



Šifra kandidata:

Državni izpitni center



P 2 4 2 1 1 4 1 1 1

JESENSKI IZPITNI ROK

# MEHATRONIKA

Izpitna pola

**Četrtek, 29. avgust 2024 / 120 minut**

*Dovoljeno gradivo in pripomočki:*

*Kandidat prinese nalično pero ali kemični svinčnik, svinčnik, radirko, ravnilo ter  
numerično žepno računalno brez grafičnega zaslona in možnosti simbolnega računanja.*

*Priloga s formulami je na perforiranih listih, ki jih kandidat pazljivo iztrga.*

*Kandidat dobi konceptni list in ocenjevalni obrazec.*

POKLICNA MATURA

## NAVODILA KANDIDATU

**Pazljivo preberite ta navodila.**

**Ne odpirajte izpitne pole in ne začenjajte reševati nalog, dokler vam nadzorni učitelj tega ne dovoli.**

Prilepite oziroma vpišite svojo šifro v okvirček desno zgoraj na tej strani, na ocenjevalni obrazec in na konceptni list.

Izpitna pola je sestavljena iz dveh delov. Prvi del vsebuje 15 krajših nalog, drugi del pa 5 strukturiranih nalog. Število točk, ki jih lahko dosežete, je 70, od tega 30 v prvem delu in 40 v drugem delu. Za posamezno nalogo je število točk navedeno v izpitni poli. Pri reševanju si lahko pomagata s formulami v prilogi.

Rešitve pišite z naličnim peresom ali s kemičnim svinčnikom in jih vpisujte v izpitno polo v za to predvideni prostor; slike, sheme in diagrame pa lahko rišete s svinčnikom. Pišite čitljivo. Če se zmotite, napisano prečrtajte in rešitev zapišite na novo. Nečitljivi zapisi in nejasni popravki bodo ocenjeni z 0 točkami. Osnutki rešitev, ki jih lahko naredite na konceptni list, se pri ocenjevanju ne upoštevajo.

Pri reševanju nalog mora biti jasno in korektno predstavljena pot do rezultata z vsemi vmesnimi računi in sklepi. Če ste nalogo reševali na več načinov, jasno označite, katero rešitev naj ocenjevalec oceni.

Pri rezultatu mora biti vedno navedena tudi merska enota.

Zaupajte vase in v svoje zmožnosti. Želimo vam veliko uspeha.

*Ta pola ima 28 strani, od tega 4 prazne.*

[illegible]



## Formule

### Elektrina in električni tok

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

$$J = \frac{I}{A}$$

$$e_0 = 1,6 \cdot 10^{-19}$$

### Magnetno polje

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$$

$$H = \frac{\Theta}{l}$$

$$\Theta = I \cdot N$$

$$F_m = B \cdot I \cdot l$$

$$B = \mu_r \cdot \mu_0 \cdot H$$

$$\Phi = B \cdot A$$

### Elektromagnetna indukcija

$$U_i = B \cdot v \cdot l = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -L \frac{\Delta i}{\Delta t}$$

$$L = \mu_r \cdot \mu_0 \cdot \frac{N^2 \cdot A}{l}$$

### Električno polje

$$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$$

$$C = \frac{Q}{U}$$

$$W_e = \frac{Q \cdot U}{2} = \frac{C \cdot U^2}{2} = \frac{Q^2}{2 \cdot C}$$

$$E = \frac{U}{d}$$

$$F = Q \cdot E$$

$$C = \varepsilon_r \cdot \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d}$$

$$D = \varepsilon_r \cdot \varepsilon_0 \cdot E$$

### Enosmerna vezja

$$R = \frac{U}{I}$$

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

$$R = R_{20} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

$$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R} = I^2 \cdot R$$

$$W_e = P \cdot t = U \cdot I \cdot t$$

$$\eta = \frac{P_{izh}}{P_{vh}} = \frac{W_{izh}}{W_{vh}}$$

### Enostavni izmenični tokokrog

$$\varphi = \alpha_u - \alpha_i$$

$$\omega = 2\pi \cdot f$$

$$u = U_m \cdot \sin(\omega \cdot t \pm \alpha_u)$$

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

$$P = U_R \cdot I_R = \frac{U_R^2}{R} = I_R^2 \cdot R$$

$$Q_L = U_L \cdot I_L$$

$$Q_C = U_C \cdot I_C$$

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$$

$$X_L = \omega \cdot L$$

### Sestavljeni izmenični tokokrog

$$P = S \cdot \cos \varphi$$

$$Q = S \cdot \sin \varphi$$

$$S = U \cdot I = \sqrt{P^2 + (Q_L - Q_C)^2}$$

$$R = Z \cdot \cos \varphi$$

$$X = Z \cdot \sin \varphi$$

#### Realna tuljava

$$X_L = \omega \cdot L = 2\pi \cdot f \cdot L$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{X_L}{R} = \frac{1}{\operatorname{tg} \delta} = Q$$

#### Zaporedna vezava

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{U_L - U_C}{U_R}$$

#### Vzporedna vezava

$$Y = \sqrt{G^2 + (B_C - B_L)^2}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = -\frac{B_C - B_L}{G} = -\frac{I_C - I_L}{I_R}$$

#### Realni kondenzator

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{R}{X_C} = \frac{1}{\operatorname{tg} \delta} = Q$$

#### Resonanca

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{L \cdot C}}$$

$$B = \frac{f_0}{Q}$$

#### Transformator

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2}$$



## Prehodni pojavi

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

$$t_{pp} = 5\tau$$

$$u_c = U \cdot \left(1 - e^{-t/\tau}\right)$$

$$u_c = U \cdot e^{-t/\tau}$$

$$i_L = \frac{U}{R} \cdot \left(1 - e^{-t/\tau}\right)$$

$$i_L = I \cdot e^{-t/\tau} = \frac{U}{R} \cdot e^{-t/\tau}$$

## Digitalna tehnika

$$X + 1 = 1$$

$$X + X = X$$

$$X \cdot X = X$$

$$\overline{\overline{X}} = X$$

$$X \cdot 0 = 0$$

$$X + XY = X$$

$$X \cdot (X + Y) = X$$

$$(X + \overline{Y}) \cdot Y = XY$$

$$X \cdot \overline{Y} + Y = X + Y$$

$$(X + Y) + \overline{X} = 1$$

$$(\overline{X} + \overline{Y}) \cdot X = 0$$

$$\overline{X + Y} = \overline{X} \cdot \overline{Y}$$

$$\overline{X \cdot Y} = \overline{X} + \overline{Y}$$

$$X_{LSB} = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{2^n}$$

$$x_{\text{digit}} = \frac{U_{\text{analog}}}{U_{LSB}}$$

## Elektronska vezja

Usmernik

$$U_{sr} = \frac{U_m}{\pi} \rightarrow U_{sr} = U_m - \frac{I_{sr}}{2f \cdot C}$$

$$U_{sr} = \frac{2U_m}{\pi} \rightarrow U_{sr} = U_m - \frac{I_{sr}}{4f \cdot C}$$

Tranzistor

$$I_C = -\alpha \cdot I_E = \beta \cdot I_B$$

$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

$$I_E + I_B + I_C = 0$$

Operacijski ojačevalnik

*invertirajoči*

$$A = -\frac{R_p}{R_v}$$

$R_p$  – upor v povratni zanki

$R_v$  – upor na invertirajočem vhodu

*neinvertirajoči*

$$A = 1 + \frac{R_p}{R_v}$$

## Presek vodnikov in moč bremen

$$A = \frac{200 \cdot l \cdot I}{\lambda \cdot \Delta u \% \cdot U_f} = \frac{200 \cdot l \cdot P}{\lambda \cdot \Delta u \% \cdot U_f^2}$$

$$A = \frac{200 \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{\lambda \cdot \Delta u \% \cdot U_f} = \frac{200 \cdot l \cdot P}{\lambda \cdot \Delta u \% \cdot U_f^2}$$

$$A = \frac{100 \cdot l \cdot I \cdot \sqrt{3}}{\lambda \cdot \Delta u \% \cdot U} = \frac{100 \cdot l \cdot P}{\lambda \cdot \Delta u \% \cdot U^2} (\text{mm}^2)$$

$$A = \frac{100 \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot \sqrt{3}}{\lambda \cdot \Delta u \% \cdot U} = \frac{100 \cdot l \cdot P}{\lambda \cdot \Delta u \% \cdot U^2}$$

$$I_{ks}^2 \cdot t \leq (k_{cu} \cdot A)^2 \quad J = \frac{I}{A}$$

$$A = \frac{200}{\lambda \cdot \Delta u \% \cdot U^2} \cdot \sum (P_i \cdot l_i)$$

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A}$$

$$\Delta U = \frac{2 \cdot l \cdot I}{\lambda \cdot A} (\text{V})$$

## Elektromotorni pogon

$$P = U \cdot I$$

$$P_{\text{el.mot}} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$I_{ZY} = \frac{1}{3} \cdot I_{Z\Delta}$$

$$M_{ZY} = \frac{1}{3} \cdot M_{Z\Delta}$$

$$U_2 = \frac{N_2}{N_1} \cdot U_1$$

$$U_{\max} = U_{\text{ef}} \cdot \sqrt{2}$$

$$Q = P \cdot \tan \varphi$$

$$S = \frac{P}{\cos \varphi}$$

$$M = \frac{P_{\text{meh}} \cdot 30}{\pi \cdot n}$$

$$n_s = \frac{f \cdot 60}{p}$$

$$p = \frac{f \cdot 60}{n_s}$$

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} \cdot 100 \%$$



## Regulacije

$$K_p = \frac{y_o}{x_o}$$

$PT_1$  – člen (odziv sistema)

$$X_{izh} = K_p \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) \cdot X_{vh}$$

$X_{vh}$  – vhodna veličina  
 $X_{izh}$  – izhodna veličina  
 $K_p$  – ojačanje sistema  
 $\tau$  – časovna konstanta sistema

I – člen

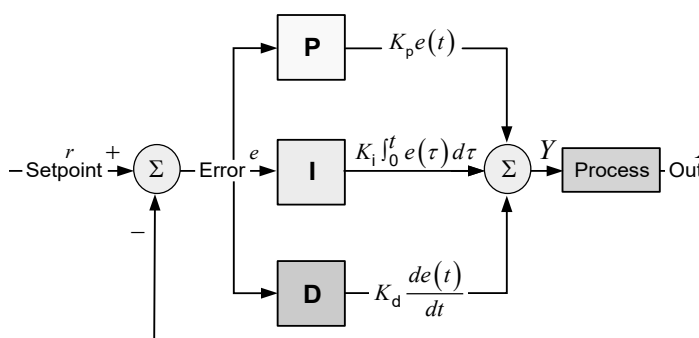
$$X_{izh}(t) = K_i \cdot \int x_{vh}(t) dt$$

Če je  $x_{vh}(t)$  konstantna vrednost, dobimo:  $X_{izh} = K_i \cdot x_{vh} \cdot t$

D – člen

$$X_{izh}(t) = K_D \cdot \frac{\Delta X_{vh}(t)}{\Delta t}$$

PID regulator



Setpoint ( $r$ ) – referenčna vrednost

Error ( $e$ ) – napaka (odstopanje)

Output ( $X$ ) – regulirana veličina

$K_p$  – ojačanje P regulatorja

$K_i$  – integracijska konstanta  $T_i = 1/K_i$

$K_d$  – diferencirna konstanta

$Y$  – izhod regulatorja (regulirana veličina)

$$y(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

$$y = K_p \cdot \left( e + \frac{1}{T_N} \int e dt + T_V \cdot \frac{de}{dt} \right)$$

$T_N$  – integralni čas  
 $T_V$  – diferencirni čas

Digitalni PID regulator ( $e$  je v času  $\Delta t$  konstanten)

$$Y = K_p \cdot e + K_i \cdot \sum (e \cdot \Delta t) + K_d \cdot (\Delta e / \Delta t)$$

$\Delta t$  – časovni interval izračuna

ZN – metoda nastavitve parametrov PID regulatorja

| Vrsta nadzora | $K_p$      | $K_i$            | $K_d$            |
|---------------|------------|------------------|------------------|
| P             | $0,50 K_u$ | –                | –                |
| PI            | $0,45 K_u$ | $0,54 K_u / T_u$ | –                |
| PID           | $0,60 K_u$ | $0,2 K_u / T_u$  | $3 K_u T_u / 40$ |

$K_u$  – kritično ojačanje

$T_u$  – perioda nihanja



## Ujemi strojnih delov

$$Z_{\text{maks}} = A_g - a_d$$

$$Z_{\text{min}} = A_d - a_g$$

## Toleranca

$$d_g = d + a_g$$

$$d_d = d + a_d$$

$$T = a_g - a_d$$

$$D_g = D + A_g$$

$$D_d = D + A_d$$

$$T = A_g - A_d$$

## Preračun ležajev

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left( \frac{C^3}{F^3} \right)$$

## Delo, moč, izkoristek

$$\eta = \frac{P_k}{P_{el}}$$

$$P = m \cdot g \cdot v$$

$$P = \frac{m \cdot g \cdot h}{t}$$

$$v = \pi \cdot D \cdot n$$

$$P = T \cdot \varpi$$

$$T = F \cdot \frac{d}{2}$$

$$\varpi = \frac{\pi \cdot n}{30}$$

$$P = F \cdot v$$

$$P = \frac{A}{t}$$

$$A = F \cdot s$$

$$A = m \cdot g \cdot h$$

## Hitrost pri obdelavi

$$v_c = \pi \cdot d \cdot n$$

$$v_f = f \cdot n$$

$$f = f_z \cdot z$$



P 2 4 2 1 1 4 1 1 0 7

**Pnevmatika in hidravlika**

$$A = \frac{F}{p_e \cdot \eta}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}}$$

$$Q_v = A \cdot s \cdot n \cdot \frac{p_e + p_{okol}}{p_{okol}}$$

$$P = \frac{p_e \cdot Q_v}{\eta}$$

$$P_{mot} = \frac{Q \cdot p}{600}$$

$$P_{\check{c}rp} = P_{vh} \cdot \eta_{mot} \cdot \eta_{\check{c}rp}$$

$$Q = V_v \cdot n \cdot \eta_v$$

$$Q = \frac{P_{\check{c}rp}}{p_e}$$

$$Q_v = A \cdot v = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot v$$

$$\eta = \frac{P_{izh}}{P_{vh}} \rightarrow P_{\check{c}rp} = P_{vh} \cdot \eta_{mot} \cdot \eta_{\check{c}rp}$$

**Robotika in kinematika**

$$d^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cdot \cos(\beta)$$

$$\cos(\beta) = \frac{a^2 + b^2 - x^2 - y^2}{2ab}$$

$$K2 = \arctan\left(\frac{y}{x}\right)$$

$$K1 = \arccos\left(\frac{a^2 + x^2 + y^2 - b^2}{2a\sqrt{x^2 + y^2}}\right)$$

**Napetost v elementu**

$$\sigma = \frac{F_N}{A_N}$$

$$p = \frac{F}{A}$$

$$\tau = \frac{F_S}{A_S}$$

**Prečni zatič  
(pesto in gred)**

$$\tau = \frac{F}{2 \cdot A} \leq \tau_{dop}$$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad F = \frac{2 \cdot T}{D}$$

$$p_n = \frac{6 \cdot T}{D^2 \cdot d} \leq p_{dop}$$

$$p_z = \frac{4 \cdot T}{d \cdot (D_z^2 - D^2)} \leq p_{dop}$$

$$\tau_s = \frac{4 \cdot T}{D \cdot \pi \cdot d^2} \leq \tau_{sdop}$$

**Vzdolžni zatič**

$$p = \frac{F}{A_p} \leq p_{dop}$$

$$A_p = \frac{n \cdot l \cdot d}{2}$$

n ... število zatičev, D ... premer gredi

$$\tau_s = \frac{F}{A_s} \leq \tau_{sdop}$$

$$A_s = n \cdot d \cdot l$$

$$F = \frac{2 \cdot T}{D}$$

**Vijačne zveze**

Sile na navoju

$$F_t = F \cdot \tan(\gamma \pm \rho)$$

$$\tan \gamma = \frac{P}{\pi \cdot d_2}$$

$$\tan \rho = \frac{\mu}{\cos \frac{\alpha}{2}}$$

$$T = F_t \cdot \frac{d_2}{2}$$

Prednapeti vijak

$$A = \frac{\sqrt{2} \cdot F}{\sigma_{dop}}$$

$$\sigma_{dop} = \frac{R_{p0,2}}{v}$$

$$\sigma_p = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot (\alpha_0 \cdot \tau)^2}$$

$$\sigma = \frac{F}{A}, \quad A = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4}$$

$$\tau = \frac{T}{W_t}, \quad W_t = \frac{\pi \cdot d_1^3}{16}$$

$$p = \frac{F}{z \cdot A_p} \leq p_{dop}$$

$$A_p = \frac{\pi}{4} \cdot (d^2 - D_1^2)$$

$$H = z \cdot P$$

Vijak brez prednapetja

$$\sigma = \frac{F}{A} \leq \sigma_{dop}$$

$$A = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4}$$

$$\sigma_{dop} = \frac{R_{p0,2}}{v}$$

$$p = \frac{F}{z \cdot A_p} \leq p_{dop}$$

$$A_p = \frac{\pi}{4} \cdot (d^2 - D_1^2)$$

$$H = z \cdot P$$

Prečno obremenjen vijak

$$\tau = \frac{F}{A} \leq \tau_{dop}$$

$$A = \frac{\pi \cdot D_1^2}{4}$$

$$\tau_{dop} = \frac{R_{p0,2}}{v}$$

$$p = \frac{F}{A_d} \leq p_{dop}$$

$$A_d = s \cdot D_1$$

Privijanje vijaka

$$W = F_1 \cdot 2\pi \cdot r$$

$$W = F_2 \cdot P$$



## Zveze s sorniki

$$\sigma = \frac{M_{\text{maks}}}{W_z} \leq \sigma_{\text{dop}}$$

$$M_{\text{maks}} = \frac{F}{4} \cdot \left(a + \frac{b}{2}\right)$$

$$W_z = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$$

$$\tau = \frac{F}{2 \cdot A} \leq \tau_{\text{dop}}$$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$p_d = \frac{F}{A_d} \leq p_{\text{dop}}$$

$$A_d = d \cdot b$$

$$p_v = \frac{F}{A_v} \leq p_{\text{dop}}$$

$$A_v = 2 \cdot d \cdot a$$

## Zveza z zagozdo

$$p = \frac{2 \cdot T}{d \cdot l^* \cdot t_2 \cdot i} \leq p_{\text{dop}}$$

## Zveza z mozniki

$$p = \frac{k \cdot 2 \cdot T}{d \cdot l^* \cdot (h - t_1) \cdot i} \leq p_{\text{dop}}$$

$$k = 1, \text{ če je } i = 1$$

$$k = 1,35, \text{ če je } i > 1$$

## Osi in gredi

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{\text{maks}}}{\pi \cdot \sigma_{\text{dop}}}}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T}{\pi \cdot \tau_{\text{dop}}}}$$

$$T = \frac{P}{\omega} = 9,55 \cdot \frac{P}{n}$$

## Kovice

$$\tau = \frac{F}{A_1 \cdot m \cdot n} \leq \tau_{\text{sdop}}$$

$$A_1 = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4}$$

$$p = \frac{F}{d_1 \cdot s \cdot n} \leq p_{\text{dop}}$$

## Temperaturno raztezanje

$$\Delta l = l \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

$$l_1 = l \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

$$\Delta V = V \cdot \beta \cdot \Delta T$$

$$V_1 = V \cdot (1 + \beta \cdot \Delta T)$$

$$\beta = 3 \cdot \alpha$$

## Zobniki

$$m = \frac{p}{\pi}$$

$$d_0 = z \cdot m$$

$$d_f = d_0 - 2,4 \text{ m}$$

$$d_k = d_0 + 2 \text{ m}$$

## Gonila (jermenska, zobniška, verižna, sestavljena)

$$a = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{M_2}{M_1}$$

$$M_1 = \frac{30 \cdot P_1}{\pi \cdot n_1}$$

$$M_2 = \frac{30 \cdot P_2}{\pi \cdot n_2}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$

$$P_2 = \eta \cdot P_1$$

$$i_{\text{cel}} = i_{12} \cdot i_{34} \cdot \dots$$

$$i_{\text{cel}} = \frac{n_{\text{vhod}}}{n_{\text{izhod}}}$$

## Elastične deformacije, Hookov zakon

$$\sigma = E \cdot \varepsilon = \frac{F}{A}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

$$\Delta l = l - l_0$$



**Prazna stran**

**OBRNITE LIST.**



## 1. DEL

1. Obkrožite črke pred pravilnimi odgovori.

Hidravlična moč je odvisna od

- A pretoka črpalke.
- B tlaka.
- C viskoznosti olja.
- D izkoristka.
- E sile hidravličnega cilindra.

(2 točki)

2. Narišite bistabilen obojestransko krmiljen 4/3 potni elektroventil z zaprtim srednjim položajem.

(2 točki)

3. Obkrožite črki pred pravilnima odgovoroma.

Sila hidravličnega delovnega valja je odvisna od

- A pretoka črpalke.
- B tlaka.
- C viskoznosti olja.
- D premera valja.
- E moči motorja za pogon črpalke.

(2 točki)

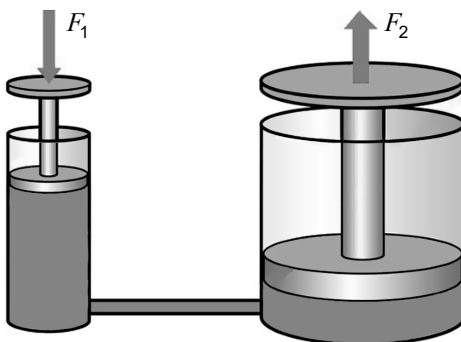
4. Soodvisne pojme povežite tako, da na črte v desnem stolpcu napišete številko ustrezne rešitve iz levega stolpca.

|   |                             |       |                                      |
|---|-----------------------------|-------|--------------------------------------|
| 1 | napetost                    | _____ | vzporedna vezava porabnikov          |
| 2 | tok                         | _____ | zaporedna vezava porabnikov          |
| 3 | $I = I_1 + I_2 + \dots I_n$ | _____ | usmerjeno gibanje prostih elektronov |
| 4 | $U = U_1 + U_2 + \dots U_n$ | _____ | razlika potencialov                  |

(2 točki)



5. Na sliki je prikazana hidravlična priprava, sestavljena iz dveh hidravličnih valjev.



(Vir slike: Prirejeno po: <https://www.sciencephoto.com/media/967156/view/hydraulic-press-illustration>.  
Pridobljeno: 25. 11. 2022.)

Obkrožite črko pred pravilno trditvijo.

Če na batnico prvega valja pritiskamo s silo  $F_1$ , potem

- A je sila  $F_2$  manjša od sile  $F_1$ , ker je površina drugega bata večja od površine prvega bata.
- B je sila  $F_2$  večja od sile  $F_1$ , ker je tlak tekočine v pripravi povsod isti.
- C je sila  $F_2$  enaka sili  $F_1$ , ker na oba bata deluje isti tlak.
- D je sila  $F_2$  manjša od sile  $F_1$ , ker je hod druge batnice manjši od prve.

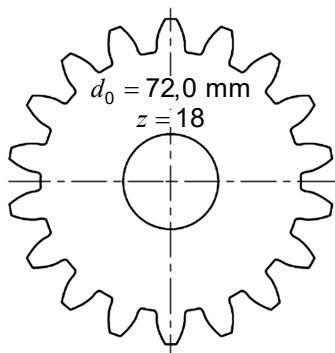
Navedite praktičen primer, pri katerem se uporablja fizikalni princip, predstavljen na zgornji sliki.

---

(2 točki)



6. Na zobniku je vgraviran napis  $d_0 = 72,0 \text{ mm}$  in  $z = 18$ .



Izračunajte modul zobnika.

Obkrožite črko pred pravilnim odgovorom.

Ali lahko delujočo zobniško dvojico sestavljata zobnika z različnim modulom?

- A Da, lahko, ker modul vpliva samo na silo, ne pa tudi na gibanje.
- B Ne, ker imata različno delitev med zobmi.
- C Da, lahko, vendar morata zobnika ubirati v oljni kopeli.
- D Ne, ker imata različni delilni premer.

(2 točki)

7. Pri vsaki trditvi obkrožite DA, če je trditev pravilna, ali NE, če je trditev nepravilna.

Jeklo je železova zlitina, v kateri je ogljika več kot 2,5 %.

DA

NE

Meja plastičnosti  $R_p$  ( $\sigma_p$ ) je napetost, pri kateri v materialu začnejo nastajati trajne deformacije.

DA

NE

V bronu z oznako CuSn6 je poleg bakra še 6 % kositra.

DA

NE

Termoplasti niso primerni za reciklažo.

DA

NE

Gostota materiala vpliva na maso izdelka.

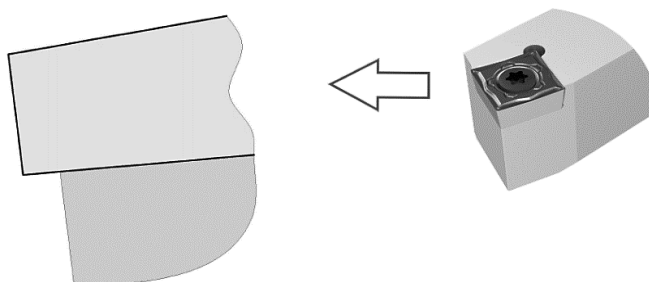
DA

NE

(2 točki)



8. Na sliki je prikazan detajl stružnega noža. Na levi skici kotirajte in poimenujte značilne kote na tem orodju.



(Vir slike: Prirejeno po: <https://www.iscar.com/ecatalog/Ecat/datafile/PICTURE/419.gif>. Pridobljeno: 3. 12. 2022.)

(2 točki)

9. Pretvorite dano binarno število v desetiški in šestnajstiški številski sestav.

$$101011110001_{(2)} \rightarrow X_{(10)} \rightarrow X_{(\text{HEX})}$$

$$X_{(10)} = \underline{\hspace{4cm}}$$

$$X_{(\text{HEX})} = \underline{\hspace{4cm}}$$

(2 točki)

10. Izračunajte dovedeno električno moč in nazivni tok elektromotorja s spodnjimi podatki.

$$P_{\text{meh}} = 7,5 \text{ kW}$$

$$\eta = 86 \%$$

$$U = 400 \text{ V}$$

$$\cos \varphi = 0,89$$

(2 točki)

11. Za dani logični izraz zapišite pravilnostno tabelo.

$$Y = A \cdot B + \bar{A} \cdot \bar{B}$$

| A | B | Y |
|---|---|---|
| 0 | 0 |   |
| 0 | 1 |   |
| 1 | 0 |   |
| 1 | 1 |   |

Zapišite, katero logično funkcijo predstavlja zgornji izraz.

\_\_\_\_\_

(2 točki)



12. Z motorjem moči 1 kW, ki je imel 2880 obratov na minuto, smo poganjali batno črpalko. Ker se je motor pokvaril, smo ga zamenjali z novim, ki ima moč 1,5 kW in 1450 obratov na minuto.

Katere spremembe pričakujemo? Obkrožite črki pred pravilnima odgovoroma.

- A Pretok črpalke se bo povečal.
- B Pretok črpalke bo ostal isti.
- C Pretok črpalke se bo zmanjšal.
- D Poraba energije se bo povečala.
- E Poraba energije se ne bo spremenila.
- F Poraba energije se bo zmanjšala.

(2 točki)

13. Izmenična napetost s frekvenco 50 Hz ima temensko napetost  $u_{\max} = 40$  V.  
Izračunajte krožno frekvenco  $\omega$ .

Izračunajte trenutno vrednost  $u$  v času  $t = 7$  ms.  
(Računalo nastavite na radiane.)

(2 točki)

14. Narišite diagram  $\sigma - \varepsilon$  in na njem označite točko meje plastičnosti, točko porušitve in točko maksimalne trdnosti.

(2 točki)

15. Povežite vsako posamezno vrsto vzdrževanja v levem stolpcu z opisom vzdrževalnih del tako, da na črte v desnem stolpcu napišete številko ustrezne rešitve iz levega stolpca.

| Vrsta vzdrževanja             | Opis vzdrževalnih del                          |
|-------------------------------|------------------------------------------------|
| 1 preventivno vzdrževanje     | _____ zamenjava pretrgane verige               |
| 2 kurativno vzdrževanje       | _____ čiščenje in mazanje verižnikov in verige |
| 3 vzdrževanje glede na stanje | _____ zamenjava verige po 1000 urah delovanja  |
| 4 načrtovano vzdrževanje      | _____ kontrola delovanja verižnega sklopa      |

(2 točki)



## 2. DEL

### 1. Elektrotehnika

S trifaznim frekvenčnim pretvornikom krmilimo asinhronski motor.

Podatki o motorju so:

$$P_m = 9 \text{ kW},$$

$$U = 230/400 \text{ V},$$

$$n = 1450,$$

$$\cos \varphi = 0,8,$$

$$\eta = 0,9.$$

Motor poganja hidravlično črpalko, ki jo napaja hidravlični delovni valj. Delovni valj ima premer bata  $D = 100 \text{ mm}$  in je dolg  $l = 1 \text{ meter}$ . Delovni valj mora s silo  $F = 100 \text{ kN}$  premakniti breme iz ene končne lege v drugo v času  $t = 1 \text{ minuta}$ .

1.1. Izračunajte delovno in navidezno moč motorja.

(2 točki)

1.2. Izračunajte tok v faznem vodniku pri nazivnih obratih.

(1 točka)

1.3. Izračunajte moment motorja pri nazivnih obratih.

(2 točki)

1.4. Izračunajte potreben pritisk črpalke in ga izrazite v barih.

(2 točki)

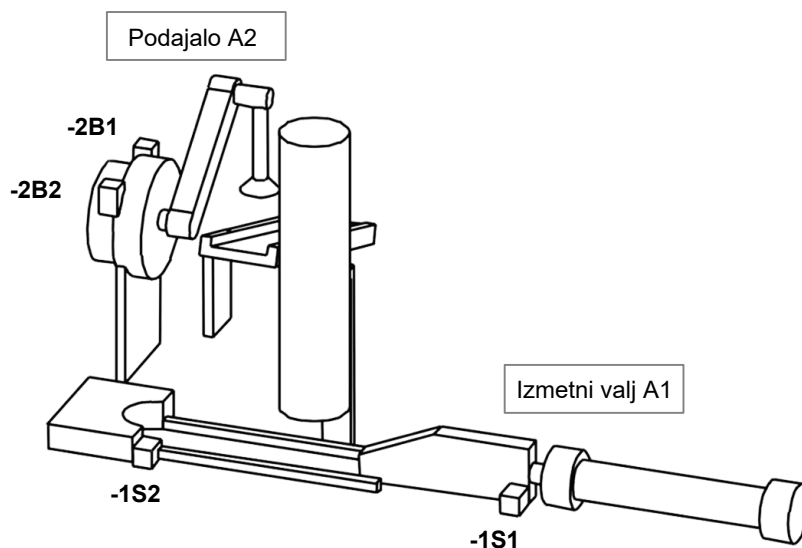
1.5. Kakšen je moment motorja pri 50 % nazivnih obratov?

(1 točka)



## 2. Elektropneumatika

Spodnja naprava se uporablja za podajanje surovcev iz zalogovnika na drčo. Ob pritisku na tipkalo START se izmetni valj iztegne iz začetne lege -1S1 in potisne kos iz zalogovnika do lege za pobiranje -1S2, nato se podajalo iz začetne lege -2B1 zavrti v lego -2B2, v kateri z vakuumom prime kos, takrat se izmetni valj vrne v začetno lego, podajalo pa kos odnese na drčo. Delovna valja krmilita monostabilna potna elektroventila.



(Vir slike: Prirejeno po: Zickert, G., Elektrokonstruktion, Carl Hanser Verlag, München, 2013.)

- 2.1. Zapišite začetni pogoj ter delovni cikel za izmetni valj in podajalo (brez dela za prijemanje z vakuumom) glede na opis delovanja v uvodu naloge.

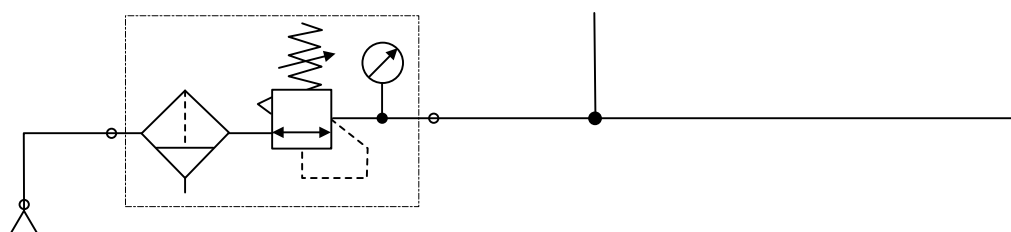
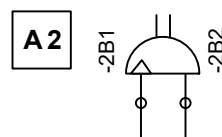
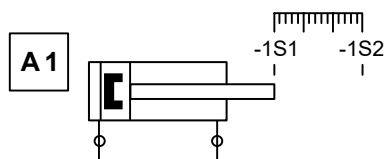
Začetni pogoj: \_\_\_\_\_

Delovni cikel: \_\_\_\_\_

(2 točki)



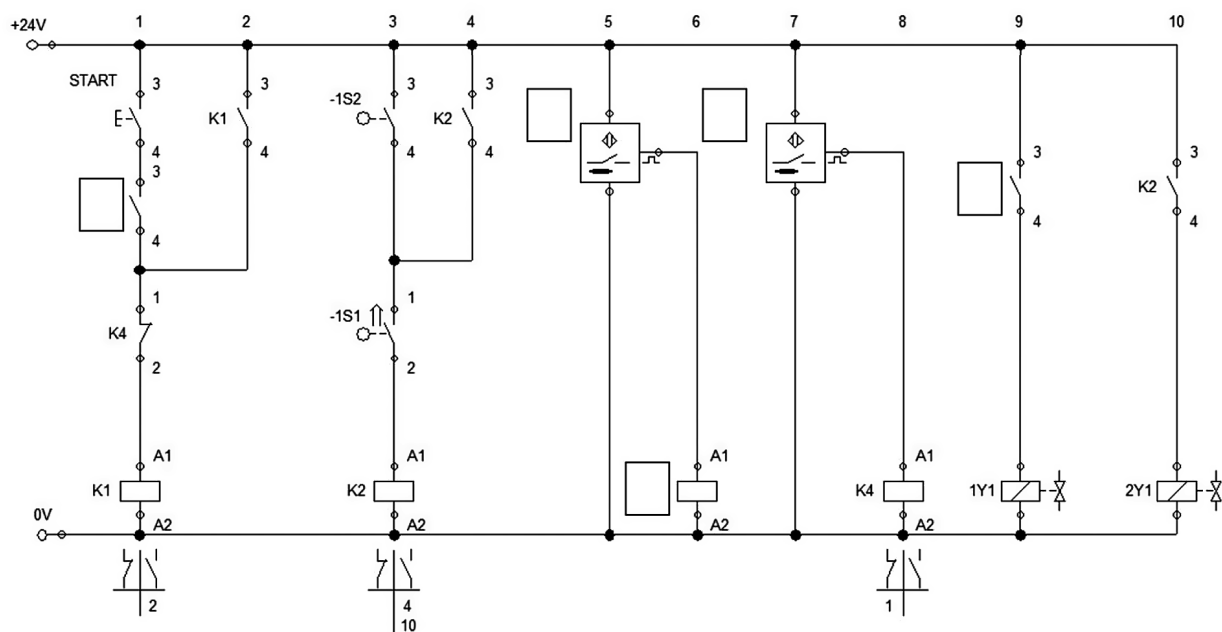
- 2.2. Spodaj je dana pomanjkljiva elektropnevmatska shema. Dopolnite shemo z manjkajočima elektroventiloma, ki sta navedena v uvodu naloge, in elementi za nastavitev hitrosti pomikov ter shemo ustrezno označite.



(2 točki)



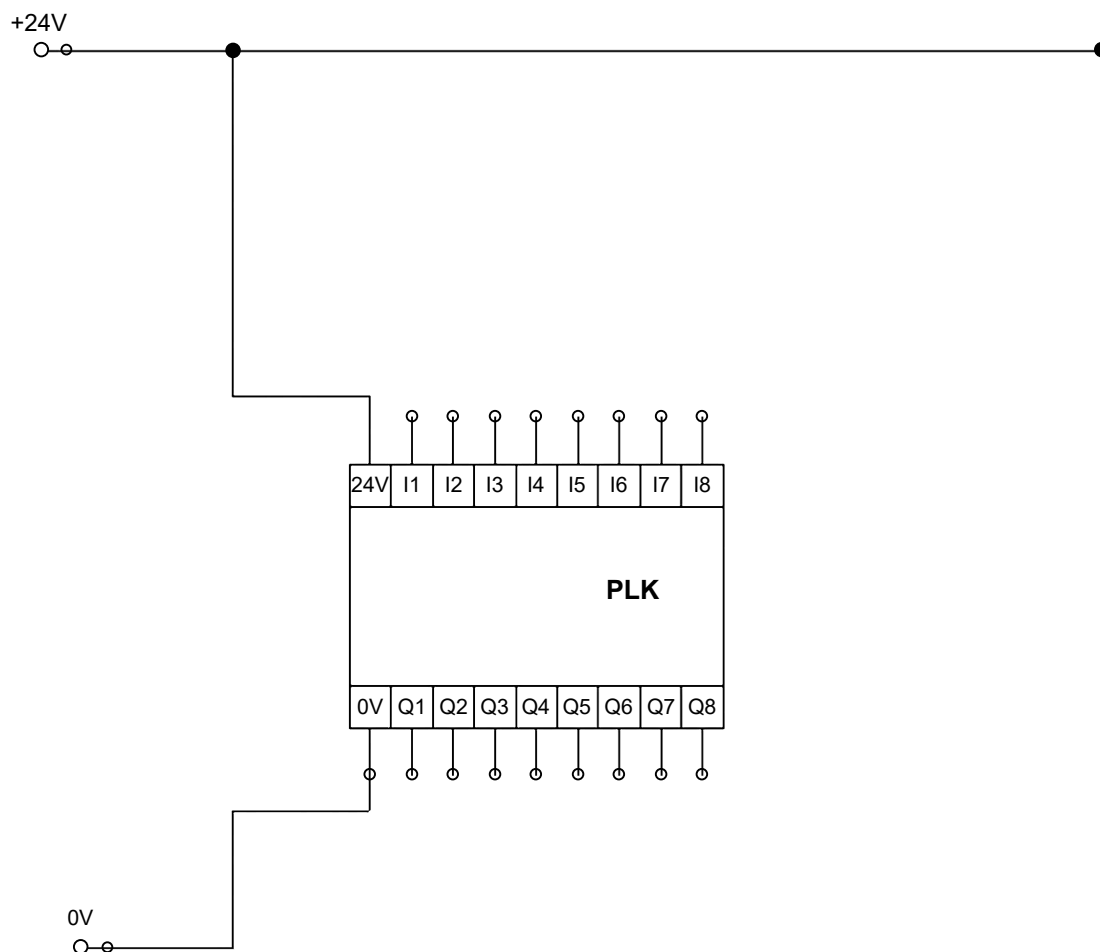
2.3. V narisanim relejnem krmilnem vezju manjkajo nekatere oznake. V prazne okvirčke dopišite oznake tako, da bo krmilje delovalo, kot je opisano v uvodu naloge.



(2 točki)



- 2.4. Krmilje naprave je treba posodobiti s programirljivim logičnim krmilnikom – PLK. Narišite električno shemo in ustrezno označite ožičenje PLK-krmilnika za napravo v uvodu naloge.



(2 točki)



### 3. Mehanski sistemi

Verižnik je pritrjen na navijalni bobn s štirimi vijaki imbus M12. Vijaki so narejeni iz jekla z natezno trdnostjo  $\sigma_M = 1000 \text{ N/mm}^2$  in mejo plastičnosti  $\sigma_P = 900 \text{ N/mm}^2$ . Podatki za navoj vijaka so dani v tabeli.

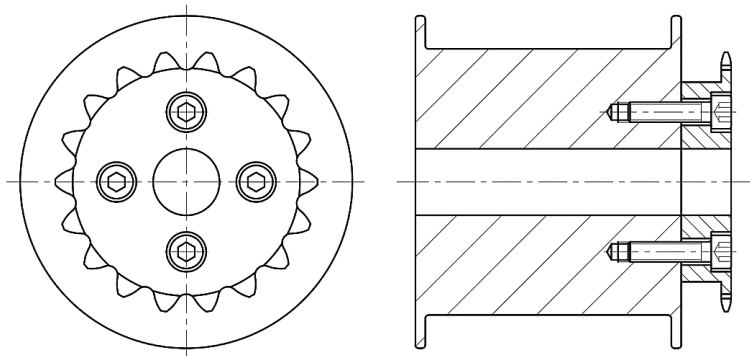


Tabela: Metrski normalni navoji

| Označba*    | $P$<br>mm | $d = D$<br>mm | $d_2 = D_2$<br>mm | $d_1 = D_1$<br>mm | $A_2$<br>mm <sup>2</sup> |
|-------------|-----------|---------------|-------------------|-------------------|--------------------------|
| <b>M 6</b>  | 1         | 6             | 5,350             | 4,917             | 17,9                     |
| (M 7)       | 1         | 7             | 6,350             | 5,917             | 26,3                     |
| <b>M 8</b>  | 1,25      | 8             | 7,188             | 6,647             | 32,8                     |
| (M 9)       | 1,25      | 9             | 8,188             | 7,647             | 43,8                     |
| <b>M 10</b> | 1,5       | 10            | 9,026             | 8,376             | 52,3                     |
| (M 11)      | 1,5       | 11            | 10,026            | 9,376             | 65,9                     |
| <b>M 12</b> | 1,75      | 12            | 10,863            | 10,106            | 76,2                     |
| <b>M 14</b> | 2         | 14            | 12,701            | 11,835            | 105                      |
| <b>M 16</b> | 2         | 16            | 14,701            | 13,835            | 144                      |

(Vir tabele: Kraut, B., Krautov strojniški priručnik, 16. slovenska popravljena izdaja, Ljubljana, 2017.)

- 3.1. Izračunajte zatezni moment  $M$ , s katerim smo privili vijake, če smo za zategovanje uporabili navaden vijačni ključ dolžine  $L = 280 \text{ mm}$  in smo med privijanjem na konico ključa pritiskali s silo roke  $F_R = 230 \text{ N}$ . Moment podajte v Nm.

(2 točki)

- 3.2. Zatezni moment v vijaku povzroči silo  $F = 44040 \text{ N}$ . S pomočjo tabele določite površino prereza jedra navoja in izračunajte natezno napetost  $\sigma$  v jedru navoja vijaka.

(2 točki)



3.3. Na podlagi znanih vrednosti za  $\sigma_M$  in  $\sigma_P$  zapišite oznako za trdnostni razred vijaka.

(2 točki)

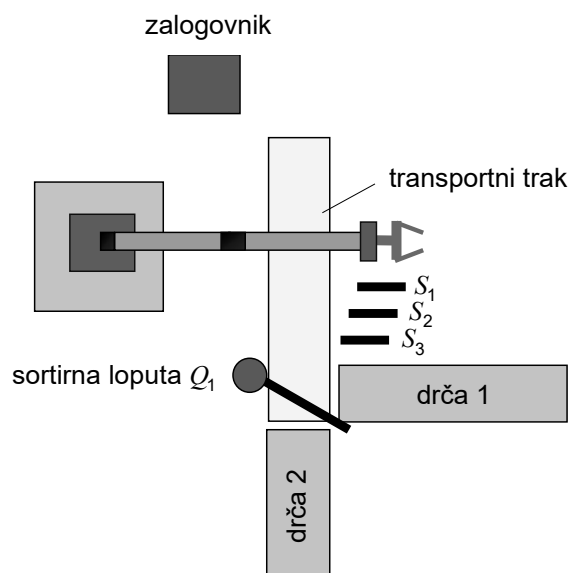
3.4. Zapišite, katero vrednost napetosti v vijaku moramo preseči, da vijak zaradi preobremenitve počí. Izračunajte silo v osi vijaka  $F_x$ , ki jo moramo prekoračiti, da bo vijak zaradi preobremenitve počil.

(2 točki)



#### 4. Krmilja – PLK

Z robotsko roko premikamo izdelke različne velikosti iz zalgovnika na tekoči trak. Na tekočem traku so po višini nameščeni trije senzorji,  $S_1$  (velik),  $S_2$  (srednji) in  $S_3$  (mali), ki zaznavajo višino izdelkov. Ločevalna naprava na koncu traku z elektromagnetno loputo  $Q_1$  razvršča male izdelke na drčo 1 ter srednje in velike izdelke na drčo 2. Ko loputa ni aktivirana, obdelovanci potujejo na drčo 1.



4.1. Dopolnite pravilnostno tabelo in zapišite logično enačbo za krmilje sortirne lopute  $Q_1$  glede na opis v uvodu naloge.

| 0 | 0 | 0 |  |
|---|---|---|--|
| 0 | 0 | 1 |  |
| 0 | 1 | 0 |  |
| 0 | 1 | 1 |  |
| 1 | 0 | 0 |  |
| 1 | 0 | 1 |  |
| 1 | 1 | 0 |  |
| 1 | 1 | 1 |  |

$Q_1 =$  \_\_\_\_\_

(2 točki)



4.2. Logično enačbo minimizirajte s KV-diagramom.

(2 točki)

4.3. V programskem jeziku FBD narišite logično vezje za krmilje sortirne lopute.

(2 točki)

4.4. Zapišite korake (ali program) za robotske gibe premikanja robota, ki izdelke iz zalgovnika prenaša na tekoči trak.

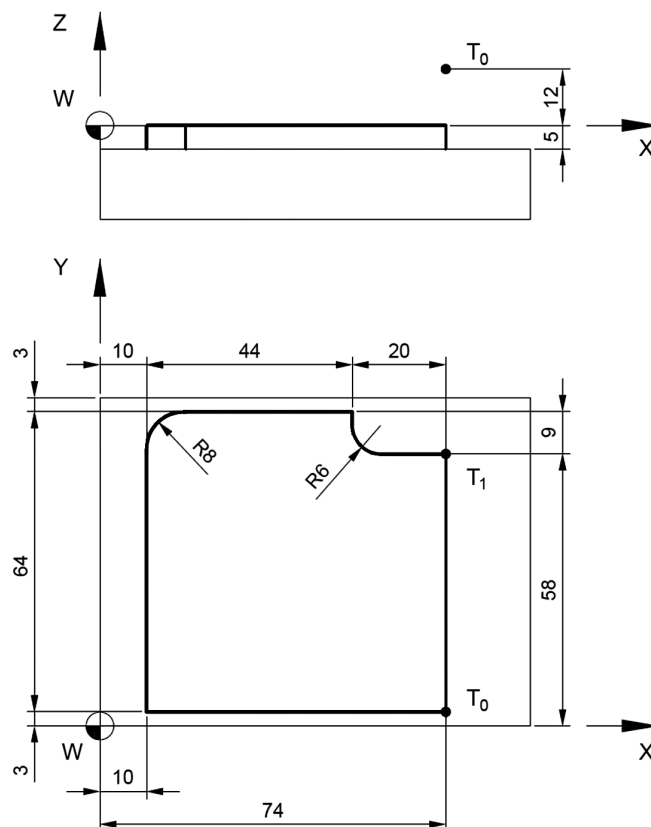
(2 točki)



## 5. CNC

S finim rezkanjem obdelujemo konturo, ki je odebeljena in kotirana na skici. Obdelava se izvaja s stebelnim rezkarjem premera  $d = 5$  mm, ki se med obdelavo vrti z vrtljaji  $n = 4500 \text{ min}^{-1}$  in obdeluje s podajalno hitrostjo  $v_f = 380 \text{ mm/min}$ .

Program začnemo pisati v trenutku, ko rezkar stoji v točki  $T_0$ , katere lega je kotirana na skici.



- 5.1. Napišite programsko vrstico, s katero določite obe obdelovalni hitrosti, to je vrtljaje rezkarja in podajalno hitrost.

(1 točka)

- 5.2. Napišite programski vrstici, v katerih zapišete ukaza za kompenzacijo orodja v desno in začetek vrtenja orodja v smeri urnega kazalca, ter z delovnim gibom spustite orodje v globino  $z = -5$ .

(2 točki)



- 5.3. Izračunajte, koliko časa bo potekala obdelava med točko  $T_0$  in točko  $T_1$ . Obdelovalni čas podajte v sekundah.

(2 točki)

- 5.4. Zapišite manjkajoče programske vrstice za delovne gibe rezkarja, če se rezkar giblje v smeri od  $T_0$  proti  $T_1$  in nadaljuje pot po konturi, dokler ne pride v izhodiščno lego. Izhodiščna lega rezkarja je pod točko  $T_0$ , pri višini  $z = -5$ . Vrstice naj bodo pisane v absolutnem načinu programiranja glede na koordinatni sistem W.

N080 G1 X74 Y58 Z-5

---

---

---

N120 G1 X18 Y67 Z-5

N130 G3 X10 Y59 Z-5 CR8

N140 G1 X10 Y3 Z-5

N150 G1 X74 Y3 Z-5

(3 točke)



**Prazna stran**



**Prazna stran**



**Prazna stran**