



Projektna naloga pri izbirnem predmetu

PROGRAMIRLJIVI KRMILNI SISTEMI
(del izbirnega modula C)

študijsko leto 2019/2020



Kazalo

1. Uvod	3
2. Opis tehnološkega postopka	3
2.1 Osnovne zakonitosti pri mešanju reagentov A in B	4
3. Opis projektne predloge v TIA portalu.....	5
4. Zahteve za krmilni program in uporabniški vmesnik	11
5. Cenilke.....	15

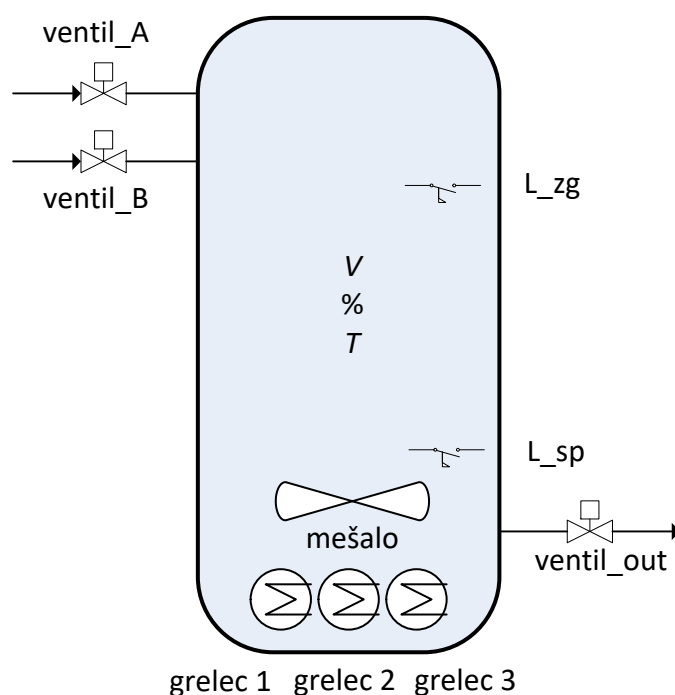
1. Uvod

V programskem okolju TIA portal zasnujete in preizkusite krmilni program za vodenje tehnološkega procesa izdelave razkužila na osnovi etanola. Uporabite projektno predlogo za programirljivi logični krmilnik S7-1200, ki je dostopna v spletni učilnici, in jo dopolnite z ustreznimi programskimi strukturami (FC, FB, OB100, DB) ter uporabniškim vmesnikom za operaterski panel TP700 Comfort Panel v skladu z zahtevami naloge (podane v razdelku 4).

2. Opis tehnološkega postopka

V projektni nalogi je treba najti rešitev za izvedbo zadnje stopnje v procesu izdelave splošno-namenskega razkužila, ki vključuje štiri korake, in sicer doseganje želene koncentracije in volumna razkužila, segrevanje do želene temperature po predpisanem temperaturnem profilu, vzdrževanje želene temperature za predpisan čas (pasterizacija) in na koncu izpust pripravljenega razkužila v sistem za doziranje (ni predmet te naloge).

V **prvem koraku** je treba najprej doseči ustrezno koncentracijo in količino (volumen) razkužila. Mešalna posoda je opremljena z dvema vstopnima ventiloma, ki v posodo dovajata 96% etanol (**ventil_A**) in destilirano vodo (**ventil_B**) (slika 1).



Slika 1: Poenostavljena tehnološka shema mešalne posode.

Oba vstopna ventila imata konstanten volumenski pretok – privzeti vrednosti pretoka za **ventil_A** in **ventil_B** sta 0,5 l/s. Mešalna posoda z nazivno prostornino (volumen) 20 l je opremljena z izstopnim ventilom **ventil_OUT** z enakim privzetim pretokom. V mešalni posodi je nameščeno tudi mešalo, s katerim lahko pospešimo proces mešanja dveh tekočin. S tem je tudi prej dosežena homogena koncentracija, ki jo zaznava merilnik koncentracije.

V drugem koraku je treba nastalo mešanico razkužila segreti po želenem temperaturnem profilu. V mešalno posodo so za ta namen vgrajeni trije uporovni grelci z močmi: $P_1 = 5 \text{ kW}$, $P_2 = 20 \text{ kW}$ in $P_3 = 70 \text{ kW}$. Temperaturni profil segrevanja je sicer odvisen od temperature obeh vstopnih reagentov. Reagent A (96% etanol) ima privzeto vrednost temperature T_A , reagent B (destilirana voda) pa T_B . Iz tega izhaja, da je temperatura nastale mešanice odvisna od želenega volumna in zelene koncentracije razkužila. Po doseženem želenem volumnu in želeni koncentraciji je treba nastalo mešanico segreti do temperature $T_{\text{žel_max}}$ s temperaturnim gradientom ΔT_{grad} .

V tretjem koraku je treba vzdrževati želeno vrednost temperature za čas t_{heat} .

V četrtem koraku je treba izklopiti regulacijski algoritem in mešalno posodo izprazniti, saj je mešanica pripravljena za nadaljnji postopek – natakanje v dozirnike, a ta ni več predmet projektne naloge.

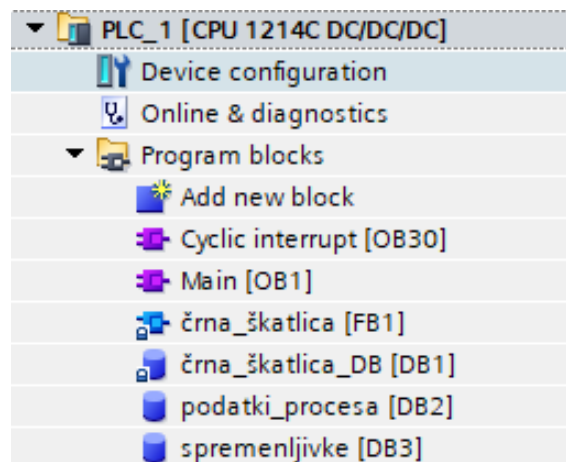
2.1 Osnovne zakonitosti pri mešanju reagentov A in B

Pri mešanju dveh reagentov z različnimi parametri je treba upoštevati:

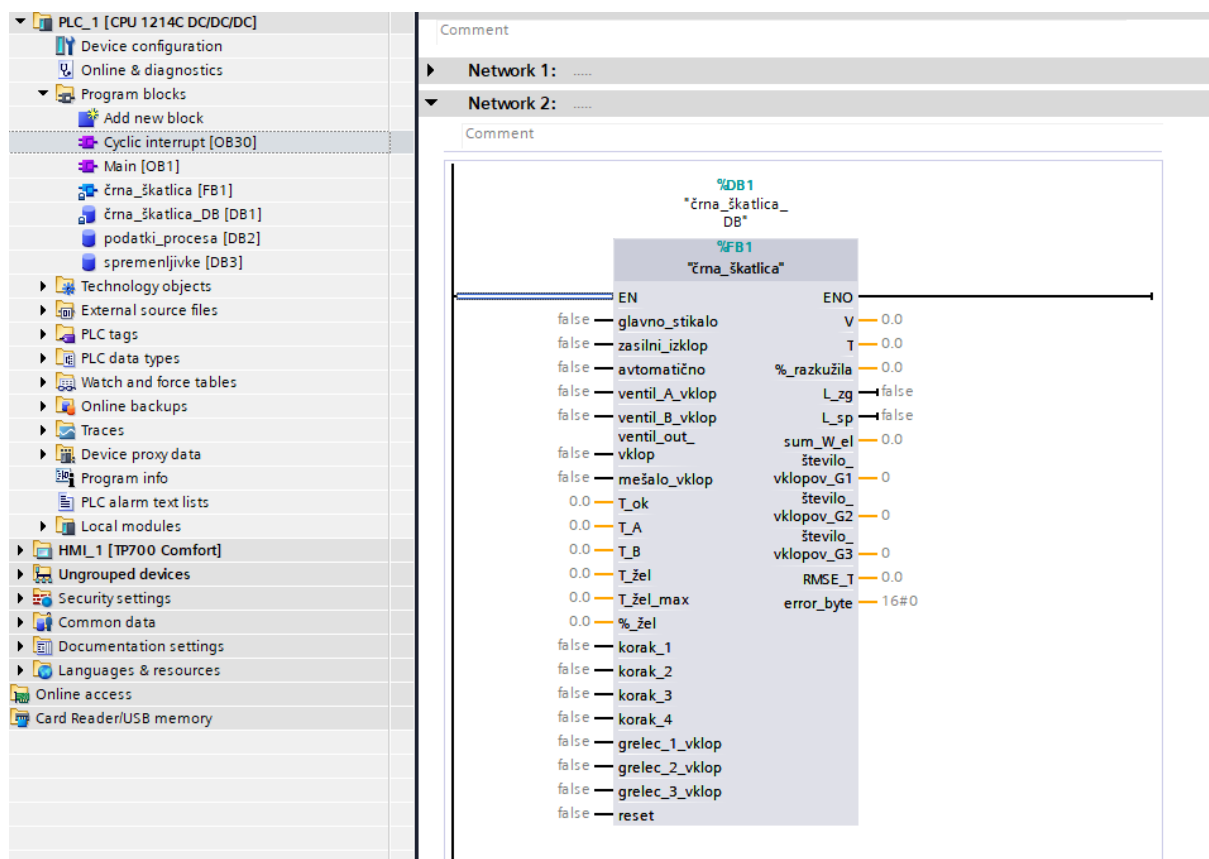
- koncentracija razkužila je podana v masnih odstotkih – torej je s podatkom o koncentraciji podana masa »nerazredčenega« - 100% etanola v 100 g razkužila,
- reagent A (96% etanol) ima specifično gostoto $\rho_A = 0,81 \text{ kg/dm}^3$,
- masa 1 l reagenta A je torej 0,81 kg, od tega je 96 % »čistega« alkohola – 0,7776 kg, preostanek je voda s specifično gostoto $\rho_B = 1 \text{ kg/dm}^3$,
- če zmešamo 1 l reagenta A in 1 liter reagenta B, ima nastala mešanica koncentracijo 42,96 %, njena skupna masa je 1,81 kg, v njej pa je 0,7776 kg 100% etanola in 0,0324 kg + 1 kg = 1,0324 kg vode.

3. Opis projektne predloge v TIA portalu

V spletni učilnici predmeta se nahaja projektna predloga za TIA portal, ki ima že definiran programirljivi logični krmilnik S7-1214C DC/DC/DC z IP številko 192.168.2.21 in operatorski panel TP700 Comfort Panel z IP številko 192.168.2.31. V »krmilniškem« delu drevesne strukture projekta je poleg osnovnega organizacijskega bloka OB1 prisoten še organizacijski blok OB30 (slika 2) za periodično prekinitvev (cyclic interrupt) s časom prekinitve **$t_{\text{prek}} = 10 \text{ ms}$** . V prekinitvenem bloku OB30 je v Network 2 vstavljen model tehnološkega procesa, in sicer kot funkcijski blok FB1 »črna_škatlica« (slika 3) s pripadajočim podatkovnim blokom »črna_škatlica_DB«. Dostop do modelnega funkcijskega bloka FB1 in njegovega podatkovnega bloka je zaščiten z geslom, saj modela procesa ni dovoljeno spreminjati.



Slika 2: Struktura projektne predloge.



Slika 3: Klic funkcijskega bloka FB1 »črna_škattica« v prekinitvenem bloku OB30.

Kot je razvidno s slike 3, je modelni FB1 opremljen z vsemi za izvedbo projektne rešitve zahtevanimi vhodi in izhodi, katerih pomen je razviden s slik 4 in 5.

Name	Data type	Default value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint	Comment
Input								
glavno_stikalo	Bool	false	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	glavno stikalo
zasilni_izklop	Bool	false	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	tipka za zasilni izklop
avtomatično	Bool	false	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	izbrani režim; avtomatično = 1
ventil_A_vklop	Bool	false	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	vstopni ventil za etanol
ventil_B_vklop	Bool	false	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	vstopni ventil za vodo
ventil_out_vklop	Bool	false	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	izstopni ventil za CovidDol
mešalo_vklop	Bool	false	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	vklop mešala
T_ok	Real	0.0	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	temperatura okolice
T_A	Real	0.0	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	temperatura reagenta A
T_B	Real	0.0	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	temperatura reagenta B
T_žel	Real	0.0	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	želena temperatura (za regulacijo)
T_žel_max	Real	0.0	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	maksimalna želena temperatura
%_žel	Real	0.0	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	želena koncentracija razkužila (za regula.
korak_1	Bool	false	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	indikacija koraka 1
korak_2	Bool	false	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	indikacija koraka 2
korak_3	Bool	false	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	indikacija koraka 3
korak_4	Bool	false	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	indikacija koraka 4
grelec_1_vklop	Bool	false	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	vklop grelca 1
grelec_2_vklop	Bool	false	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	vklop grelca 2
grelec_3_vklop	Bool	false	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	vklop grelca 3
reset	Bool	false	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	reset modela

Slika 4: Vhodi v funkcijski blok FB1 »črna_škattica«.

Name	Data type	Default value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint	Comment
▼ Output								
V	Real	0.0	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	volumen Covidola
T	Real	0.0	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	temperatura Covidola
%_razkužila	Real	0.0	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	masna koncentracija razkužila v %
L_zg	Bool	false	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	v mešalni posodi je več kot 100% volum...
L_sp	Bool	false	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	v mešalni posodi je manj kot 10% volu...
sum_W_el	Real	0.0	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	skupna porabljena električna energija
število_vklopov_G1	Int	0	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	število preklonov grelca 1
število_vklopov_G2	Int	0	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	število preklonov grelca 2
število_vklopov_G3	Int	0	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	število preklonov grelca 3
RMSE_T	Real	0.0	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	RMSE za temperaturo
error_byte	Byte	16#0	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	byte za indikacijo napak in opozoril

Slika 5: Izhodi iz funkcijskega bloka FB1 »črna_škatlica«.

V projektni predlogi je definiran tudi podatkovni blok **podatki_procesa [DB2]** (slika 6), ki je namenjen za definiranje nekaterih parametrov procesa (npr. temperatura okolice T_{ok} in temperaturi vstopnih reagentov T_A in T_B , ...).

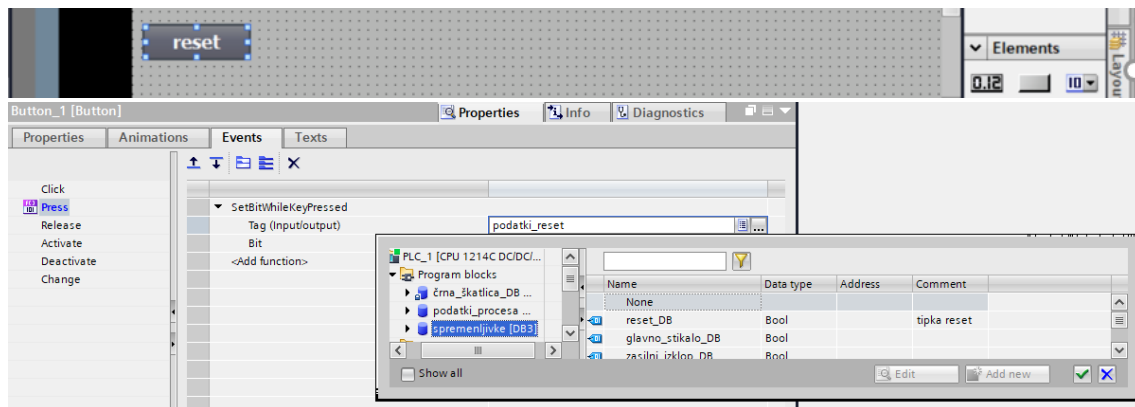
podatki_procesa									
	Name	Data type	Start value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint	Comment
[-]	▼ Static			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
[-]	■ T_A	Real	40.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	temperatura reagenta A
[-]	■ T_B	Real	20.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	temperatura reagenta B
[-]	■ T_ok	Real	20.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	temperatura okolice
[-]	■ T_žel_max	Real	85.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	maksimalna želena temperatura procesa
[-]	■ deltaT_grad	Real	1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	gradient spremembe temperature (rampa v st
[-]	■ t_heat	Real	20.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trajanje koraka 3 (vzdrževanje konst. temp.)

Slika 6: Podatki blok **podatki_procesa [DB2]**.

Poleg tega je definiran tudi podatkovni blok **spremenljivke [DB3]**, ki ga lahko uporabite kot bralno/pisalni podatkovni blok (slika 7). Na sliki 8 je prikazan primer povezave tipke **reset** na operatorskem panelu s spremenljivko **reset** v podatkovnem bloku **spremenljivke [DB3]** v okviru strukture Program blocks na krmilniku (torej ni potrebe po definiranju spremenljivke v mapi PLC Tags z naslovom iz področja pomožnih (M) pomnilnikov).

spremenljivke								
Name	Data type	Start value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint	Comment
▼ Static			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
reset_DB	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	tipka reset
<Add new>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

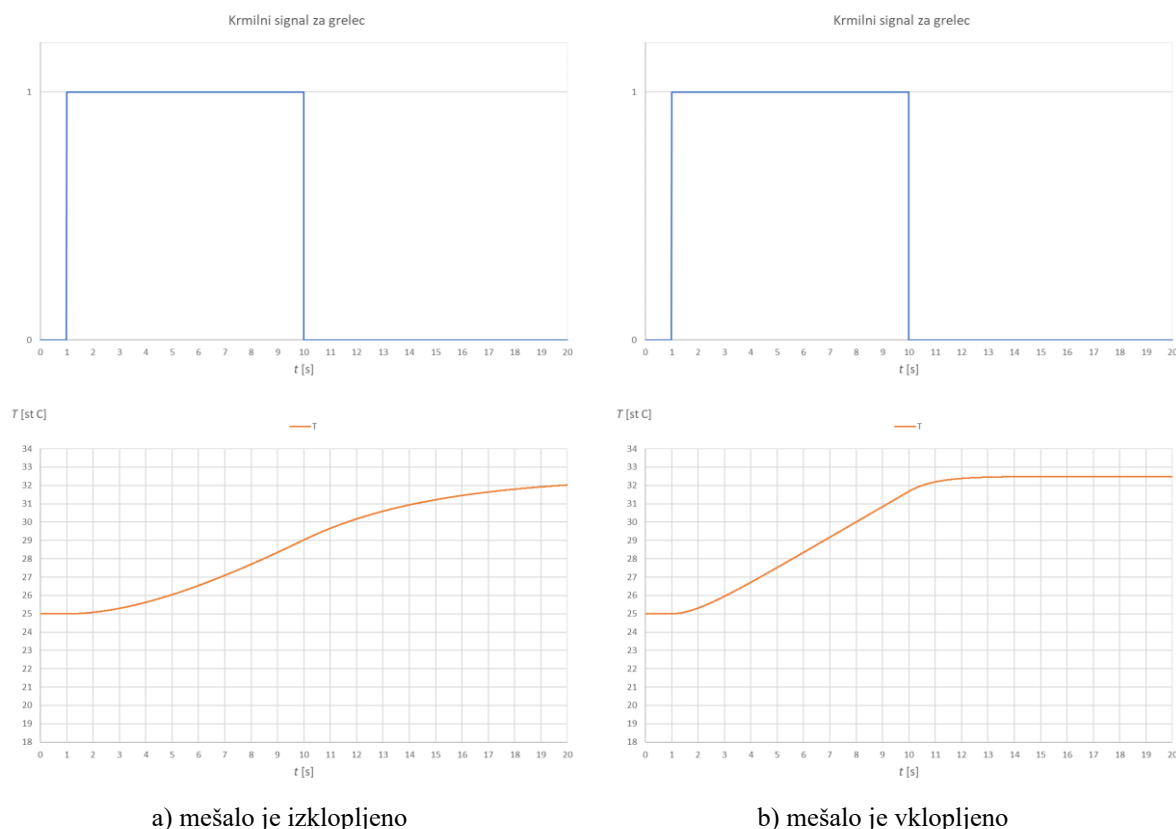
Slika 7: Podatki blok **spremenljivke [DB3]**.



Slika 8: Primer definiranja tipke na HMI zaslonu s povezavo na spremenljivko v podatkovnem bloku **spremenljivke [DB3]**.

V modelu tehnološkega procesa se v vsaki prekinitvi med drugim izvaja tudi izračun temperature razkužila v mešalni posodi. Temperatura razkužila je odvisna od prirastka (sprememba volumna) vstopnih reagentov s privzetima vrednostma (20 °C in 40 °C) in volumna razkužila v posodi in njegove temperature v prejšnji prekinitvi. Glede na razliko med temperaturo okolice in temperaturo razkužila ter glede na maso razkužila v posodi je pri izračunu temperature upoštevano tudi ohlajanje razkužila zaradi nepopolne izolacije mešalne posode.

Največji vpliv na temperaturo razkužila pa ima seveda vklop uporovnih grelcev. V modelu je predpostavljeno, da se sprememba temperature ΔT zaradi vklopa grelca izračunava iz spremembe notranje energije razkužila ($\Delta W_n = m \cdot c_p \cdot \Delta T$). Na sliki 9 je prikazano, kako na temperaturo v mešalni posodi vpliva vklop mešala. Pri tem je predpostavljen vklop grelca moči 70 kW, ki segreva 20 l vode z izhodiščno temperaturo 25 °C, naravno ohlajanje pri tem ni upoštevano. Razvidno je, da se časovni potek temperature vode pri izklopljenem mešalu (na sliki levo spodaj) precej razlikuje od poteka temperature vode pri vklopljenem mešalu (na sliki desno spodaj).



Slika 9: Pojasnilo k spremembi temperature ob vklopu in izklopu grelca.

Enako razmišljanje velja tudi pri izračunu koncentracije razkužila v mešalni posodi – pri vklopljenem mešalu je seveda prehodni pojav mešanja dveh reagentov hitrejši oz. je hitreje dosežena homogena koncentracija po celotnem volumnu. Prav tako pa vklopljeno mešalo pospeši hitrost naravnega ohlajanja zaradi prehoda toplotne energije skozi stene mešalne posode.

Določena za uporabnika (in programerja) »zanimiva« stanja v modelu tehnološkega procesa v funkcijskem bloku FB1 so detektirana in posredovana v spremenljivko **error_byte**. Uporabljeni so naslednji biti:

- **error_byte.0**: postavljen na 1, če je presežen nazivni volumen mešalne posode (v povezavi s spremenljivko **L_zg**, $V > V_{max}$),
- **error_byte.1**: postavljen na 1, če je v procesu priprave (korak 1 v avtomatičnem režimu) vklopljen katerikoli od grelcev; setiran bit **onemogoči nadaljnje izvajanje procesa** – zahtevan je **reset** s strani uporabnika,
- **error_byte.2**: postavljen na 1, če je posoda prazna in imamo vklopljen vsaj en grelec,
- **error_byte.3**: postavljen na 1, če vklopimo mešalo in je v posodi manj kot 10 % nazivnega volumna (v povezavi s spremenljivko **L_sp**),
- **error_byte.4**: postavljen na 1, če je v posodi manj kot 10 % volumna in je vklopljen grelec 3,
- **error_byte.5**: postavljen na 1, če je v posodi koncentracija razkužila višja od 90 % in je temperatura višja od 70 °C; setiran bit **onemogoči nadaljnje izvajanje procesa** – zahtevan je **reset** s strani uporabnika,
- **error_byte.6**: postavljen na 1, če se koncentracija razkužila v posodi razlikuje za več kot 2 % od želene vrednosti (kontrola je aktivna samo v avtomatičnem režimu, in sicer od 2. koraka dalje),
- **error_byte.7**: postavljen na 1, če je temperatura v mešalni posodi višja od 95 °C; setiran bit **onemogoči nadaljnje izvajanje procesa** – zahtevan je **reset** s strani uporabnika.

4. Zahteve za krmilni program in uporabniški vmesnik

Projektno predlogo v TIA portalu je treba dopolniti tako, da bo tehnološki proces priprave razkužila mogoče upravljati z operatorskim panelom, na katerem se mora nahajati **glavno stikalo**, zaskočna tipka **zasilni izklop** in tipka **reset**. Če je **glavno stikalo** izklopljeno, je simulacijski model (FB1) v izklopljenem stanju – vsi ventili in stikala morajo biti izklopljeni, stanje procesnih spremenljivk (temperatura, volumen, koncentracija,...) naj bo enako 0. S pritiskom na zaskočno tipko **zasilni izklop** morate izklopiti vse ventile in stikala, vrednosti procesnih spremenljivk pa ostanejo nespremenjene. Pritisk na tipko **reset** povzroči »samodejen« reset modela procesa v FB1, hkrati pa naj povzroči izklop vseh ventilov in stikal ter resetira vaše spremenljivke procesa.

Krmilni program mora omogočati dva režima delovanja. Privzeti način ob vklopu glavnega stikala in neaktivirani tipki **zasilni izklop** je režim **ročno** (zahtevana je indikacija režima), v katerem je mogoče upravljati z vsemi ventili in stikali. Če je mešalna posoda prazna in so izklopljeni vsi ventili in grelci ter ni aktivnih opozoril/napak na izhodu **error_byte**, je izpolnjen pogoj za **pripravljenost** (obvezna indikacija) sistema, kar pomeni, da lahko s pritiskom na tipko **avtomatično** aktivirate režim **avtomatično** (zahtevana je indikacija režima). V tem režimu je neposreden dostop do aktuatorjev na zaslonu (ventili, stikala,...) omejen, saj je njihovo upravljanje pogojeno z zahtevami vodenja avtomatiziranega procesa (v izbranem režimu npr. ne moremo »ročno« upravljati z ventili in grelci). Če je izbran režim **avtomatično**, mora na vhodu **avtomatično** na FB1 biti ves čas aktivnosti režima prisotna logična 1 (**avtomatično** = TRUE). Režim **avtomatično** lahko zapustite s pritiskom na tipko **stop**. Pri tem se mora že začeti proces izvesti do konca koraka 4, morate pa uporabniku signalizirati, da je bila tipka **stop** pritisnjena. Ko je korak 4 končan (konec regularnega procesa), se vrnete v privzeti režim **ročno**, kjer velja **avtomatično** = FALSE. Režim **avtomatično** lahko prekinete tudi s pritiskom na zaskočno tipko **zasilni izklop** ali pa z izklopom glavnega stikala. Deaktivacija tipke **zasilni izklop** ali pa ponovni vklop glavnega stikala pomeni aktivacijo režima **ročno**.

Za pravilno delovanje simulacijskega modela tehnološkega procesa je treba pri klicu FB1 iz prekinitvenega bloka OB30 vhode **glavno stikalo**, **zasilni izklop** in **reset** povezati z ustreznimi spremenljivkami, ki jih upravljate z operatorskim panelom. Glede na stanje teh treh vhodov se v bloku FB1 »samodejno« izvede ustrezna funkcija (npr. ob pritisku na tipko **reset** se vse procesne vrednosti modela resetirajo), vi pa morate pred klicem FB1 – zaželeno v OB1 (lahko sicer tudi v OB30, a vsekakor pred klicem FB1!) poskrbeti, da se resetirajo tudi ustrezni aktuatorji (stikala oz. ventili).

Prav tako je treba zagotoviti, da so v obeh režimih delovanja na zaslonu uporabniškega vmesnika podane naslednje informacije:

- koncentracija razkužila,
- volumen razkužila,
- dejanska temperatura razkužila,
- stanje (vklopljenost) ventilov A, B in out (**ventil_A**, **ventil_B**, **ventil_OUT**),
- stanje (vklopljenost) grelcev 1, 2 in 3,
- stanje (vklopljenost) mešala,
- stanje nivojskih stikal **L_sp** in **L_zg**,
- stanje izhoda **error_byte** (mogoč tudi prikaz po posameznih bitih glede na napako),
- porabljena električna energija.

V režimu **ročno** je uporabniku omogočeno, da poljubno vkloplja in izkloplja posamezne ventile, grelce in mešalo ter na ta način spozna delovanje modela procesa (FB1). V tem režimu mora torej poleg predhodno podanih informacij biti omogočeno:

- upravljanje z ventili A, B in out (**ventil_A**, **ventil_B**, **ventil_OUT**),
- upravljanje z grelci 1, 2 in 3,
- upravljanje z mešalom.

V režimu **avtomatično** naj bo po vnosu zelenega volumna v dovoljenem razponu **od 2 l do 20 l in koncentracije razkužila od 10 % do 96 %** mogoče s pritiskom na tipko **start** sprožiti proces priprave razkužila, ki ga sestavljajo štirje koraki:

- **korak 1:** priprava zelenega volumna in koncentracije razkužila,
- **korak 2:** segrevanje po rampi (gradient ΔT_{grad}) do zelene temperature **T_žel_max** in
- **korak 3:** vzdrževanje konstantne temperature **T_žel_max** za čas **t_heat** in
- **korak 4:** praznjenje mešalne posode za nadaljnji postopek.

Za hitrejši odziv sistema je smiselno že v **prvem koraku** (priprava zelenega volumna in koncentracije) vklopiti mešalo (nazivna moč **P_{meš} = 0,18 kW**), saj je pri vklopljenem mešalu prehodni pojav mešanja dveh reagentov hitrejši oz. je hitreje dosežena homogena koncentracija po celotnem volumnu. Vklon mešala je dovoljen le, če je v mešalni posodi vsaj minimalna količina razkužila (10 % nazivnega volumna, le-ta je 20 l; podatek o nivoju oz. minimalnem volumnu je dostopen tudi preko spremenljivke **L_sp**).

***Namig:** ker se modelni FB1 izvaja v prekinitvenem bloku OB30 (na 10 ms), je smiselno v OB30 poskrbeti za »merjenje« časa preko štetja prekinitev. Ker imate na razpolago podatka o pretoku ventilov, veste, koliko reagenta priteče v mešalno posodo vsako prekinitev. »Vnaprej« pa lahko tudi izračunate, kolikšen je volumen posameznega reagenta v zelenem volumnu in zeleni koncentraciji.*

Po doseženem želenem volumnu **in*** koncentraciji sledi **korak 2** – to je segrevanje s temperaturnim gradientom ΔT_{grad} do želene temperature **T_{zel_max}** .

* Oba parametra morata biti znotraj tolerančnih mej, ki jih narekujeta pretoka obeh vstopnih ventilov in čas prekinitve. Lahko trdimo, da je informacija o volumnu razkužila v mešalni posodi neproblematična, saj volumen »merimo« neposredno z merilnikom nivoja. Če je nazivni volumen 20 l presežen, je to indicirano tudi v error byte na mestu **error_byte.0**. Po drugi strani je podatek o koncentraciji razkužila pridobljen »iz merilnika« koncentracije, za katerega pa je smiselno, da meri »homogeno« mešanico – torej pri vklopljenem mešalu. Če mešalo ni vklopljeno, bo v posodi želeni volumen dosežen relativno hitro (pač v skladu s podatki), zelena koncentracija pa »z zamudo«, saj smo vezani na relativno počasno naravno mešanje, ki ga v modelu simuliramo s členom prvega reda. Če vklopimo mešalo, je mešanje hitrejše in »merilnik« koncentracije prej zazna končno vrednost, ki jo narekujeta oba volumna vstopnih reagentov.

Korak 2 (segrevanje po rampi) lahko pričnemo, ko koncentracija razkužila doseže 99 % končne (želene) vrednosti. Začetna temperatura koraka 2 je odvisna od temperature, ki jo doseže mešanica razkužila po koraku 1, in torej ni konstantna! Če bi npr. v mešalno posodo natočili samo vodo (zelena koncentracija 0 %), bi bila začetna temperatura koraka 2 kar enaka temperaturi vstopne vode **T_B** (če je taka tudi temperatura okolice **T_{ok}** ; v nasprotnem primeru je treba upoštevati, da se je v času priprave želenega volumna temperatura vode v posodi znižala (ali celo zvišala) zaradi prehajanja toplote skozi steno mešalne posode). Končna vrednost želene temperature v koraku 2 je **T_{zel_max}** . Vaša naloga je torej sprogramirati potek spreminjanja želene temperature od začetne temperature koraka 2 do končne vrednosti **T_{zel_max}** , upoštevajoč gradient naraščanja temperature ΔT_{grad} .

Segrevanje je izvedeno s tremi uporovnimi grelci, ki jih načeloma lahko poljubno vklopljate in izklapljate (za to bo poskrbel vaš regulacijski algoritem, ki vključuje primerjavo želene in dejanske temperature). Grelcev ni dovoljeno imeti vklopljenih ali jih vklopiti, če je koncentracija razkužila višja od 90 % in temperatura razkužila višja od 75 °C (96% etanol ima vrelišče pri 78 °C). Ne glede na višino želene temperature pa ni dovoljen vklop grelca 3, če je v mešalni posodi manj kot 10 % nazivnega volumna. Mešalo mora biti vklopljeno ves čas segrevanja (v koraku 2) in vzdrževanja želene temperature (v koraku 3)!

V **koraku 3** je treba vzdrževati želeno temperaturo **T_{zel_max}** za čas **t_{heat}** .

V **koraku 4** je treba »izklopiti« regulacijski algoritem in s tem vse grelce (in mešalo!), saj je razkužilo pripravljeno za postopek natakanja v dozirnike. Ta postopek sicer ni del projektne naloge, vseeno pa morate z vklopom izstopnega ventila **mešalno posodo izprazniti**.

POMEMBNO: Pri klicu modelnega bloka FB1 v OB30 morate obvezno na vhode FB1 pripeljati vse štiri indikacije posameznih korakov.

V režimu **avtomatično** mora uporabniški vmesnik omogočiti:

- vnos (in prikaz) želenega volumna razkužila,
- vnos (in prikaz) zelene koncentracije razkužila,
- vnos (in prikaz) zelene temperature razkužila,
- prikaz dejanske temperature in temperaturnega pogreška ($T_{\text{žel}} - T$),
- vklop procesa priprave razkužila s tipko **start**,
- prikaz (indikacija) koraka 1, to je priprave želenega volumna in koncentracije,
- prikaz (indikacija) koraka 2, to je segrevanje od temperature razkužila predhodnega koraka (po pripravi želenega volumna in koncentracije) do zelene temperature $T_{\text{žel_max}}$ s korakom spremembe zelene temperature ΔT_{grad} ,
- prikaz (indikacija) koraka 3, to je vzdrževanje konstantne temperature $T_{\text{žel_max}}$,
- prikaz (indikacija) koraka 4, to je izklop regulacijskega algoritma in izpraznitev posode,
- »avtomatično« prehajanje med koraki,
- prikaz (indikacija) skupnega časa, ki je potreben za pripravo razkužila (mišljeno od pritiska na tipko **start**, s katero sprožimo pripravo mešanice, preko koraka segrevanja in koraka vzdrževanja konstantne temperature do konca praznjenja mešalne posode,
- izklop (oz. disable) mešala (za demonstracijo razlike v delovanju dveh sicer enakih postopkov, enkrat z (upoštevajoč omejitve!) vklopljenim, drugič z izklopljenim mešalom,
- prikaz števila vklopov posameznih grelcev po vklopu procesa priprave razkužila,
- prikaz izhodne spremenljivke modela **RMSE_T** (koren povprečne kvadratične napake odstopanja dejanske temperature od zelene vrednosti med procesom; izračunava se med trajanjem koraka 2 in 3),
- prikaz porabljene električne energije v celotnem procesu,
- da je ponoven pritisk na tipko **start** dovoljen le ob izpolnjenem pogoju **pripravljenost**,
- da režim **avtomatično** lahko zapustite s pritiskom na tipko **stop** (če je proces še aktiven, morate počakati do konca koraka 4, obvezna pa je indikacija, da je proces v fazi ustavljanja),
- da je že začeti proces priprave razkužila mogoče prekiniti samo s pritiskom na tipko **zasilni izklop** (model v FB1 pri tem ohrani vse parametre/vrednosti procesa, izklopiti pa morate vse ventile, grelce in mešalo) ali izklopom **glavnega stikala** (resetirajo se vse vrednosti v FB1, resetirati je treba vse vaše procesne spremenljivke in izklopiti je treba vse aktuatorje).

5. Cenilke

Pri ocenjevanju rešitev projektne naloge bo upoštevano:

- izpolnjevanje podanih zahtev (razdelek 4),
- funkcionalnost in preglednost uporabniškega vmesnika,
- porabljena električna energija (za grelce in mešalo) v avtomatičnem režimu,
- število vklopov posameznih grelcev v avtomatičnem režimu,
- odstopanje dejanske temperature od želene v avtomatičnem režimu (na izhodu **RMSE_T**)