



به نام خدا
دانشگاه تهران
پردیس دانشکده‌های فنی
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر



الکترومغناطیس

استاد: دکتر محمد نشاط

پروژه شماره 4 :

Simulation of the DC Motor

محمد مهدی عبدالحسینی

810198434

امیرحسین عرفانی منفرد

810198440

روابط حاکم بر موتور DC:

$$\vec{F}_{side a} = i l_1 B \hat{\theta}, \quad \vec{F}_{side a'} = i l_1 B \hat{\theta}$$

$$\vec{\tau}_{side a} = \vec{\tau}_{side a'} = \left(\frac{l_2}{2}\right) i l_1 B \hat{z}$$

$$\vec{\tau}_m = \vec{\tau}_{side a} + \vec{\tau}_{side a'} = l_1 l_2 i B \hat{z}$$

$$K_T \triangleq l_1 l_2 B \rightarrow \tau_m = K_T i$$

Faraday's law

$$\mathcal{E} = -\frac{d\phi}{dt}, \quad \phi(t) = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{s}$$

$$\phi(\theta_R) = -l_1 l_2 B (\theta_R \bmod \pi - \frac{\pi}{2})$$

*: $\theta_R \bmod \pi$ is the remainder after θ_R is divided by π .

$$\left. \begin{aligned} \mathcal{E} = -\frac{d\phi}{dt} &= (l_1 l_2 B) \frac{d\theta_R}{dt} \\ K_b &\triangleq l_1 l_2 B \end{aligned} \right\} \Rightarrow \mathcal{E} = K_b \omega_R$$

$$V_s - \mathcal{E} - L \frac{di}{dt} = Ri$$

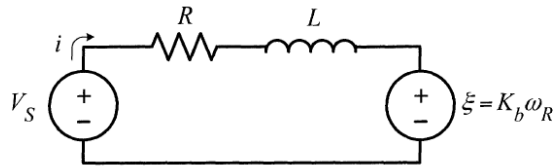
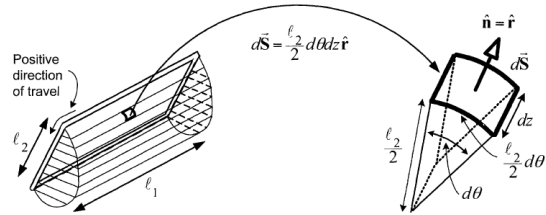
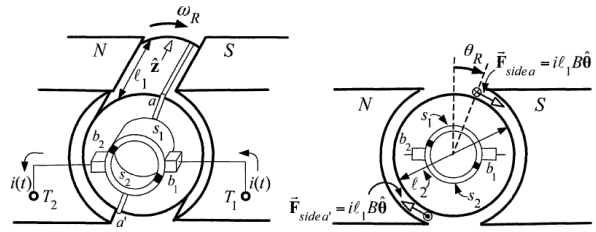
$$\rightarrow L \frac{di}{dt} = -Ri - K_b \omega_R + V_s$$

friction torque: $-f$

load torque: τ_L

By Newton's law: $\tau_m - \tau_L - f_{wr} = J \frac{d\omega_R}{dt}$

* J is the moment of inertia.

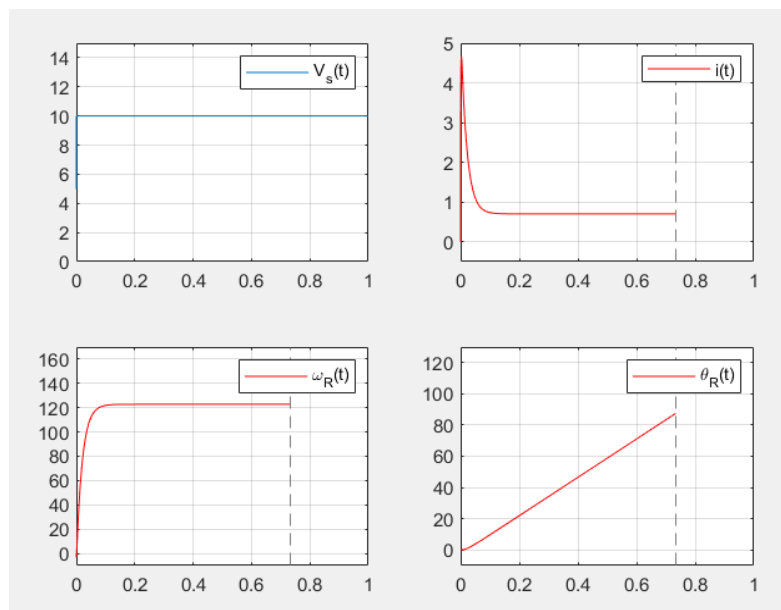


$$\rightarrow \begin{cases} L \frac{di}{dt} = -Ri - K_b \omega_R + V_s \\ J \frac{d\omega_R}{dt} = K_T i - f_{wr} - \tau_L \\ \frac{d\theta_R}{dt} = \omega_R \end{cases}$$

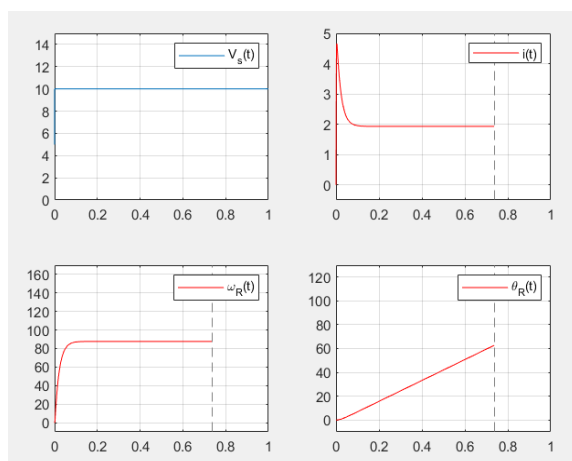
نحوه حل معادلات حاکم بر موتور DC با استفاده از دستورهایی MATLAB:

```
syms t
syms Vs(t) i(t) omega_R(t) theta_R(t)
Vmax = 40;
Imax = 5;
Kb = 0.07;
KT = 0.07;
J = 6*10^(-5);
R = 2;
L = 2*10^(-3);
f = 0.0004;
tau_L = 0; % Load Torque = 0 , 0.1 , 0.2 , 0.3
Vs(t) = 10*heaviside(t);
ode1 = L*diff(i(t)) == -R*i(t) - Kb*omega_R(t) + Vs(t);
% 0.002*d(I)/dt = -2*I(t) - 0.07*w(t) + 10*heaviside(t)
ode2 = J*diff(omega_R(t)) == KT*i(t) - f*omega_R(t) - tau_L;
% 6*10^(-5)*d(w)/dt = 0.07*I(t) - 0.0004*w(t) - tau_L
ode3 = diff(theta_R(t)) == omega_R(t);
% d(theta)/dt = w(t)
odes = [ode1; ode2; ode3];
cond1 = i(0) == 0;
cond2 = omega_R(0) == 0;
cond3 = theta_R(0) == 0;
conds = [cond1; cond2; cond3];
[iSol(t), omega_RSol(t), theta_RSol(t)] = dsolve(odes, conds);
```

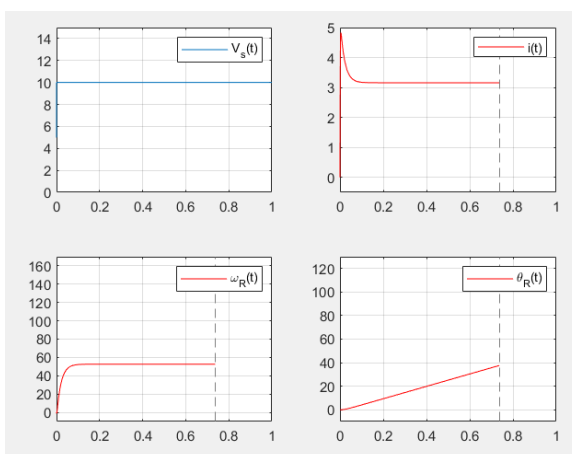
رسم نمودارهای $\omega(t), \theta(t), i(t), v_s(t)$ به ازای $\text{Load Torque} = 0$:



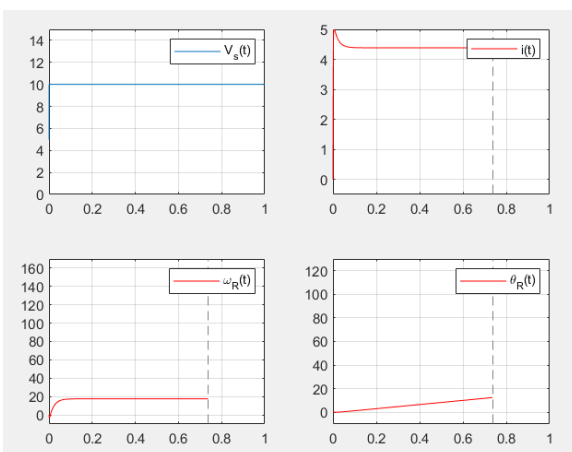
رسم نمودارهای $\omega(t), \theta(t), i(t), v_s(t)$ به ازای Load Torque = 0.1 :



رسم نمودارهای $\omega(t), \theta(t), i(t), v_s(t)$ به ازای Load Torque = 0.2 :



رسم نمودارهای $\omega(t), \theta(t), i(t), v_s(t)$ به ازای Load Torque = 0.3 :



همانگونه که انتظار داشتیم، با افزایش گشتاور بار، جریان بیشتری از باتری کشیده میشود و همچنین سرعت زاویه ای کاهش میابد.