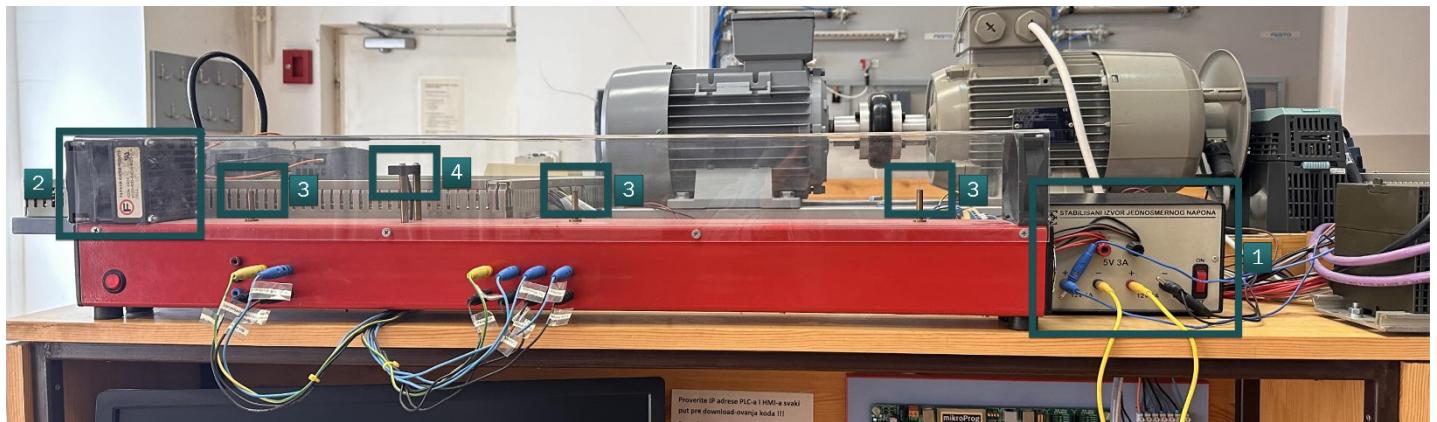


## Industrijska sušara

Model industrijske sušare sastoji se od vazdušnog tunela čiji je jedan kraj otvoren, dok se na drugom kraju nalazi ventilator sa grejačem. Unutar vazdušnog tunela nalaze se tri raspoređena senzora temperature *PT 100* na osnovu kojih se dobija informacija o trenutnoj temperaturi u sušari koju je potrebno regulisati, kao i senzor protoka na osnovu koga se dobija informacija o strujanju vazduha koji je takođe potrebno regulisati. Uz pomoć *PLC*-a ili računara zavisno od fizičke selekcije gde se šalju i primaju signali merenja odnosno upravljanja (selekcija se vrši spajanjem odgovarajućih ulaza/izlaza sušare sa odgovarajućim ulazima/izlazima na računaru odnosno *PLC*-u), vrši se očitavanje izmerenih vrednosti sa senzora temperature i senzora protoka i zadavanje upravljanja kojim se kontroliše napon na grejaču i napon na ventilatoru.



Slika 1: Postavka vežbe (1 – napajanje grejača, 2 – grejač sa ventilatorom, 3 – senzori temperature, 4 – senzor protoka)



Slika 2: Prekidač za kontrolu napajanja ventilatora



Slika 3: Prekidač za kontrolu napajanja grejača

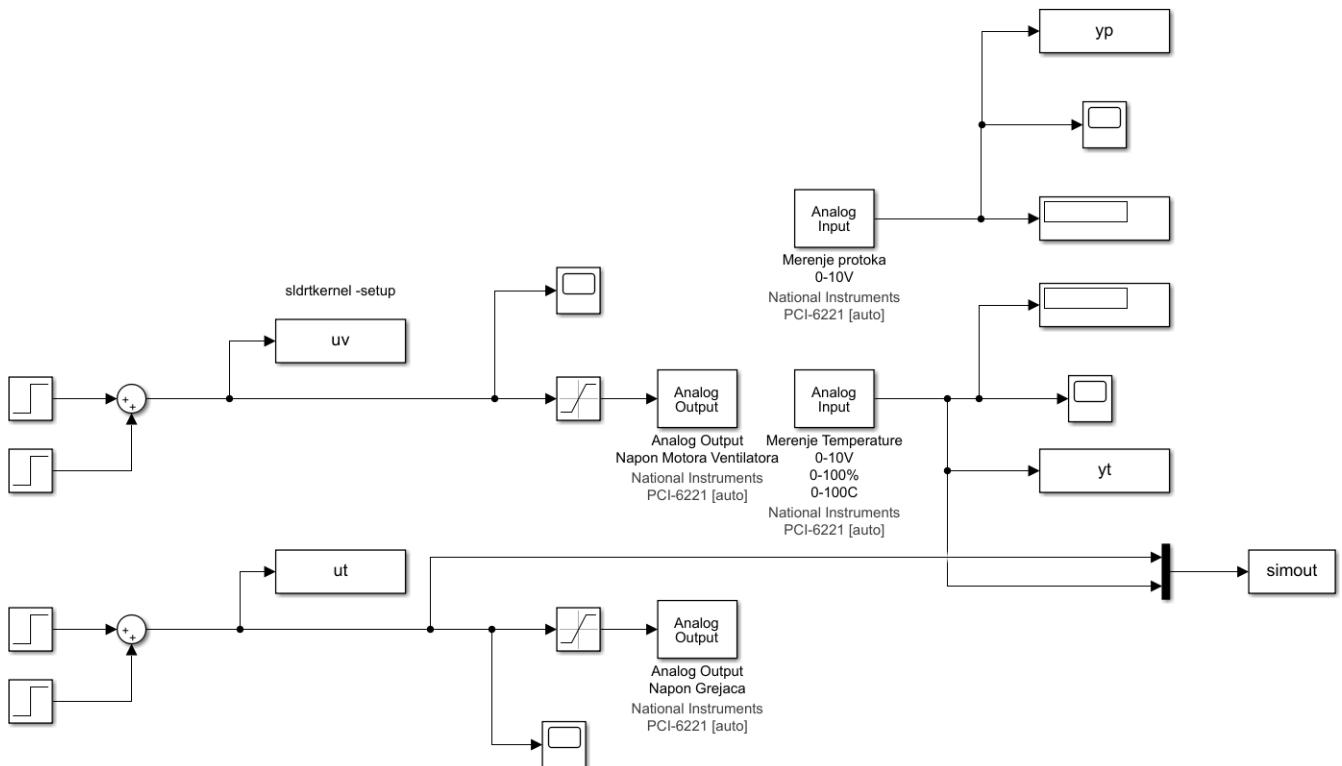


Za omogućavanje rada aparature potrebno je uključiti napajanje postavke i grejača uključivanjem prekidača (slike 2 i 3). Regulacija temperature se vrši promenom napona na grejaču tj. promenom upravljanja, isto kao i regulacija protoka vazduha unutar tunela. Sve ulazne i izlazne vrednosti signala se kreću u opsegu napona od 0 V do 10 V, a zavisno od veličine na koju se odnosi signal postoji određena veza između vrednosti naponskog signala sa odgovarajućom fizičkom veličinom.

	Adresa	Komentar
Merenje temperature (PT100)	<i>IW80</i>	$10 T [^{\circ}C]$
Upravljanje grejača	<i>QW96</i>	0 – 27700

Tabela 1: Tabela sa ulazno/izlaznim adresama koje se koriste u postavci

U slučaju kada se model industrijske sušare povezan sa računarcem, samo zadavanje upravljanja i očitavanje vrednosti se vrši preko odgovarajućeg *Simulink* modela koji je kreiran u okviru programskog paketa *Matlab* i koji je prikazan u nastavku (slika 4). Odgovarajuća simulacija se može naći na sajtu predmeta.



Slika 4: Simulink model namenjen za kontrolu sušare preko računara



## Projektni zadatak

Cilj projektnog zadatka je da se primenom stečenog znanja na predmetu izvrši identifikacija temperaturnog laboratorijskog procesa. Od studenata se očekuje da osim primene algoritama za estimaciju parametara, razmotre praktične aspekte identifikacije sistema kao što su: planiranje eksperimenta, izbor pobudnih signala, periode odabiranja... Zavisno od rednog broja grupe, u skladu sa Tabelom 2, razlikuju se nominalne vrednosti upravljanja koje je potrebno primeniti prilikom identifikacije procesa. Imati u vidu da je potrebno sistem dovesti u nominalno stanje, pa tek nakon toga sprovoditi eksperimente sa različitim pobudnim signalima. Svi zadaci se izvode na realnom temperaturnom procesu, sa merenjima očitanim sa senzora br. 1 koji je najbliži grejaču. Referat treba da sadrži potrebne grafike, kao i vrednosti određenih parametara modela.

Grupa	Nominalno upravljanje Grejač [0-10] V	Nominalno upravljanje Ventilator [0-10] V
1	3	0
2	4	1
3	5	2
4	6	3
5	7	4
6	3.5	5
7	4.5	6
8	5.5	7
9	6.5	6
10	7.5	5
11	3	4
12	4	3
13	5	2
14	6	1
15	7	0
16	3.5	1
17	4.5	2
18	5.5	3
19	6.5	4
20	7.5	5
21	3	6
22	4	7

Tabela 2: Zadati parametri po grupama



### Zadatak 1.

- Snimiti odskočni odziv sistema, pri čemu se u trenutku 200 s intenzitet ventilatora poveća za 3 V u odnosu na definisanu nominalnu vrednost.
- Na osnovu odskočnog odziva odrediti adekvatnu periodu odabiranja koja će biti korišćena u daljem procesu identifikacije i obrazložiti odgovor. Periodu odabiranja u *Simulink*-u ne menjati, nego u *MATLAB*-u vršiti resemplovanje signala (*up* ili *down sample*-ovanje).
- Na osnovu odskočnog odziva odrediti model prvog reda  $G(s) = \frac{K}{Ts+1} e^{-\tau s}$ .
- Odrediti ekvivalentni diskretni ARX model prvog reda.

### Zadatak 2.

- Odrediti odgovarajuće parametre *PRBS* (*Pseudo-Random Binary Sequence*) eksitacije i snimiti odziv sistema u trajanju od 400 s, pri čemu se u trenutku 200 s intenzitet ventilatora poveća za 3 V u odnosu na definisanu nominalnu vrednost.
- Odrediti odgovarajuće parametre povorke bipolarnih četvrтки i snimiti odziv sistema u trajanju od 400 s, pri čemu se u trenutku 200 s intenzitet ventilatora poveća za 3 V u odnosu na definisanu nominalnu vrednost.
- Pri daljoj identifikaciji procesa voditi računa o transportnom kašnjenju određenom u okviru prethodnog zadatka. U proceduri identifikacije koristiti izlazne sekvene od trenutka kada sistem počinje da se odaziva (nakon vremena koje odgovara transportnom kašnjenju), pa informaciju o kašnjenju uključiti u same modele po završetku procedure identifikacije.

**2.a)** Na osnovu odziva sistema na *PRBS* eksitaciju i povorku bipolarnih četvrтки sprovesti nezavisno sledeću proceduru:

- U programskom paketu *MATLAB/System Identification Toolbox* realizovati identifikaciju parametara *ARX* modela metodom najmanjih kvadrata. Potrebno je izvršiti modeliranje za prvi i drugi red modela ( $n = 1, 2$ ). Identifikaciju je potrebno sprovesti samo za nominalni režim za datu grupu.
- Nakon završene identifikacije, odrediti nule i polove dobijenog modela u diskretnom i kontinualnom domenu, vremenske konstante modela i pojačanje. Koristiti sve potrebne funkcije *toolbox*-a i obrazložiti njihovu upotrebu. Porediti odziv stvarnog sistema, modela prvog i modela drugog reda na jednom grafiku i komentarisati dobijene rezultate. Pored prikaza celokupnih sekvenci odziva modela i procesa, dati i grafike koji su relevantni u smislu sagledavanja prelaznih režima u odzivima (ograničenog trajanja na dve, tri promene ulaznog signala)
- Komentarisati ostvarene rezultate za *PRBS* eksitaciju i povorku bipolarnih četvrтки.

**2.b)** Na osnovu odziva sistema na *PRBS* eksitaciju i povorku bipolarnih četvrтки sprovesti nezavisno sledeću proceduru:

- U programskom paketu *MATLAB* realizovati identifikaciju parametara rekurzivnom metodom najmanjih kvadrata *ARX* modela prvog i drugog reda. Ponoviti identifikaciju za tri različite vrednosti parametra zaboravljanja, koje treba odabratи tako da se ilustruje kako zavisi kvalitet identifikacije i brzina konvergencije ka pravim parametrima u zavisnosti od izbora faktora zaboravljanja. Identifikaciju je potrebno sprovesti za nominalni režim za datu grupu.
- Nakon završene identifikacije, odrediti nule i polove dobijenog modela u diskretnom i kontinualnom domenu, vremenske konstante modela i pojačanje. Koristiti sve potrebne funkcije *toolbox*-a i obrazložiti njihovu upotrebu. Porediti odziv stvarnog sistema, modela prvog i modela drugog reda na jednom grafiku i komentarisati dobijene rezultate. Pored prikaza celokupnih sekvenci odziva modela i procesa, dati i grafike koji su relevantni u smislu sagledavanja prelaznih režima u odzivima (ograničenog trajanja na dve, tri promene ulaznog signala)
- Komentarisati ostvarene rezultate za *PRBS* eksitaciju i povorku bipolarnih četvrтки.