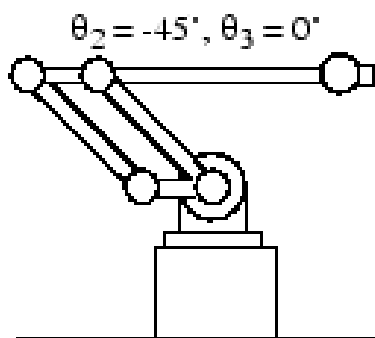
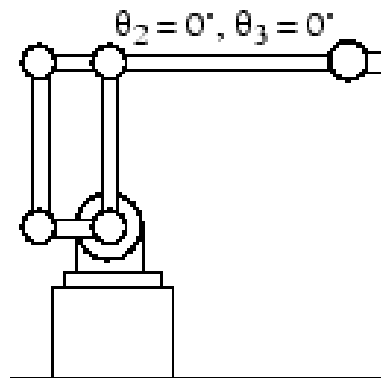


SISTEME DE ACTIONARE

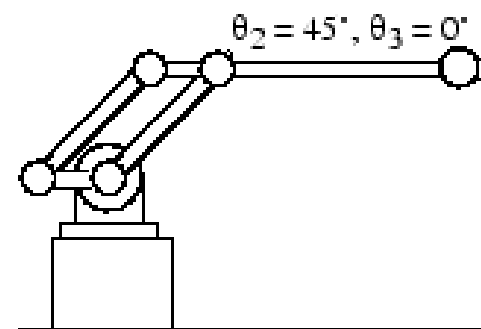
II



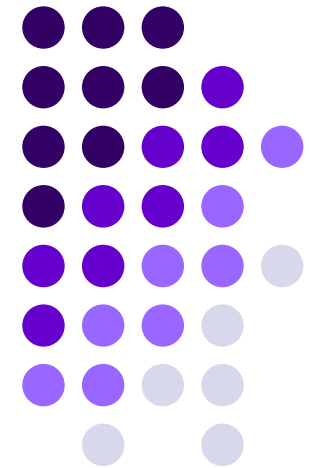
$$J_1 = 215 \text{ kgm}^2$$

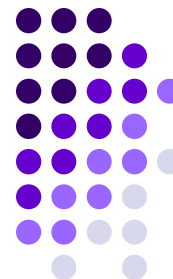


$$J_1 = 170 \text{ kgm}^2$$



$$J_1 = 340 \text{ kgm}^2$$



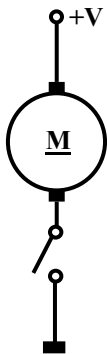
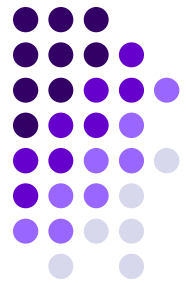


Cuprins_8

Actionarea electrica prin motoare de c.c. (III)

- Convertoarele statice pentru m.c.c
- Verificarea la incalzire a m.c.c.

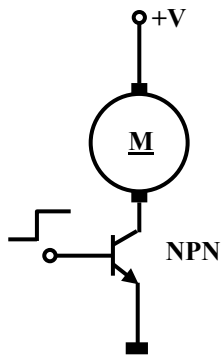
Amplificatoare finale



Comanda servomotorului de c.c. depinde de tipul amplificatorului final sau, mai general, de tipul convertorului static care alimentează indusul.

- Amplificatoare liniare, sau de clasa “A”;
- Amplificatoare cu impulsuri, sau de clasa “B”.

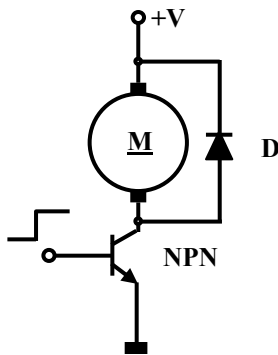
*Amplificatoarele liniare (clasa A) se caracterizează prin aceea că **formele de undă ale tensiunii și curentului furnizat indusului sunt perfect netede.***



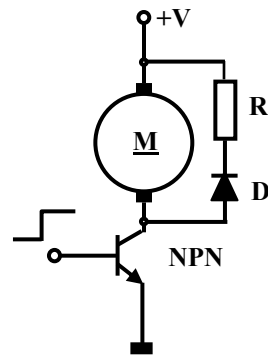
a)

$$U_L = L \cdot \frac{di}{dt}$$

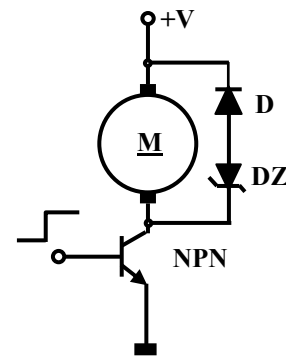
$$W_L = \frac{L \cdot i^2}{2}$$



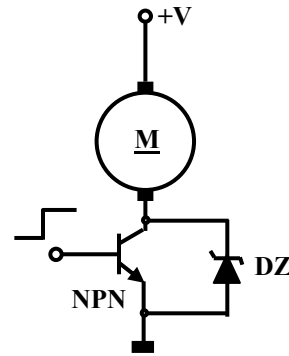
b)



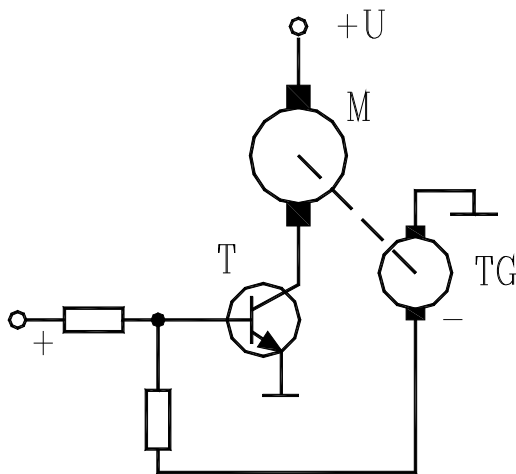
c)



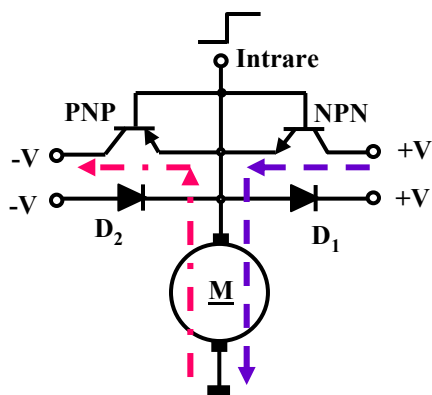
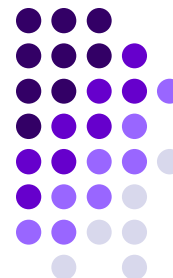
d)



Protecție tranzistor NPN



- Schema principială de comandă cu amplificator liniar;
- Varianta de comandă este nereversibilă în circuit închis, funcție de viteza tahogeneratorului TG;
- Deși reprezintă cele mai simple sisteme de reglare a vitezei servomotoarelor de c.c., schemele cu amplificatoare liniare sunt limitate pentru puteri mici, din cauza puterii disipate pe tranzistorul final.



Schema de alimentare bi-directionala a unui m.c.c

- 2 surse de tensiune de alimentare (+ - V)
- 1 tranzistor NPN
- 1 tranzistor PNP
- diodele D1 si D2 pentru protectia tranzistoarelor

Intrare: $U_i \geq 0.6 V$

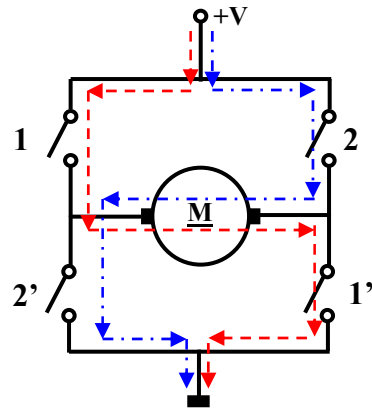
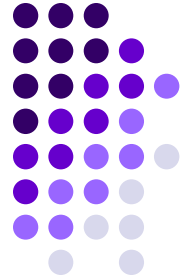


- tranzistorul NPN – in conductie
- tranzistorul PNP – blocat

Intrare: $U_i \leq -0.6 V$ →

- tranzistorul NPN – blocat
- tranzistorul PNP – in conductie

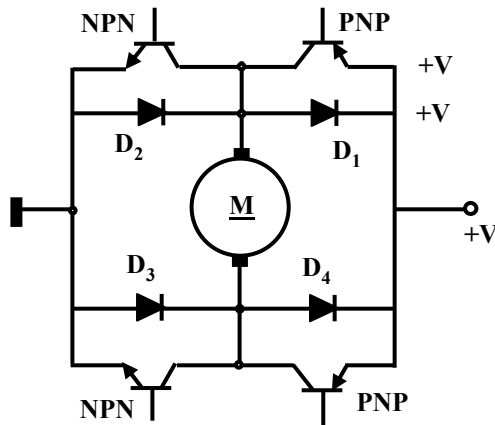
Puntea H



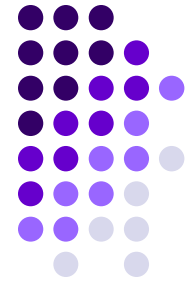
- Contactele 1+1' închise
- Contactele 2+2' deschise



- Contactele 1+1' deschise
- Contactele 2+2' închise



- 1 sursa de tensiune
- 2 transitoare PNP
- 2 tranzistoare NPN
- diodele D1 ...D4 pentru protectia transitoarelor
- contactele 1, 1', 2, 2' sunt inlocuite cu tranzistoare



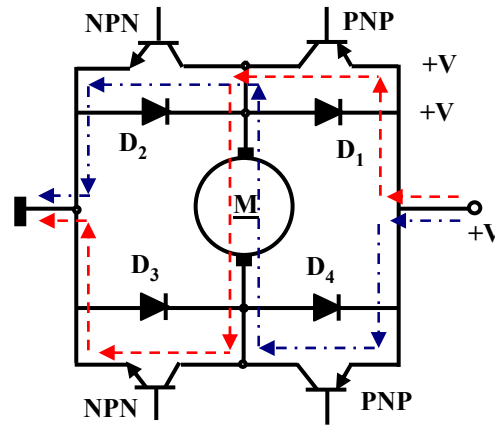
TEXAS Instr.

L293

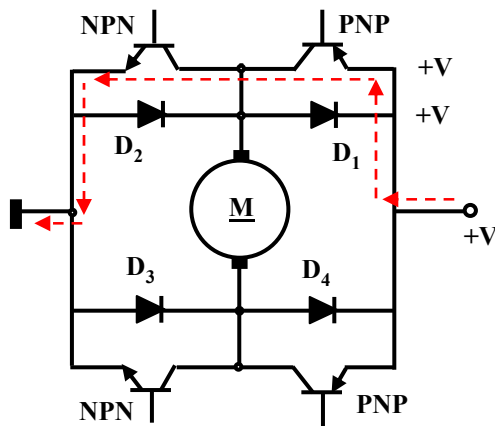
L298

**NATIONAL
Semiconductor**

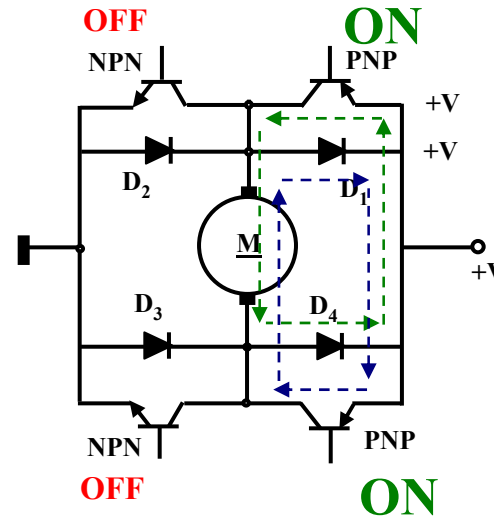
LMD18200



Functionare corecta bidirectionala

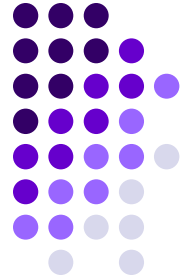


Circuit sursa – masa cu efect negativ asupra componentelor



Frinare dinamica

Amplificatoare cu impulsuri (clasa B)

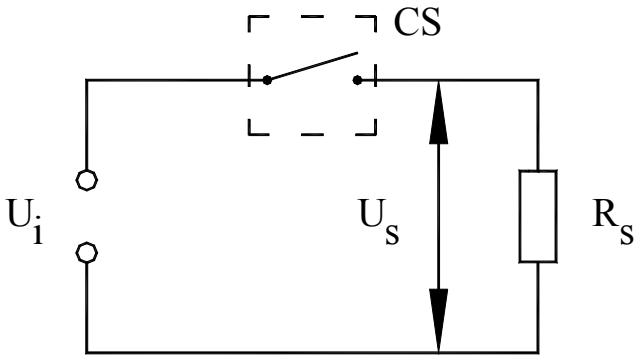
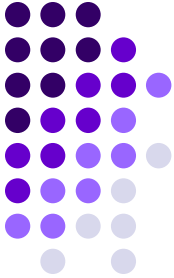


- *Amplificatoarele cu impulsuri* se caracterizează prin forme de undă discontinue ale tensiunii și curentului prin indus.
- Etajele finale de amplificare lucrează în regim de comutație, definit prin două stări limită: *saturație (conducție)* și *blocate (întrerupere)*.
- *Procedeul de comandă nominalizat mărește puterea sarcinii amplificatorului, iar caracteristicile servomotorului depind de valorile medii ale tensiunii și curentului prin indus.*

Există trei categorii de amplificatoare cu impulsuri reprezentând tot atâtea metode de comandă:

- Amplificatoare cu lățimea variabilă a impulsurilor **PWM** (**P**ulse - **W**idth - **M**odulated amplifiers);
- Amplificatoare cu frecvența variabilă a impulsurilor **PFM** (**P**ulse - **F**requency - **M**odulated amplifiers);
- Amplificatoare pe bază de **tiristoare**.

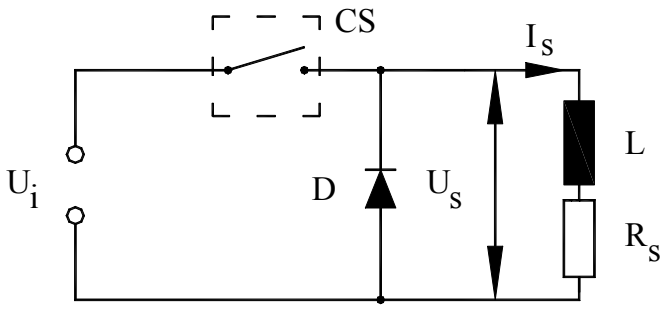
PWM

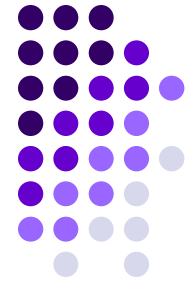
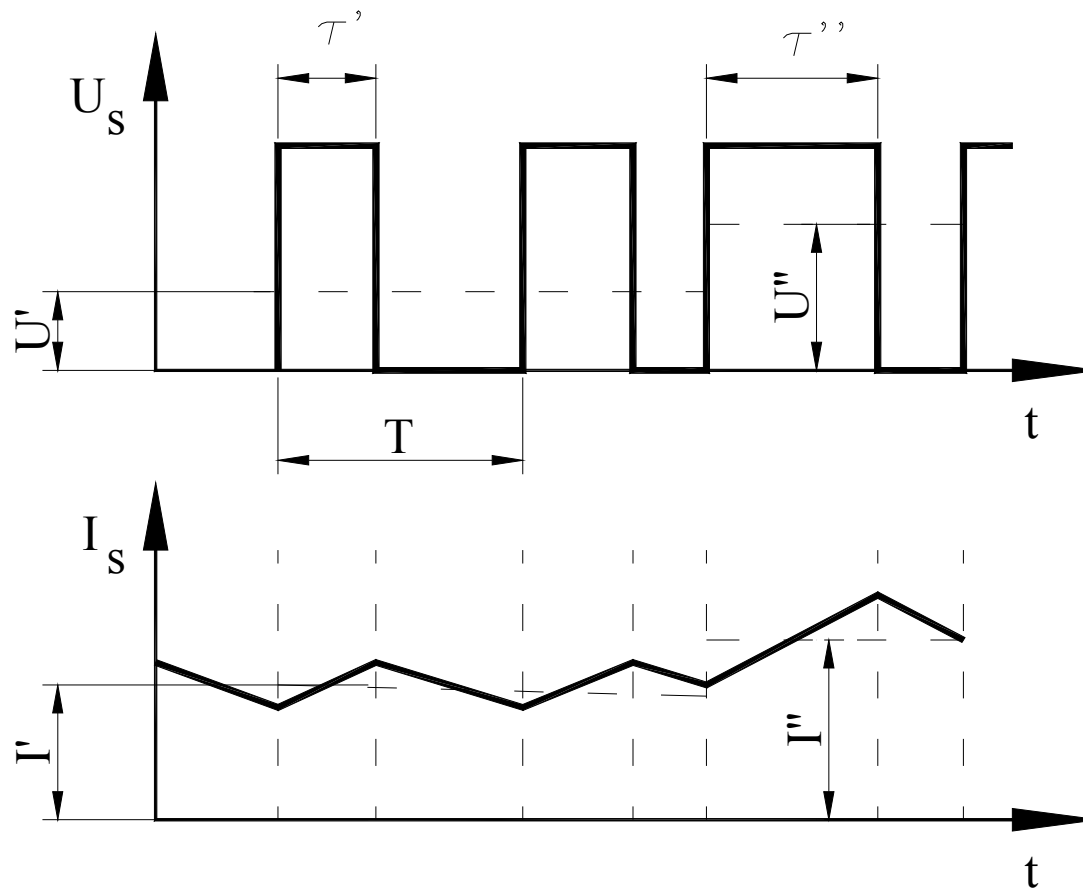


$$U_s = \frac{1}{T} \int_0^{T_C} u_{s(t)} dt = \frac{1}{T} \int_0^{T_C} u_i dt = \frac{U_i \cdot T_C}{T} = k \cdot U_i$$

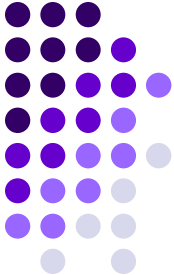
$$k = \frac{T_C}{T}$$

- se închide întreruptorul un timp T_C (timp de conducție) și se deschide un timp $T - T_C$ unde T este perioada impulsurilor
- K = factorul de comandă a convertorului static

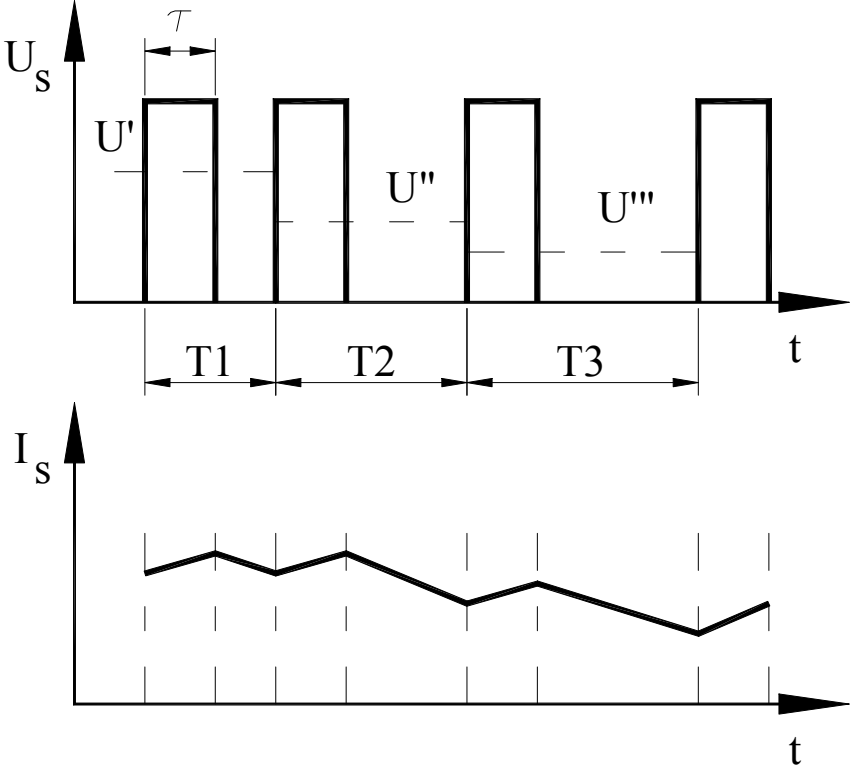


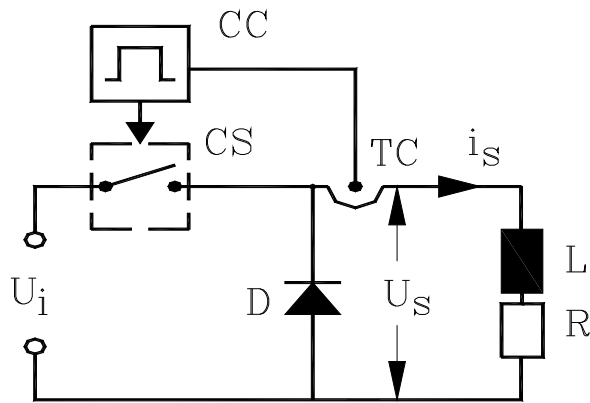


PFM

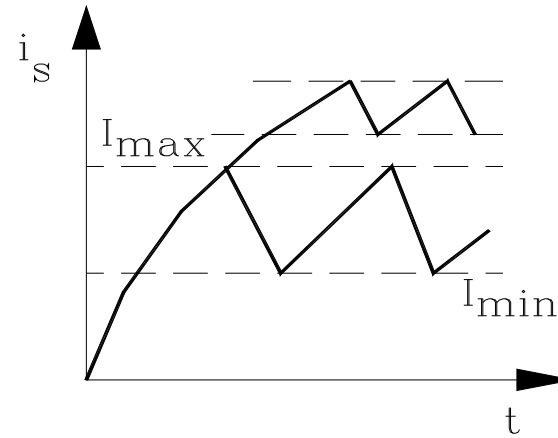


$$U_0 = \frac{1}{T} \int_0^T u_s(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^{T_0} U_i dt = \frac{T_0}{T} \cdot U_i = f \cdot T_0 \cdot U_i$$





a)



b)

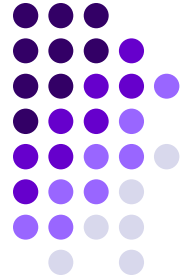
- TC – traductor de curent
- CC – circuit de comanda

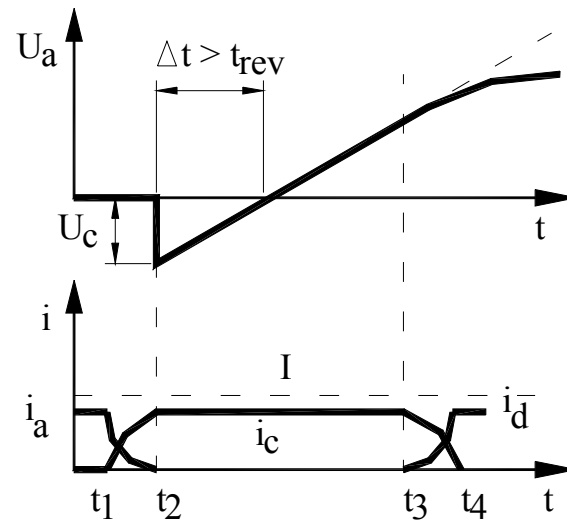
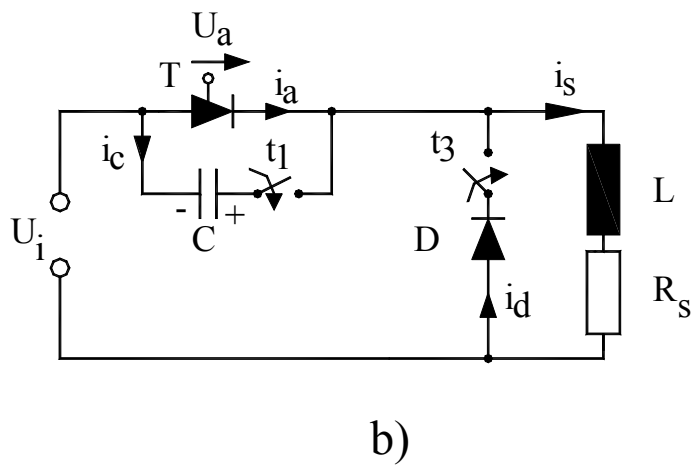
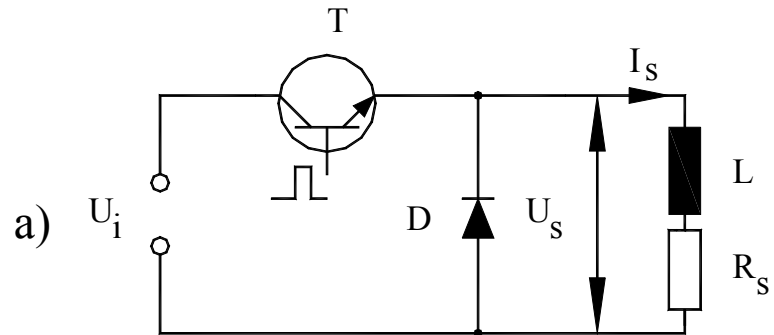
$$\Delta I = I_{\max} - I_{\min}$$

$$i_s = I_{\max} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

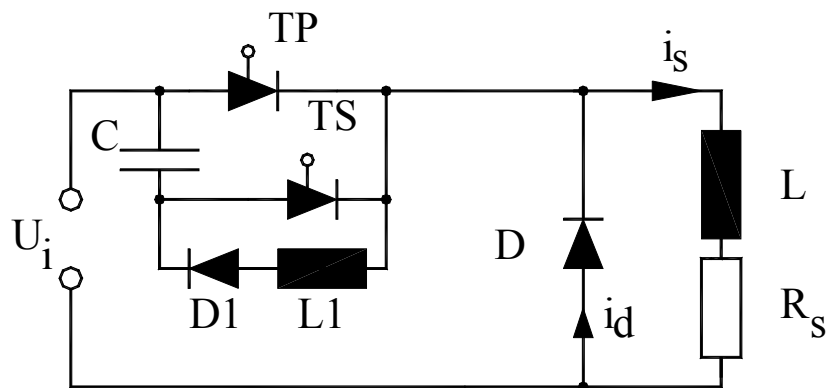
$$i_s = \frac{U_i}{R} \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

$$\tau = \frac{L}{R}$$

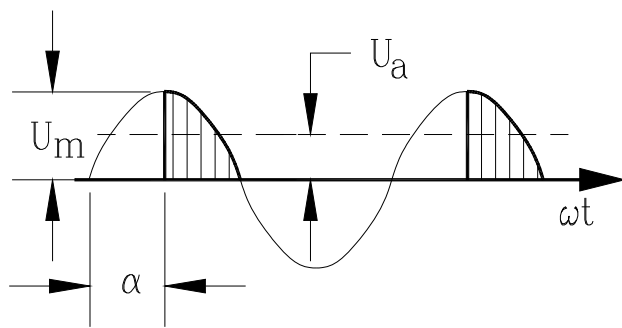
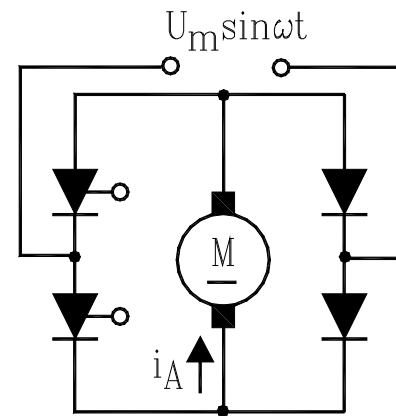
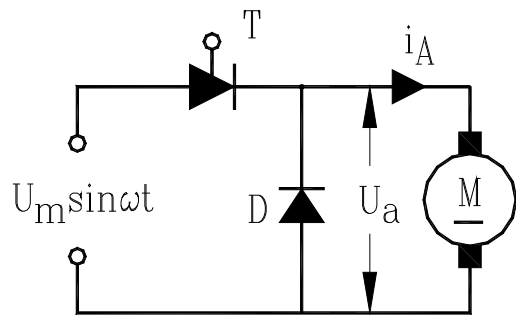
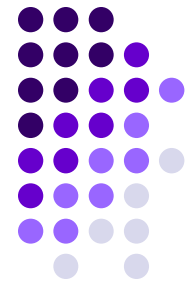




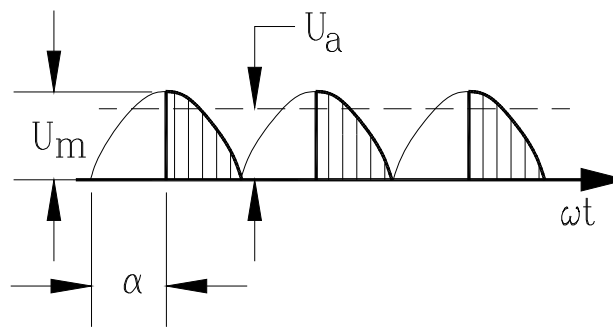
c)



Condiția de funcționare fără întreruperi de curent este satisfăcută prin micșorarea perioadei impulsurilor sub valoarea constantei de timp electrice a motorului. La motoarele de c. c. de putere convenționale, constanta de timp electrică fiind de ordinul a 0,01... 0,1 s, condiția de mai sus se poate realiza cu convertoare statice cu tiristoare. In cazul servomotoarelor de c.c., din cauza constantei de timp electrice mai reduse (10^{-6} ... 10^{-3} s), condiția amintită. se poate realiza numai cu tranzistoare de putere.

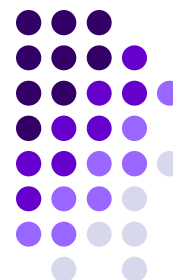


a)

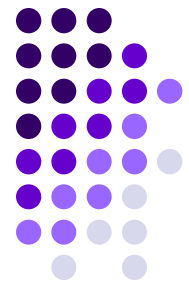


b)

Complemente de comanda și reglare automată

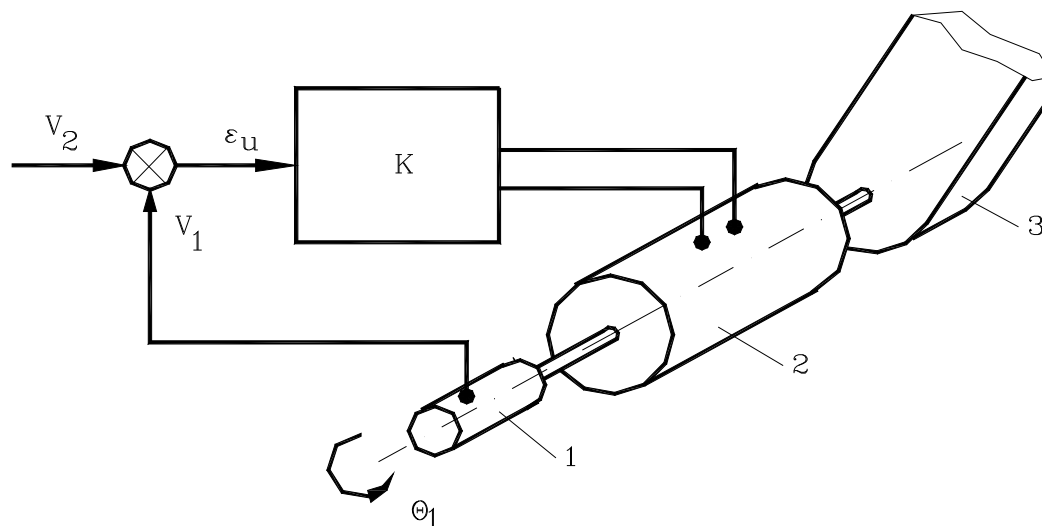


- **partea de forță** compusă din electronica de putere, aparatele de protecție și comutație transformatoare, etc.
- **partea de reglare** care este compusă din reglatoare, sistemul de comandă, semnalizare, etc.
- **operații tehnologice cu model geometric** - scopul realizării modelului geometric constă în determinarea parametrilor geometrici care descriu deplasările relative ale elementelor din structura robotului industrial, la poziții cunoscute ale punctului caracteristic din obiectul manipulat.
- **operații tehnologice cu model cinematic** - scopul realizării modelului constă în determinarea vitezei și accelerației (parametri cinematici) elementelor dispozitivului de ghidare în condițiile cunoașterii vitezei și accelerației obiectului manipulat.
- **operații tehnologice cu model dinamic** - realizarea modelului dinamic urmărește determinarea forței generalizate motoare în condițiile cunoașterii parametrilor cinematici ai mișcării obiectului manipulat și a forțelor ce acționează asupra acestuia.

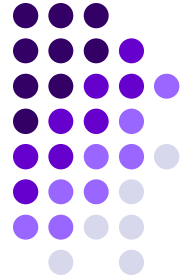


Analiza modelelor mecanice ale operațiilor robotizate arată că la baza conducerii (comenzii) roboților industriali stau trei algoritme:

- algoritmul geometric (comanda în poziție);
- algoritmul cinematic (comanda în viteză);
- algoritmul dinamic (comanda în forță).



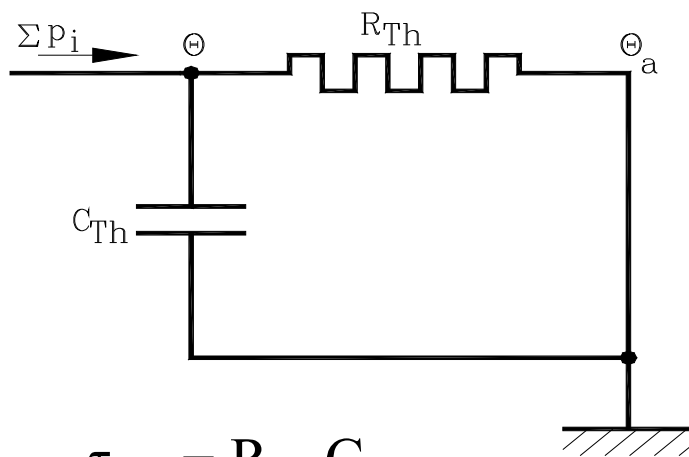
Verificarea la incalzire a servomotoarelor de c.c.



$$\sum p_i = RI^2 + \alpha \cdot \Omega + \beta \cdot \Omega^2$$

Practic servomotoarele de curent continuu sunt din clasa de izolație F pentru care **temperatura limită este de 150 °C**

Schema cu un singur nod se aplică motoarelor omogene: motoare clasice și motoare cu magneți permanenți având indus bobinat pe circuit feromagnetic.

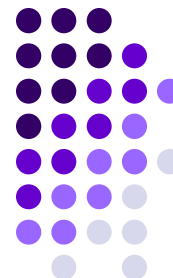


$$\tau_{Th} = R_{Th} C_{Th}$$

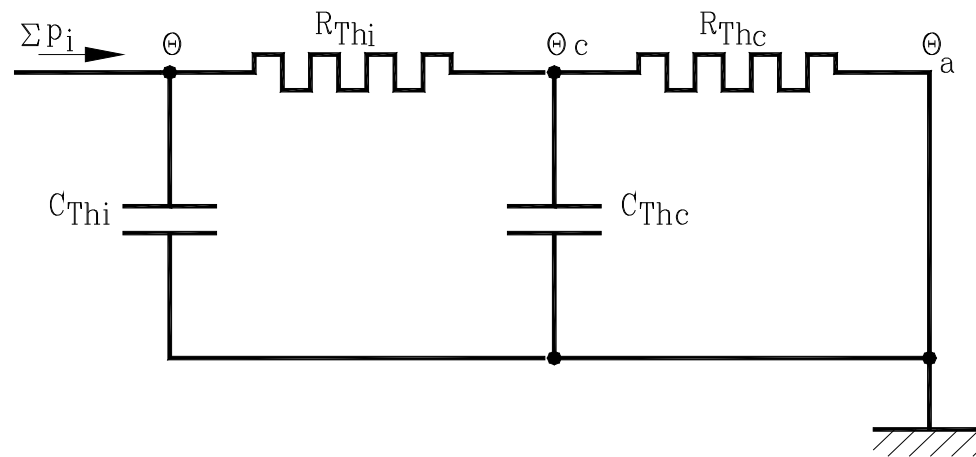
- C_{Th} – capacitatea termică a motorului [$J/^\circ C$]
- R_{Th} – rezistența termică a motorului [$^\circ C/W$]
- θ_a - temperatura mediului ambiant [$^\circ C$]
- τ_{Th} – constanta de timp termica a motorului

$$\sum p_i = C_{Th} \frac{d\theta}{dt} + \frac{\theta - \theta_a}{R_{Th}}$$

$$\Delta\theta = \left(\sum p_i \right) \cdot R_{Th} \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_{Th}}} \right)$$



Schema cu două noduri se aplică motoarelor de construcție neomogenă: motoare cu rotorul în forma de pahar, motoarelor cu întrefier axial



$$\sum P_i = C_{Thi} \cdot \frac{d\theta_i}{dt} + \frac{\theta_i - \theta_c}{T_{Thi}}$$

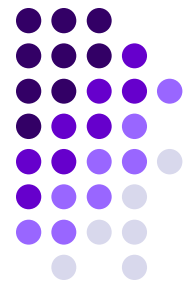
Incalzirea indusului

$$\Delta\theta_i = \theta_i - \theta_c$$

$$\frac{\theta_i - \theta_c}{R_{Thi}} = C_{Thc} \cdot \frac{d\theta_c}{dt} + \frac{\theta_c - \theta_a}{R_{Thc}}$$

Incalzirea carcusei

$$\Delta\theta_c = \theta_c - \theta_a$$



$$\Delta\theta_i(t) = \left(R_{Thc} + R_{Thi} \right) \cdot \sum p_i + k_1 \cdot e^{-\frac{t}{\tau_1}} + k_2 \cdot e^{-\frac{t}{\tau_2}}$$

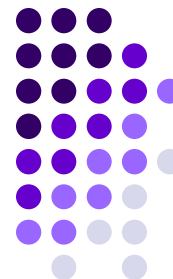
$$\Delta\theta_c(t) = R_{Thc} \cdot \sum p_i + K_1 \cdot e^{-\frac{t}{\tau_1}} + K_2 \cdot e^{-\frac{t}{\tau_2}}$$

- τ_1 și τ_2 sunt soluțiile reale ale ecuației:

$$\tau_{Thi} \cdot \tau_{Thc} \cdot \tau^2 + \left(\tau_{Thi} + \tau_{Thc} + \frac{R_{Thc}}{R_{Thi}} \cdot C_{Thi} \right) \cdot \tau + 1 = 0$$

- k_1, k_2, K_1, K_2 sunt constante care verifică condițiile inițiale termice și relațiile

$$K_1 = k_1 \cdot \left(1 - \frac{\tau_{Thi}}{\tau_1} \right) \qquad K_2 = k_2 \cdot \left(1 - \frac{\tau_{Thi}}{\tau_2} \right)$$



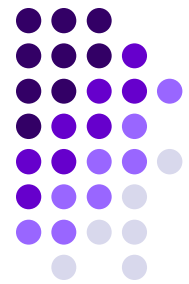
Pentru regimuri de funcționare de lungă durată ($t > \tau_{Th}$) relațiile anterioare devin:

$$\Delta\theta_i = (R_{Thc} + R_{Thi}) \cdot \sum p_i$$

$$\Delta\theta_c = R_{Thc} \cdot \sum p_i$$

Pentru pierderi periodice, cu perioada aproximativ egală cu constanta de timp termică, firmele recomanda:

$$\Delta\theta_i = I^2 R \cdot \left[R_{Thi} \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_1}} \right) + R_{Thc} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_2}} \right) \right]$$



- Capacitățile termice ale carcasei și indusului se pot considera în general de valori constante. În același timp însă rezistența termică depinde de viteza de rotație, de modul de fixare a motorului, de ventilația auxiliară (de ex. $R_{Thc} = 0.225 \text{ }^{\circ}\text{C/W}$ la o ventilație de 6 l/s și respectiv $R_{Thc} = 0,115 \text{ }^{\circ}\text{C/W}$ la o ventilație de 6 l/s). Rezistența termică pentru un servomotor cu întrefier axial se poate considera constantă dacă este bine ventilat și este montat pe un soclu metalic care permite evacuarea căldurii prin conducție.
- Dacă fenomenele electrice și mecanice tranzitorii au o durată mult inferioară constantei de timp termice cea mai mică, este posibilă definirea unui regim echivalent de un curent:

$$I_e = \sqrt{\frac{\sum_i i_i^2 \cdot \Delta t_i}{\sum_i \Delta t_i}}$$

Exemplul 1

Pentru un servomotor cu rotorul în formă de pahar ce funcționează într-un mediu cu temperatura $\theta_a = 40^\circ\text{C}$, rezistențele termice au valorile: $R_{Th1} = 25^\circ\text{C/W}$ și $R_{Thc} = 8^\circ\text{C/W}$.

Sa se determine incalzirea servomotorului daca puterea cedată la arbore este $P_2 = 2\text{W}$ iar randamentul este $\eta = 0,76$

$$\sum p_i = p_2 \cdot \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right) = 2 \cdot \left(\frac{1}{0,76} - 1 \right) = 0,63 \text{ W}$$

Temperatura indusului (rotorului) va fi pentru un ciclu de funcționare de lungă durată

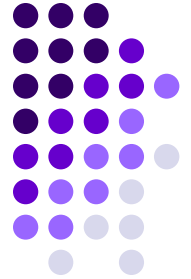
$$\theta_i = 40 + 0,63(8 + 25) = 60,8^\circ\text{C}$$

Pentru servomotorul anterior se consideră că ciclul de funcționare are o durată de 10 s;

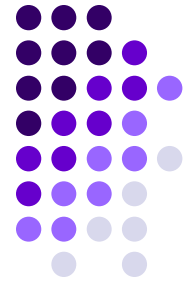
$$\tau_{Thi} = 7,16 \text{ s} \quad \tau_{Thc} = 690 \text{ s}$$

Temperatura rotorului va fi:

$$\theta_i = 40 + 0,63 \cdot \left[8 \cdot \left(1 - e^{-\frac{10}{7,16}} \right) + 25 \cdot \left(1 - e^{-\frac{10}{690}} \right) \right] = 44,25^\circ\text{C}$$



Limite functionale



Zona „1” corespunde regimului permanent;

Zona “2” nu poate fi atinsă decât în regim intermitent sau temporar și corespunde unei zone termice cu ventilație.

Zona “3” definește zona utilizabilă în faza de accelerare sau decelerare.

Zonele “1” și “2” sunt modificabile prin montajul termic al motorului și prin ventilație.

