Вежба 2/8

PI регулатор брзине (континуални домен)

P2.1
Систем на слици Fig. 2.1 има инерцију $J = 0.01$ kgm^2 и пропорционално појачање $K_P = 50$ Nm/(rad/s). Користећи Matlab команду *step*(), одредити одзив брзине на излазу система на скоковиту промену момента оптерећења $T_L(t) = T_{LOAD}\, h(t)$, where $T_{LOAD} = 1$ Nm.

P2.2
Посматрати систем из претходног питања. Претпостављајући да је $T_L(t) = T_{RAMP}\, t\, h(t)$, као и да је $\omega^* = 0$, одредити комплексни лик $T_L(s)$ као и коначну вредност брзинске грешке $\Delta\omega(\infty)$.

P2.3
Систем на слици Fig. 2.2 има пропорционално и интегрално појачање у директној грани. Познати су параметри $K_M = 1$ Nm/(rad/s), $K_{FB} = 1$, $J = 0.01$ kgm^2, $K_I = 0.1$ Nm/(rad/s), $K_P = 0.03$ Nm/(rad/s), и $B = 0.001$ Nm/(rad/s). Ако је познато $T_L(t) = T_{RAMP}\, t\, h(t)$, и ако је $\omega^* = 0$, одредити комплексни лик $T_L(s)$ као и коначну вредност брзинске грешке $\Delta\omega(\infty)$.

P2.4
За систем у П2.3, одредити функцију спрегнутог преноса, њене полове и нуле, природну учестаност ω_n и пригушење ξ полова.

P2.5(a)
За систем на слици Fig. 2.2, који има појачања у директној грани, и за параметре дате у П2.3, одредити функцију спрегнутог преноса, њене полове и нуле, природну учестаност ω_n и пригушење ξ полова.

P2.5(b)

За систем на слици Fig. 2.7, који има пропорционално дејство дислоцирано у повратну грану, и за параметре дате у П2.3, одредити функцију спрегнутог преноса, њене полове и нуле, природну учестаност ω_n и пригушење ξ полова.

P2.6

Користећи функције спрегнутог преноса добијене у П2.3 и П2.5, и користећи Matlab команду *step*(), упоредити динамички одзив који се добија на излазу система са слике Fig. 2.2 са одзивом излаза система на слици Fig. 2.7.

P2.7

Given the natural frequency of the closed-loop poles ω_n and their damping $\xi = 1$, determine the closed-loop bandwidth of the system considered in S2.5. The bandwidth frequency f_{BW} is calculated from the condition $|W_{SS}(j2\pi f_{BW})| = 1/\mathrm{sqrt}(2)$.

P2.8

For the speed reference $\omega^*(t) = A^* t$, determine the speed error in the steady-state operating conditions when $T_L = 0$. Consider the speed controller structure in Fig. 2.2, with the proportional action in the direct path, and the structure in Fig. 2.7, with the proportional action repositioned in the feedback path.

P2.9

Consider the speed-controlled system with the control object transfer function $W_P(s) = 1/Js$ and the speed controller $W_{SC}(s) = K_0 + K_1/s + K_2/s^2$. Prove analytically that the system can be brought to instability by reducing the feedback gains.

P2.10

Consider the previous example with $J = 1$, $K_0 = 1$, $K_1 = 2$, and $K_2 = 1$. Use the Matlab function *roots*() to obtain the closed-loop poles. Now reduce the gain K_1 and find the value $K_{1\mathrm{MIN}}$ that represents the stability limit.

P2.11

Consider the previous example with $J = 1$, $K_0 = 1$, $K_1 = 2$, and find the maximum value $K_{2\mathrm{MAX}}$ for the feedback gain K_2.

P2.12

The output speed of the system is controlled by the feedforward controller given in Fig. 2.11. The driving torque is calculated from the inverse model of the control object. If the load torque T_L and the parameters J and B are known, the torque $T_{em} = J\,\mathrm{d}\omega^*/\mathrm{d}t + B\omega^* + T_L$ is sufficient to maintain $\omega(t) = \omega^*(t)$. Provided that $\omega(0) = \omega^*(0)$, a properly tuned feedforward controller has the potential to control the output speed without closing the feedback loop. Investigate the transient response of the output speed in the cases when $B = B_{ff} = 0$, $J = J_{ff} = 1$, and the load torque T_L differs from the estimate T_{Lff}. Hint: The Simulink model of the feedforward controller is contained in the model file *P2_12.mdl*. In the model, it is necessary to set $B = B_{ff} = 0$, $J = J_{ff}$, and to extend the simulation *stop time* to 400 units. Introduce $T_L = 0.1$ and $T_{Lff} = 0$, run the model, and observe the changes in the output speed.

P2.13

Consider the speed-controlled system in Fig. 2.14, with the parallel feedforward and feedback control actions. Use the parameter setting defined in P2.12. Investigate the impact of the load torque mismatch $\Delta T_L = T_L - T_{Lff} = 0.1$ in the cases with the feedback gains $KP = 1$ and $KI = 1$. Hint: Use the the Simulink model *P2_13.mdl*

P2.14

Repeat the previous test with $KI = 0$. Repeat the same test with both $KI = 0$ and $KP = 0$.

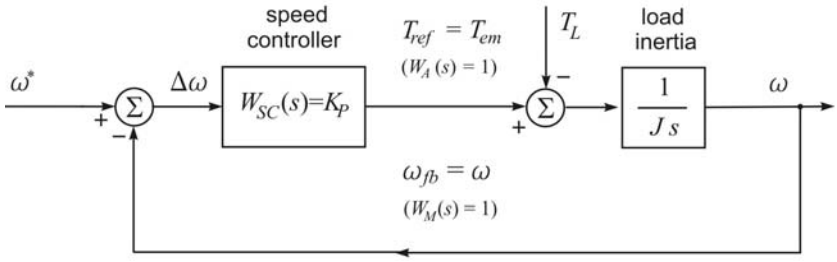

Fig. 2.1.

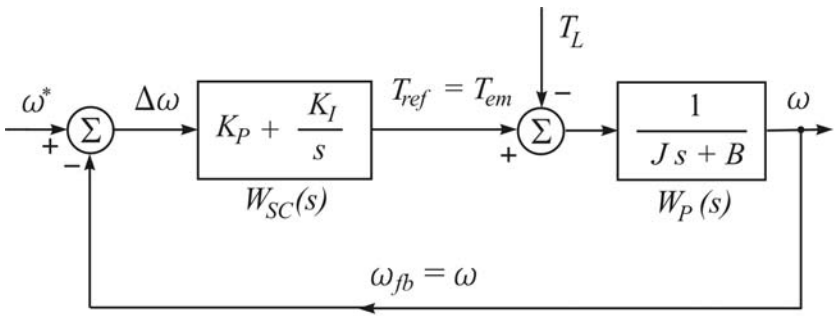

Fig. 2.2.

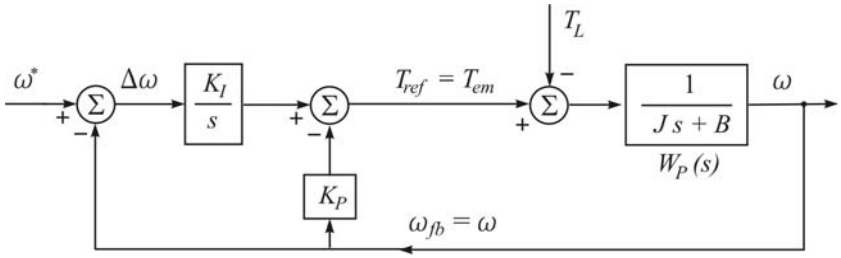

Fig. 2.7.