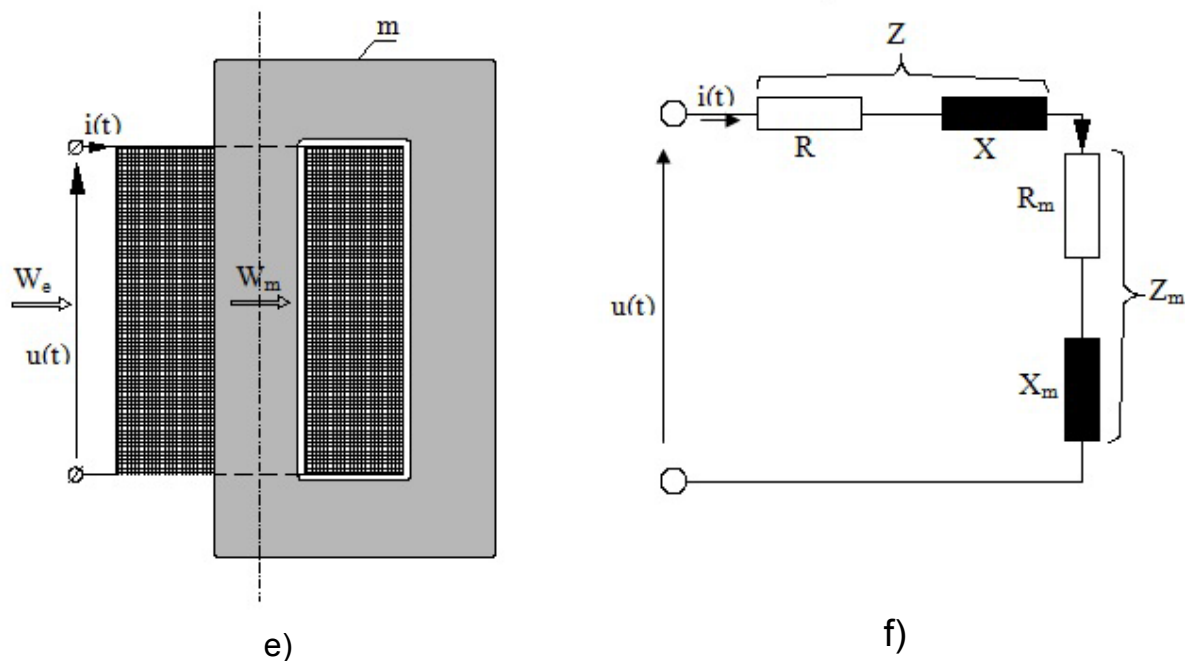


Fig.3.1 Explicativă la conversia electromagnetică

În cazul bobinelor cu miez feromagnetic, Fig.3.3a, energia electrică absorbită de bobina b, prin conversie electromagnetică devine energie magnetică (parțial), W_m care se manifestă în circuitul magnetic ce poate fi caracterizat prin scheme echivalente similar circuitului electric.

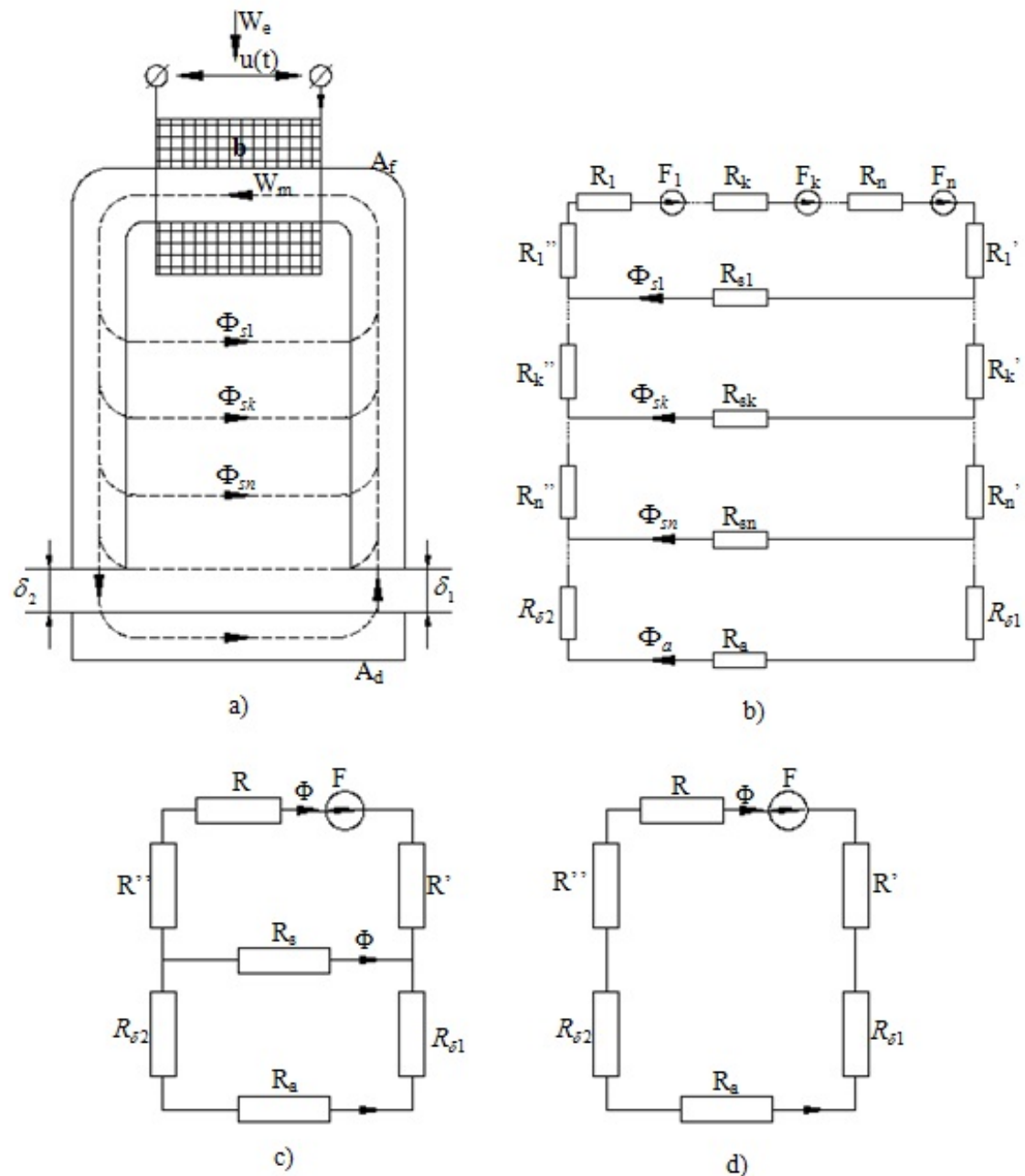


Fig.3.3 Conversia electromagnetică la bobinele cu miez feromagnetic

Conversia multiplă a energiei electrice

Conversia electromagnetică a energiei electrice produsă în construcțiile electrotehnice (aparate, transformatoare și mașini electrice) este totdeauna însoțită și de alte forme de conversii, deci are loc o conversie multiplă. În cazul unui electromagnet, Fig.3.5, energia electrică absorbită, W_e , de bobina b , prin conversie electromagnetică se transformă în energie magnetică W_m care se manifestă în piesele feromagnetice, ponderea fiind concentrată în volumele întrefierurilor paralelipipedice. O parte a energiei magnetice se dispersează în volumul din jurul electromagnetului.

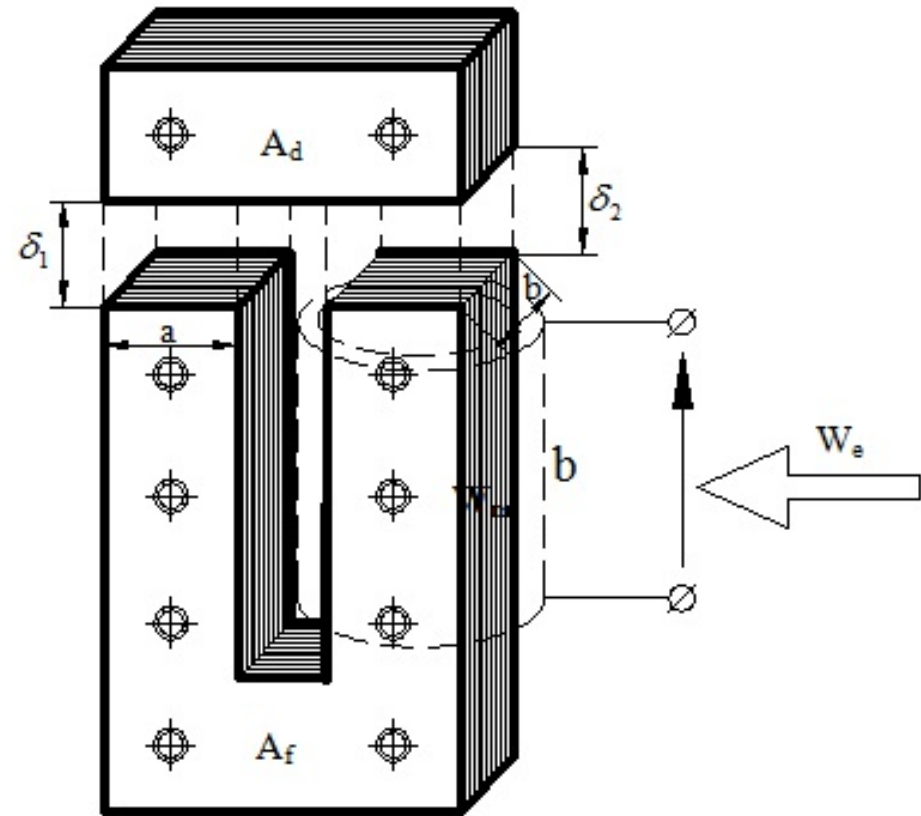


Fig.3.5 Explicativă la conversia multiplă

În cazul din Fig.3.7 statorul inductor de motor asincron trifazat poate genera un câmp magnetic învârtitor încât energia electrica absorbită de la rețea prin conversie electromagnetă devine energie magnetică care se manifesta în volumul de lichid al conductei K.

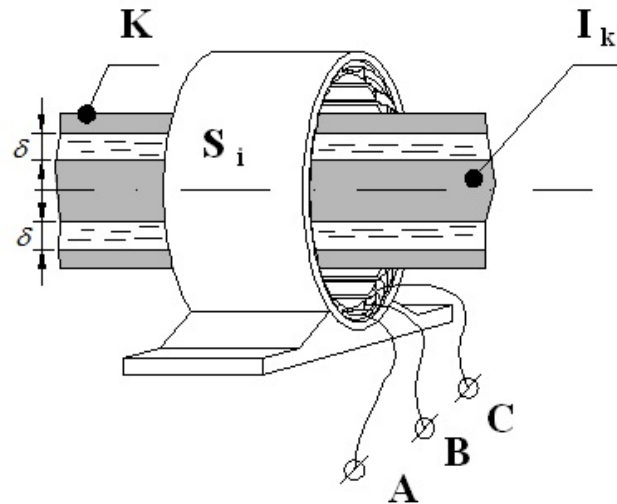


Fig.3.7 *Utilizarea unui stator inductor de motor asincron trifazat*

Dacă în conducta K se află un indus calat I_k în acesta apar curenți turbionari și ca urmare se produce parțial și o conversie electrotermică ce poate încălzi lichidul din conductă. Câmpul magnetic învârtitor produce prin conversie electromecanică forțe care antrenează lichidul în mișcare de rotație.

Dacă drept stator inductor S_i , Fig.3.8, este un stator de motor asincron trifazat liniar, atunci în lichidul din volumul V apare un câmp magnetic datorită conversiei electromagnetice, iar în indusul calat curenții turbionari asigură prin conversie electrotermică încălzirea lichidului din volumul V . Asupra particulelor de lichid prin curenții care se manifestă în volum apar forțele de tracțiune datorate conversiei electromecanice.

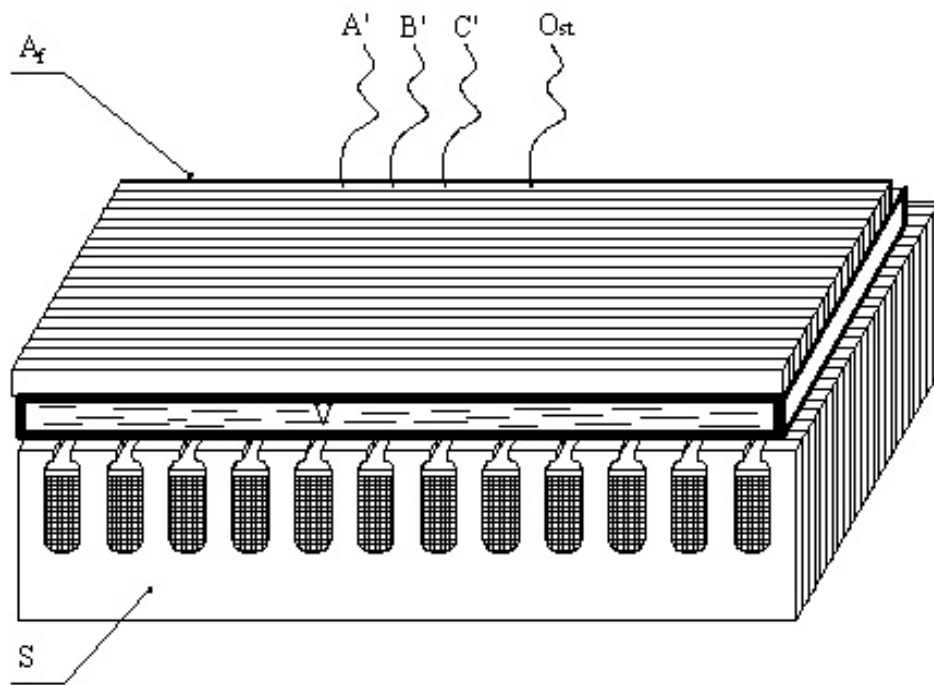


Fig.3.8 *Utilizarea unui stator de motor asincron trifazat liniar*

Conversia electromecanică

Conversia energetică de tip electromecanic se produce într-un convertor special care transformă energia electrică în energie mecanică prin intermediul energiei magnetice. Funcția de convertor energetic-electromecanic poate fi îndeplinită de: un aparat electric (electromagnetul și aplicațiile sale); un transformator special sau o mașină electrică cu mișcare de rotație sau deplasare liniară.

În acest caz se folosește conceptul de energie magnetică W_m și coenergie magnetică W_m' , Fig.3.9.

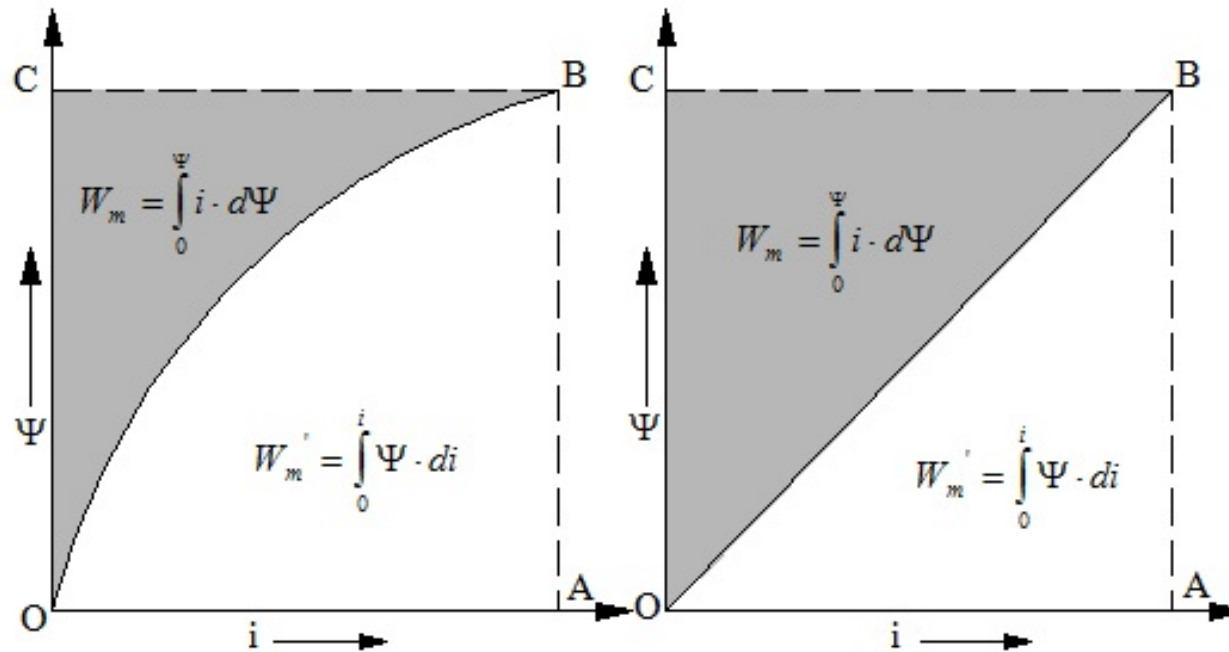


Fig.3.9 Conceptul de energie și coenergie magnetică



Conversia electrotermică

Toate corpurile materiale, indiferent de starea de agregare, posedă rezistență electrică, adică au capacitatea de a realiza conversia energiei electrice în energie termică atunci când sunt parcurse de curent. Rezistența unității de volum a unui material, rezistivitatea este o marime specifică fiecărui material.

Factorii de influență mai importanți pentru căile de curent sunt: temperatura, efectul pelicular și de proximitate în curent alternativ. Pentru metale rezistivitatea are funcția de dependență de temperatură un polinom de forma:

$$\rho = \rho_0 (1 \pm \alpha\theta \pm \beta\theta^2 \pm \gamma\theta^3 \pm \dots)$$

Încălzirea corpurilor în care are loc conversia electrotermică este determinată de puterea în unitate de timp, în unitatea de volum de doi factori:

$$P = \rho \cdot J^2$$

La rândul său densitatea de curent J , conform legii lui Ohm locală este determinată de câmpul electric E ,

$$J = \frac{E}{\rho}$$



și prin urmare:

$$P = \frac{E^2}{\rho}$$

Energia electrică absorbită de la rețeaua electrică se disipă în toate componentele dispozitivului electromagnetic reprezentate în schemele echivalente ale izolației, căilor de curent și a circuitului magnetic pentru a putea obține prin conversia multiplă a energiei electrice în energie magnetică, mecanică și termică la valori optime pentru durata procesului tehnologic.

De asemenea, pot fi stabilite și care sunt valorile cele mai convenabile ale parametrilor circuitelor echivalente (rezistențe, reactanțe inductive și capacitive), materiale și construcții electrotehnice optimizate concomitent cu alegerea celor mai potrivite materiale.

Convertor triplu de energie electrică tip transformator

Se prezintă un dispozitiv electromagnetice tip transformator care realizează conversia triplă a energiei electrice în: a) magnetică; b) termică; c) mecanică sub formă de vibrații.

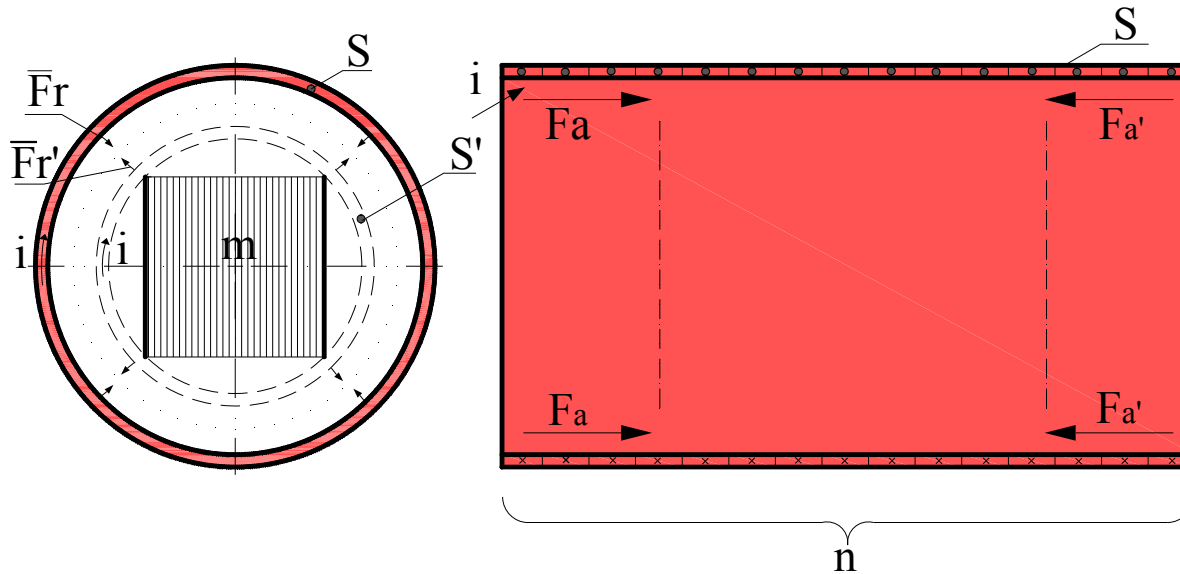


Fig.3.11

Apariția forțelor electrodinamice radiale

Fig.3.12

Apariția forțelor electrodinamice axiale

Efectul forțelor radiale, Fig.3.13, respectiv a celor axiale, Fig.3.14, se poate mări folosind o pereche de cilindri.

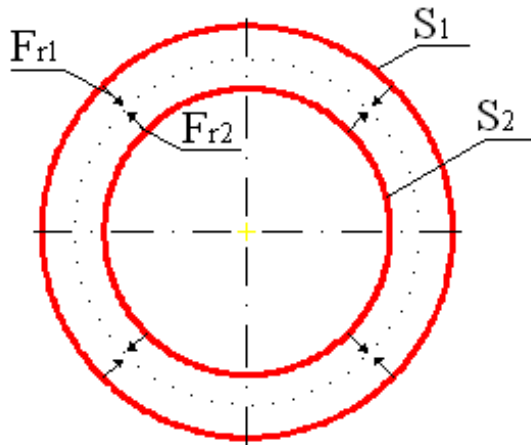


Fig.3.13 Forțele radiale în cazul unei perechi de cilindri

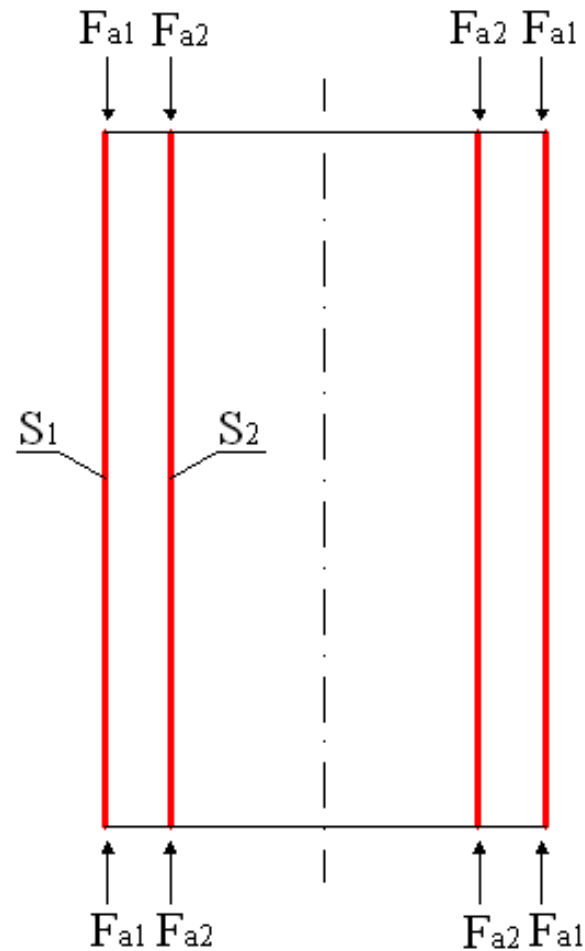


Fig.3.14 Forțele axiale în cazul unei perechi de cilindri

Pe un miez feromagnetic m , Fig.3.15, se pot monta mai mulți cilindri vibratori, mai multe perechi sau combinații ale acestora ($S_1, S_2 \dots S_n$).

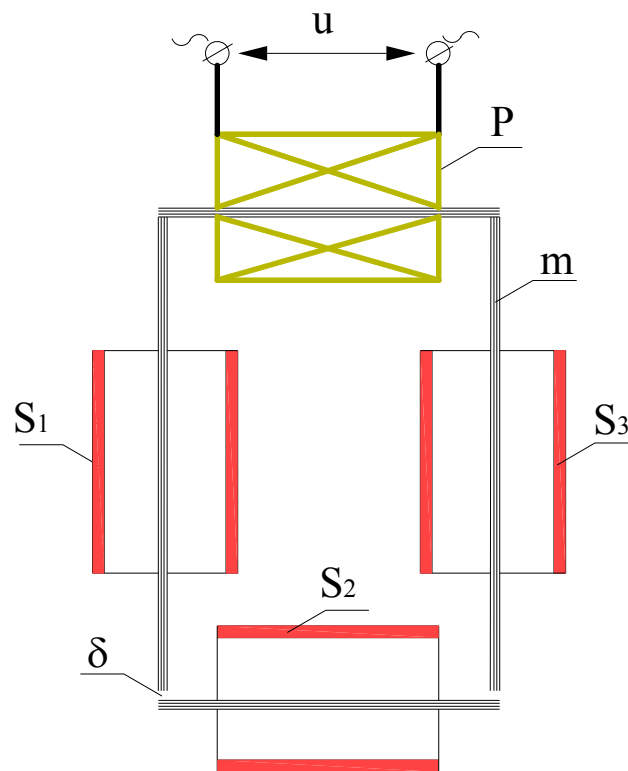


Fig.3.15 Funcționarea cu mai mulți cilindri vibratori

În Fig.3.16 este exemplificat modul de utilizare al acestui convertor, care poate fi introdus cu secundarul S într-un vas V cu lichid pentru a folosi cele trei forme de energie: termică, datorită curenților turbionari ce apar în cilindru, mecanică sub formă de vibrații, datorită apariției forțelor axiale, respectiv radiale, în cilindru și magnetică datorită fluxului magnetic de scăpări.

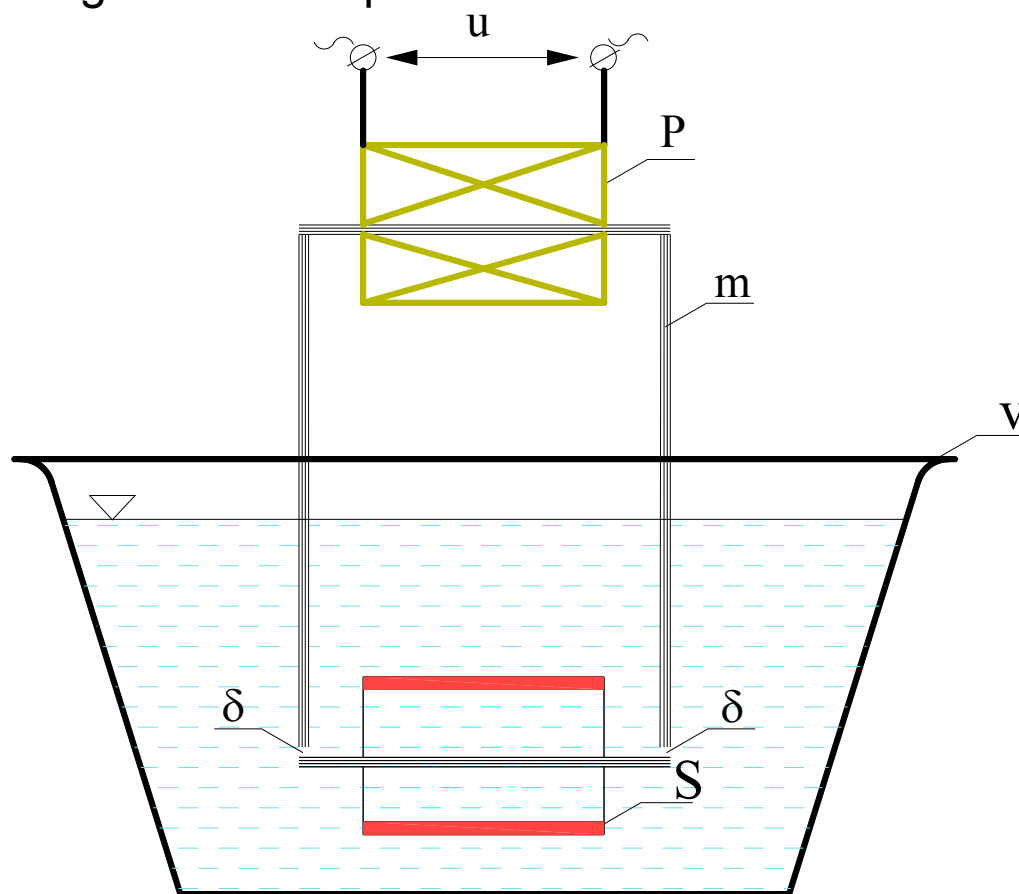


Fig.3.16 *Utilizarea convertorului*

Convertor triplu de energie electrică tip motor liniar

Dispozitivul este de tip motor liniar cu conversie triplă a energiei electrice în: energie magnetică, mecanică și termică destinat proceselor industriale care au nevoie simultan de formele respective de energie.

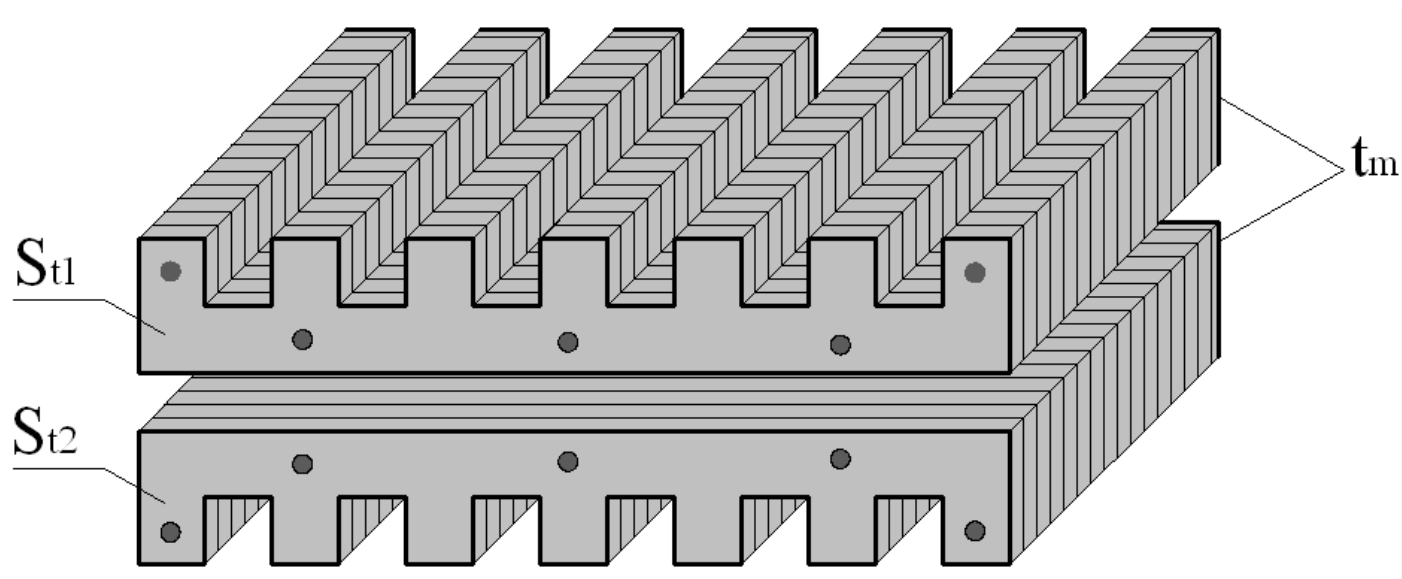


Fig.3.17 Statorul unui convertor de tip motor liniar

În Fig.3.18 se prezintă indusul unui convertor tip motor liniar, care are o construcție specială similară unei benzi rulante, din benzi subțiri conductoare, în unele cazuri benzi feromagnetice, a cărei mișcare este dirijată de doi cilindri, C1 și C2 mobili.

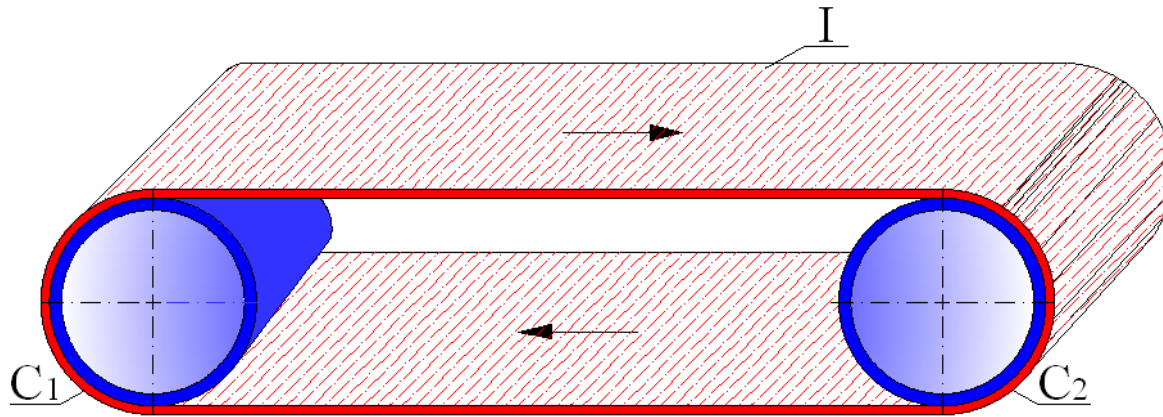


Fig.3.18 *Indusul unui convertor de tip motor liniar*

În Fig.3.19 este prezentată o variantă asamblată a motorului, fără prezența bobinajului, în scopul creșterii clarității imaginii.

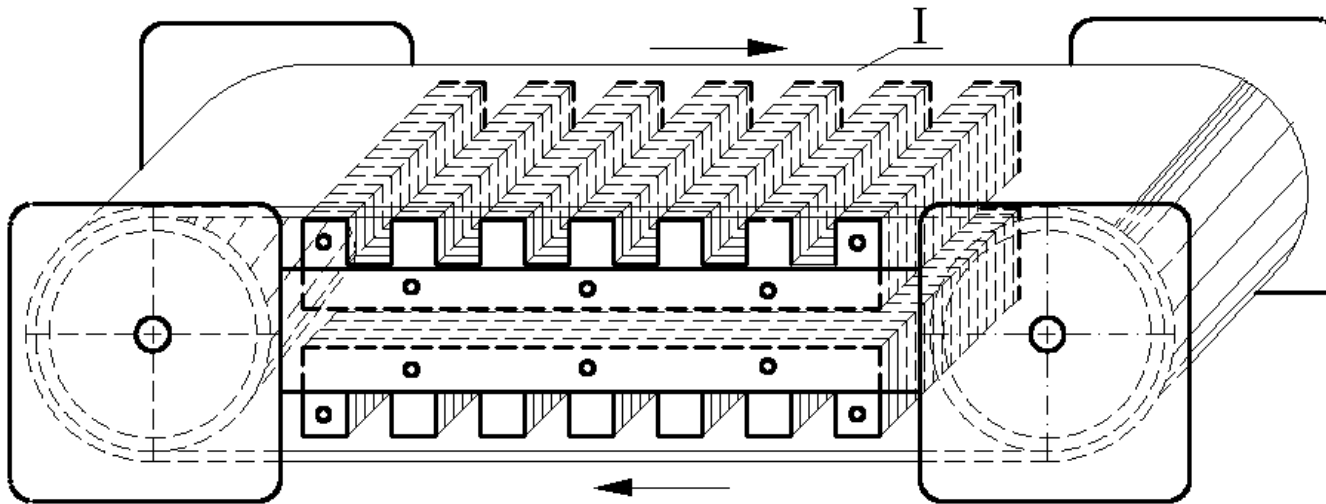


Fig.3.19 Varianta asamblată a convertorului de tip motor liniar

În unele cazuri, Fig.3.20, pot fi folosite mai multe motoare liniare (de exemplu $m_1 \dots m_4$), având un indus comun I.

În Fig.3.21 este prezentat un ansamblu general a instalației cu motor liniar.

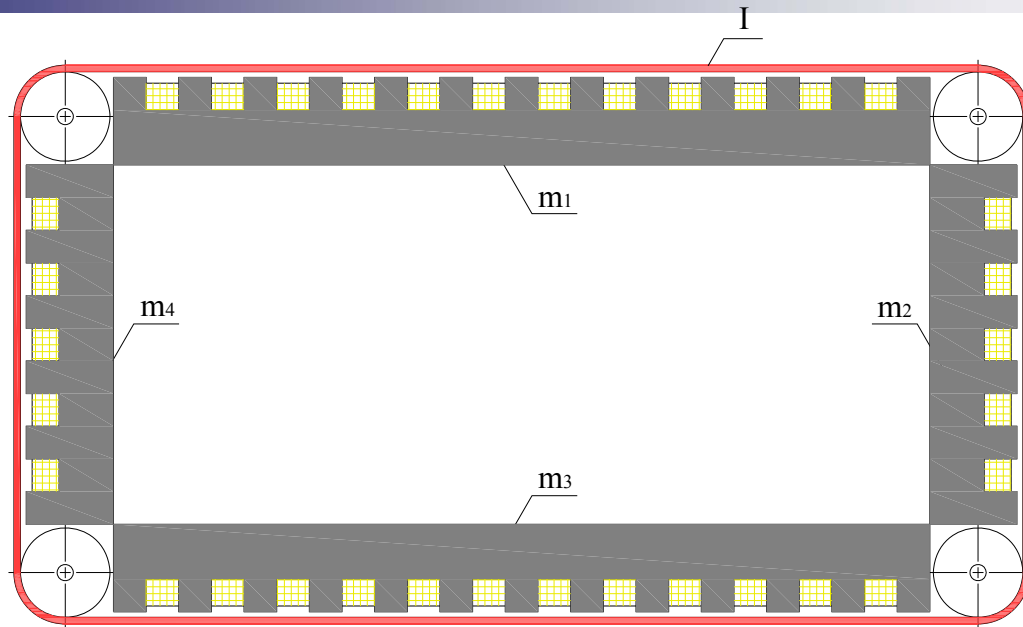


Fig.3.20 Variantă constructivă cu mai multe statoare și indus comun

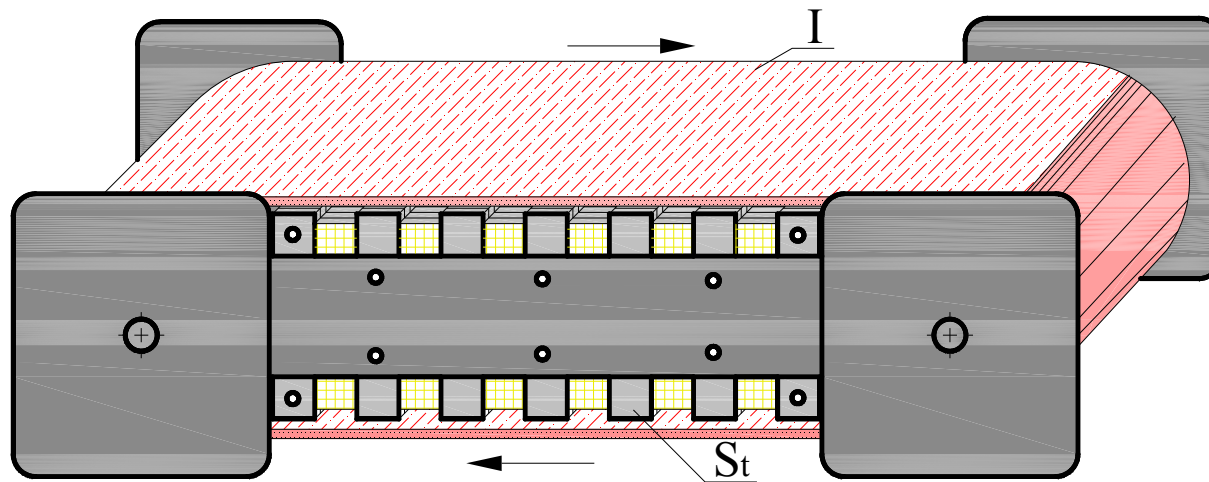


Fig.3.21 Ansamblu general al convertorului de tip motor liniar

Convertor triplu de energie electrică tip motor rotativ

Elementele principale: 1-rotor; 2- stator; 3, 16 – scuturi cu rol de fixare a cilindrului rotoric; 4 – rulmenți; 5 – piese de fixare a axului; 6, 15 - capace de protecție; 7 – suport cu rol de blocare a axului; 8 – șurub; 9, 10 – piese izolatoare; 11 – conductoare; 12 – cutie de borne; 13 – axul motorului; 14 – bucșă intermediară; 17 – șurub.

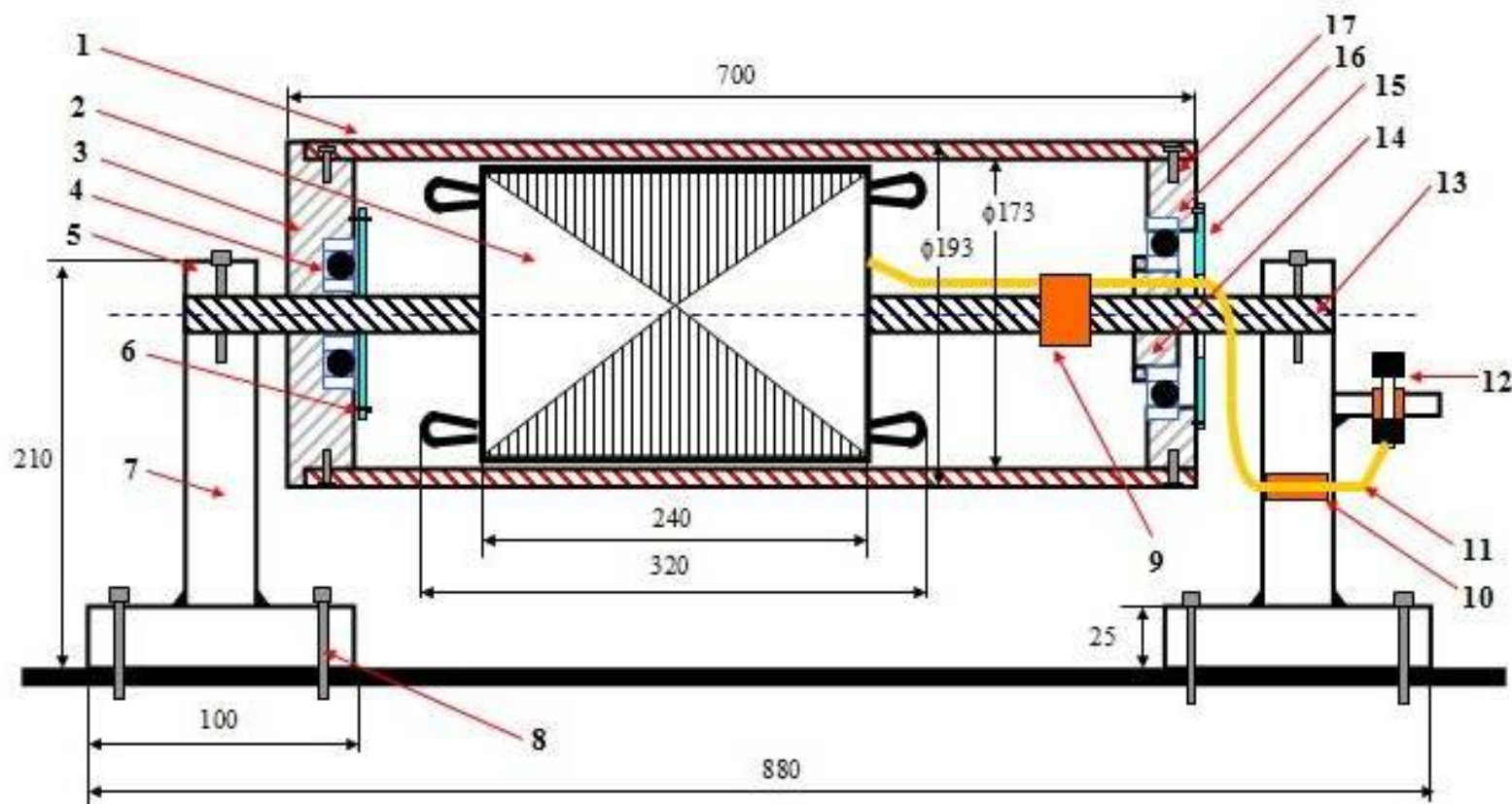


Fig.3.22 Convertor de tip motor rotativ

Ansamblul bobinat 2 reprezintă statorul, iar cilindrul masiv din oțel 1, montat în exterior, are funcția rotorului la nivelul căruia se obține cuplul motor, se dezvoltă energia termică utilizată în procesul termic și în vecinătate sa există câmp magnetic ce poate fi folosit.

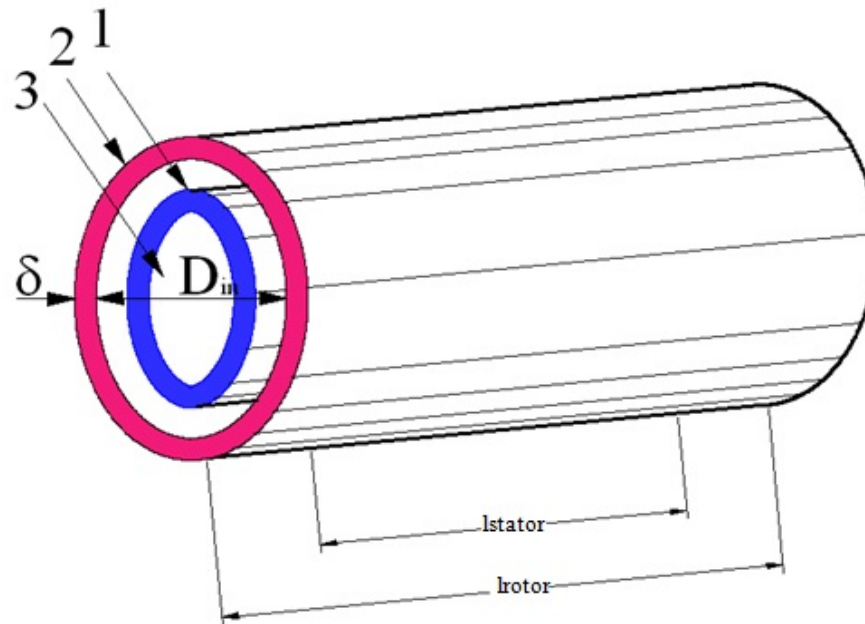


Fig.3.23 Vedere de ansamblu a statorului și rotorului



Convertoare electromagnetice specializate pentru prelucrări electromecanice

Prelucrarea electromecanică a metalelor se practică la metale și aliaje greu prelucrabile (piese de dimensiuni mari cu adaosuri de prelucrări, de asemenea, mari) pe mașini unelte obișnuite cu ajutorul electricității. Prelucrarea electromecanică are la bază fenomenul de eroziune electrică cu contact, constituie un domeniu de aplicații pentru convertoarele electromecanice din care mai cunoscute sunt așchiera electromecanică și netezirea electromecanică.

Prelucrarea prin eroziune electrică cu contact se bazează pe amorsarea descărcărilor în arc nestaționar prin ruperea contactelor electrice parcurse de curent, stabilite temporar între electrodul sculă S și obiectul prelucrat P, care se află în mișcare relativă.

Strunjirea electromecanică, Fig.3.24, se aplică la oțelurile inoxidabile, refractare sau greu prelucrabile.

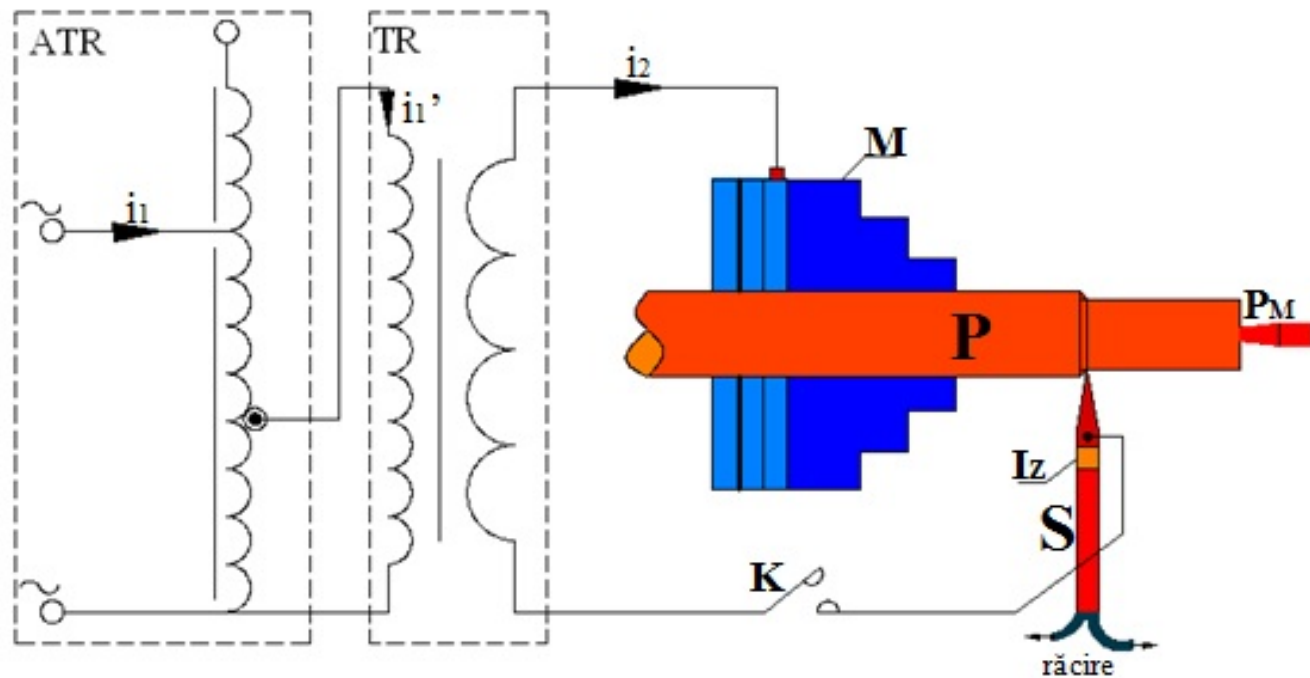


Fig.3.24 *Strunjire electromecanică*

Netezirea electromecanică, Fig.3.25, se realizează prin deformarea asperităților încălzite sub presiunea sculei S pe piesa P. Se obține o duritate superficială și o rezistență la uzură a suprafețelor mai mare cu 20...30%. În acest caz reglajul curentului I_2 se obține cu două comutatoare k_1 (reglaj în trepte mari – reglaj brut) și k_2 (reglaj în trepte mici – reglaj fin).

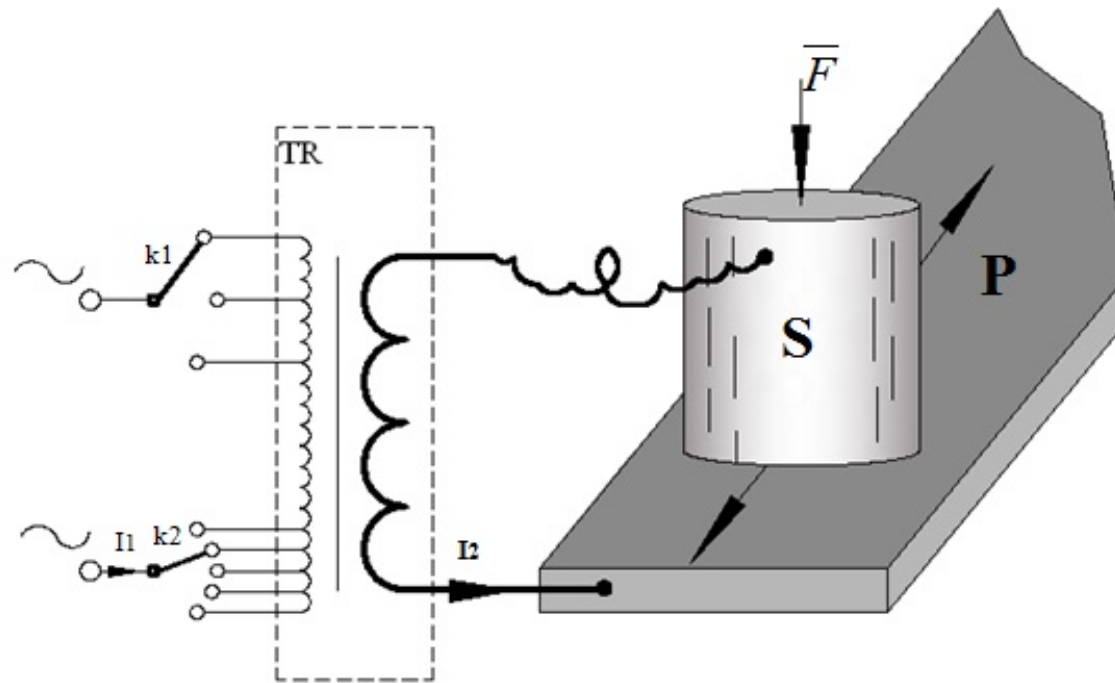


Fig.3.25 *Netezire electromecanică*

Ascuțirea sculelor așchietoare, Fig.3.26, permite realizarea de economii de materiale abrazive. In acest caz, drept piesă prelucrată este însăși scula așchietoare P, iar materialul abraziv este scula și folosește curent continuu obținut cu puntea redresoare Pr.

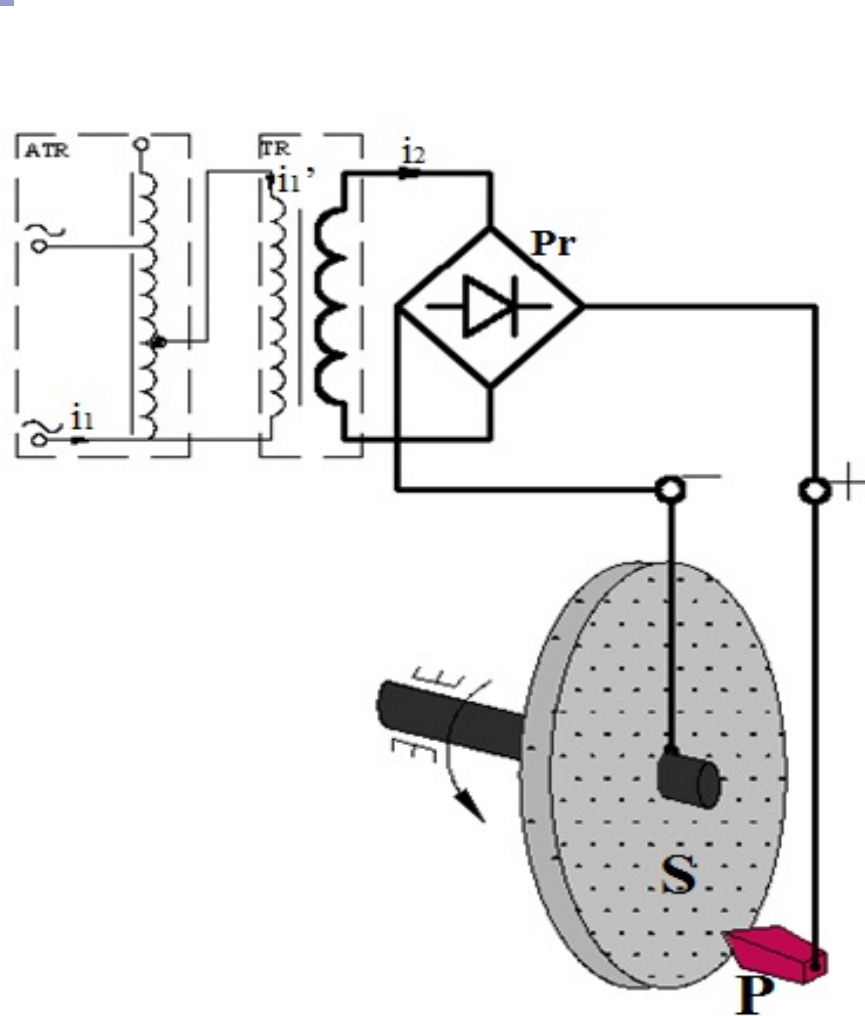


Fig.3.26 *Ascuțirea sculelor așchietoare*

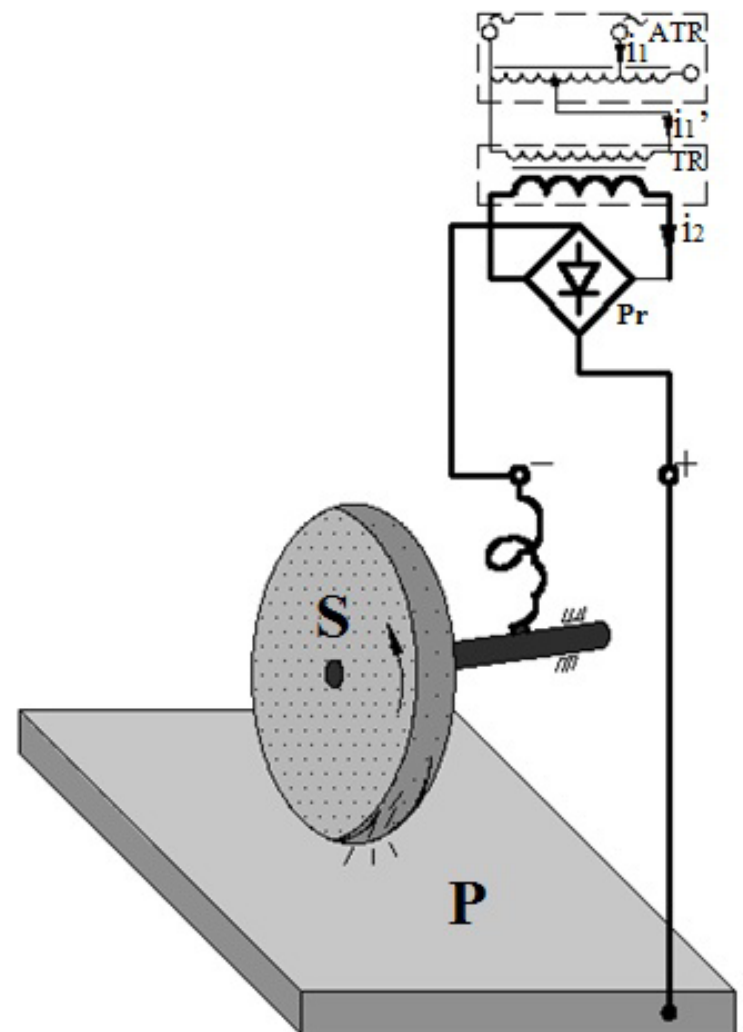


Fig.3.27 *Rectificare de suprafață plană*

De asemenea, se pot efectua rectificări de suprafețe plane, Fig.3.27, sau profilate; curățire de oxizi, Fig.3.28, găuriri, mortezare, dăltuire etc.

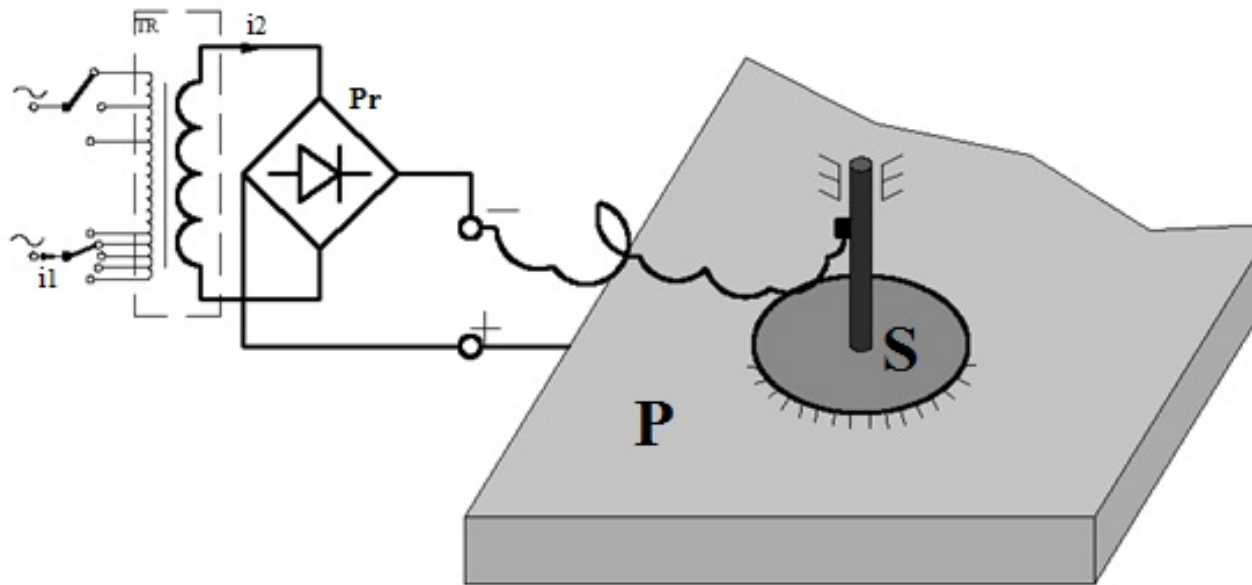


Fig.3.28 *Curățire de oxizi*

Ca sursă de curent continuu constant se pot folosi instalații având la baza dispozitive semiconductoare de putere specializate, pentru sudura în curent continuu, când se dispune de acestea, rezultatul fiind mai bun funcțional și economic.

Uneori este necesar un aport suplimentar de căldură reglabilă în zona de lucru concomitent cu prezența unui câmp magnetic realizabile cu convertoare multiple de energie. În continuare sunt descrise câteva soluții pentru a realiza aceste condiții. În Fig.3.29 se prezintă o soluție obținută folosind statorul unui motor asincron monofazat sau trifazat dimensionat corespunzător, la care rotorul este înlocuit cu piesa P, unde curenții turbionari datorăți câmpului învârtitor al statorului încălzesc piesa respectivă.

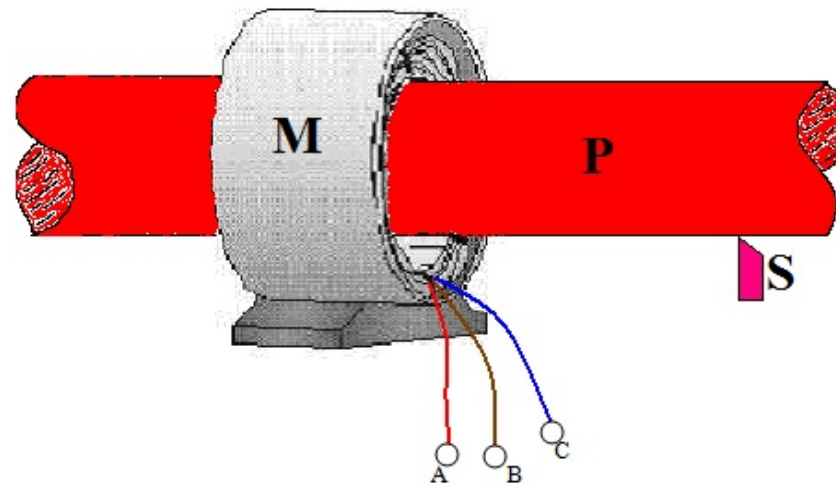


Fig.3.29 *Generarea de câmp magnetic și termic suplimentar pentru piesa prelucrată cu un dispozitiv de tip motor asincron*

Se poate utiliza și stator de motor asincron tip arc Ma sau dublu arc, rotorul fiind piesa P, Fig.3.30.

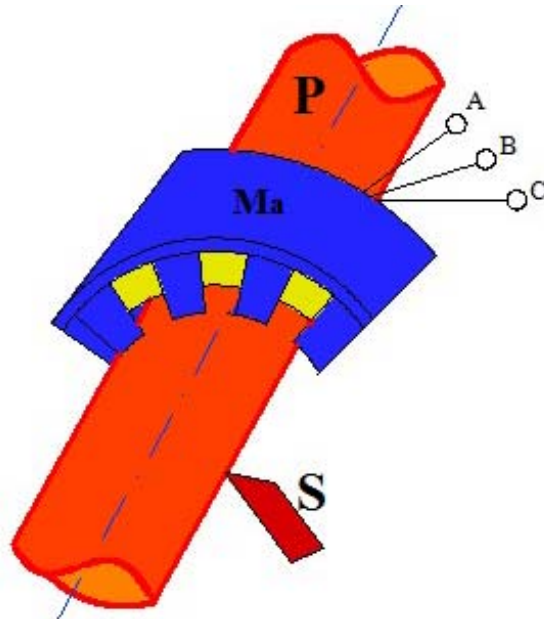


Fig.3.30 *Generarea de câmp magnetic și termic suplimentar pentru piesa prelucrată cu un dispozitiv de tip motor asincron tip arc*

În Fig.3.31 este redată o soluție în care se apelează la statorul cu poli a unui motor M, unde partea mobilă este blocată, fiind piesa P, încălzită de sursa M prin curenții turbionari induși, similar cazurilor anterioare.

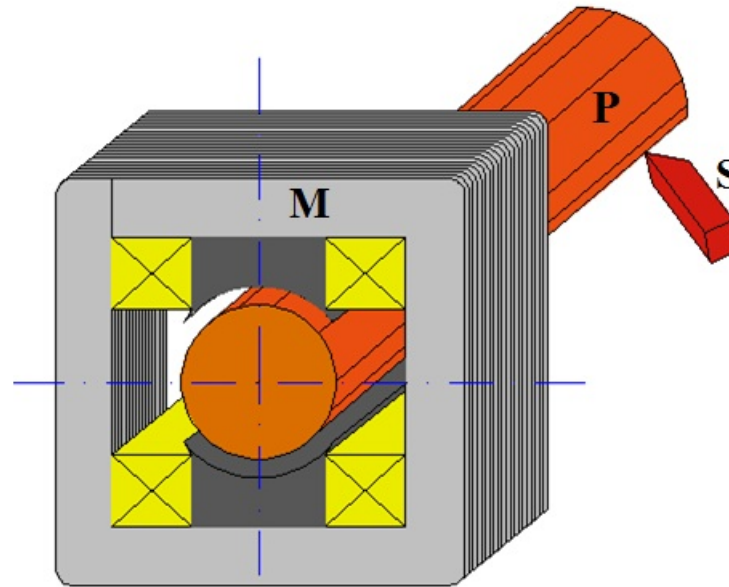


Fig.3.31 *Generarea de câmp magnetic și termic suplimentar pentru piesa prelucrată cu un dispozitiv de tip motor cu o pereche de poli*

Fig.3.32 prezintă un dispozitiv folosind drept sursă auxiliară de energie termică și magnetică armătura fixă a unui electromagnet monofazat de curent alternativ EM, în care, drept armătură mobilă apare piesa P prelucrată prin scula S.

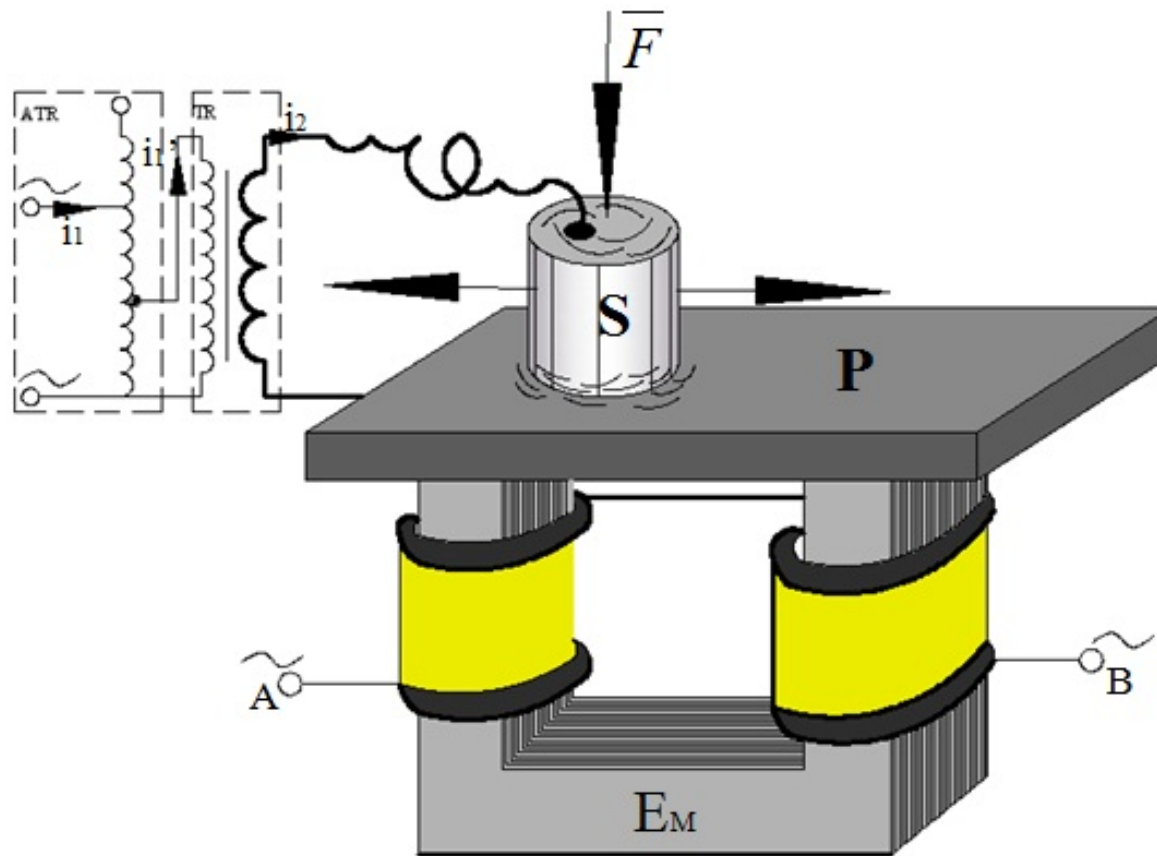


Fig.3.32 *Generarea de câmp magnetic și termic suplimentar pentru piesa prelucrată cu armătura fixă a unui electromagnet*

În același scop, încălzirea suplimentară a piesei P concomitent cu magnetizarea acesteia se poate face prin situarea ei ca indus a unui motor asincron liniar monofazat sau trifazat, Fig.3.33, alimentat clasic sau să ofere un câmp magnetic pulsatoriu în cazul în care nu se cere deplasarea piesei P.

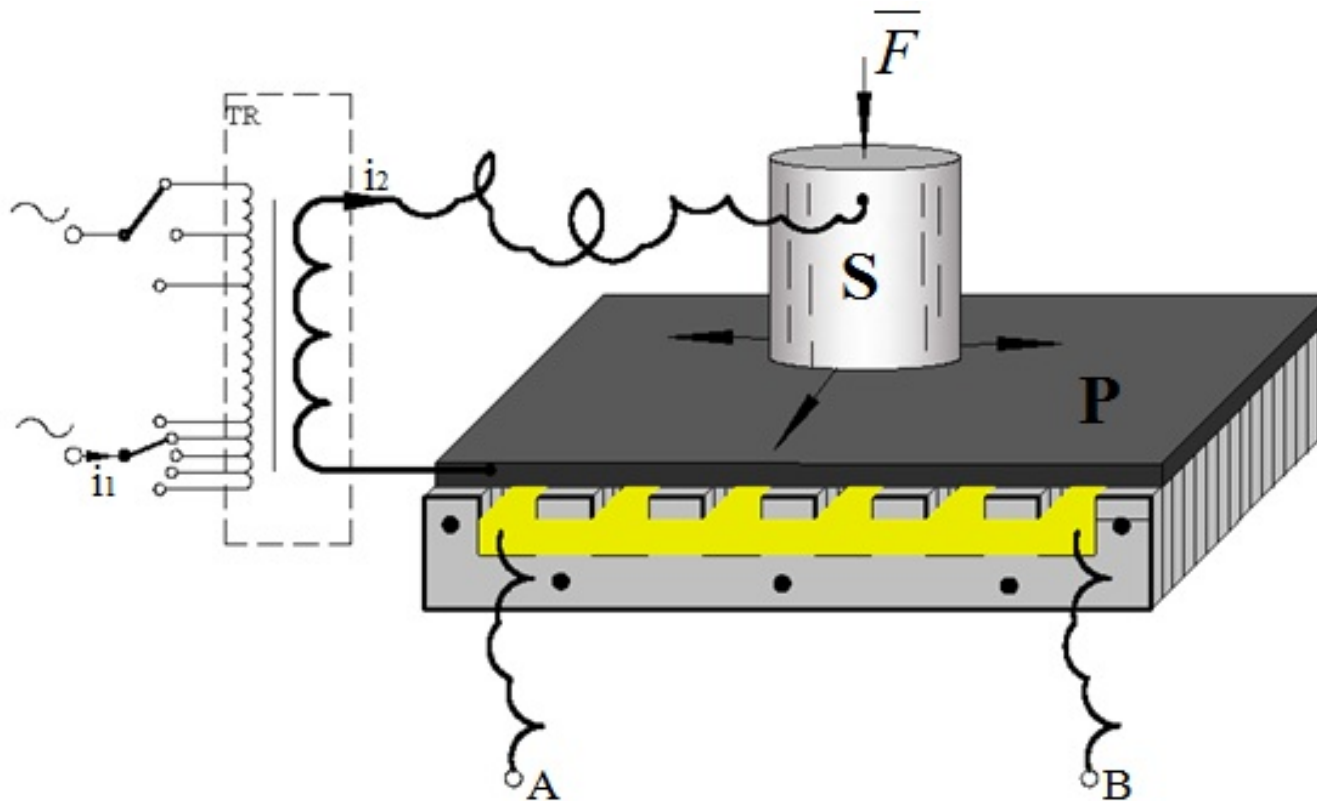


Fig.3.33 Generarea de câmp magnetic și termic suplimentar pentru piesa prelucrată cu un dispozitiv de tip motor liniar

Plonjoare magneto-termo-mecanice

Cel mai simplu plonjor magneto-termo-mecanic, Fig.3.34, are construcția similară unei bobine cilindrice sau cu secțiunea pătrată, St (sursă triplă de energie) din conductor dreptunghiular rigidizat cu rășini de turnare pentru a fi izolat electric de lichid și să nu influențeze compoziția acestuia.

Bobina St, realizează conversia energiei electrice în energie magnetică a cărui câmp magnetic există în tot volumul de lichid L, conținut în vasul V.

Mișcarea lichidului se poate produce datorită diferențelor de potențial termic în volumul acestuia sau cu elemente adăugate.

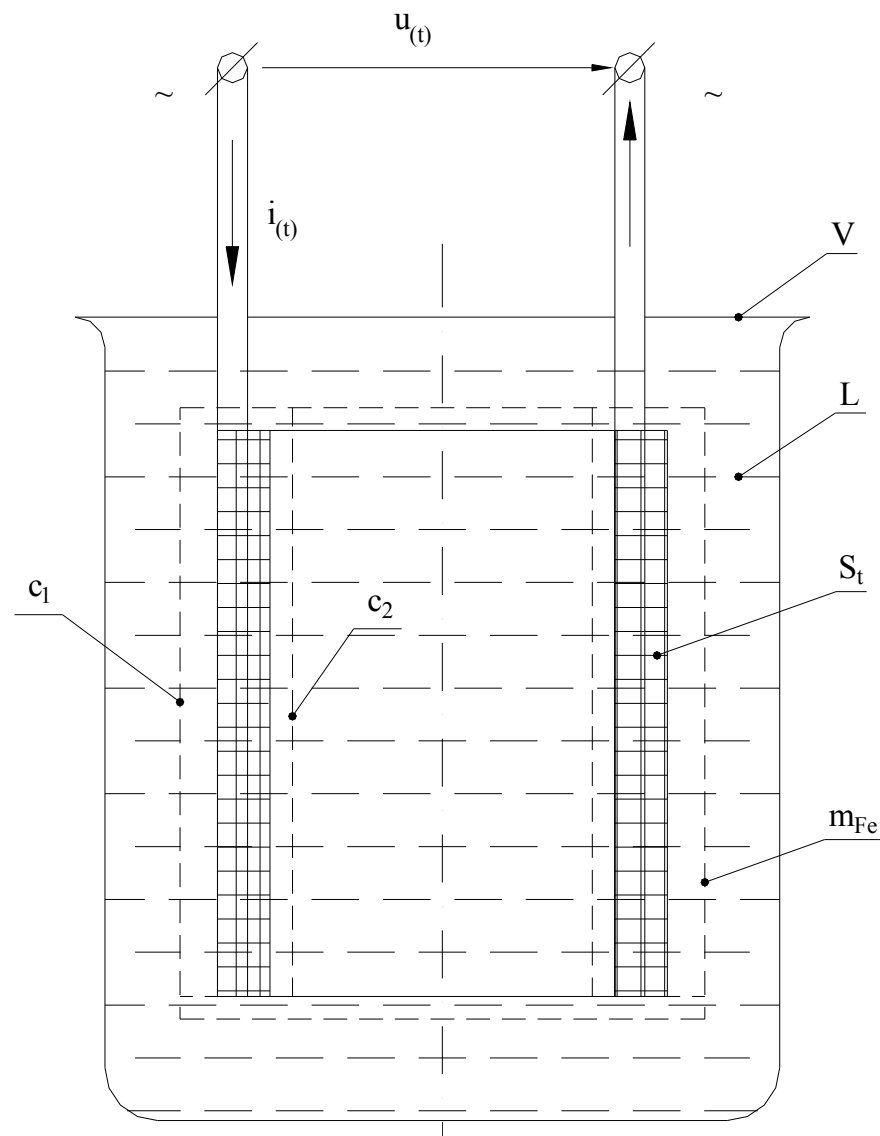


Fig.3.34 Plonjor magneto-termo-mecanic

Se pot folosi, Fig.3.35, doi cilindri coaxiali, C1 și C2, feromagnetici, care au nervuri de întărire n_i , situate la distanțe egale, având pe suprafețele cilindrice decupate fante, ansamblul formând pe fiecare cilindru „n” lamele vibratoare, l_v , dimensionate să funcționeze la rezonanță mecanică totală, vibrațiile mecanice fiind transmise în tot volumul lichidului.

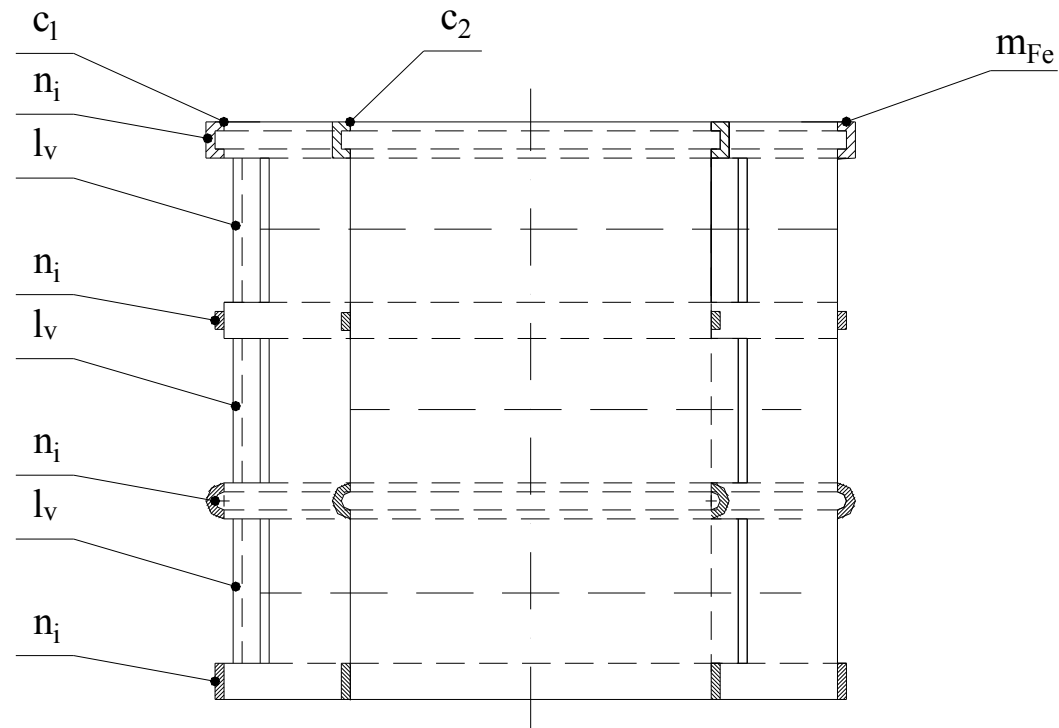


Fig.3.35 Vas nichelat cu pereți subțiri

În exemplul prezentat în Fig.3.36, plonjorul magneto-termo-mecanic oferă lichidului vibrații mecanice care pot fi maximizate în condiții de rezonanță. Astfel, pe un cilindru izolant cu nervuri, C_n , situate la distanțe egale, se înfășoară o bandă feromagnetică b , astfel dimensionată încât să se constituie în „ n ” segmente egale de bară cu secțiunea dreptunghiulară sprijinite la capete încât să aibă frecvența proprie egală cu dublul frecvenței curentului prin acestea încât să vibreze la rezonanță.

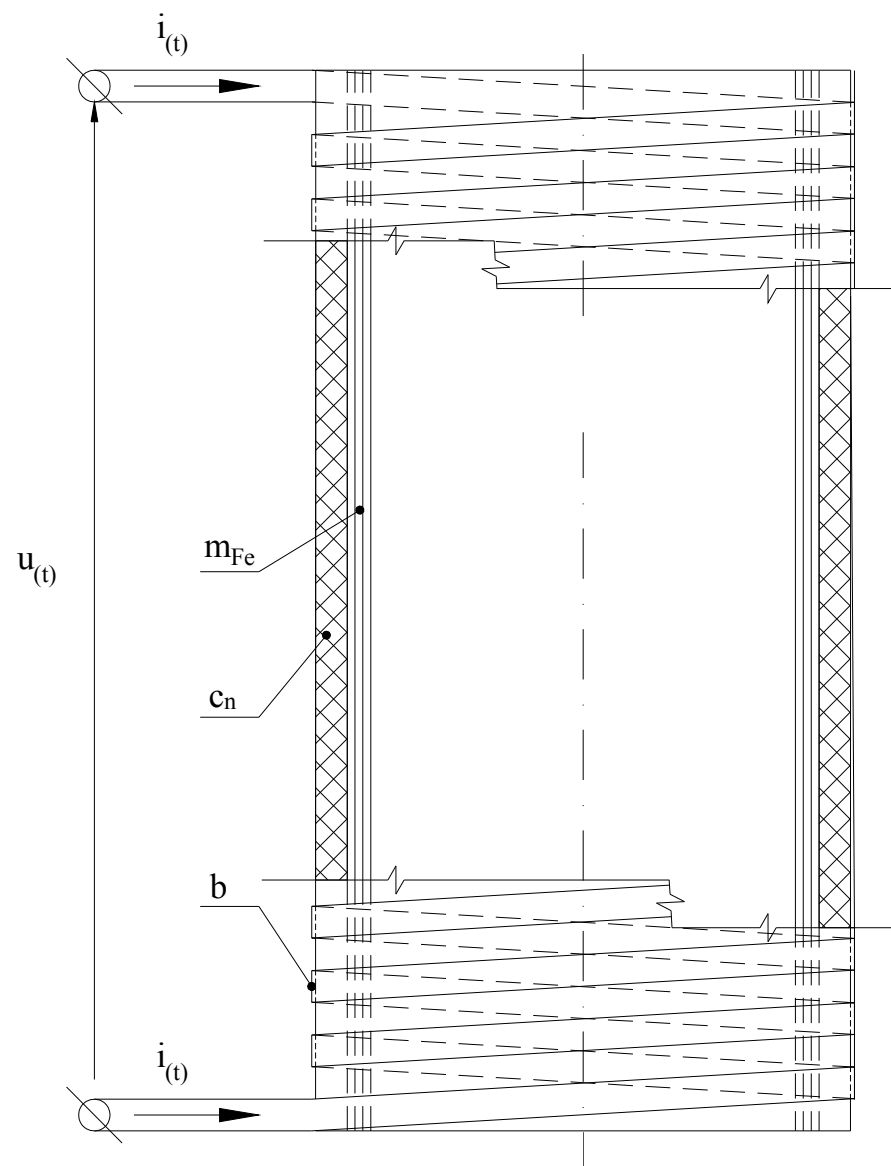
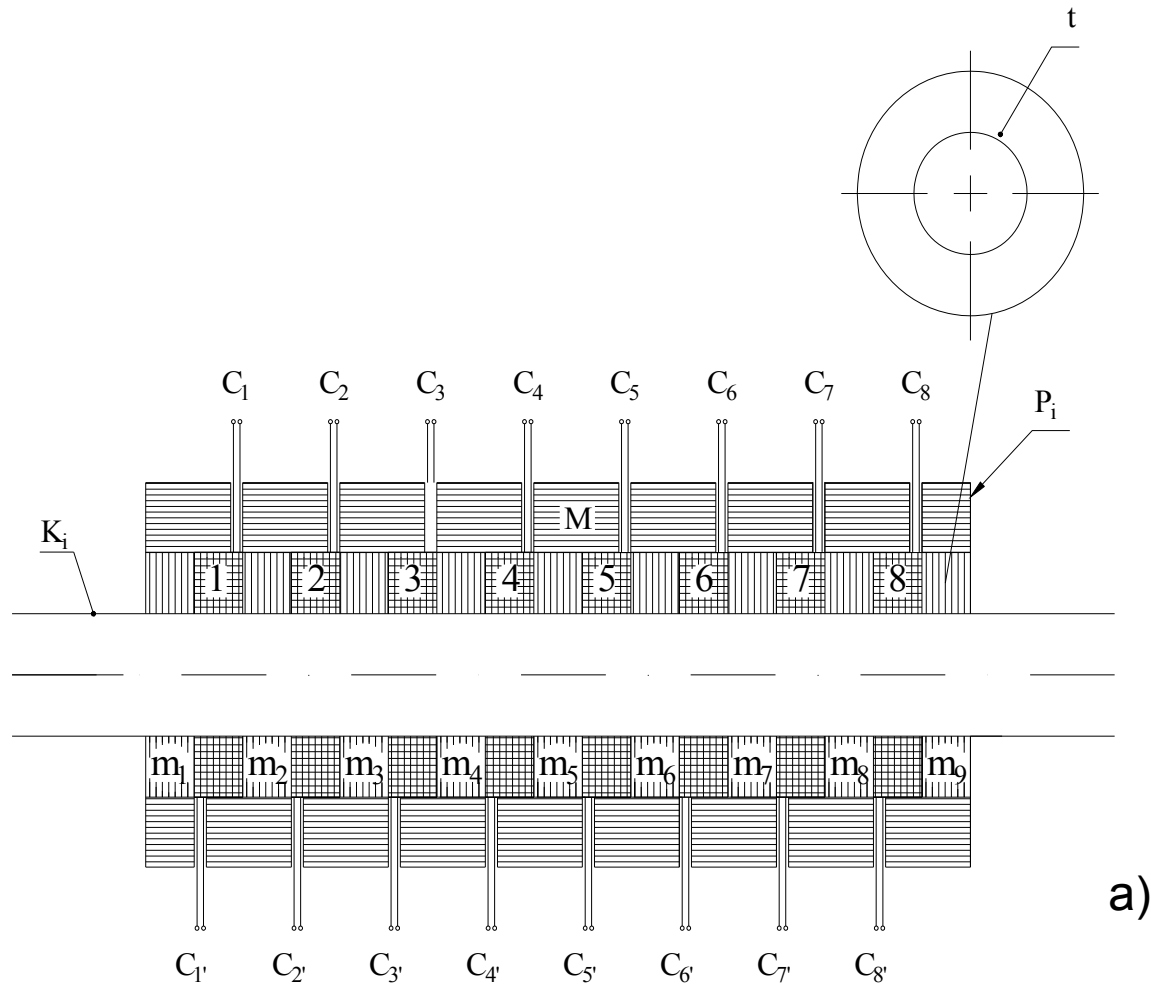
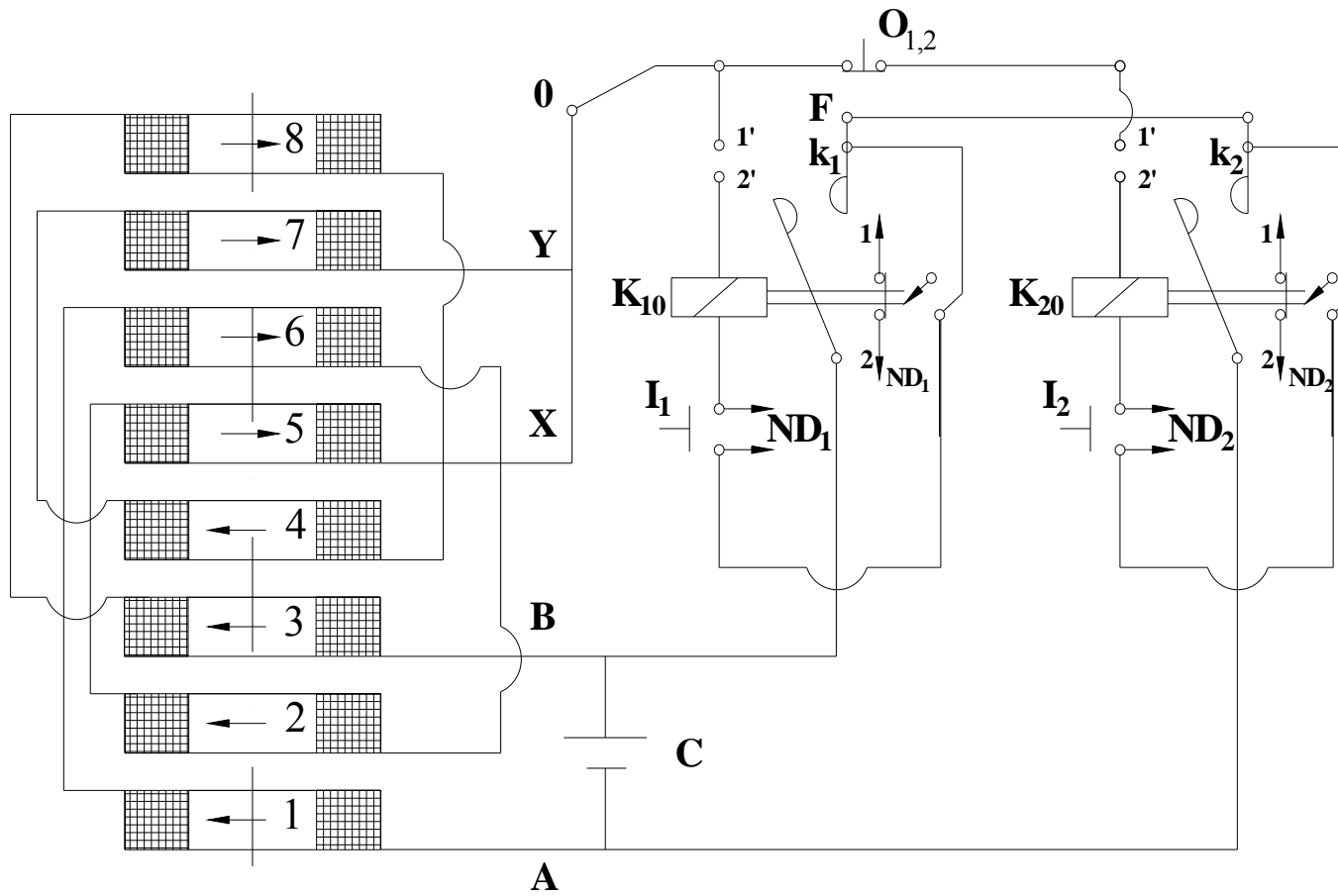


Fig.3.36 Versiune de plonjor magneto-termo-mecanic

Convertor linear modular pentru tratarea în câmp magnetic a lichidelor care circulă în conducte cu secțiune circulară

Dispozitivul electromagnetic linear modular, Fig.3.37, are partea fixă principală construită similar cu statorul monofazat asincron linear.





Infasurarea AX are inseriate bobinele 1-6-2-5
 Infasurarea BY are inseriate bobinele 3-8-4-7

b)

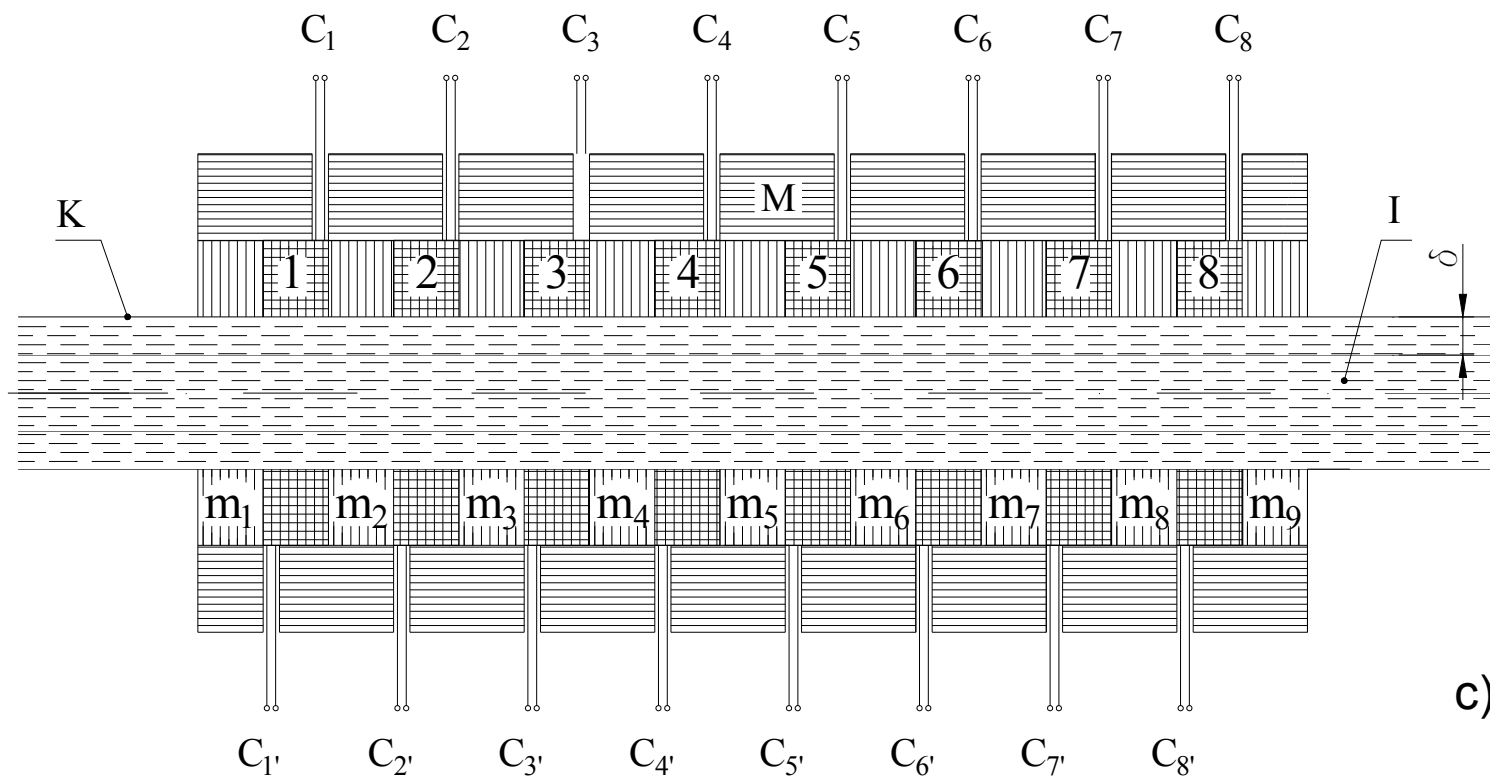


Fig.3.37 *Dispozitivul electromagnetic liniar modular*

În prezența capacității C , dispozitivul electromagnetic se comportă ca un motor liniar monofazat asincron, iar în absența acesteia câmpul magnetic devine pulsatoriu, încât aceste dispozitive oferă două posibilități: câmp magnetic turnant sau pulsatoriu. Schema electrică nu are figurat sistemul de protecție la suprasarcini și scurtcircuite.

Modulul electromagnetic poate avea un indus metalic I , Fig.3.37c, construit ca la motoarele asincrone monofazate liniare, dar cu întrefierul δ , cilindric în care se află lichidul L , unde se pot obține inducții mai mari decât la primul caz. Indusul I , fiind calat, are loc o încălzire a acestuia, deci o conversie a energiei în care sunt prezente toate efectele cunoscute: magnetic, mecanic și termic.

În cazul unor conducte K, lungi, Fig.3.38, pot fi montate „n” dispozitive electromagnetice liniare modulare independente care pot fi comandate să aibă toate același sens al acțiunii câmpului magnetic sau se poate folosi alternarea sensurilor după necesități.

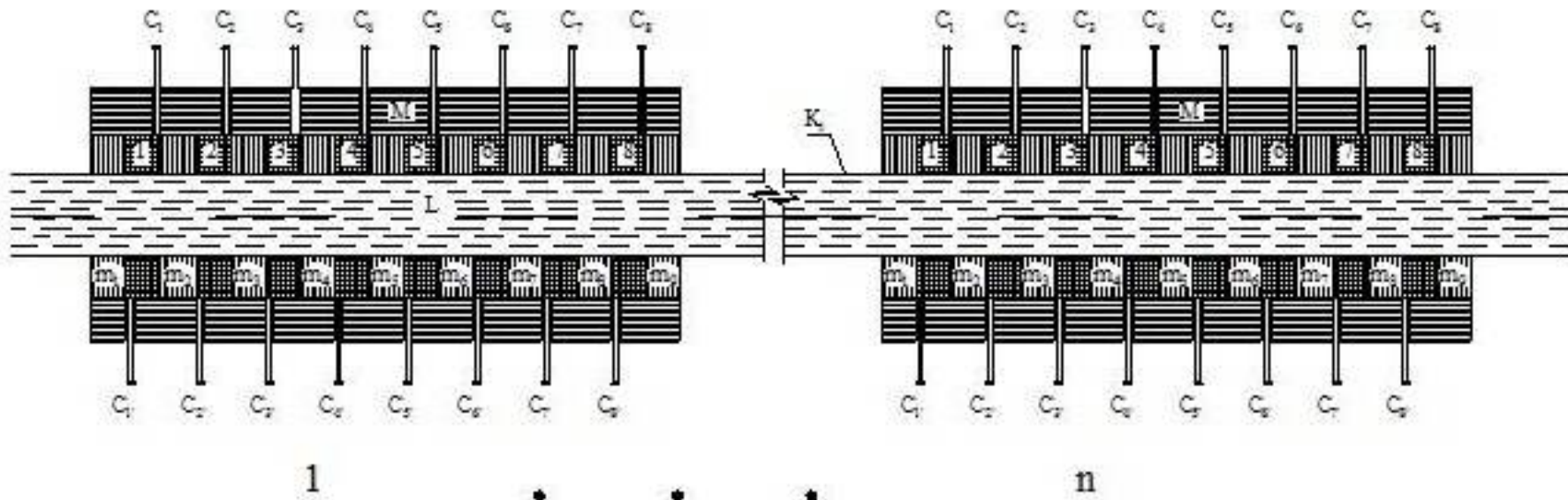



Fig.3.38 „n” dispozitive electromagnetice liniare modulare



Avantajele utilizării unor astfel de dispozitive electromagnetice sunt următoarele:

- construcție modulară cu avantajele economice pe care aceasta le oferă; circuitul magnetic în construcție specială care oferă robustețe și siguranță în funcționare;

- adaptabilitate la toate conductele circulare cunoscute;

- posibilitatea de a folosi toate formele de energie rezultate din conversie: magnetică, mecanică și termică;

- fabricarea cu materiale și tehnologii existente;

- se poate realiza pentru orice putere dorită;

- ușor de introdus în sisteme automatizate.