

Upravljanje sustavom za reverznu osmozu

Lovrinović, Mateja

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:870284>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-31**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište
Sjever**

Završni rad br. 479/EL/2020

Upravljanje sustavom za reverznu osmozu

Mateja Lovrinović, 0016/336

Varaždin, studeni 2020. godine



Sveučilište Sjever

Odjel za Elektrotehniku

Završni rad br. 479/EL/2020

Upravljanje sustavom za reverznu osmozu

Student

Mateja Lovrinović, 0016/336

Mentor

Miroslav Horvatić, dipl.ing.

Varaždin, studeni 2020. godine

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za elektrotehniku

STUDIJ preddiplomski stručni studij Elektrotehnika

PRISTUPNIK Mateja Lovrinović

MATIČNI BROJ 0016/336

DATUM 16.11.2020.

KOLEGIJ Automatsko upravljanje

NASLOV RADA Upravljanje sustavom za reverznu osmozu

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Control of reverse osmosis system

MENTOR Miroslav Horvatić, dipl. ing.

ZVANJE predavač

ČLANOVI POVJERENSTVA

1. mr. sc. Ivan Šumiga, dipl. ing., viši predavač
2. mr. sc. Matija Mikac, dipl. ing., viši predavač
3. Miroslav Horvatić, dipl. ing., predavač
4. dr. sc. Dunja Srpak, docent, rezervni član
5. _____

V Ž K C

M M I

Zadatak završnog rada

BROJ 479/EL/2020

OPIS

Potrebno je realizirati upravljanje sustavom za reverznu osmozu. Upravljanje realizirati korištenjem Simatic S7-1200 PLC i Simatic KTP700 Basic HMI uređaja.

U radu je potrebno:

- objasniti princip rada sustava za reverznu osmozu
- osmisliti povezivanje sustava za reverznu osmozu sa Simatic S7-1200 PLC i Simatic KTP700 Basic HMI uređajem
- osmisliti i realizirati programsko upravljanje za Simatic S7-1200 PLC uređaj
- osmisliti i realizirati grafičko sučelje za Simatic KTP700 Basic HMI uređaj
- objasniti korištenje realiziranog sustava upravljanja.

ZADATAK URUČEN

19.11.2020.



Jm

Predgovor

Zahvaljujem se svom mentoru profesoru Miroslavu Horvatiću, dipl.ing., na strpljenju i pomoći prilikom izrade završnog rada. Također, zahvaljujem se svim profesorima Sveučilišta Sjever na prenesenom znanju tijekom mog obrazovanja. Ujedno se zahvaljujem i svojoj obitelji na pruženoj potpori i mogućnosti obrazovanja na Sveučilištu Sjever u Varaždinu.

Sažetak

Ovim radom opisan je primjer realizacije upravljanja sustavom reverzne osmoze pomoću PLC i HMI uređaja. Objasnjen je proces reverzne osmoze te su opisani membranski moduli koji se upotrebljavaju u tom procesu. Za realizaciju upravljanja navedenim sustavom korišteni su procesno računalo Siemens S7 – 1200 i grafički panel Simatic KTP700 Basic. Prikazani sustav razvijen je za potrebe tekstilne industrije.

Ključne riječi: reverzna osmoza, PLC, HMI, membrane

Abstract

This bachelor's thesis describes an example of the realization of reverse osmosis system control using PLC and HMI device. The process of reverse osmosis is explained and the membrane modules used in this process are described. The Siemens S7 – 1200 process computer and the Simatic KTP700 Basic graphics panel were used to realize the control of this system. The presented system was developed for the needs of the textile industry.

Key words: reverse osmosis, PLC, HMI, membrane

Popis korištenih kratica

AI	analogni ulaz (eng. Analog Input)
CPU	centralna procesorska jedinica (eng. Central Processing Unit)
HMI	sučelje čovjek – stroj realizirano dodirnim ekranom (eng. Human Machine Interface)
PLC	programabilni logički kontroler (eng. Programmable Logic Controller)
TIA	potpuno integrirana automatizacija (eng. Totally Integrated Automation)

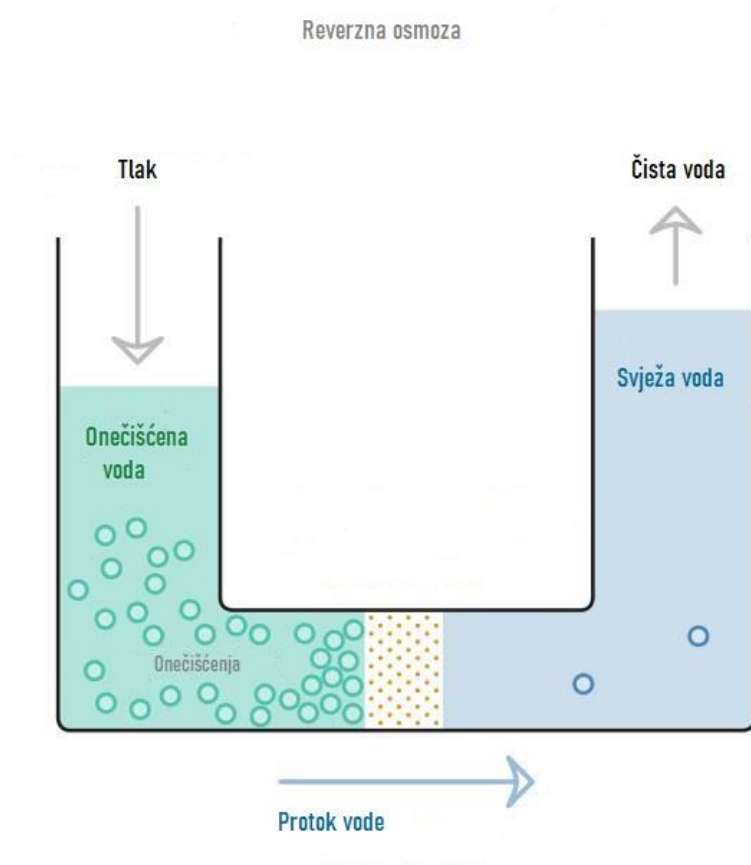
Sadržaj

1. UVOD	1
2. SUSTAVI REVERZNE OSMOZE	3
3. MEMBRANSKI MODULI	7
3.1. Modul na principu filter preše	7
3.2. Cijevni modul	8
3.3. Modul sastavljen od šupljih vlakana	9
3.4. Modul u obliku spiralnog namotaja	10
4. SUSTAV ZA UPRAVLJANJE PROCESOM REVERZNE OSMOZE	12
4.1. Hardverska konfiguracija	12
4.2. Programsko rješenje	14
4.2.1. Automatski način rada	14
4.2.2. Ručni način rada	18
4.2.3. Čitanje analognih ulaza	22
4.2.4. Funkcija za servis	25
5. KORISNIČKO SUČELJE	27
5.1. HMI tagovi	27
5.2. Grafički zasloni	28
5.3. Početni grafički zaslon	29
5.4. Grafički zaslon „Start“	30
5.5. Grafički zaslon „ManualMode“	32
5.6. Grafički zaslon „Kalibracija“	33
5.7. Grafički zaslon „Alarmi“	34
5.8. Grafički zaslon „Servis“	35

5.9. Grafički zaslon za crtanje grafova	36
6. ZAKLJUČAK.....	37
7. LITERATURA.....	39
Popis slika.....	41
Popis tablica.....	43

1. UVOD

Reverzna ili povratna osmoza je sustav koji služi za dobivanje pitke vode iz slane vode. Postupak se izvodi na način da voda prolazi kroz polupropusnu membranu koja propušta čistu vodu, a zadržava soli [1]. Proces reverzne osmoze omogućuje odstranjivanje najsitnijih čestica iz vode. Koristi se za pročišćavanje vode, odstranjivanje neorganskih minerala, soli i ostalih nečistoća radi poboljšanja svojstava vode.



Slika 1.1. Proces reverzne osmoze [3]

Godine 1962. vlada SAD -a upogonila je prvu tvornicu koja je radila na principu reverzne osmoze i dnevno je proizvodila oko 3500 litara vode. Danas u svijetu postoji više od 3000 velikih pogona reverzne osmoze koje proizvode milijune litara pitke vode dnevno [1].

Razvojem znanosti i industrije posljedično je došlo do razvoja tehnika i sustavu za obradu sirove vode. Reverzna osmoza spada u najmodernije tehnike obrade vode.

U ovom radu bit će objašnjeni sustavi reverzne osmoze te njeni glavni dijelovi, kao i membranski moduli koji se mogu koristiti. Također će biti iznesen primjer PLC programa za sustav upravljanja reverznom osmozom koji se koristi u tekstilnoj industriji.

2. SUSTAVI REVERZNE OSMOZE

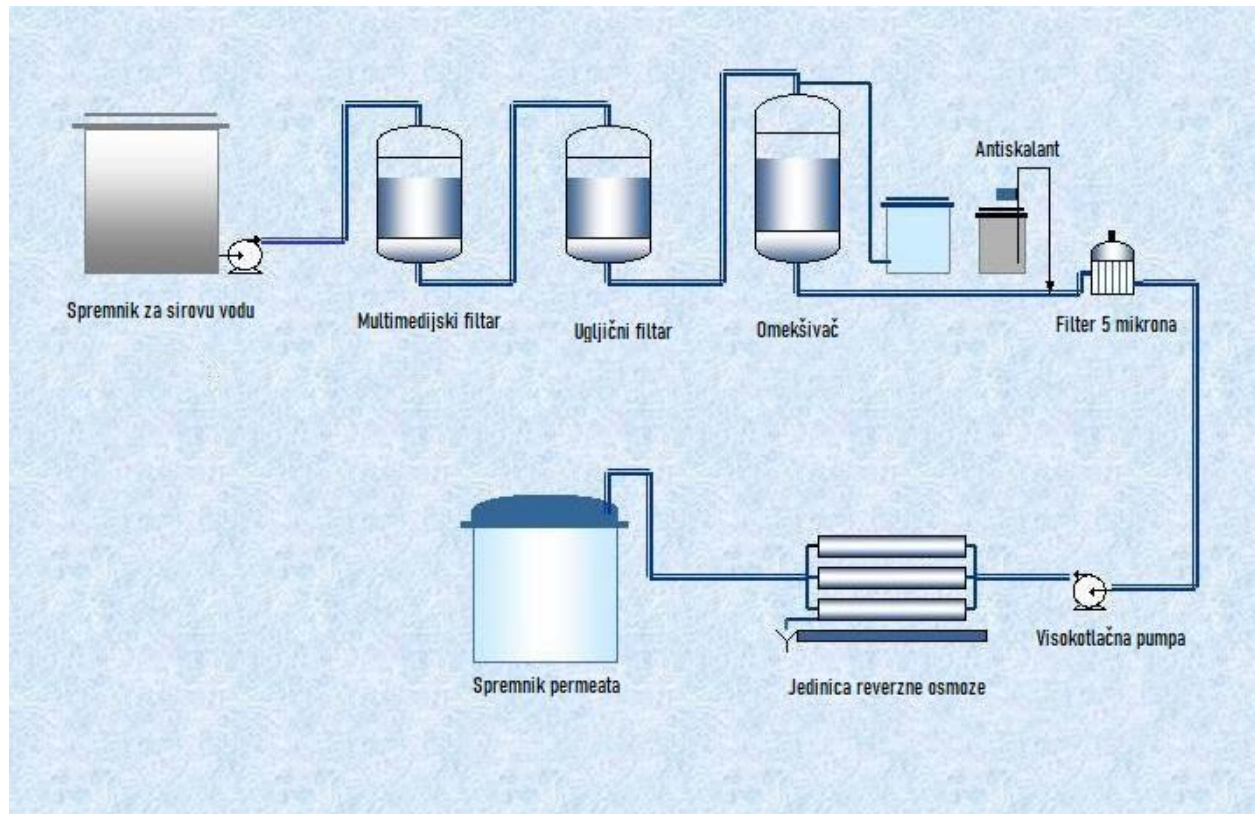
Reverzna osmoza postala je popularna tehnologija obrade vode u gotovo svakoj industriji koja zahtijeva odvajanje otopljene tvari od otapala, s time da je otapalo najčešće voda. Najčešća primjena reverzne osmoze je u pročišćavanju vode, uključujući i jednostavno uklanjanje neželjenih nečistoća. Industrija intenzivno koristi ovu primjenu reverzne osmoze za proizvodnju visoko pročišćene procesne vode i za pročišćavanje industrijskih otpadnih voda. Postupak reverzne osmoze također se koristi za proizvodnju pitke vode desalinizacijom vode, kao i rezidencijalno za poboljšanje okusa vode te uklanjanje potencijalno nezdravih onečišćenja.

Otopljene tvari mogu biti soli ili organske tvari poput šećera ili ulja. Otopljene tvari su sastojci otopine koji su prisutni u manjoj količini u odnosu na otapalo. U gradskim vodama najviša je koncentracija otopljenih soli.

Reverzna osmoza je temeljna komponenta sustava za pročišćavanje vode koja se koristi u proizvodnji poluvodiča, farmaceutskih proizvoda i medicinskih uređaja, kao i za pročišćavanje vode koja se koristi za dijalizu i proizvodnju električne energije [2]. Uspjeh njene tehnologije posljedica je ponajviše ekonomičnosti njezinog rada i jednostavnosti. U usporedbi s drugim tehnologijama uklanjanja soli, relativno je jeftina te ne zahtijeva korištenje velikih količina jako kiselih i lužnatih sredstava poput onih potrebnih za sustave izmjene iona.

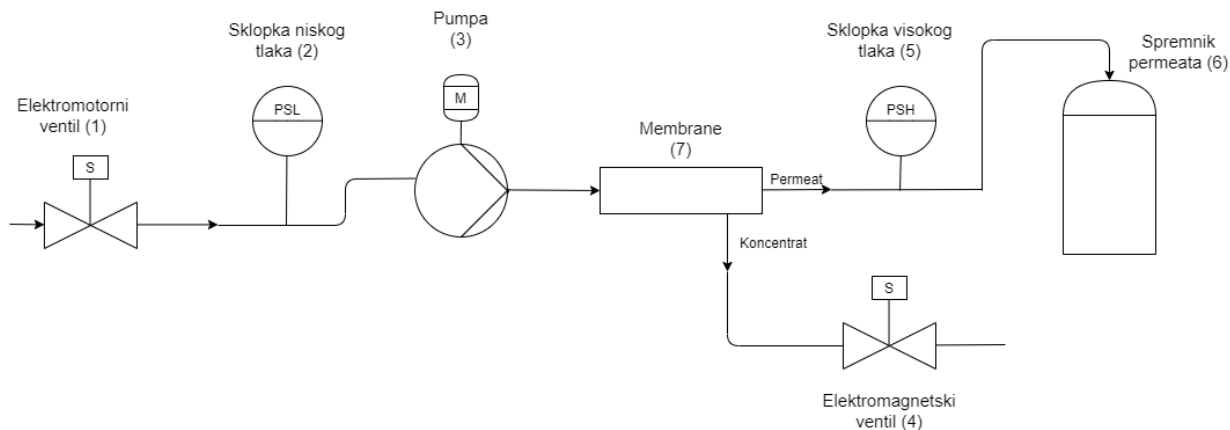
Osnovni sustav reverzne osmoze koristi pumpu i polupropusnu membranu. Pumpa proizvodi radni tlak, dok polupropusna membrana propušta vodu, a zaustavlja otopljene tvari. Na slici 2.1. prikazan je primjer pogona sustava reverzne osmoze. Voda putuje iz spremnika za sirovu vodu kroz multimedijски filter koji služi za zadržavanje mehaničkih nečistoća u vodi (pijesak, glina, mulj). Potom prolazi kroz ugljični filter koji uklanja miris i čestice organskih tvari u vodi. Omekšivač vode radi na načelu ionske izmjene, odnosno ioni kalcija i magnezija koji uzrokuju tvrdoću vode zamjenjuju se ionima natrija koji omekšavaju vodu. Antiskalant se koristi za sprječavanje depozita na membranama. Nakon što je voda prošla kroz dosad opisane filtre, prije nego što dođe do sustava reverzne osmoze, prolazi kroz zadnji filter. Većinom se radi o filterima od 5 mikrona koji se postavljaju radi otklanjanja zaostalih nečistoća. Visokotlačna pumpa generira radni tlak potreban za rad sustava. Zatim voda prolazi kroz jedinicu reverzne osmoze. Konačni

produkt sustava reverzne osmoze je permeat, tekućina koja je prošla kroz membrane, odnosno čista voda.



Slika 2.1. Primjer pogona sustava reverzne osmoze [4]

Svaki pogon reverzne osmoze sastoji se od nekoliko osnovnih dijelova koji su prikazani na slici 2.2.. Na slici je brojem 1 označen ulazni elektromotorni ventil. Broj 2 označava sklopku niskog tlaka, a broj 3 je pumpa. Brojem 4 označen je elektromagnetski ventil, dok broj 5 prikazuje sklopku visokog tlaka. Permeat se sprema u spremnik permeata koji je na slici označen brojem 6. Sam proces pročišćavanja vode vrši se kroz membrane koje su na slici označene brojem 7.



Slika 2.2. Dijelovi pogona reverzne osmoze

- Ulazni elektromotorni ventil – služi za prekid rada pogona reverzne osmoze. Čim pritisak vode kroz membrane opadne ili se nekim signalom pokrene rad reverzne osmoze, ventil se otvara, pumpa počinje sa radom i ponovno počinje proizvodnja permeata [12];
- Prekidač niskog ulaznog tlaka – služi kao zaštita pumpe u slučaju slabog pritiska ili nestanka vode [12]. U slučaju nestanka vode ili slabog pritiska, uključuje se indikator na korisničkom sučelju i sustav prestaje sa radom;
- Pumpa – služi za generiranje radnog tlaka potrebnog za rad membrana;
- Elektromagnetski ventil – preko njega se vrši ispiranje koncentrata iz kućišta membrana. Otvara se na početku rada sustava i pri zaustavljanju. Trajanje ispiranja se podešava softverski;
- Prekidač visokog izlaznog tlaka – u slučaju prestanka potrošnje permeata, tlak u vodi permeata raste i registrira ga prekidač visokog tlaka. Otvara se elektromagnetski ventil, pumpa prestaje sa radom i zatvara se elektromotorni ventil. Sustav je u stanju mirovanja sve dok se tlak vode permeata smanji i nakon toga sustav ponovno počinje sa radom.

Uz navedene dijelove za regulaciju rada, tu se još nalaze i mjeraci protoka permeata, koncentrata i vodljivosti permeata. Isti se mogu pratiti izravno preko uređaja ugrađenih u sustav reverzne osmoze ili se njihovi ulazi mogu povezati na module spojene na PLC uređaj te se prikazivati na korisničkom sučelju.

Opisana regulacija rada odnosi se na automatski način rada reverzne osmoze gdje se sustav aktivira na temelju primljenih signala za rad. Kod ručnog načina rada potrebno je osigurati rad

pumpe, odnosno softverski ograničiti da pumpa može početi s radom jedino ako je otvoren ulazni elektromotorni ventil kako pumpa ne bi radila „na suho“. Oba načina rada će biti detaljnije objašnjena u radu.

3. MEMBRANSKI MODULI

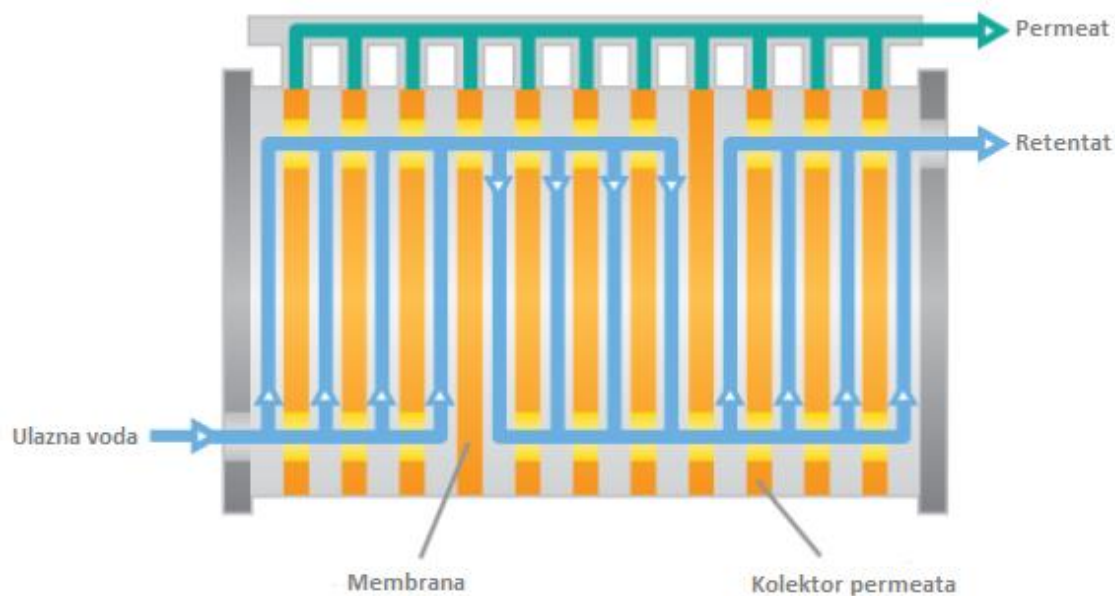
Reverzna osmoza koristi četiri vrste membranskih modula koji će biti objašnjeni u ovom poglavlju.

3.1. Modul na principu filter preše

Membranski moduli na principu filter preše konstruirani su pomoću takozvane plosnate membrane, koja se proizvodi ekstrudiranjem membranskog polimera na ravni lim propusne podloge, obično poliesterske tkanine [2]. Plosnate membrane pričvršćene su na okvir ploče koja omogućuje dotok ulazne vode kroz membranu i omogućava protok permeata. Voda koja ne prođe kroz membrane odvodi se s njih kao retentat.

Slojevi ovih membrana složeni su tako da se koncentrirana otopina s jedne membrane dovodi na sljedeću membranu.

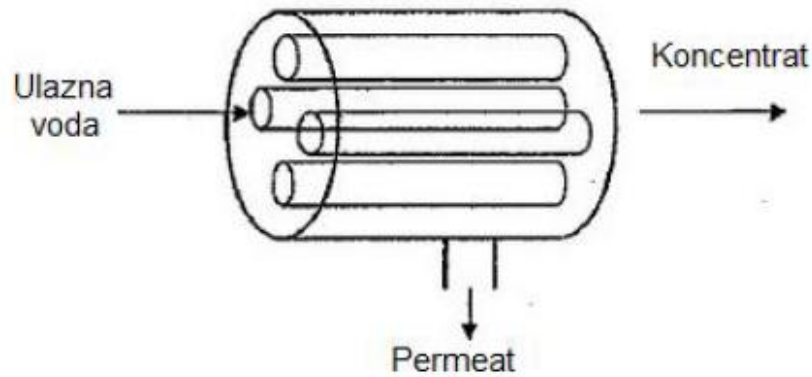
Ovakvi moduli se obično ne koriste za sustave reverzne osmoze jer im je potrebna velika količina visokog tlaka. U slučaju kada se primjenjuju za sustave reverzne osmoze to je iz razloga što je kod ovakvih modula olakšana procedura razdvajanja membrana i njihovo čišćenje stoga će se one primjenjivati kada ulazna voda ima veliki potencijal začepljenja membrana do kojeg dolazi ukoliko se na membranama sakuplja velika količina retentata.



Slika 3.1. Membranski modul na principu filter preše [5]

3.2. Cijevni modul

Rijetko korištena konfiguracija membrane je cijevni modul. Cijevni moduli imaju minimalnu površinu membrane u odnosu na volumen protoka kroz cijevi tako da cijevi moraju biti povezane u seriju kako bi se postigao optimalan protok permeata [2]. Cjevčice se montiraju u čelična, plastična ili keramička kućišta. Ulazna voda ulazi u unutrašnjost cjevčice i filtrira se kroz stijenke prema van, te se permeat odvodi kroz kućište na plaštu, a koncentrat izlazi na suprotnom kraju modula.

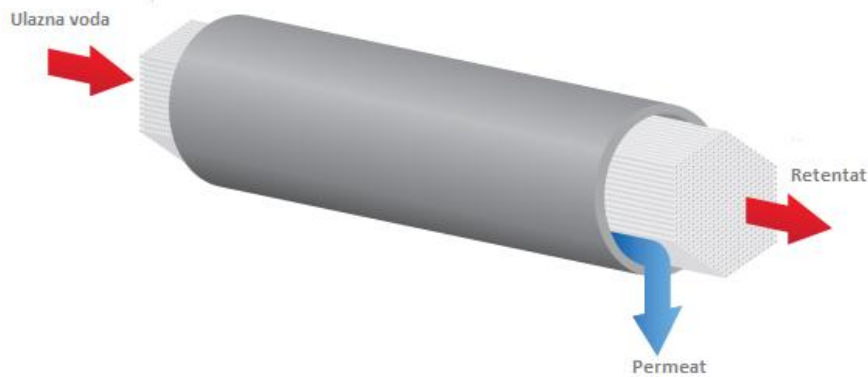


Slika 3.2. Cijevni modul [6]

3.3. Modul sastavljen od šupljih vlakana

Prvi veliki pogoni reverzne osmoze izrađeni su od modula sa šupljim vlaknima. Za ove module koriste se fina šuplja vlakna membranskog materijala, kao što su celulozni triacetat ili poliamid [2]. Krajevi vlakana zatvoreni su u epoksidni blok povezan s vanjskom stranom kućišta. Ulazna voda pod tlakom prolazi preko vanjske strane vlakana. Čista voda prožima vlakna i sakuplja se na kraju modula.

Moduli sastavljeni od šupljih vlakana nisu toliko popularni kao prije u aplikaciji sa bočatom vodom koja ima niži salinitet od morske vode i nastaje miješanjem mora sa tekućom vodom ili kišnicom. Za bočatu vodu više se primjenjuju moduli u obliku spiralnog namotaja. Međutim, ovi moduli još uvijek se koriste za desalinizaciju morske vode ili pročišćavanje vode iz bunara. Teže ih je održavati zbog nemogućnosti dopiranja sredstava za čišćenje u neka područja vlakana što pogoduje stvaranju kamenca.



Slika 3.3. Membranski modul sastavljen od šupljih vlakana [7]

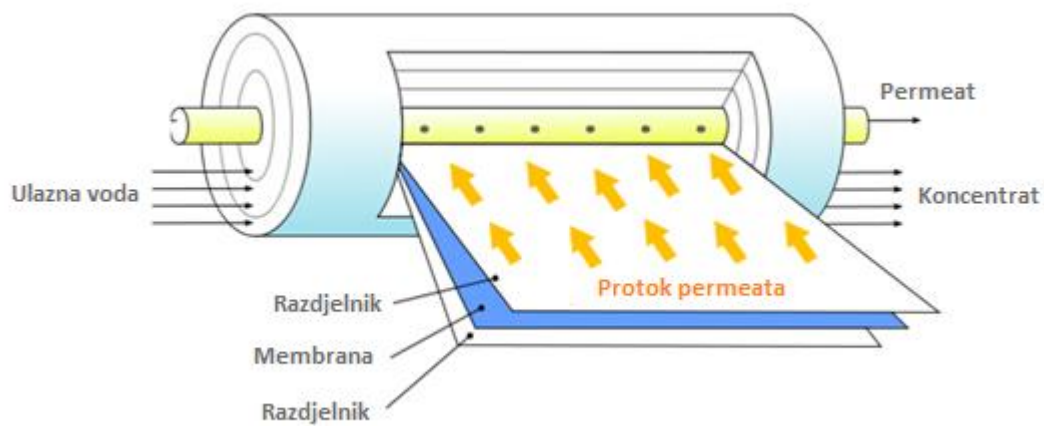
3.4. Modul u obliku spiralnog namotaja

Moduli u obliku spiralnog namotaja sastoje se od membrana, razdjelnika za ulaznu vodu, razdjelnika permeata i cijevi permeata, kao što je prikazano na slici 3.4. Prvo se postavlja membrana i presavija na pola s membranom prema unutra. Zatim se razmak za punjenje stavlja između presavijenih membrana, formirajući membranski sendvič. Svrha razmaknice za dovod je osigurati prostor za protok vode između površina membrane i omogućiti jednoličan protok između listova membrane [2].

Razdjelnik permeata pričvršćen je na cijev permeata, a prethodno pripremljeni membranski sendvič pričvršćen je na razdjelnik permeata pomoću ljepila. Sljedeći permeatni sloj polaže se i zatvara ljepilom, a cijeli se postupak ponavlja sve dok svi potrebni razdjelnici permeata nisu pričvršćeni na membrane. Gotovi membranski slojevi se zatim omotaju oko cijevi stvarajući spiralni oblik.

Moduli u obliku spiralnog namotaja mogu se koristiti za razne primjene, uključujući koncentraciju proteina sirutke, koncentraciju laktoze, oporavak katodne / anodne boje, odvajanje soli i koncentraciju boje, uklanjanje sulfata i odvajanje ulja u pročišćavanju otpadnih voda.

Ulazna voda putuje protočnim kanalima tangencijalno duž duljine modula. Filtrat manji od granične vrijednosti molekulske težine tada prolazi površinom membrane u razdjelnik permeata, gdje se odvodi niz razdjelnik permeata prema permeatnoj cijevi. Ostatak sirovine tada se koncentrira na kraju modula.



Slika 3.4. Membranski modul u obliku spiralnog namotaja [8]

4. SUSTAV ZA UPRAVLJANJE PROCESOM REVERZNE OSMOZE

U ovom poglavlju će biti obrađen praktični dio rada. Navest će se hardverska konfiguracija i softversko rješenje sustava reverzne osmoze.

4.1. Hardverska konfiguracija

Za prikupljanje i obradu podataka o procesu reverzne osmoze, korišten je PLC uređaj SIMATIC S7 – 1200. Navedeno procesno računalo može primiti i obraditi dovoljan broj izmjerenih podataka, a sastoji se od središnjeg procesora CPU 1212C DC/DC/DC i njegove memorijske komponente. CPU 1212C DC/DC/DC vrši sve potrebne izračune i obradu podataka na temelju konfiguriranog programa i primljenih signala sa povezanih modula. PLC sadrži 8 digitalnih ulaza i 6 digitalnih izlaza te 2 analogna ulaza [13]. Signali koji se dovode na sve korištene ulaze i izlaze navedeni su u tablicama 1 do 3.

Digitalni ulazi		
Logička adresa	Ime varijable	Komentar
I0.0	VT_sklopka	Status visokotlačne sklopke
I0.1	NT_sklopka	Status niskotlačne sklopke
I0.2	Status_OPEN	Status elektromotornog ventila (ako je otvoren varijabla se nalazi u TRUE)
I0.3	Status_CLOSED	Status elektromotornog ventila (ako je zatvoren varijabla se nalazi u TRUE)
I0.4	Signal_prema_razini	Status koji govori je li potrebna reverzna osmoza

Tablica 1: Digitalni ulazi

Digitalni izlazi		
Logička adresa	Ime varijable	Komentar
Q0.0	Elektromotorni_ON	Izlaz za otvaranje elektromotornog ventila
Q0.1	Elektromotorni_OFF	Izlaz za zatvaranje elektromotornog ventila
Q0.2	Elektromagnetski_ON/OFF	Izlaz za otvaranje/zatvaranje elektromagnetskog ventila
Q0.3	Pumpa	Izlaz za uključivanje i isključivanje pumpe
Q0.4	Alarm	Izlaz za uključjenja alarma

Tablica 2: Digitalni izlazi

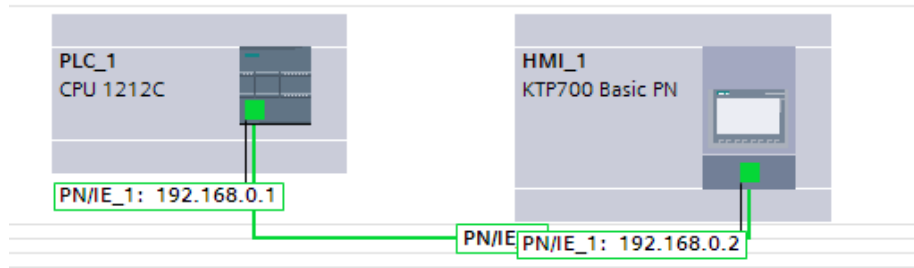
Analogni ulazi		
Logička adresa	Ime varijable	Komentar
IW96	Koncentrat	Čitanje protoka koncentrata
IW98	Permeat	Čitanje protoka permeata
IW100	Vodljivost	Čitanje elektrovodljivosti permeata

Tablica 3: Analogni ulazi

Na PLC je spojen analogni ulazni modul AI 4x13BIT koji ima 4 analogna ulaza. Za mjerenje protoka permeata i koncentrata te elektrovodljivosti permeata podešeno je da se na prva tri ulaza spajaju strujni signali u rasponu od 4 do 20 mA te se na temelju tih signala softverski vrši normalizacija izmjerenih vrijednosti kako bi se na korisničkom sučelju mogli prikazati realni brojevi.

Za vizualizaciju na korisničkom sučelju korišten je HMI KTP700 Basic PN rezolucije 800x480 piksela [14]. On se povezuje na PLC uređaj putem PROFINET sabirnice [9].

Kako bi se uspješno izvršilo povezivanje PLC – a i grafičkog panela s HMI sučeljem, potrebno je podesiti IP adrese. Uređaji se moraju nalaziti u istoj podmrežnoj grupi kako bi se ostvarila komunikacija među njima.



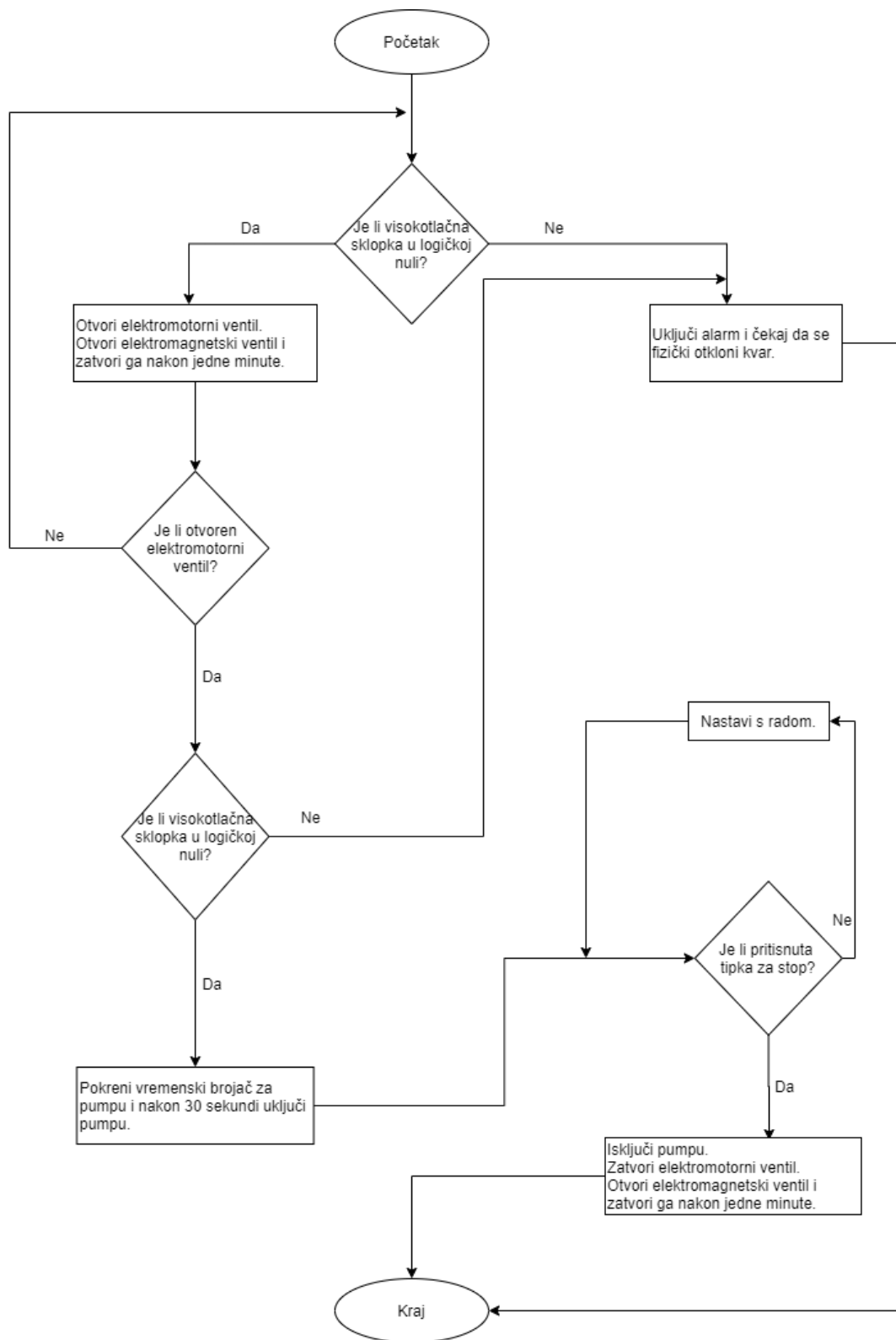
Slika 4.1. Topologija mreže

4.2. Programsko rješenje

Programsko rješenje upravljanja procesom reverzne osmoze realizirano je na način da omogućava dva načina rada. Prvi način rada je automatski pri čemu sustav radi samostalno primajući i šaljući signale putem PLC – a. Drugi način rada je ručni, a kod ovog načina rada omogućeno je ručno upravljanje radom pumpe i ulaznog elektromotornog ventila koristeći grafičke elemente i funkcijske tipke koje se nalaze na grafičkom panelu sa HMI sučeljem.

4.2.1. Automatski način rada

Program za realizaciju automatskog načina rada sastoji se od 11 dijelova, a prikazan je blokovskim dijagramom na slici 4.2.. Program za upravljanje elektromotornim ventilom i pumpom nalazi se na slici 4.3..

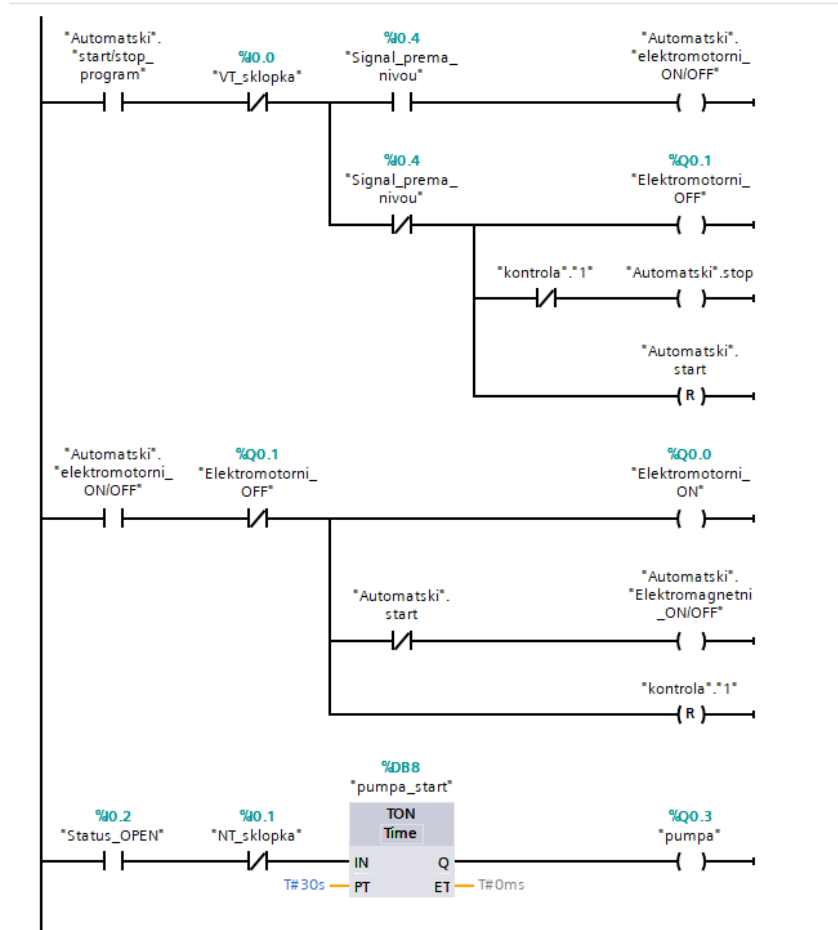


Slika 4.2. Blokovski dijagram automatskog načina rada

Kada se preko HMI – a odabere automatski način rada, varijabla „Automatski.start/stop_program“ prelazi u logičku jedinicu te dalje provjerava digitalni ulaz visokotlačne sklopke. Ukoliko se on nalazi u logičkoj nuli, iduća će provjera biti digitalni ulaz „Signal_prema_razini“. Taj signal je povezan sa spremnikom koji na temelju očitavanja razine šalje programu informaciju o daljnjem radu. Ako je razina u spremniku minimalna, taj ulaz će se nalaziti u logičkoj jedinici i dalje će se postaviti varijabla „Automatski.elektromotorni_ON/OFF“ u logičku jedinicu. Nakon ovog postavljanja program prelazi u iduću granu gdje provjerava da li je digitalni izlaz za gašenje elektromotornog ventila u logičkoj nuli, te ako jest, postavlja digitalni izlaz „Elektromotorni_ON“ u logičku jedinicu. Istovremeno postavlja varijablu za upravljanje elektromagnetskim ventilom u logičku jedinicu i resetira varijablu „kontrola.1“ koja služi kao pomoćna varijabla vremenskog brojača.

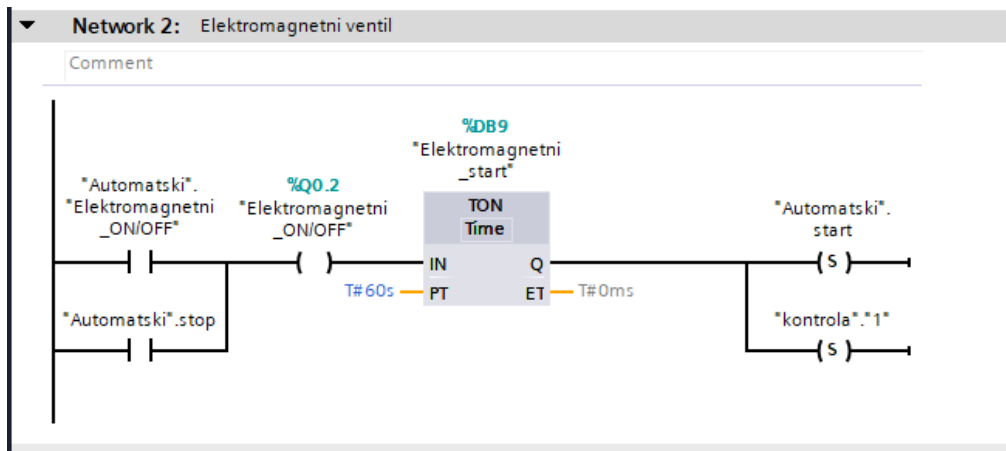
Ako je razina u spremniku maksimalna, ulaz „Signal_prema_razini“ bit će u logičkoj nuli. Kao posljedica, digitalni ulaz „Status_OPEN“ odmah prelazi u logičku nulu i isključuje se pumpa. Sukladno tome, digitalni izlaz „Elektromotorni_OFF“ će se postaviti u logičku jedinicu i elektromotorni ventil će se zatvoriti. Varijabla „Automatski.stop“ poprima vrijednost logičke jedinice i otvara se elektromagnetski ventil. Također, resetira se pomoćna varijabla „Automatski.start“ koja služi za kontrolu vremenskog brojača elektromagnetskog ventila.

Nakon što se elektromotorni ventil otvori, digitalni ulaz „Status_OPEN“ bit će postavljen u logičku jedinicu. Iduće se provjerava je li niskotlačna sklopka u logičkoj nuli. Njen status se prati preko digitalnog ulaza „NT_sklopka“. Ako su ta dva uvjeta ispunjena, vremenski brojač počinje sa odbrojanjem od 30 sekundi. Vremenski brojač je postavljen kako bi se nakon otvaranja elektromotornog ventila postigao određeni tlak na kojemu pumpa može raditi bez da se ošteti. Po isteku brojanja tog vremenskog brojača, digitalni izlaz „pumpa“ se postavlja u logičku jedinicu i pumpa počinje sa radom.



Slika 4.3. Program za upravljanje elektromotornim ventilom i pumpom

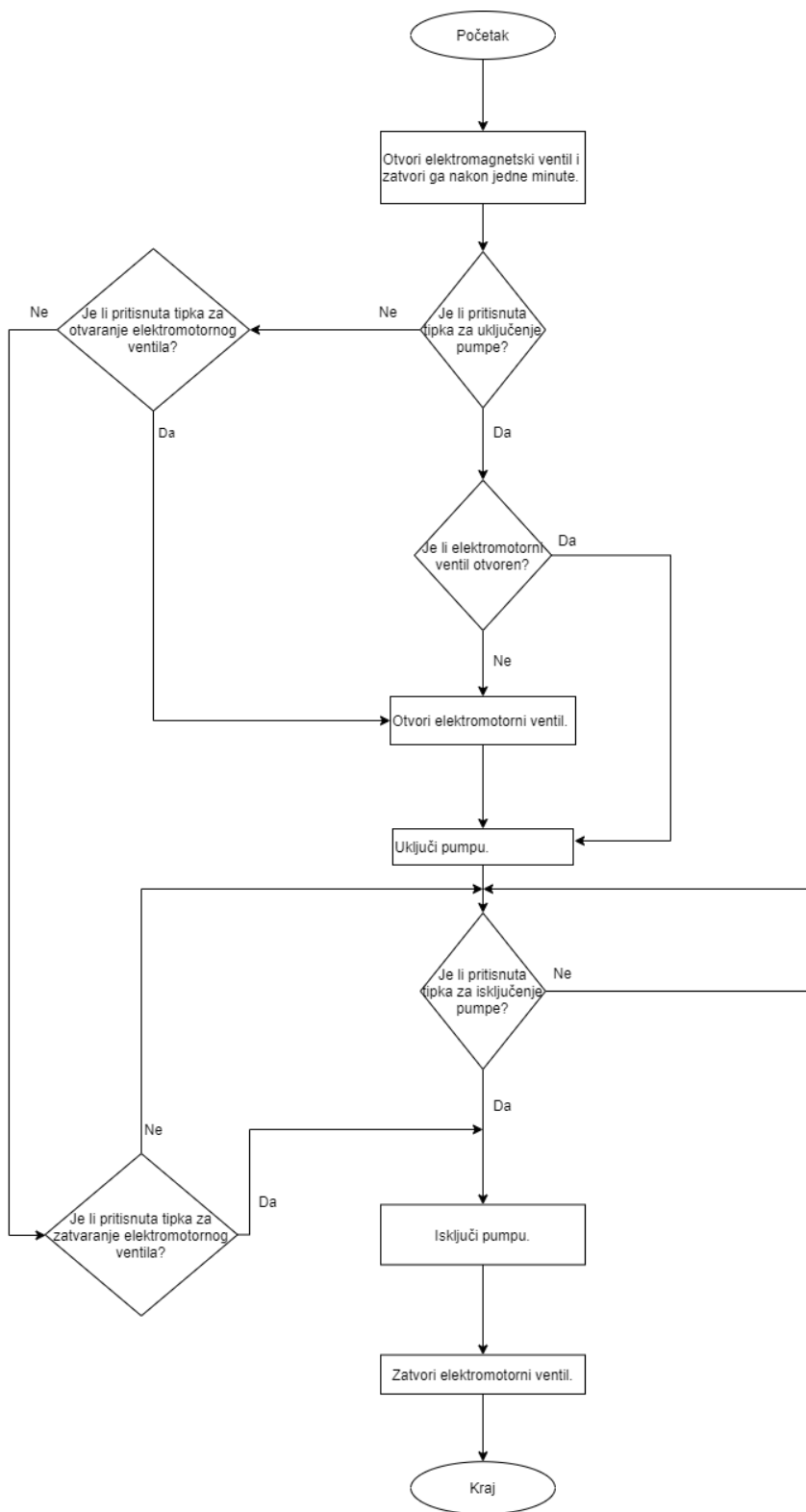
Elektromagnetski ventil se otvara na početku i na kraju rada, kao što je prikazano na slici 4.4. On služi za ispiranje koncentrata iz membrana. Trajanje njegovog rada regulirano je vremenskim brojačem i iznosi 60 sekundi.



Slika 4.4. Program za upravljanje elektromagnetskim ventilom

4.2.2. Ručni način rada

Ručni način rada reguliran je preko HMI sučelja. Na grafičkom zaslonu ručnog načina rada moguće je upravljati pumpom i elektromotornim ventilom. Grafički zaslon će biti prikazan u idućem poglavlju, a ovdje je na slici 4.5. prikazan i objašnjen blokovski dijagram ručnog načina rada. Na slici 4.6. nalazi se ljestvičasti dijagram koji realizira program opisan blokovskim dijagramom.

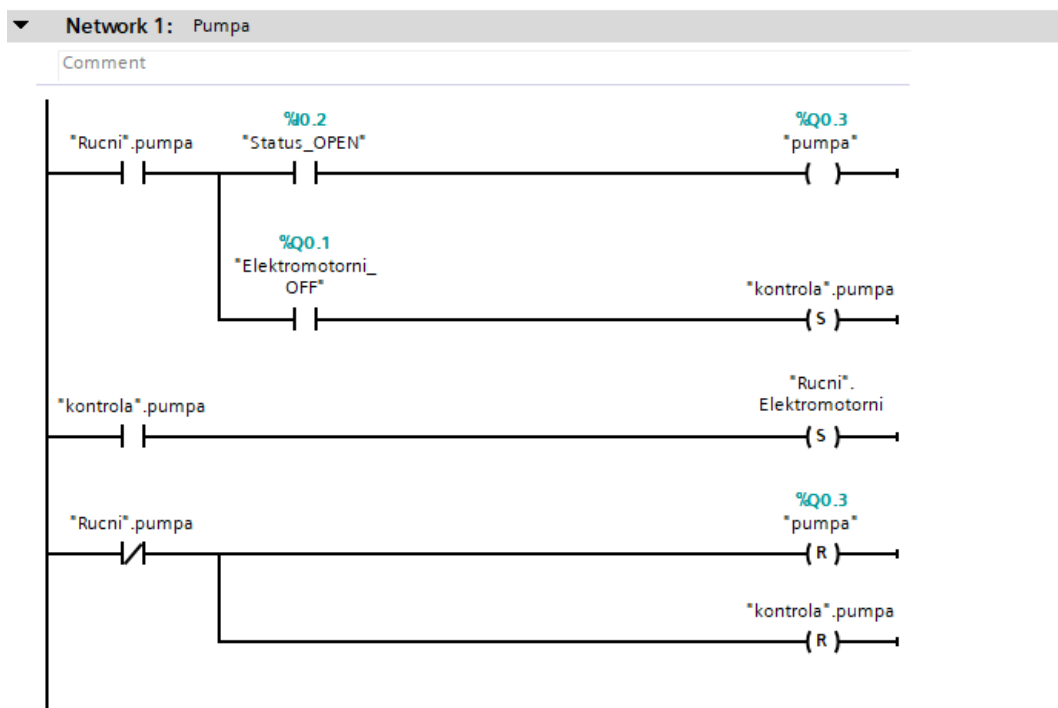


Slika 4.5. Blokovski dijagram ručnog načina rada

Ako se na HMI – u pritisne gumb za pokretanje pumpe, program će prvo provjeriti je li otvoren elektromotorni ventil. Ako je elektromotorni ventil otvoren, ulaz „Status_OPEN“ bit će u logičkoj jedinici, a izlaz „pumpa“ će se postaviti u logičku jedinicu i pumpa će početi s radom.

Ako nije otvoren elektromotorni ventil, program će provjeriti je li ventil zatvoren na temelju statusa izlaza „Elektromotorni_off“ i postaviti će varijablu „kontrola.pumpa“ u logičku jedinicu. U idućoj grani se postavlja pomoćna varijabla „Rucni.elektromotorni“ u logičku jedinicu na temelju čega će se otvoriti elektromotorni ventil, što je prikazano u idućem networku.

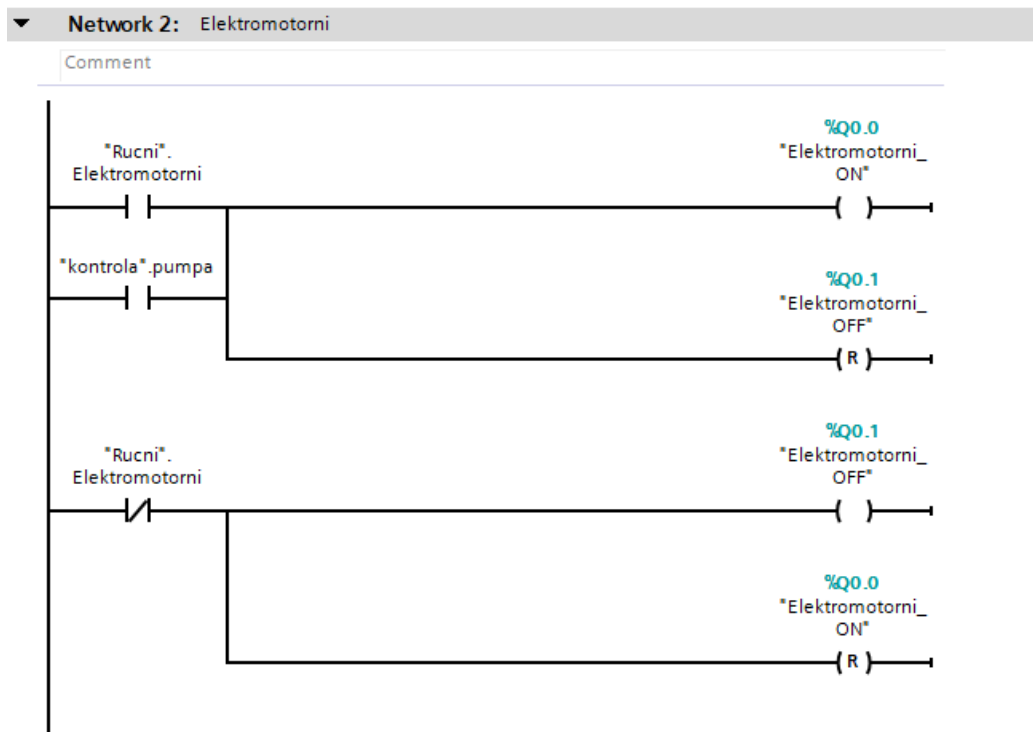
Za slučaj kada se na HMI – u pritisne tipka za isključenje pumpe, resetira se varijabla „Rucni.pumpa“, a izlaz za pumpu se drži u resetu, kao i pomoćna varijabla „kontrola.pumpa“.



Slika 4.6. Rad pumpe u ručnom načinu rada

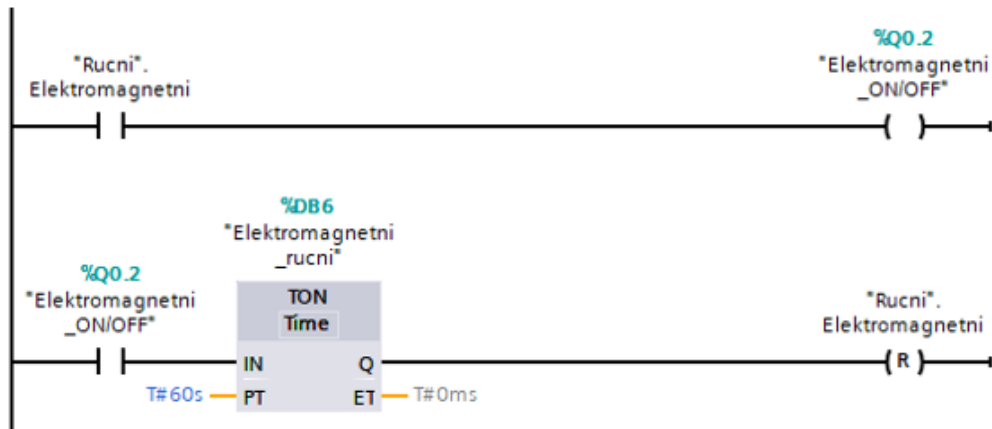
Elektromotorni ventil se u ručnom radu može pokrenuti pritiskom tipke nacrtane na HMI – u ili ako se ručno uključi pumpa. Pritiskom tipke nacrtane na HMI – u varijabla „Rucni.elektromotorni“ će se postaviti u logičku jedinicu i postaviti će izlaz za uključivanje elektromotornog ventila u logičku jedinicu, dok će izlaz za isključenje elektromotornog ventila držati u resetu.

Pritiskom tipke za isključenje elektromotornog ventila nacrtane na HMI – u, resetira se varijabla „Rucni.elektromotorni“ i izlaz za isključenje se stavlja u logičku jedinicu, a izlaz za uključenje se drži u resetu.



Slika 4.7. Program za upravljanje elektromotornim ventilom u ručnom načinu rada

Varijabla „Rucni.elektromagnetni“ postavlja se u logičku jedinicu istovremeno kada se preko HMI – a odabere ručni način rada. Shodno tome, kao što je prikazano na slici 4.8., digitalni izlaz za otvaranje elektromagnetskog ventila postavlja se u logičku jedinicu. Vremenski brojač %DB6 će početi sa odbrojavanjem nakon što pročita logičku jedinicu digitalnog izlaza „Elektromagnetski_ON/OFF“. Trajanje njegovog rada također iznosi 60 sekundi kao i u automatskom načinu rada. Po isteku vremenskog brojača, resetira se varijabla „Rucni.elektromagnetni“ i zatvara se elektromagnetski ventil.



Slika 4.8. Program za upravljanje elektromagnetskim ventilom u ručnom načinu rada

4.2.3. Čitanje analognih ulaza

Analogni ulazi spremaju zapise kao cjelobrojne vrijednosti, odnosno u tipu integer. Obzirom da je raspon mjerenja ulaznih strujnih signala od 4mA do 20mA, normalizacija pročitano g integera vrši se između 0 i 27648, gdje je 0 najmanja vrijednost koja odgovara 4mA, a maksimalna vrijednost 27648 odgovara 20mA. CPU obrađuje analogne vrijednosti samo u binarnom obliku. Analogni ulazni moduli pretvaraju analogni procesni signal u digitalni oblik [10]. Na slici 4.9. prikazan je raspon mjerenja ulaznih strujnih signala. U stupcu „System“ nalaze se decimalne i heksadecimalne vrijednosti pročitano g signala analogno g ulaza, dok su u stupcu „Current measuring range“ prikazane korespondirajuće vrijednosti raspona mjerenja. „Rated range“ je nazivni raspon mjerenja. „Overflow“ i „Overshoot range“ su vrijednosti veće od nazivno g raspona, dok su „Undershoot range“ i „Underflow“ vrijednosti niže od nazivno g raspona.

System		Current measuring range		
dec	hex	0 mA to 20 mA	4 mA to 20 mA	
32767	7FFF	23.70 mA	22.96 mA	Overflow
32512	7F00			
32511	7EFF	23.52 mA	22.81 mA	Overshoot range
27649	6C01			
27648	6C00	20 mA	20 mA	Rated range
20736	5100	15 mA	16 mA	
1	1	723.4 nA	4 mA + 578.7 nA	
0	0	0 mA	4 mA	
-1	FFFF			Undershoot range
-4864	ED00	-3.52 mA	1.185 mA	
-4865	ECFF			Underflow
-32768	8000			

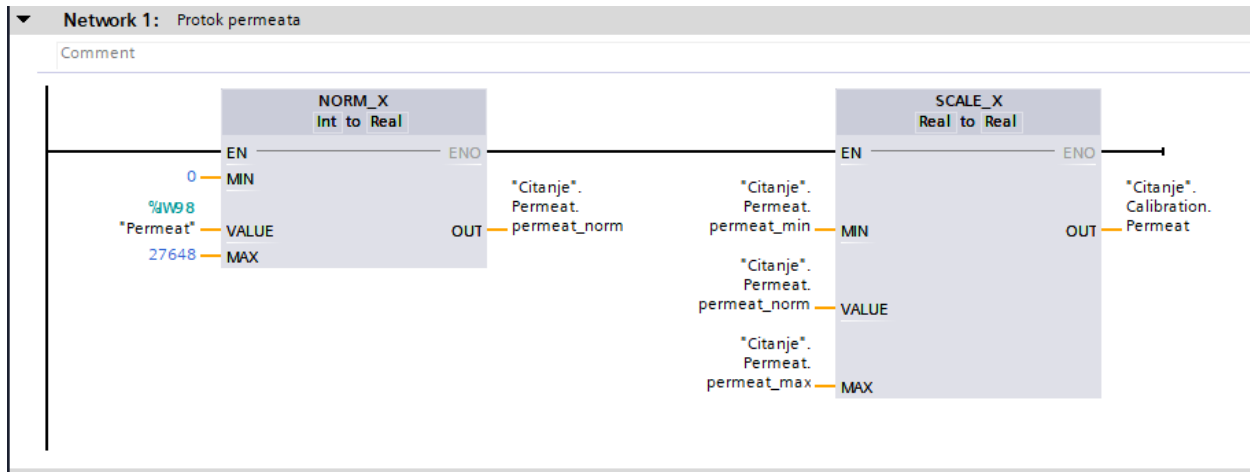
Slika 4.9. Prikaz raspona strujnog mjerenja [11]

Parametar *Value* u funkciji *NORM_X* je, prikazanoj na slici 4.10., pročitana je vrijednost sa ulaza, a izlaz te funkcije je realni zapis pročitano ulaza.

Dalje, u funkciji *SCALE_X* skalira se normalizirana vrijednost, odnosno izlaz funkcije *NORM_X*. Minimalne i maksimalne vrijednosti za funkciju *SCALE_X* unose se putem HMI – a. Izlaz ove funkcije je realna vrijednost.

Na slici 4.10. prikazan je primjer čitanja ulaza za permeat.

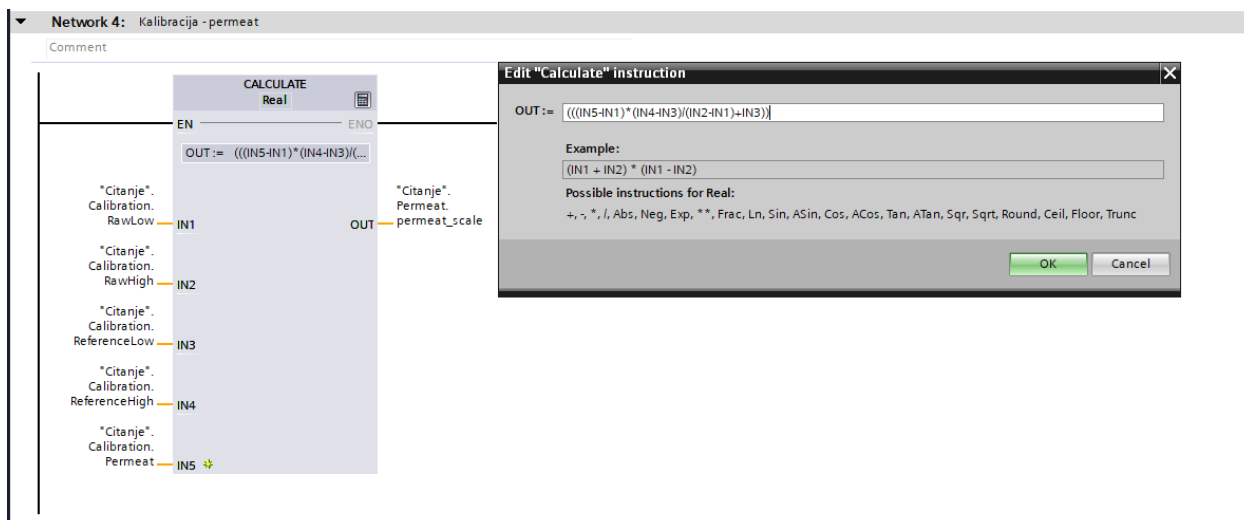
Princip čitanja sva tri analogna ulaza je isti, odnosno na isti način se čitaju podaci za protok koncentrata i elektrovodljivost permeata.



Slika 4.10. Čitanje analognog ulaza permeata

Da bi pročitani zapis bio točniji, napravljena je funkcija za kalibraciju u dvije točke koja je prikazana na slici 4.11. U parametre „Citanje.Calibration.RawLow“ i „Citanje.Calibration.RawHigh“ upisuju se preko HMI – a minimalna i maksimalna vrijednost za mjerenje koja je izmjerena na uređaju za mjerenje implementiranom na sustavu reverzne osmoze. Na ulaze „Citanje.Calibration.ReferenceLow“ i „Citanje.Calibration.ReferenceHigh“ upisuje se također preko HMI – a minimalna i maksimalna vrijednost koje su predviđene za tu veličinu. „Citanje.Calibration.Permeat“ je ulaz koji se dobiva na izlazu funkcije *SCALE_X*. Kalibracija se vrši pomoću funkcije *Calculate* u koju se upisuje formula za izračun kalibrirane vrijednosti. Izlaz te funkcije je konačna, kalibrirana vrijednost koja se prikazuje na HMI – u.

Formula za kalibraciju je prikazana na slici 4.11.. Princip izračuna kalibrirane vrijednosti je isti za svaki analogni ulaz.

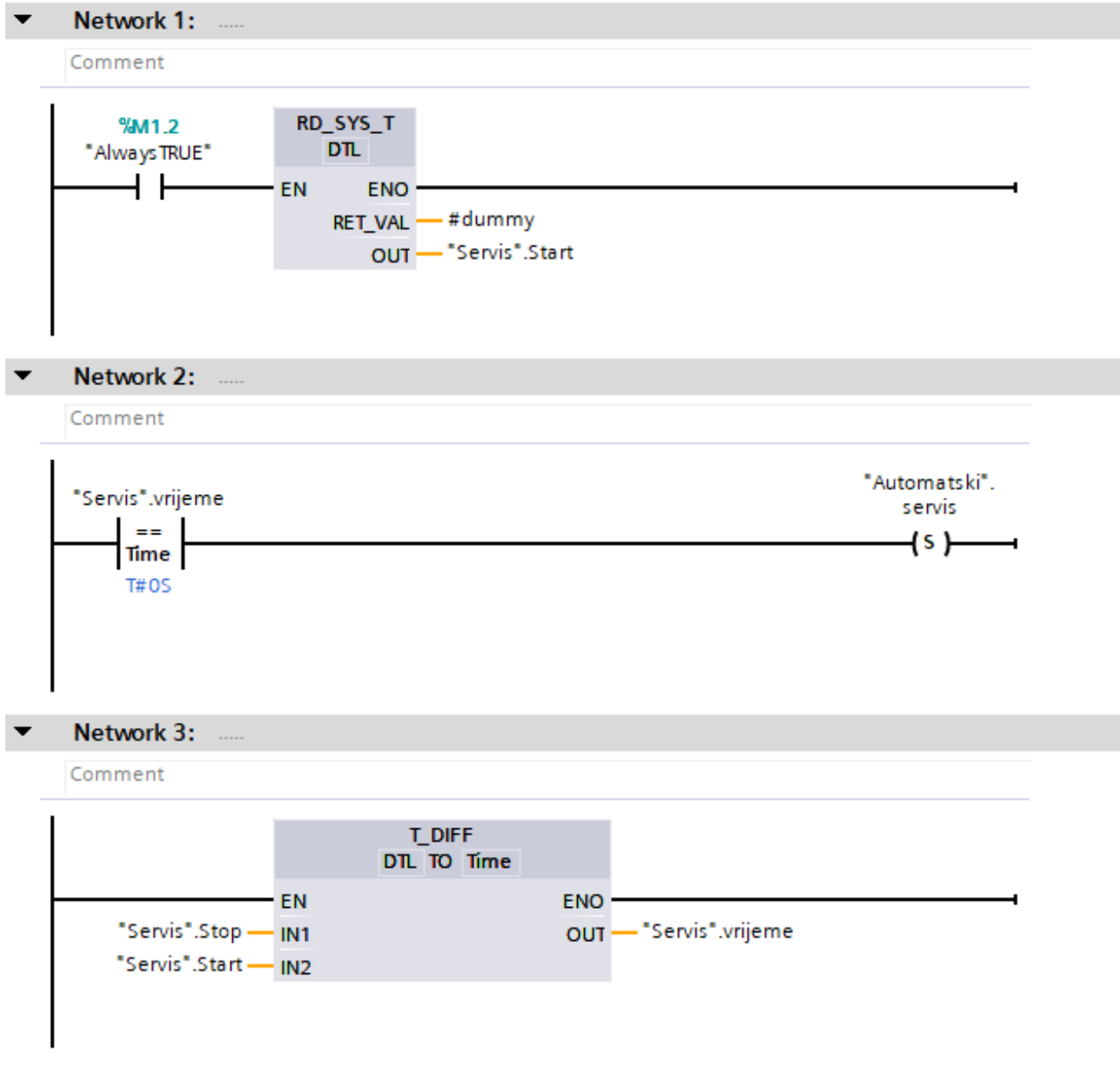


Slika 4.11. Kalibracija analognih ulaza

4.2.4. Funkcija za servis

Funkcija za servis, prikazana na slici 4.12., služi za izračun vremena kada će biti potreban redoviti servis. Ova funkcija je napravljena tako da čita trenutno vrijeme podešeno na centralnoj procesorskoj jedinici. Taj podatak zapisuje se u podatkovni blok u „Servis.Start“ koji je vremenski tip podataka DTL. Vrijeme kada će se izvršiti servis zapisuje se u podatkovni blok „Servis.Stop“ koji je također vremenski tip podataka DTL. Ta dva podatka se međusobno oduzimaju koristeći funkciju T_DIFF i na izlazu daju vrijednost „Servis.vrijeme“ koja je vremenski tip podataka *Time* i zapisuje se u sekundama.

U *Network 2* je stavljen komparator koji uspoređuje izlaz funkcije T_DIFF sa statičkom varijablom $T\#0s$, što znači da kada te dvije varijable budu jednake, parametar „Automatski.servis“ će se postaviti u logičku jedinicu. „Automatski.servis“ aktivirat će grafički prikaz za servis na HMI – u i time će zaposlenici biti obaviješteni da trebaju kontaktirati ovlaštene servis za redovito servisiranje sustava.



Slika 4.12. Funkcija za servis

5. KORISNIČKO SUČELJE

Za izradu HMI sučelja korišten je WinCC Comfort programski paket unutar TIA Portal programskog sustava. Na sučelju su napravljeni grafički prikazi zaslona za trenutni prikaz stanja sustava reverzne osmoze, prikaz analognih ulaza, alarma, te tipke za automatski i ručni način rada.

5.1. HMI tagovi

Kako bi se podaci iz programa mogli uspješno vizualizirati, potrebno je postaviti vezu između PLC – a i HMI – a. Nakon toga potrebno je napraviti tablicu tagova sa varijablama, prikazanu na slici 5.1. Tagovi se povezuju sa prethodno kreiranom HMI vezom i parametrima iz podatkovnih blokova. Svaki podatak povezan HMI vezom se čita i zapisuje u podatkovne blokove u CPU memoriji PLC – a.

Default tag table						
	Name ▲	Data type	Connection	PLC name	PLC tag	
	Alarm	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Alarm	
	koncentrat_max	Real	HMI_Connectio...	PLC_1	Citanje.Koncentrat...	
	koncentrat_min	Real	HMI_Connectio...	PLC_1	Citanje.Koncentrat...	
	permeat_max	Real	HMI_Connectio...	PLC_1	Citanje.Permeat.per..	
	permeat_min	Real	HMI_Connectio...	PLC_1	Citanje.Permeat.per..	
	vodljivost_max	Real	HMI_Connectio...	PLC_1	Citanje.Vodljivost.v...	
	vodljivost_min	Real	HMI_Connectio...	PLC_1	Citanje.Vodljivost.v...	
	Elektromagnetni_ventil	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	*Elektromagnetni_...	
	Elektromotorni_ON	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Elektromotorni_ON	
	Elektromotorni_OFF	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Elektromotorni_OFF	
	koncentrat_vrijednost	Real	HMI_Connectio...	PLC_1	Citanje.Koncentrat...	
	kontrola_3	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	kontrola.3	
	kontrola_signal	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	kontrola.signal	
	RucniRad_Elektromagnetni	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Rucni.Elektromagn...	
	RucniRad_Elektromotorni	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Rucni.Elektromotorni	
	RucniRad_manual	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Rucni.manual	
	RucniRad_pumpa	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Rucni.pumpa	
	permeat_vrijednost	Real	HMI_Connectio...	PLC_1	Citanje.Permeat.per..	
	pumpa	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	pumpa	
	Permeat_RawHigh	Real	HMI_Connectio...	PLC_1	Citanje.Calibration_...	
	Permeat_RawLow	Real	HMI_Conne...	PLC_1	Citanje.Calibrati...	
	Permeat_ReferenceHigh	Real	HMI_Connectio...	PLC_1	Citanje.Calibration_...	
	Permeat_ReferenceLow	Real	HMI_Connectio...	PLC_1	Citanje.Calibration_...	

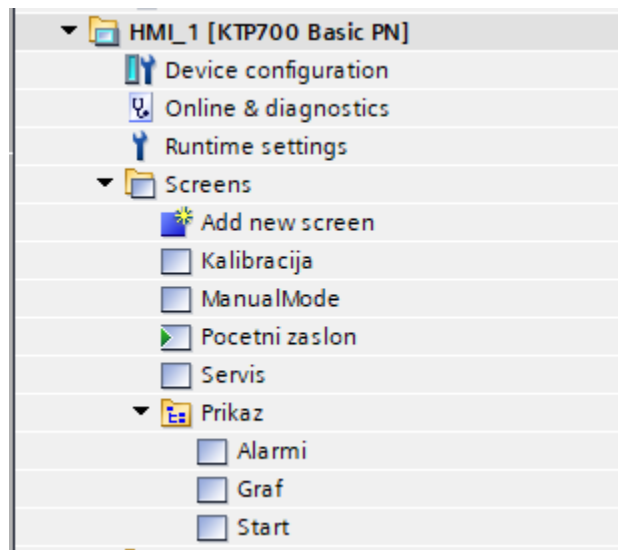
Slika 5.1. HMI tagovi

5.2. Grafički zasloni

Grafički zasloni su glavni elementi vizualizacije programa. Njima se dodaju grafički elementi koje se povezuje sa tagovima te se takvim povezivanjem dobiva vizualni prikaz parametara iz podatkovnih blokova.

U ovom primjeru korišteni su grafički zasloni:

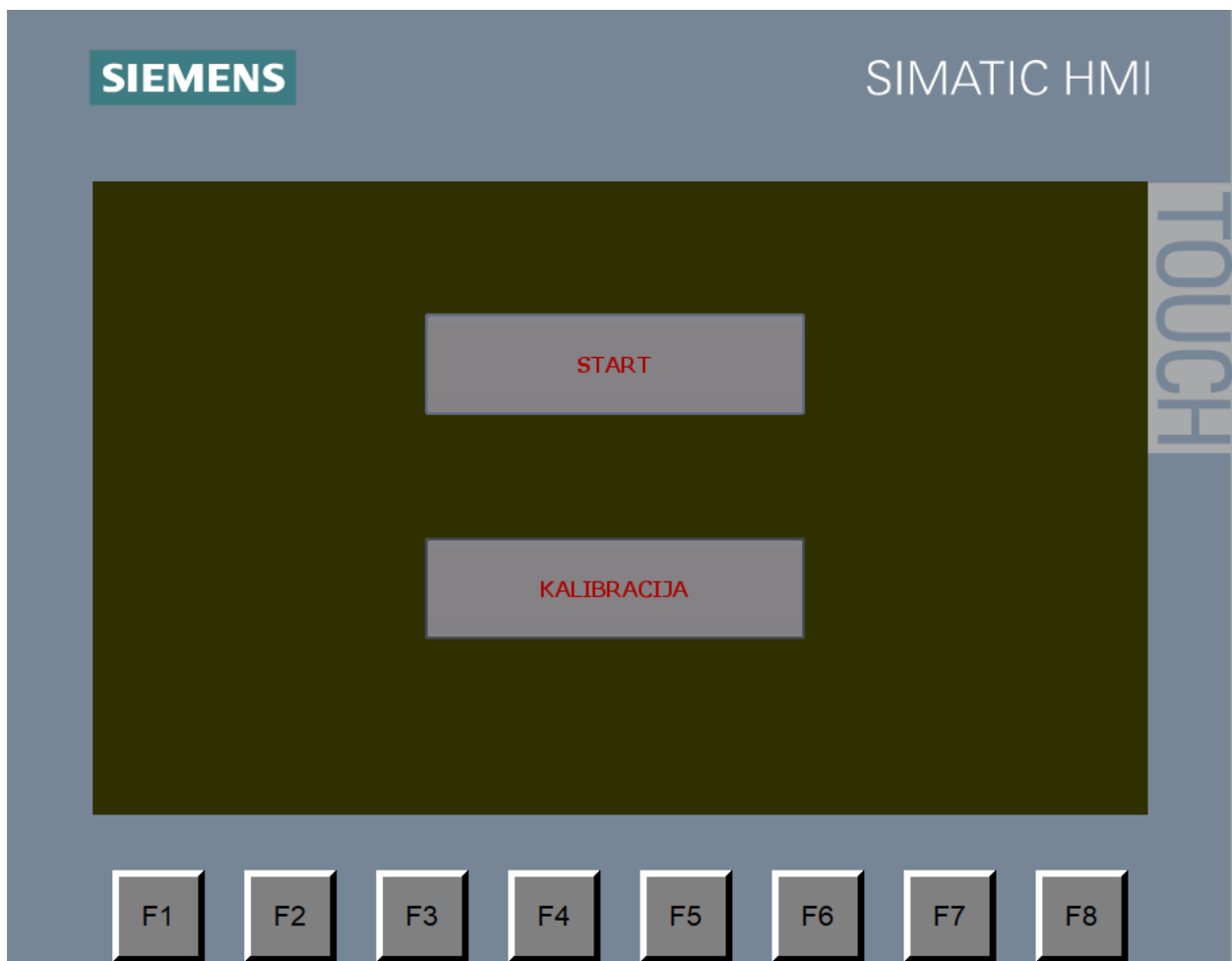
1. Kalibracija,
2. ManualMode,
3. Početni zaslon,
4. Servis,
5. Alarm,
6. Graf,
7. Start.



Slika 5.2. HMI grafički zasloni

5.3. Početni grafički zaslon

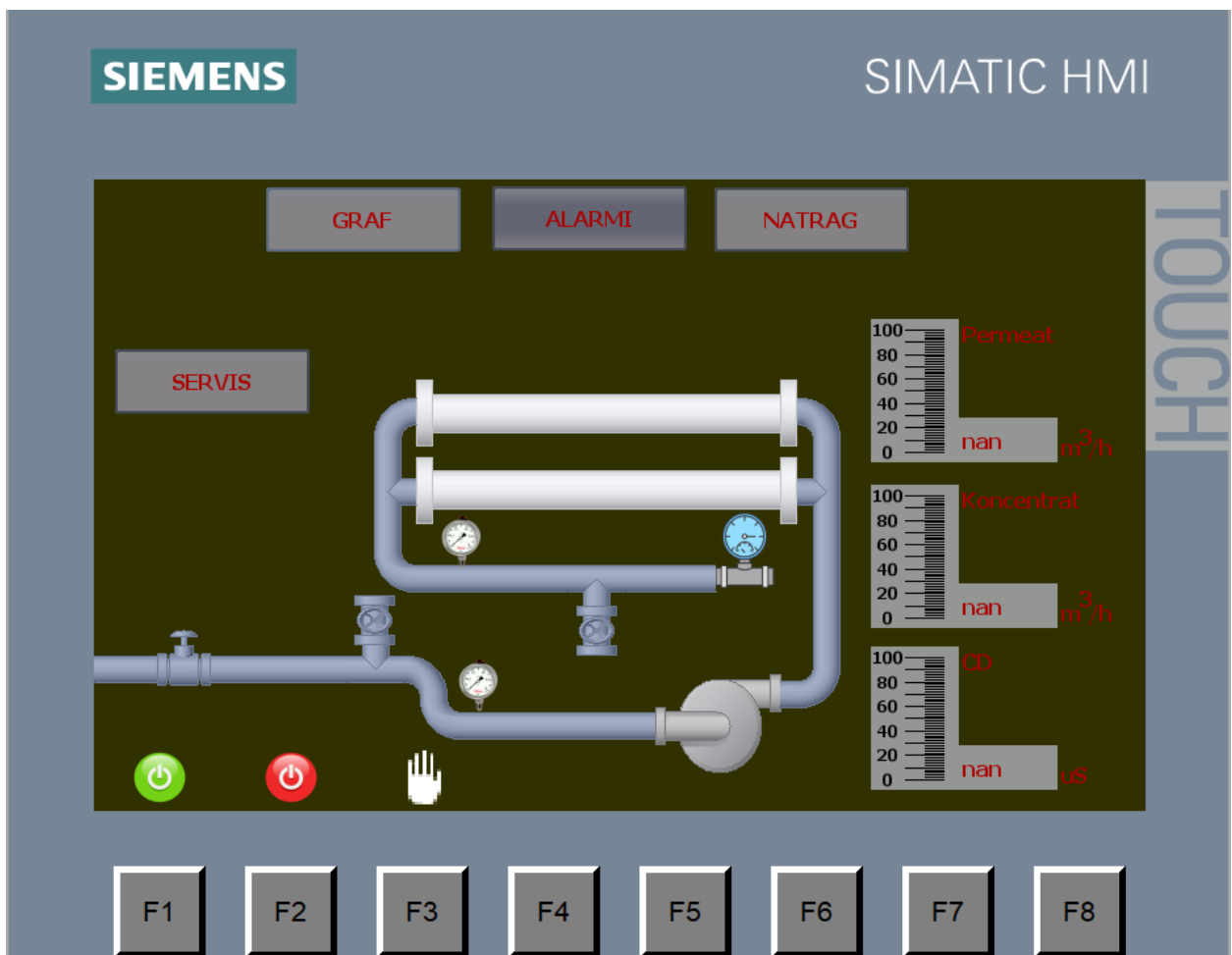
Na početnom grafičkom zaslonu, prikazanom na slici 5.3., nalaze se dvije tipke koje služe za otvaranje drugih grafičkih zaslona. Pritiskom tipke „START“ otvara se grafički zaslon na kojem se nalaze sve upravljačke funkcije, taj zaslon je ujedno i najvažniji u cijeloj vizualizaciji. Tipka „KALIBRACIJA“ namijenjena je otvaranju zaslona gdje se konfiguriraju kalibracijski parametri za analogne ulaze.



Slika 5.3. Početni grafički zaslon

5.4. Grafički zaslon „Start“

Zaslon „START“, najvažniji u cijeloj vizualizaciji, prikazan je na slici 5.4. Na njemu se nalaze grafički elementi koji shematski prikazuju izgled sustava reverzne osmoze. Također, sadrži tipke „GRAF“ i „ALARMI“ kojima se otvaraju zasloni na kojima se grafički prikazuju protoci i vodljivost, te status aktivnih alarma. Ukoliko je aktiviran neki alarm, tipka „ALARMI“ treperit će crvenom bojom i time signalizirati operaterima da nešto nije u redu sa sustavom.



Slika 5.4. Grafički zaslon „Start“

Tipka „SERVIS“ pojavit će se ukoliko parametar „Automatski.servis“ bude u logičkoj jedinici, odnosno pojavit će se kada bude vrijeme za servis i nalazit će se na zaslonu sve dok se ne obavi servis.

Pritiskom tipke „NATRAG“ vraća se na početni zaslon. Desno od sheme sustava nalaze se protoci permeata i koncentrata te elektrovodljivost permeata. Prikazuju se u numeričkom polju i u stupčastom grafikonu.

Funkcijska tipka F1 SIMATIC HMI grafičkog panela služi za uključenje sustava u automatski način rada. Njoj je dodijeljen event za postavljanje bita u logičku jedinicu. Tim bitom se u *Main* bloku programa regulira rad funkcijskog bloka za automatski način rada.

Funkcijska tipka F2 služi za isključenje sustava iz automatskog načina rada. Eventi dodijeljeni ovoj tipki su:

- resetiranje bita za početak automatskog rada čime se u *Main* bloku programa onemogućava funkcija za automatski način rada;
- postavljanje bita za zaustavljanje rada čime se u *Main* bloku programa omogućava funkcija za zaustavljanje, otvara se elektromagnetski ventil, isključuje se pumpa i zatvori se elektromotorni ventil.

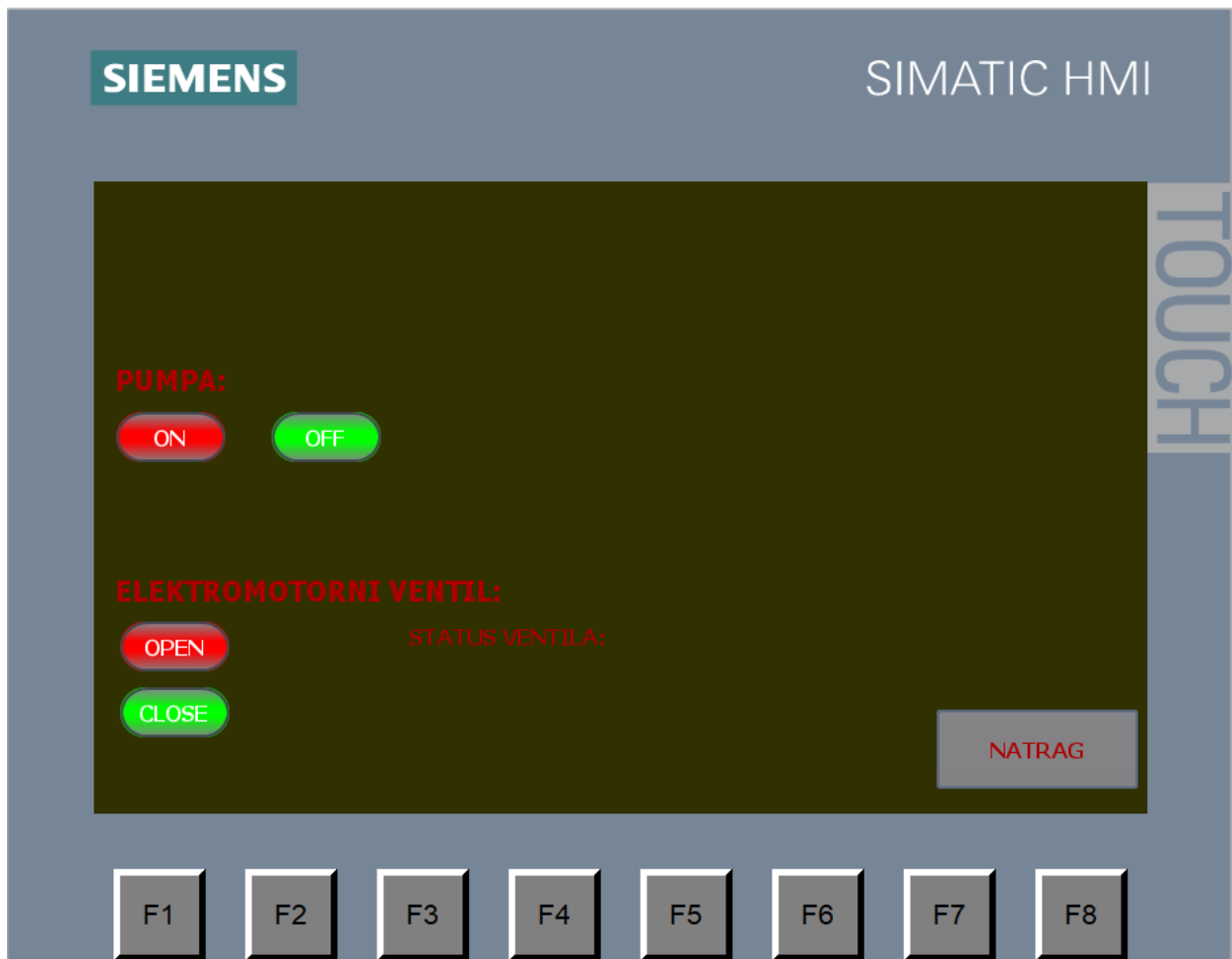
Funkcijska tipka F3 služi za ručni način rada. Ova tipka ima 4 eventa:

1. otvaranje ekrana za ručni način rada,
2. resetiranje bita za automatski način rada čime se gasi funkcija za automatski način,
3. postavljanje bita za ručni način rada u logičku jedinicu, što u bloku programa *Main* omogućava funkciju ručnog načina rada,
4. postavljanje bita „Rucni.elektromagnetni“ u logičku jedinicu čime se na početku ručnog načina rada otvara elektromagnetski ventil koji je otvoren jednu minutu, a po isteku brojanja vremenskog brojača, taj elektromagnetski ventil se zatvara.

5.5. Grafički zaslon „ManualMode“

Na ovom zaslonu vrši se ručni način rada. Sadrži tipke za uključenje i isključenje pumpe, te otvaranje i zatvaranje elektromotornog ventila. Tipke koje su trenutno pritisnute označene su zelenom bojom. Status ventila prikazuje se pomoću dvije riječi „OTVOREN“ i „ZATVOREN“ kojima je dodijeljena animacija za vidljivost. Ta dva tekstualna zapisa su povezana sa digitalnim ulazima koji čitaju status elektromotornog ventila. Ukoliko je „Status_OPEN“ u logičkoj jedinici prikazivat će se „OTVOREN“, a ukoliko je „Status_CLOSED“ u logičkoj jedinici prikazivat će se „ZATVOREN“.

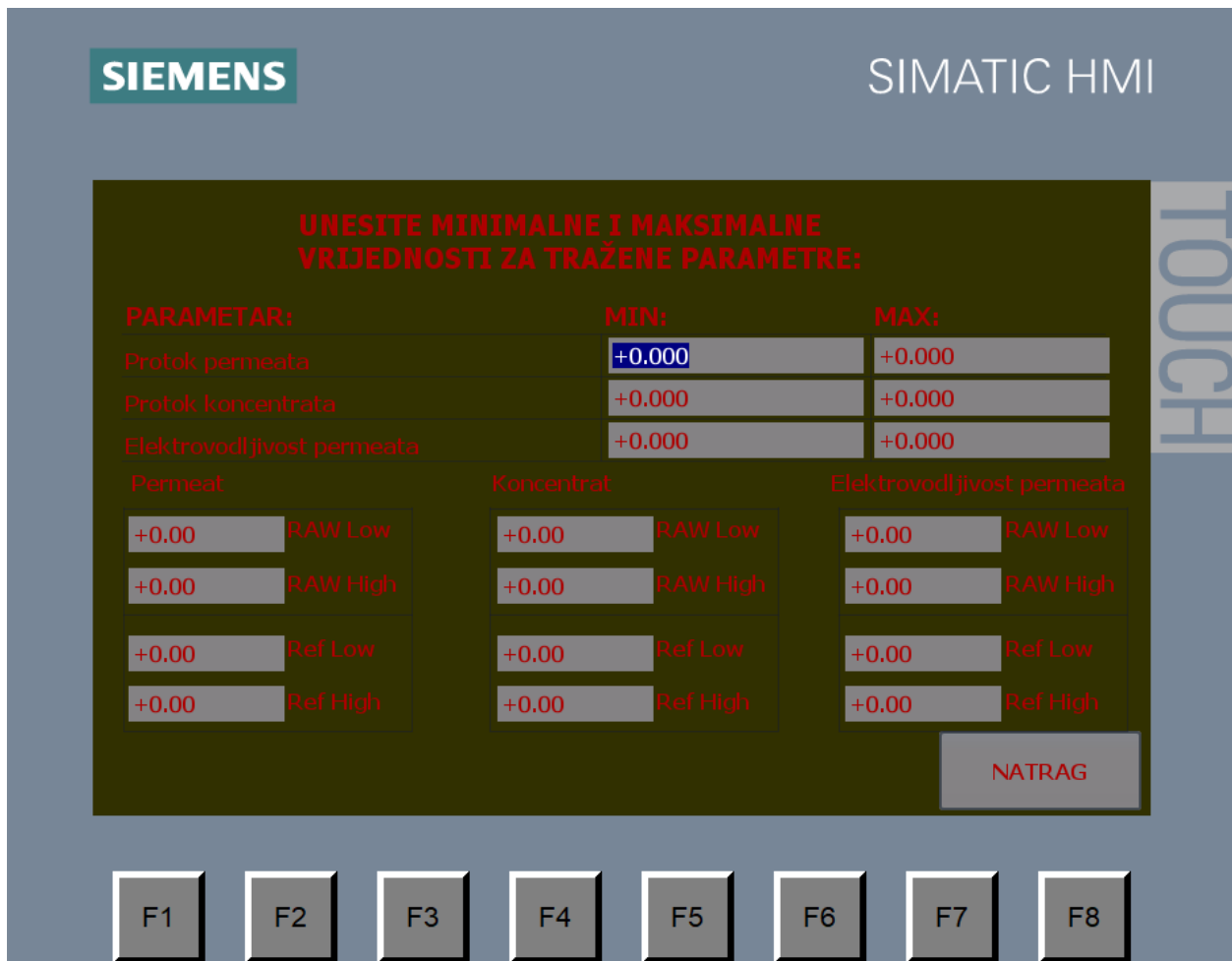
Pritiskom tipke „NATRAG“ otvara se zaslon „START“.



Slika 5.5. Grafički zaslon za ručni način rada

5.6. Grafički zaslon „Kalibracija“

Na ovom zaslonu unose se podaci za skaliranje i kalibriranje analognih ulaza. U stupcima MIN i MAX unose se granice unutar kojih će se skalirati pročitani ulaz. Ispod tih parametara nalaze se parametri za funkciju kalibracije. Pritiskom tipke „NATRAG“ otvara se početni zaslon.



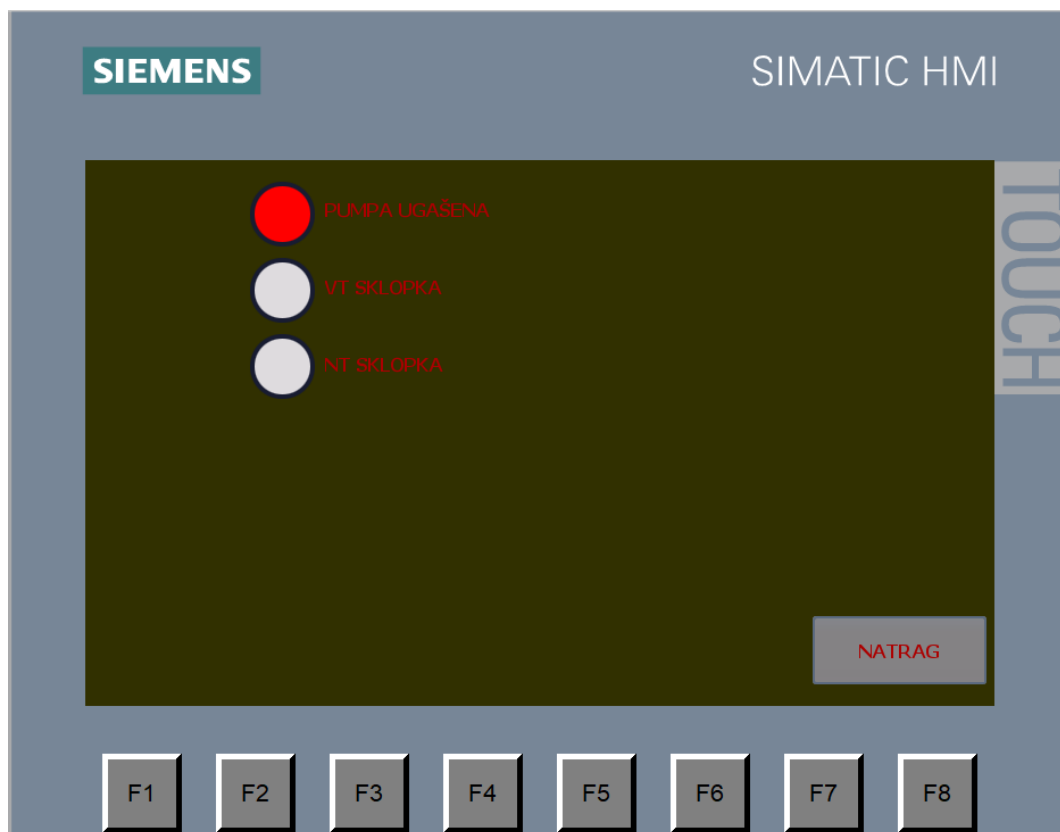
Slika 5.6. Grafički zaslon za kalibraciju

5.7. Grafički zaslon „Alarmi“

Zaslon za alarme prikazuje 3 alarma:

- Pumpa ugašena,
- Visokotlačna sklopka,
- Niskotlačna sklopka.

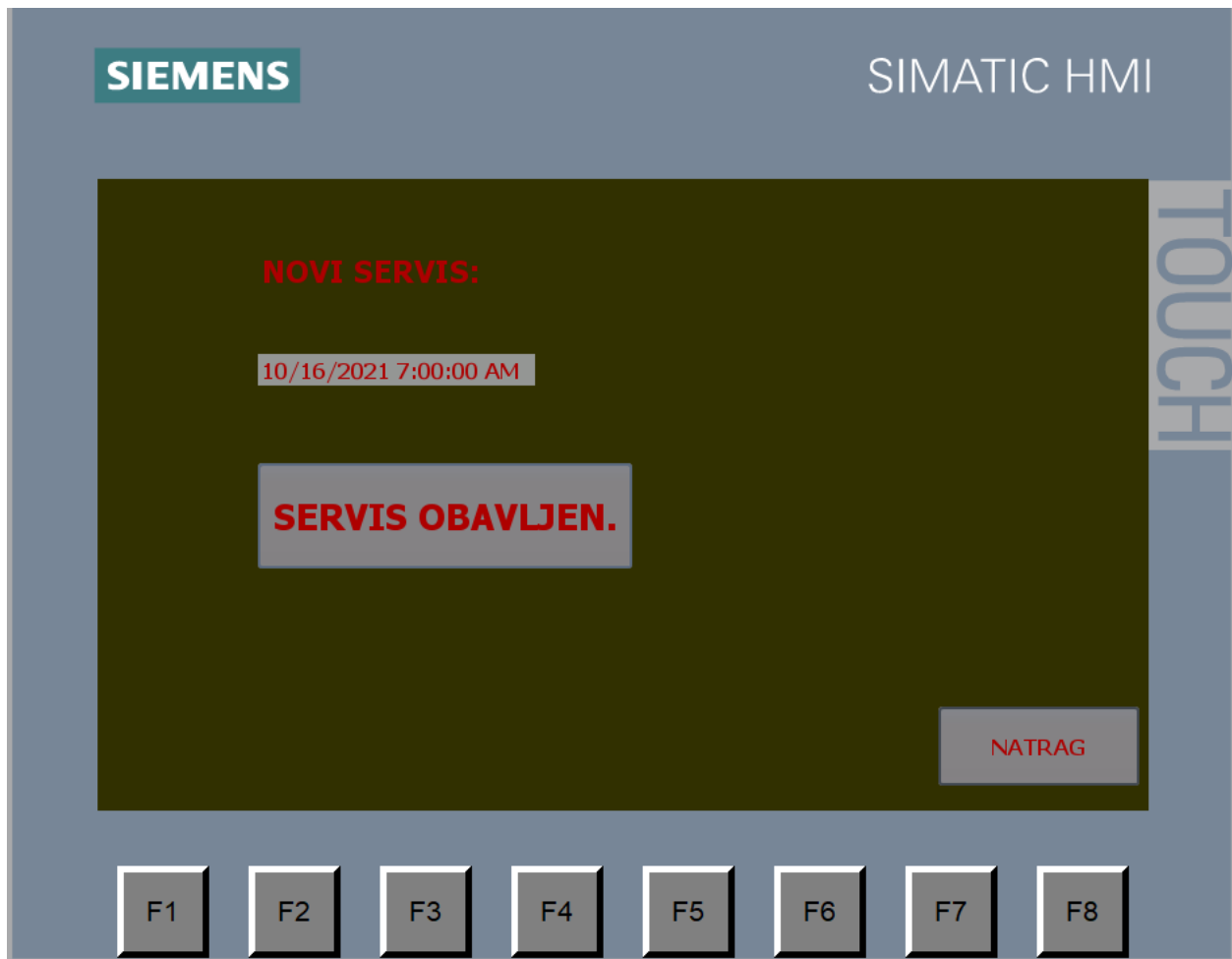
Alarm koji je aktivan imat će pored sebe crveni krug. Ti krugovi su povezani sa digitalnim ulazima i dodijeljena im je animacija za promjenu boje. Ako su sklopke spojene na ulaz u logičkoj jedinici, krugovi će pocrvenjeti. Jedino je alarm za pumpu spojen na digitalni izlaz, stoga nije baš precizan. Ovaj alarm će se aktivirati ako upravljački program aktivira digitalni izlaz PLC – a koji treba isključiti pumpu. Međutim, ako netko fizički isključi pumpu, to program neće prepoznati, obzirom da ne postoji ulaz PLC – a na kojem se čita status pumpe.



Slika 5.7. Grafički zaslon „Alarmi“

5.8. Grafički zaslon „Servis“

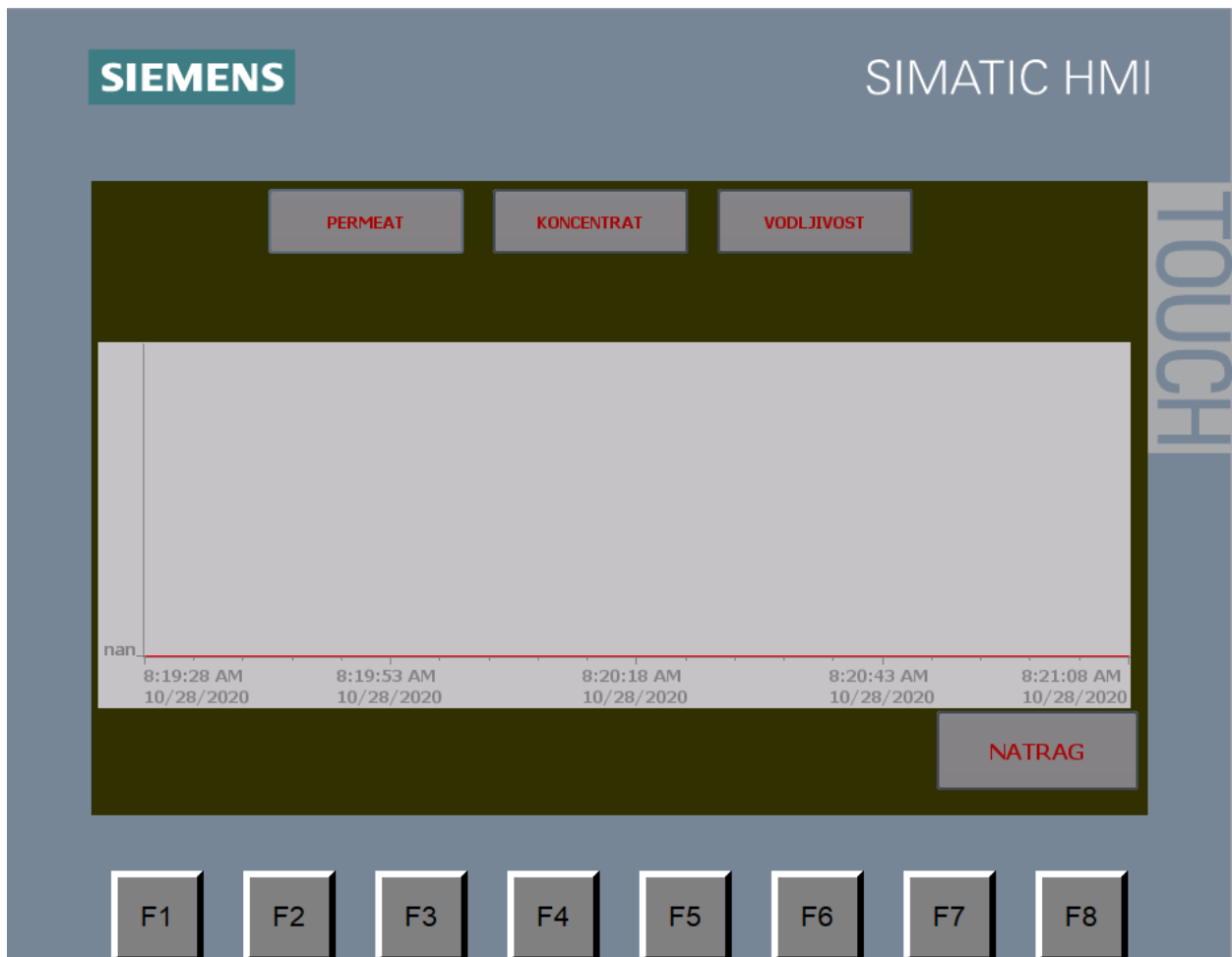
Na zaslonu „SERVIS“ upisuje se novi termin za servis u formatu MM:DD:YYYY. Po završetku upisa novog datuma, potrebno je pritisnuti tipku „SERVIS OBAVLJEN.“, jer je toj tipki dodijeljen event za resetiranje bita „Automatski.servis“. Pritiskom tipke „NATRAG“ otvara se zaslon „START“.



Slika 5.8. Grafički zaslon „Servis“

5.9. Grafički zaslon za crtanje grafova

Na zaslonu sa grafovima napravljena su tri grafa koji se prikazuju ovisno o tome koja je tipka pritisnuta. U HMI tagovima je napravljen jedan interni tag. Svakom grafu je dodijeljen broj za njegovu vidljivost. Ti brojevi se upisuju u interni tag pritiskom tipke sa imenom željene veličine u zaglavlju grafičkog zaslona. Tipka „NATRAG“ služi za povratak na zaslon „START“.



Slika 5.9. Grafički zaslon za crtanje grafova

6. ZAKLJUČAK

Reverzna osmoza se u novije vrijeme koristi za pročišćavanje otpadnih voda i koncentriranje pojedinih tvari iz vodene otopine. Sustavi reverzne osmoze prisutni su u industriji i kućanstvima. Koriste se za pripremu vode za prehrambenu, tekstilnu, farmaceutsku industriju te za dobivanje pitke i demineralizirane vode.

U ovom radu teorijski je obrađen pojam reverzne osmoze i dijelovi koji se koriste u sustavima reverzne osmoze. Nakon toga, opisani su membranski moduli koji su zastupljeni u tim sustavima. Programsko rješenje sustava upravljanja reverznom osmozom opisano u ovom radu koristi se u pripremi vode za tekstilnu industriju. Sustavom se upravlja koristeći grafičke elemente i funkcijske tipke koje se nalaze na korisničkom sučelju grafičkog panela. Obzirom da svaki proizvođač ima svoje načine realizacije sustava upravljanja reverzne osmoze, poželjno je prije izrade rješenja za upravljanje prikupiti čim više detalja o radu sustava kako bi se izbjegla eventualna oštećenja opreme. Testiranje sustava prije puštanja u pogon odvijalo se u radionici i u tim uvjetima nije bilo moguće isprobati automatski način rada jer nije bio spojen dotok sirove vode. Mogli su se provjeriti jedino digitalni ulazni i izlazni signali, to jest otvaranje i zatvaranje oba ventila te uključenje i isključenje pumpe. Što se tiče pumpe, ona je mogla biti uključena svega nekoliko sekundi kako bi se izbjeglo mehaničko oštećenje pumpe zbog rada „na suho“. Za ovaj sustav koristile su se osnovne funkcije za upravljanje s obzirom da je riječ o manjem sustavu.

Prilikom puštanja u pogon, nisu se dogodili veći problemi. U tvornici u kojoj je sustav pušten u pogon, prije puštanja bilo je potrebno spojiti digitalni ulazni signal koji se odnosi na razinu vode u spremniku te isti dodati u program, obzirom da o njemu ovisi početak i završetak rada jedinice reverzne osmoze u automatskom načinu rada. Nakon toga, praćen je rad jednog ciklusa pražnjenja i punjenja spremnika čiste vode. Potom je izvedena obuka operatera na način da su im objašnjene sve dostupne funkcije i otklanjanje kvarova.

Ovakvi sustavi mogu se, radi veće mogućnosti upravljanja, nadograditi dodajući digitalne ulaze i izlaze. Kao primjer, na digitalni ulaz mogu se spojiti statusi za pregled stanja pumpe, radi li ili ne. Taj će ulaz vjerojatno biti potrebno dodati zbog alarma vezanog za pumpu. Trenutno je taj alarm spojen na digitalni izlaz pumpe što i nije baš sigurno jer se može dogoditi da netko od

djelatnika slučajno ugasi pumpu i u tom slučaju alarm se neće uključiti. Također, moguće je dodati i analogni ulaz za čitanje pH vrijednosti vode.

7. LITERATURA

- [1] J. Kucera: Reverse Osmosis Industrial Processes and Applications, Beverly, 2015.
- [2] W. Byrne: Reverse Osmosis A Practical Guide For Industrial Users, Littleton, 1995.
- [3] <https://www.sana-store.com/admin/upload/images-cache/6222/400x300.jpg>, dostupno 11.11.2020.
- [4] <https://coyotegulch.blog/wp-content/uploads/2013/01/reverseosmosiswaterplantschematic.jpg?w=640>, dostupno 11.11.2020.
- [5] <https://synderfiltration.com/learning-center/articles/module-configurations-process/plate-and-frame-membranes/>, dostupno 12.11.2020.
- [6] D. Martina: Membranski procesi u obradi voda, Završni rad, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno – tehnološki fakultet Osijek, Osijek, 2015.
- [7] <https://synderfiltration.com/learning-center/articles/module-configurations-process/hollow-fiber-membranes/>, dostupno 12.11.2020.
- [8] https://www.membrane-solutions.com/img/product/spiral_membrane.jpg, dostupno 12.11.2020.
- [9] http://us.profinet.com/wp-content/uploads/2012/11/PROFINET_SystemDescription_ENG_2014_web.pdf, dostupno 19.11.2020.
- [10] https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/59768161/et200sp_ai_4xi_2_4_wire_st_manual_en-US_en-US.pdf?download=true, dostupno 21.11.2020.
- [11] <https://support.industry.siemens.com/cs/mdm/8859629?c=98598051851&dl=tr&lc=en-US>, dostupno 21.11.2020.
- [12] <https://www.hydrolux.info/english/05%20proizvodi/reverzna-osmoza-hiflow.html>, dostupno 21.11.2020.

[13]

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/465/36932465/att_106119/v1/s71200_system_manual_en-US_en-US.pdf, dostupno 12.11.2020.

[14]

https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/90114350/hmi_basic_panels_2nd_g_en_operating_instructions_enUS_en-US.pdf?download=true, dostupno 12.11.2020.

Popis slika

Slika 1.1. Proces reverzne osmoze [3]	1
Slika 2.1. Primjer pogona sustava reverzne osmoze [4]	4
Slika 2.2. Dijelovi pogona reverzne osmoze	5
Slika 3.1. Membranski modul na principu filter preše [5]	8
Slika 3.2. Cijevni modul [6]	9
Slika 3.3. Membranski modul sastavljen od šupljih vlakana [7]	10
Slika 3.4. Membranski modul u obliku spiralnog namotaja [8]	11
Slika 4.1. Topologija mreže.....	14
Slika 4.2. Blokovski dijagram automatskog načina rada	15
Slika 4.3. Program za upravljanje elektromotornim ventilom i pumpom.....	17
Slika 4.4. Program za upravljanje elektromagnetskim ventilom.....	18
Slika 4.5. Blokovski dijagram ručnog načina rada	19
Slika 4.6. Rad pumpe u ručnom načinu rada	20
Slika 4.7. Program za upravljanje elektromotornim ventilom u ručnom načinu rada	21
Slika 4.8. Program za upravljanje elektromagnetskim ventilom u ručnom načinu rada.....	22
Slika 4.9. Prikaz raspona strujnog mjerenja [11].....	23
Slika 4.10. Čitanje analognog ulaza permeata.....	24
Slika 4.11. Kalibracija analognih ulaza.....	25
Slika 4.12. Funkcija za servis	26
Slika 5.1. HMI tagovi.....	27
Slika 5.2. HMI grafički zasloni.....	28

Slika 5.3. Početni grafički zaslon.....	29
Slika 5.4. Grafički zaslon „Start“.....	30
Slika 5.5. Grafički zaslon za ručni način rada	32
Slika 5.6. Grafički zaslon za kalibraciju	33
Slika 5.7. Grafički zaslon „Alarmi“	34
Slika 5.8. Grafički zaslon „Servis“	35
Slika 5.9. Grafički zaslon za crtanje grafova.....	36

Popis tablica

Tablica 1: Digitalni ulazi	12
Tablica 2: Digitalni izlazi	13
Tablica 3: Analogni ulazi	13



**IZJAVA O AUTORSTVU
I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU**

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Mateja Lovrinović (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Upravljanje sustavom za reverznu osmozu (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, Mateja Lovrinović (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Upravljanje sustavom za reverznu osmozu (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

(vlastoručni potpis)