

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Кристина М. Сатарић

**Аутоматизација процеса прања у
прехранбеној индустрији**

мастер рад

Крагујевац, 2020.

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Електотехника и рачунарство

Ниво студија: Мастер студије

Предмет: Аутоматизација индустријских процеса

Број индекса: 435/2019

Кристина М. Сатарић
Аутоматизација процеса прања у
прехрамбеној индустрији
мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Маријана Гавриловић Божовић, доцент

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног мастер рада кандидат треба да опише процес прања у прехрамбеној индустрији, са освртом на сензоре и актуаторе у систему, као и управљачке јединице. Изврши реализацију процеса прања на одабраном ПЛЦ контролеру.

Препоручена литература:

[1] Србијанка Турајлић: Управљање процесима, Београд, 2011.

Крагујевац, 25. 09. 2020.

Ментор:
Др Маријана Гавриловић Божовић, доцент

Садржај

1. Увод.....	7
2. Теоријска разматрања.....	8
2.1. Управљање процесима	8
2.2. Систем аутоматског управљања.....	10
2.3. Размена информација	11
2.4. Програмабилни логички контролер	12
2.4.1. Структура ПЛЦ контролера.....	13
2.4.2. Конструкција ПЛЦ система	16
2.4.3. Примена ПЛЦ-а.....	18
2.4.4. Мерне карактеристике ПЛЦ-а	18
2.4.5. Подела и врста сензора.....	19
2.4.6. Температурни сензор Pt 100	19
2.4.7. Предности ПЛЦ-а	19
2.4.8. Ограничења ПЛЦ-а.....	20
2.4.9. Програмирање ПЛЦ-а	20
2.5. Актуатори	20
2.5.1. Компоненте актуатора.....	21
3. Реализација задатка	22
3.1. Опис аутоматизованог процеса.....	23
3.2. Реализација процеса прања	24
4. Приказ резултата.....	39
5. Закључак	47
6. Литература.....	48
7. Списак слика	49
8. Списак скраћеница.....	51

Summary:

This paper deals with the topic of automation of washing process in the food industry. Cleaning In Place (CIP) process is very important. The system consists of three tanks of water, soda and acid. Ladder diagrams are shown in WinProLadder. The entire SCADA system is presented in FvDesigner version 1.5.

Keywords: CIP, SCADA, PLC

Резиме:

У овом раду обрађена је тема аутоматизације процеса прања у прехранбеној индустрији. Процес прања и испирања (ЦИП) је веома битан. Систем се састоји од три резервоара, а то су вода, сода и киселина. Ледер дијаграми приказани су у WinProLadder-у. Целокупни СКАДА систем је представљен у FvDesigner-у верзије 1.5.

Кључне речи: ЦИП, СКАДА, ПЛЦ

Предговор

У овом раду је објашњен у основним цртама начин функционисања и сам процес прања у прехранбеној индустрији.

Желела бих да изразим захвалност господину Бранку Марјановићу, ментору на пракси у фирми „ЕСМ”, који је свесрдно помогао при изради мастер рада, који је резултат праксе. Такође, хвала фирми „Meggle“ у Крагујевцу, посебно шефу одржавања, господину Драгану Мандићу. Такође, велико хвала професорки др Мини Васковић Јовановић на исказаном разумевању, стрпљењу, помоћи, саветима при изради мастер рада, али и током целокупног студирања. Такође, хвала професорки др Маријани Гавриловић Божовић.

Посебну захвалност за безграничну подршку током студирања, али и читавог живота приписујем својим родитељима и сестри, који су увек били ту, уз мене, без обзира да ли се радило о срећним или тужним тренуцима и без којих све што сам постигла не би било могуће.

Велико хвала свима.

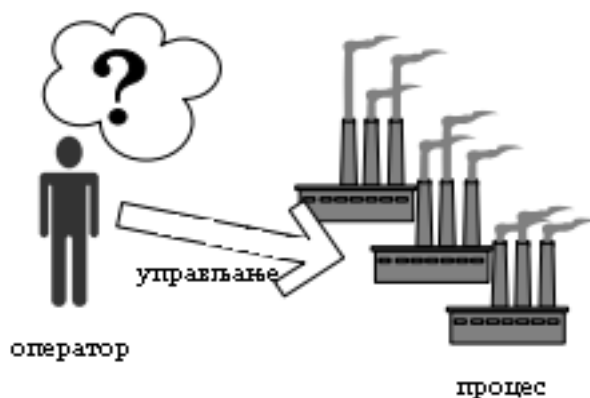
1. Увод

Главни циљ аутоматизације у свим сегментима живота јесте направити корак напред у погледу перформанси помоћу аутоматизованих уређаја уместо постојећих начина обављања активности. Другачије речено, аутоматизациојм се покушава остварити напредак. Аутоматизација подразумева замену људског рада у великој мери. Тема рада је аутоматизација процеса прања у прехранбеној индустрији. Процес прања у млекарама је изузетно битан. Уколико се нешто деси процесу прања и испирања (ЦИП – *Cleaning In Place*), млекара апсолутно стаје са радом, јер нема прања. У наредним поглављима биће објашњени појмови попут система, управљања процесом, ПЛЦ, СКАДА, итд., који су неопходни за разумевање функционисања система. Такође, биће објашњен и процес прања у прехранбеној индустрији и његова целокупна реализација.

2. Теоријска разматрања

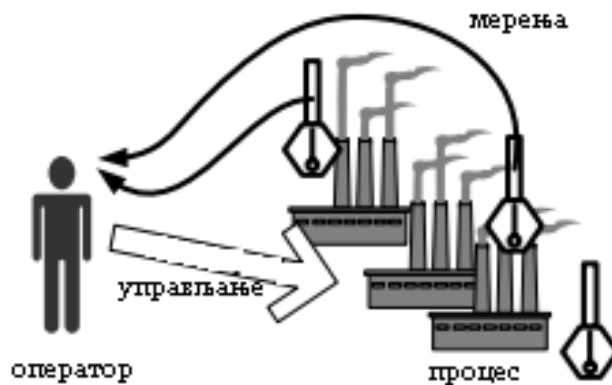
2.1. Управљање процесима

Једна од дефиниција процеса гласи: „Процес је природна операција која се прогресивно одвија кроз низ постепених промена које следе једна другу на релативно утврђен начин и воде ка одређеном резултату или исходу, или вештачка или вољно изазвана прогресивна операција која се састоји од низа управљаних акција или покрета који су систематично усмерени ка одређеном резултату или циљу.“ [1].



Слика 1. Управљање као интуитивни избор могућих опција [1]

Сходно томе процес води ка остварењу неког одређеног циља. Главни захтев код индустријских процеса је да се повећа продуктивност, смањи утрошак енергије. Ти захтеви могу се испунити ако се спољним дејством управља извршавањем процеса. Управљање једним процесом је избор једног од могућих начина функционисања процеса, што је приказано на *Слици 1*. Потреба за управљање код човека се јавила у давној прошлости. Један од примера је човек из каменог доба, који је одржавао ватру, тј. управљао њоме, морао је да донесе одлуку колико ће дрва ставити у ватру, која ће бити њихова димензија, степен влажности итд., да би добио одговарајући пламен за грејање, припрему оброка, слање димних сигнала за помоћ,... Способност човека, тачније оператера на процесу је да током рада уочава ефекте одређених одлука на процес и да на основу стеченог искуства доноси одлуку, која је водила ка усавршавању вештине управљања. Како се људско друштво развијало, тако су производни процеси постајали све комплекснији, растао је број могућих приступа њихом управљању. Такође, способност корисника је расла у смислу давања прецизније спецификације захтева у погледу квалитета финалног производа. Уградња мерне опреме у процес и пројектовање омогућило је операторима да лакше доносе одлуке о избору управљачких акција, *Слика 2*. Субјективно процењивање услова под којима се неки процес одвија замењено је прецизним мерењима свих релевантних параметара. Али, коначна одлука и даље је зависила од самог човека.

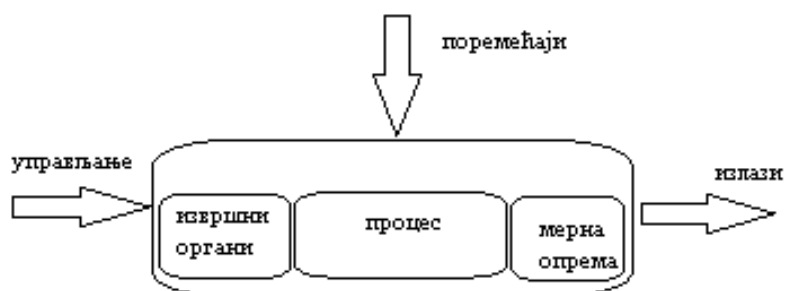


Слика 2. Управљање као информисани избор могућих опција [1]

Искуством и временом је постало јасно да квалитет читавог низа производа зависи од тога да ли су у процесу њихове производње одржавани константним температура, притисак, ниво, проток, итд. При томе, када се једанпут одреди вредност одговарајућих физичких величина, задатак оператора био је сведен само на сталну проверу тих вредности и предузимање увек сличних акција којима би се те величине одржавале на задатим вредностима. Управо то је довело до проналаска регулатора, уређаја који пореди вредност неке величине на процесу са задатом вредности и на основу тога генерише управљачку акцију којом се та вредност одржава на задатом (референтном) нивоу. Инсталирањем регулатора посао оператора је знатно поједностављен, али избор правилне референтне вредности и даље зависи од његовог искуства и субјективне оцене о променама које су неопходне за бољи рад процеса. Са развојем мерне опреме појавио се постепено нови проблем. Оператор је „одједном“ био готово затрпан мноштвом информација које није могао благовремено да обради. Ради помоћи оператору у организовању и обради прикупљених информација формиран су посебни централизовани командни центри који су опремљени графичким панелима, контролним сијалицама и читавим низом других уређаја за приказивање информација. Међутим, истраживања су показала да се оператор ограничава на посматрање једног подскупа ових информација и да све одлуке о референтним вредностима доноси искључиво у оквиру тог подскупа. Штавише, код избора подскупа оператор уноси одређени степен сопствене индивидуалности. Врло често се дешава да са новом сменом долази до комплетне измене како подскупа који се посматра, тако и референтних вредности и величина којима се ефективно управља. Оно што изненађује при томе јесте да се ове промене уопште не одражавају на квалитет финалног производа. Сви оператори као објашњење учињеног избора наводе своје искуство или просто интуицију да то треба баш тако урадити. Отуда је било тешко да се поступак за ову врсту подешавања референтних вредности аутоматизује [1].

2.2. Систем аутоматског управљања

Уопштено гледано у сваком процесу постоји неки улаз у процес (информација, материјал, сигнал, ...) који се мења унутар њега и напушта га у измењеној форми (излаз процеса). Према томе циљ самог процеса је остваривање одговарајуће промене. Апсолутно ниједан процес не функционише онако како бисмо ми то желели, односно увек постоји још нешто што би се могло изменити тако да се повећа његова ефикасност, смање трошкови и време извршавања, итд. Да би се остварио жељени резултат пројектује се управљачки систем чији је задатак да мења улазе процеса ради побољшања његове перформансе. У складу са тиме сваки систем аутоматског управљања има две целине, а то су процес и управљање. Процес се може посматрати као пресликавање скупа спољних стимуланса (улази процеса) који утичу на операцију која се у процесу прогресивно одвија на скуп величина које одражавају услове под којима процес ради и ефекте који се при томе постижу (излази процеса – зависно променљиве). Утицај промене неког улаза на сам процес мери се променом излаза. У принципу, излази процеса одређени су мерном опремом која је уграђена у процес. Избор ове опреме врши пројектант процеса и он зависи од низа фактора, почев од цене саме мерне опреме, па до ефеката који се желе мерити. Извесно је једино да избор излаза мора бити такав да се на основу измерених вредности може добити комплетна слика о свим елементима процеса који су од значаја за остваривање крајњег циља.



Слика 3. Графички приказ система

Улази процеса се одређују при пројектовању. Одабира се при томе низ величина чијим избором се директно може утицати на понашање процеса (управљиви улази). За овако одабране улазе уграђују се одговарајући извршни органи помоћу којих се остварује промена улаза. Али, поред ових величина постоје и спољни фактори на које оператор не може да утиче (атмосферски услови, вибрације, итд.), а који изазивају одређене промене у понашању процеса. Ови улазни сигнали се називају поремећаји. Извршни органи, сам процес и мерна опрема чине систем, односно целину за коју се одређује управљање, *Слика 3*. Потребно је напоменути да се израз „процес“ веома често користи и за означавање целог система. Код сложених процеса међусобне зависности улаза и излаза су изузетно комплексне. Наиме, промена једног улаза изазива промене више излаза. Отуда се не може очекивати да ће се подешавањем само једног управљивог улаза постићи жељени ефекат. Најчешће оператор подеси један улаз и сачека да види ефекат те промене на све излазе, затим мења следећи улаз и тако редом. Веома често се после промене другог улаза, мора поново подешавати први. Цео проблем се додатно

компликује услед нелинеарних зависности између улаза и излаза, које отежавају или чак и не омогућавају да се предвиди ефекат неких промена. Томе треба додати и чињеницу да читав низ процеса има транспортно кашњење, које се огледа у томе да се промена неког улаза тек после извесног времена одражава на промену излаза (типичан пример су процеси загревања и хлађења) [1].

Захтеви у погледу управљања процесом зависе и од њихове природе. У том погледу они се могу поделити у три категорије:

- Лабораторијски процеси – извођење сложених експеримената који захтевају посебну стручност оператера или тестирање исправности одговарајуће опреме. Код ових процеса управљањем се одржавају услови неопходни за успешно обављање експеримента;
- Шаржни процеси – производња појединачних производа кроз низ утврђених операција. Типични примери оваквих процеса су производња хлеба, производња пакета сточне хране, производња каросерија аутомобила, итд. После једног циклуса производње неопходно је да се производна опрема припреми за следећи циклус. Истовремено се може и променити спецификација производа (рецептура, димензије, итд.). Имајући у виду да је време припреме заправо непродуктивно време извесно је да је један од задатака управљања да се то време смањи;
- Континуални процеси – процеси код којих се производња одржава током дужег временског периода (неколико месеци или година). Типичан пример ових процеса је процес прераде нафте у оквиру кога се добијају различити деривати. У току производње могуће је мењање односа појединих деривата али то се постиже без заустављања самог процеса. Задатак управљачког система је да одржава услове под којима процес ради да би се добио жељени квалитет производа [1].

2.3. Размена информација

У бази сваког технолошког процеса налазе се процеси размене: енергије, материјала и информација. У време индустријске револуције конструисани су уређаји који омогућавају и олакшавају пренос и размену енергије и материјала. Трећи облик размене – размена информација дошао је у жижу интересовања скоро цео век касније и то захваљујући развоју рачунарства. Са гледишта области у којима се рачунар данас примењује, чињеница да је он конструисан као систем за брзо решавање сложених једначина и представља својеврсни парадокс. Уочивши да је број оних који имају потребу за сложеним израчунавањима сразмерно мали, рачунарска индустрија је, у потрази за тржиштем, испитивала све облике људских активности покушавајући да уочи оне код којих би коришћење рачунара донело значајне предности. Као резултат ових напора, рачунар се данас среће у најразноврснијим пословима почев од кућних апарата до сложених система попут контроле летења или производње и дистрибуције електричне енергије. Наиме, конструктивно решење рачунара било је такво да његова основна снага лежи у способности памћења великог броја података и обављања великог

броја елементарних операција у веома кратком времену. У складу са тим рачунар почиње да се посматра као уређај који може да прихвати најразличитије врсте информација и да их у веома кратком времену трансформише у неки други, погоднији или употребљивији облик. Отуда се његова примена природно шири ка подручју обраде информација. Информациони системи за праћење материјално-финансијског пословања, стања у складиштима, надзор над радом постројења и сличне послове улазе у масовну примену крајем шездесетих година прошлог века. Временом, рачунари продиру и у системе чија основна функција није обрада информација, али чији рад захтева обраду одређених информација, па се у складу са тим њихове перформансе могу знатно унапредити ефикасном и благовременом обрадом информација. Ако се, наиме, прихвати тврдња да управљати значи одабирати између различитих могућности, онда се информација као неопходни предуслов за обављање ваљаног избора јавља као битан елемент при управљању процесима и то на свим нивоима. Управи предузећа информације су потребне ради планирања пословања, руководиоцима погона за детаљно планирање производње и оцену перформанси, операторима на појединим процесима за обављање задатог плана производње. Коначно, уређајима на процесу неопходне су информације, у форми сигнала, које долазе са мерних инструмената, да би се одредиле одговарајуће управљачке стратегије које ти уређаји остварују. Имајући у виду ову кључну улогу коју информација има у управљању (било да се ради о уређају, процесу, постројењу, погону или целом предузећу) рачунар се као систем који има способност да прихвата, анализира и преноси велику количину информација, великом брзином, тачношћу и флексибилношћу, јавља као природни избор средства за управљање процесима [1].

2.4. Програмабилни логички контролер

Програмабилни логички контролер (Programmable logical controler – PLC) је уређај намењен управљању системима и процесима у индустријском окружењу и то у реалном времену. ПЛЦ контролер предвиђен је да ради у индустријском окружењу, самим тим у тешким условима рада и мора да буде отпоран на разне утицаје као што су висока температура, велика влажност ваздуха, прашина, вибрација, ударци, разне сметње. Мерне карактеристике ПЛЦ-а пружају мноштво могућности за разне врсте мерења. ПЛЦ контролери у неким случајевима могу се користити за управљање мерним системима, који могу бити намењени различитим специфичним апликацијама. ПЛЦ контролер је доста распрострањен у широком спектру апликација због своје флексибилности, издржљивости и једноставног програмирања. Сам уређај као основне контакте поседује улазе и излазе, а сама имплементација се своди на повезивање улаза ПЛЦ-а на прекидаче, тастере, сензоре и друге изворе мерних информација на основу којих желимо да управљамо актуаторима преко излаза ПЛЦ-а. Дакле, ПЛЦ контролер ће управљати актуаторима и процесима на основу унапред задатог програма и сигнала на његовим улазима [2]. Принцип рада ПЛЦ-а према стандардима удружења произвођача електричне опреме NEMA (The National Electrical Association) програмабилни логички контролер дефинисан је као: „Дигитални електронски уређај који користи програмабилну меморију за памћење наредби којима се захтева извођење специфичних

функција, као што су логичке функције, секвенцирање, пребројавање, мерење времена, израчунавање, у циљу управљања различитим машинама и процесима.“ [2].



Слика 4. ПЛЦ контролер [3]

2.4.1. Структура ПЛЦ контролера

ПЛЦ контролер управља системом који се састоји од:

- Улазних уређаја (прекидачи, тастери, сензори, ...);
- Улазног модула, који је део ПЛЦ контролера. Преко овог модула се примају сигнали са улазних уређаја;
- Логичке јединице која је „мозак“ ПЛЦ контролера, а састоји се од централне процесорске јединице и меморије. У оквиру овог модула смештају се и програм и подаци и одатле се управља радом целог система;
- Излазног модула, који је такође део ПЛЦ контролера. Преко овог модула се задају бинарни сигнали појединим излазним уређајима;
- Излазних уређаја (релеји, светилке, стартери мотора, вентили,) [4] .

Програмабилни логички контролер је микропроцесорски уређај који користи програмабилну меморију ради памћења наредби којима се захтева извођење одређених функција (нпр. логичке функције, секвенцирање, пребројавање, мерење времена, ...). А, заправо циљ је управљање различитим типовима машина и процеса преко дигиталних и аналогних улазно-излазних модула.



Слика 5. Основни елементи програмибилног логичког контролера [4]

Много различитих типова ПЛЦ контролера постоји. Они се разликују по величини, способности обраде, изгледу, почев од веома малих и са малим бројем улаза и излаза до огромних, модуларних јединица које се могу конфигурисати за рад са неколико хиљада улаза/излаза.

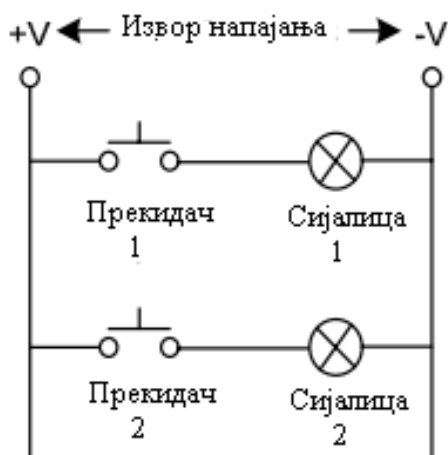
Изглед ПЛЦ контролера из фамилији *Siemens Modular Controllers* је приказан на *Слици 6*. ПЛЦ се састављен од шасије (rack) која поседује одређени број слотова у који се имплементирају одређени модули. Прва два слота у оквиру шасије налазе се уређај за напајање и процесорски модул, распоред модула у другим слотовима је произвољан. ПЛЦ наравно може имати више од једне шасије, све у зависности од броја модула. Сопствено напајање има свака шасија, док се процесорски модул налази искључиво у првој шасији [4].



Слика 6. Изглед модуларног ПЛЦ контролера [5]

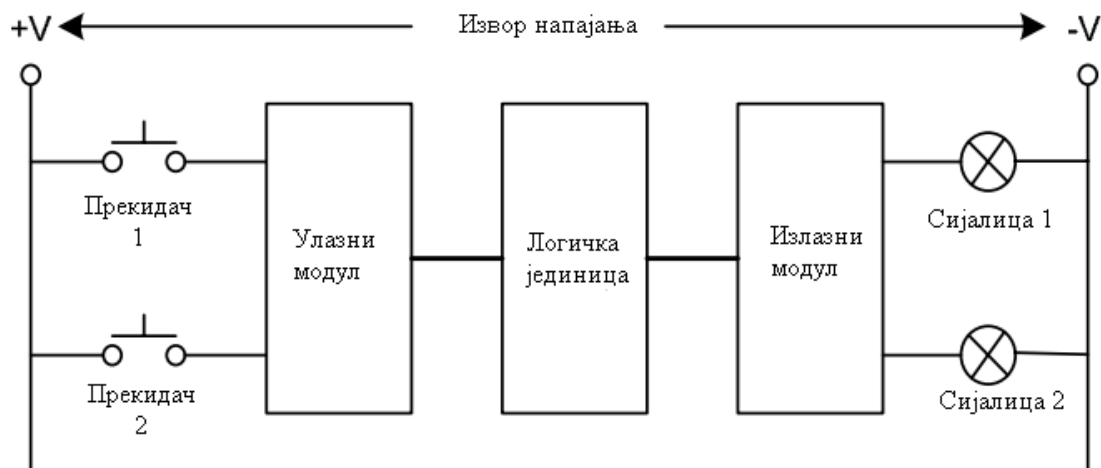
Пре појаве ПЛЦ контролера, механички уређаји су коришћени за управљање машинама и индустријским процесима, а то су били релеји повезани жицама и прекидачи. На *Слици 7*. је приказано просто жичано коло. Коло реализује тривијалну логику, а то је када је прекидач затворен, сијалице ће светлети, а када је отворен прекидач неће светлети. Два

пара прекидач-сијалица су независни зато што су везани паралелно, стога не утичу један на другог. Али уколико је потребно променити логику рада кола, да на пример укључење сијалице два искључи сијалицу један неопходно је направити нове шеме, а потом прекинути постојеће везе предикача и сијалице и по новој шеми повезати прекидаче и сијалице. Уколико се поново јави потреба да се логика рада мења, да се нпр. сијалица 1 укључује само ако су оба прекидача затворене, док се сијалица 2 укључује било којим од два прекидача, коло је неопходно поново раставити и повезати на одговарајући начин. Индустијски процеси и машине су знатно сложенији од овог једноставног примера. Осим огромног броја прикључених улазних и излазних уређаја, управљање индустријским процесом треба да обезбеди извршавање сложених операција у тачно одређеном редоследу, различитих режима рада итд. Један такав управљачки систем би захтевао на стотине и стотине релеја, повезаних километрима жица, а све то је неопходно сместити у ормане који би морали бити великих димензија. Врло је јасно да под оваквим условима свака промена управљачке логије би захтевала веома скупа, дуготрајну и тешку активност [4].



Слика 7. Релејни систем [4]

Појавом ПЛЦ контролера постало је могуће изменити целокупну управљачку логику, неколико стотина релеја једним компактним електроникм уређајем. На *Слици 8* је приказано како би се ПЛЦ контролер искористио у претходно описаном примеру. Неколико разлика са може приметити у односу на првобитно решење. Прекидачи нису директно повезани са сијалицима, уместо тога, прекидачи су повезани на улазни модул, док су сијалице повезане на излазни модул ПЛЦ контролера. Затим, улазни и излазни модули нису директно повезани, већ посредно преко логичке јединице која сходно програму управљања укључује тј. искључује сијалице у зависности од текућег стања прекидача. Да би се реализовала функција приказна на *Слици 7*, логичка јединица треба бити испрограмирана да генерише побуду за сијалицу за време док је прекидач 2 затворен. Програм по којом ради логичка јединица уноси се у меморију логичке јединице преко тастатуре или на другачији начин, где остаје запамћен све док се не унесе нек нови програм. Фактички промена логики рада система не захтева никакво поновно повеживање ни ожичавање [4].



Слика 8. Систем управљан ПЛЦ контролером [4]

Систем који користи релејну технику, код њега струја тече од напонског извора кроз прекидач до сијалице, ако је прекидач затворен. Док је прекидач отворен, струјно коло је раскинуто, што прекида напајање сијалице. Код система који је управљан ПЛЦ контролером, струја из напонског извора тече кроз прекидач у улазни модул. У улазном модулу се препознаје присуство напона и шаље сигнал мале снаге управљачкој јединици. Напон на прекидачу и напонски сигнали које сам улазни модул шаље логичкој јединици су изоловани. Изолација је потребна зато што микропроцесори раде при малим напонима и струјама. Најчешће се изолација остварује помоћу опто-каплера.

На Сlici 8, у описаном примеру, логичка јединица прима сигнал од улазног модула када је прекидач 1 затворен и шаље излазном модулу сигнал под условима који су одређени програмом. Тачније, програм усмерава сигнал на излазни прикључак на који је сијалица 1 повезано увек када од улазног модула прими сигнал да је на прикључку на коме је повезан прекидач 1 детектован напон. Уобичајно кашњење од тренутка активације прекидача до тренутка активације сијалице је 5-10 ms. Врло слична активност се извршава када се прекидач 2 активира, само што се тада сигнал усмерава на прикључак на који је повезана сијалица 2.

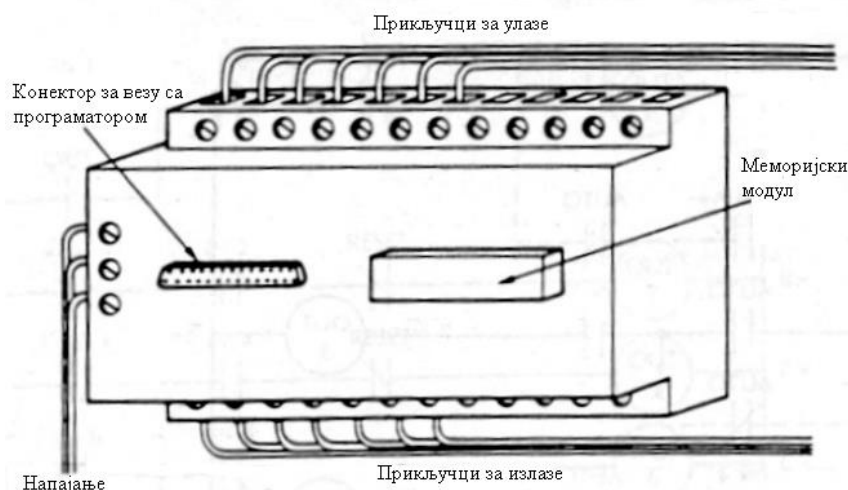
На самом почетку због високе цене ПЛЦ контролера, њихова примена је била ограничена на велике управљачке системе, код којих је велики број замењених релеја могао да покрије цену ПЛЦ контролера. Али данас, цена ПЛЦ контролера је драстично пала и данас ПЛЦ контролери представљају најпрактичније и економски најбоље решење за већину индустријских процеса [4].

2.4.2. Конструкција ПЛЦ система

Постоје два основна начина конструкције ПЛЦ контролера, а то су:

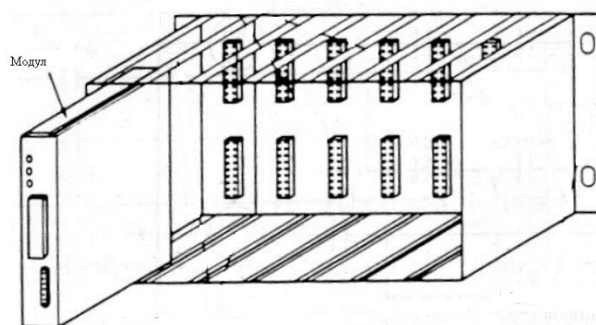
- Компактни ПЛЦ контролери;
- Модуларни ПЛЦ системи засновани на заједничкој магистрали.

Компактни ПЛЦ контролери су независни уређаји са одређеним тј. фиксним бројем излаза/улаза, без могућности проширења, приказани на *Слици 9*. Уобичајно је да су у једном кућишту смештени: процесорска јединица, улазни и излазни модул и извор напајања. Компактни ПЛЦ контролери су врло ефикасно економско решење предвиђено за управљање системима ниске сложености. Обично има шеснаест улаза и шеснаест излаза од по неколико кВ [4].



Слика 9. Компактни ПЛЦ [4]

Модуларни ПЛЦ системи су састављени од великог броја модула који су смештени у оквиру механичког оквира (шасије) (*Слика 10*). Оквир има у себи већи бој слотова за смештање модула. Сваки од слотова има пар вођица дуж гоње и горње стране механичког оквира, који заправо имају функцију механичког учвршћења модула. Први слот је намењен модулу за напајање, по правилу и он се прикључује на мрежни напон и генерише једносмерне напоне који су неопходни за рад остатка система. Други слог се користи за модул логичке јединице, прецизније то је процесорски модул који извршава кориснички програм и управља радом свих преосталих модула. Остали модули се користе за специфичне намене (меморијски модули, улазно/излазни модули итд.). Овај начин конструкције даје могућност лаког проширења система. Нпр. захтеви обраде су се драстично повећали и процесорски модул који се користи више није одговарајући. Тај процесорски модул се врло лако може заменити одговарајућим, моћнијим, а при томе остали модули уопште не морају бити замењени. Најчешћи број слотова у ПЛЦ шасији је између четири и шеснаест. Наравно, постоји опција проширања система на више механичких оквира, а не на само један. Уз помоћ специјалних модула за проширење могуће је повезати две или више шасија [4].



Слика 10. Модуларни ПЛЦ [4]

2.4.3. Примена ПЛЦ-а

Програмабилни логички контролери већ одавно играју велику улогу у индустрији, како у великим, тако и у малим фабрикама и постројењима. ПЛЦ-ови у данашње време нуде разне и савремене могућности свим корисницима. Многобројни произвођачи нуде многе варијанте контролера, од микро фиксних за мање апликације аматерске и професионалне намене, до модуларних платформи које имају неограничене могућности и могу задовољити потребе огромних индустријских постројења. Разводни ормар једног таквог постројења је приказан на *Слици 11*. Током развоја и модернизације технологије у свим гранама индустрије, развијао се и ПЛЦ и са развојом доносио нове могућности. Данас је незамисливо постројење без оваквих контролера у било којој грани индустрије, аутоматици, роботизи, ... ПЛЦ апсолутно можемо срести у скоро свакој производњи и то на скоро свакој аутоматизованој машини, производној траци, итд. У зависности од врсте и захтева постројења, ПЛЦ систем можемо поделити на надгледани и ненадгледани [2].



Слика 11. ПЛЦ разводни орман [6]

2.4.4. Мерне карактеристике ПЛЦ-а

Управљање већином процеса захтева мерење разних величина у зависности о ком процесу се ради. Мерење температуре, нивоа течности, детекција присуства предмета су доста заступљени кад је реч о било ком процесу производње, како би се неке активности отпочеле, или зауставиле, или приказале оператеру који надледа процес производње. Сва ова мерења или детекције се врше помоћу разних врста сензора, или додатних модула. Најзаступљенији концепт мерења је дигитално мерење засновано на мерењу сваког појединачног узорка. Повезивање сензора са ПЛЦ-ом је једноставно јер су

сензори од стране произвођача адаптирани по питању излазних сигнала да буду компатибилни са улазима ПЛЦ-а [2].

2.4.5. Подела и врста сензора

Сензори се са енергетске тачке гледишта могу поделити на активне и пасивне. Активни сензори су сами по себи извор енергије (фотодиода, ...) док пасивни сензори захтевају додатни извор енергије коју модулишу у складу са мереном величином (фотоотпорник, ...). По питању врсте, мерења се деле на апсолутна и релативна. Према излазном сигналу сензори се деле на аналогне и дигиталне, док према излазној величини могу се поделити на напонске, струјне, капацитивне и отпорне.

Гранични прекидачи су механички прекидачи који су прилагођени за коришћење у индустрији и роботизи. Користе се за детекцију позиције, присуства и у безбедносне сврхе код заустављања покретних делова у почетним и крајњим положајима. Постоје различите врсте граничних прекидача.

2.4.6. Температурни сензор Pt 100

Овај отпорни сензор има електричну отпорност од $100\ \Omega$ на 0°C . Опште је познат као Pt 100 сензор у складу са стандардом IEC 60751. Ова вредност отпора повећава се са порастом температуре што је у вези са карактеристикама материјала. Ове врсте сензора се називају елементи позитивног температурног коефицијента. Коефицијент је фиксан на $\alpha = 0,00385^{\circ}\text{C}^{-1}$ и израчунат је између 0 и 100°C према ITS90 (Међународна температурна скала 1990) [7].

2.4.7. Предности ПЛЦ-а

ПЛЦ контролери имају широк спектар могућности и предности у поређењу са релејним системима. Гомила жица које су некад повезивале релеје, коришћењем ПЛЦ-а су сведене на минимум, а саме релеје мења управљачки програм. По питању издржљивости ПЛЦ-ови су наменски пројектовани да буду отпорни на разне утицаје у индустрији, па самим тим су поуздани како хардвески тако и софтверски. Саме измене и допуне програма су једноставне и могу се извршити на лицу места, уз могућност уграђене дијагностике грешака која помаже у отклањању софтверских и хардвеских грешака. Релејни системи су имали проблем хабања механичких и покретних делова, који су чак стварали и буку приликом рада, што се применом ПЛЦ-а превазилази. Савремени ПЛЦ контролери доносе савремене могућности и савремена решења, као што су камере за надзор, ПИД регулација и разна друга савремена опрема која индустрију подиже на виши ниво [2].

2.4.8. Ограничења ПЛЦ-а

Старије генерације су биле ограничене само на on/off управљање, тако да су тадашње могућности биле сужене, уз потребу коришћења додатних тајмера, релеја и бројача. О ограничењу ПЛЦ контролера данас је сувишно говорити јер се њихове могућности из дана у дан шире и прилагођавају системима на свим пољима примене, а ограничења се лако превазилазе [2].

2.4.9. Програмирање ПЛЦ-а

Под појмом програмирање ПЛЦ-а подразумевају се сви поступци који се обављају при изради софтвера за ПЛЦ. Они се могу сврстати у две фазе:

- Израда програма – Помоћу посебног инжењерског софтвера инсталираног на персоналном или индустријском рачунару прави се наменски апликативни програм који ПЛЦ треба да извршава.
- Прабацивање програма у ПЛЦ – Програм се из рачунара пребацује у ПЛЦ директно преко кабла или меморијске картице.

Како би се приступило изради програма прво треба детаљно проучити процес којим ПЛЦ треба да управља, тачније технологију самог процеса. Без обзира на своје знање и вештине, програмер је немоћан без познавања технологије производње или помоћи технолога јер не зна шта треба да уради. Неки програмери су захваљујући дугогодишњем искуству на истим или сличним програмерским задацима овладали технологијом процеса који аутоматизују, па могу извести програмске задатке и без технолога. Они су у извесном смислу и програмери и технолози јер су се кроз вишегодишње искуство специјализовали за одређену област. У суштини, све се своди на то да треба сагледати и издвојити главни програмски задатак или више њих и уколико је могуће у оквиру главног задатка издвојити мање програмске задатке који се могу посматрати као програмске целине. На тај начин програм ће имати знатно јаснију структуру.

2.5. Актуатори

Актуатор, или извршни орган, је елемент који на основу регулационог сигнала, кога генерише регулатор даје управљачку величину која директно утиче на објекат регулације тако да сигнал грешке сведе на нулу. Другачије речено, актуатори су уређаји који директно делују на процес. Извршни орган се састоји од погонског уређаја и извршног уређаја. Нпр. погонски уређај је неки електромотор који покреће неки вентил

као извршни уређај. У страној литератури извршни орган се најчешће назива актуатор [8]. Актуатори су уређаји који претварају електричне, или флуидне улазе, у механичке излазе, као што је позиција, сила, угао или момент. Ниво излазне енергије је много већи од нивоа енергије улазног сигнала, тако да се захтева коришћење ел. наелектрирања, пнеуматског притиска, хидрауличног притиска, итд.

Класификација и евалуација најважнијих актуаторских концепата може се сврстати у три главне групе:

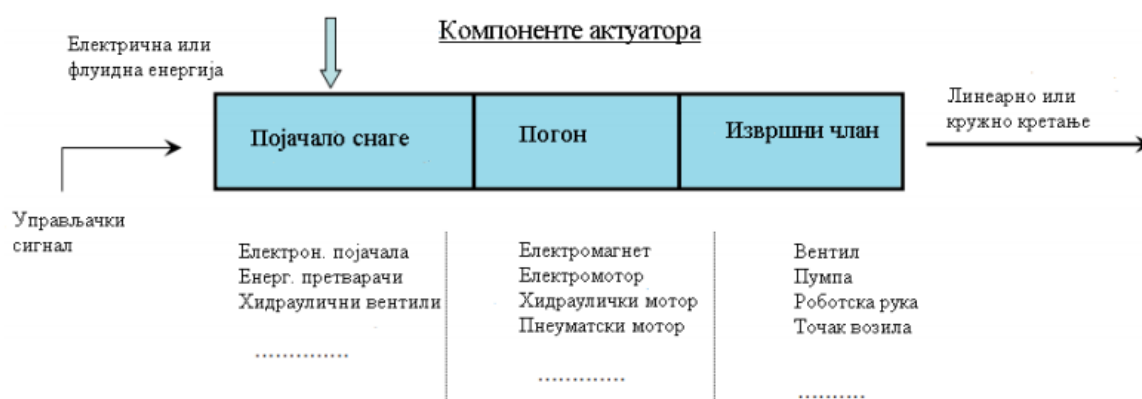
1. Електромеханички актуатори;
2. Актуатори који користе снагу флуида;
3. Алтернативни актуаторски концепти (интелигентни, микроактуатори) [8].

2.5.1. Компоненте актуатора

Појачало (појачавач) снаге управља током енергије (електроенергија) (Слика 12). Најчешћа примена је у електроенергетици код електромоторних погона [8].

Погон извршног члана, односно извршног елемента, врши управљање кретањем чврстих тела, као што су мотори (електрични, пнеуматски, хидраулични). Највећу примену има код грађевинских и пољопривредних машина, робота, итд. [8].

Извршни члан врши управљање струјом материје као што су гасови, течности. Пример извршног члана су: вентили, пумпе, уређаји за дозирање. Највећу примену има у процесној техници [8].

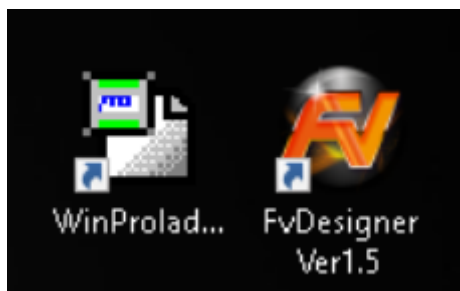


Слика 12. Компоненте актуатора [8]

3. Реализација задатка

Задатак аутоматизације процеса прања је реализован помоћу софтвера:

- FVDesigner;
- WinProladder.



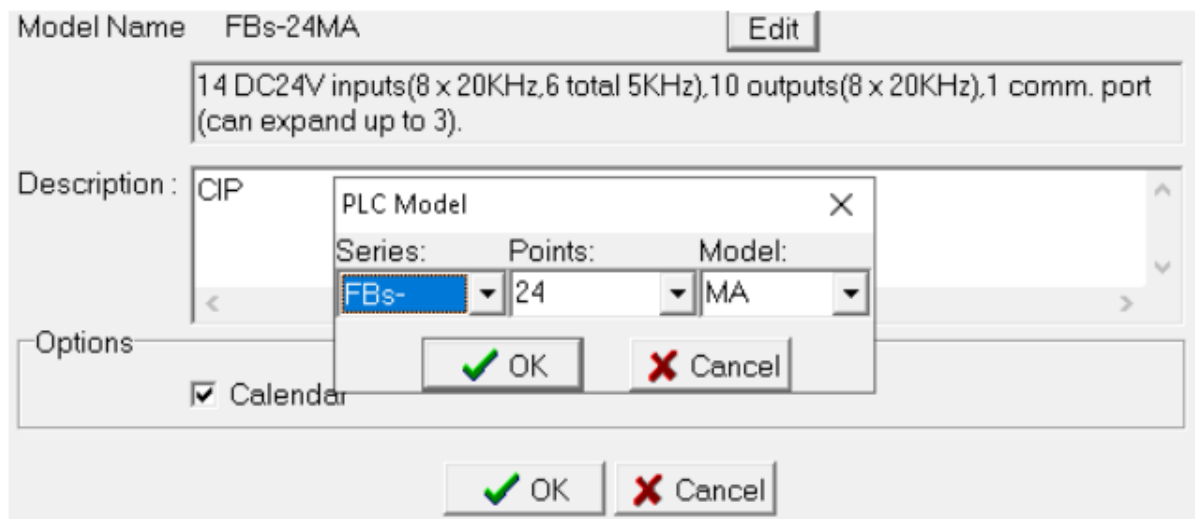
Слика 13. Лого софтвера

FVDesigner је софтверски алат који се користи за развојни дизајн HMI (Human Machine Interface) панела. Конфигурација HMI-ја је приказана на *Слици 14*.

Product Series	P5
HMI Model	P5102S
Display Type	TFT LCD, 16.7M Colors
Display Size	10.2" (16:9)
Resolution	800 X 480 pixels
Orientation	0°
Memory Flash	256MB
RAM	128MB
Internal User Storage	64MB
Project Memory	32MB
RTC	Yes
Audio	No
VGA	No
COM1	RS-232(4W)
COM2	N/A
COM3	RS-422/485(Isolation)
COM4	RS-485(Isolation)
PLC Port	FATEK HB1 PLC
LAN	N/A
USB_1	1 Port USB2.0 Device (Mini B Type)
USB_2	1 Port USB2.0 Host (A Type)

Слика 14. Конфигурација HMI-а

WinProladder је програм који користи лествичасту логику (Ladder logic). Користи се у програмирању ПЛЦ контролера. У оквиру пројекта, у WinProladder-у, конфигурација је FBs-24MA (14 DC24V inputs (8 x 20KHz, 6 total 5KHz), 10 outputs (8 x 20KHz), 1 comm. Port), што представља модел коришћеног ПЛЦ уређаја.



Слика 15. Конфигурација ПЛЦ-а

3.1. Опис аутоматизованог процеса

Аутоматизован процес управљања ЦИП-ом користи се највише у фирмама као што су млекаре, пиваре, итд., тј. у прехранбеној индустрији. ЦИП је систем прања и чишћења ценовода и резервоара без демонтаже истих, што значи чишћење у месту [9].

Најчешће се састоји од три резервоара (вода, киселина, база). Основне фазе ЦИП-а су:

- Испирање водом ради уклањања грубе прљавштине;
- Циркулација киселине/базе ради уклањања масноће;
- Међусобно испирање [9].

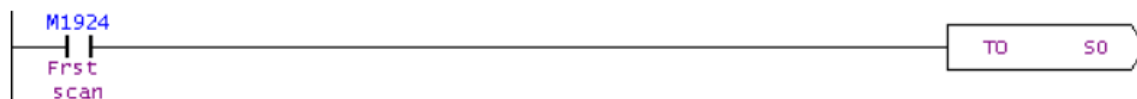
Системом вентила остварује се одређена путања према линијама за прање и на тај начин пропушта жељени флуид у систем. Линијске пумпе потискују флуид у систем, а њих има колико и линија прања, а пумпе за мешање остварују циркулацију флуида у резервоару за киселину и базу. Време сваке фазе се одређује према потребама система. Управљање фазама прања може бити ручно или аутоматско. Оператеру је остављена могућност бирања програма прања. Програм је дефинисан својим временским трајањем, температурама флуида, концентрацијом киселине и базе, итд. [9].

3.2. Реализација процеса прања

СКАДА (*Supervisory Control And Data Acquisition*) систем се користи за прикупљање података са сензора и инструмената лоцираних на удаљеним станицама и за пренос и приказивање тих података у централној станици ради надзора или управљања. СКАДА систем у реалности може да прати и управља и до неколико хиљада улазно-излазних вредности. Уобичајни аналогни сигнали које СКАДА систем надзире или управља су нивои, температуре, притисци, брзине протока и брзине мотора. Типични дигитални сигнали за надзор су прекидачи нивоа, прекидачи притиска, статус генератора, релеји и мотори.

Као што и име каже, она нема потпуну контролу над системом, већ је фокусирана на нивоу надгледања и надзирања. СКАДА системи се користе не само у већини индустријских процеса као што су добијање челика, производња и дистрибуција електричне енергије, праћење и контрола хемијских и транспортних процеса, итд., већ и шире. СКАДА системи су постигли суштински напредак током протеклих година у смислу функционалности и перформанси. ПЛЦ може да контролише проток воде за хлађење кроз део индустријског процеса, али СКАДА систем може да дозволи оператеру да промени задату вредност протока. СКАДА рачунар је обично индустријски рачунар на коме се извршава СКАДА HMI софтвер.

Ladder дијаграм, као софтвер ПЛЦ уређаја, је приказан у софтверу WinProLadder, у којем је дефинисана логика рада система. У наставку је дат опис битних делова ПЛЦ програма.



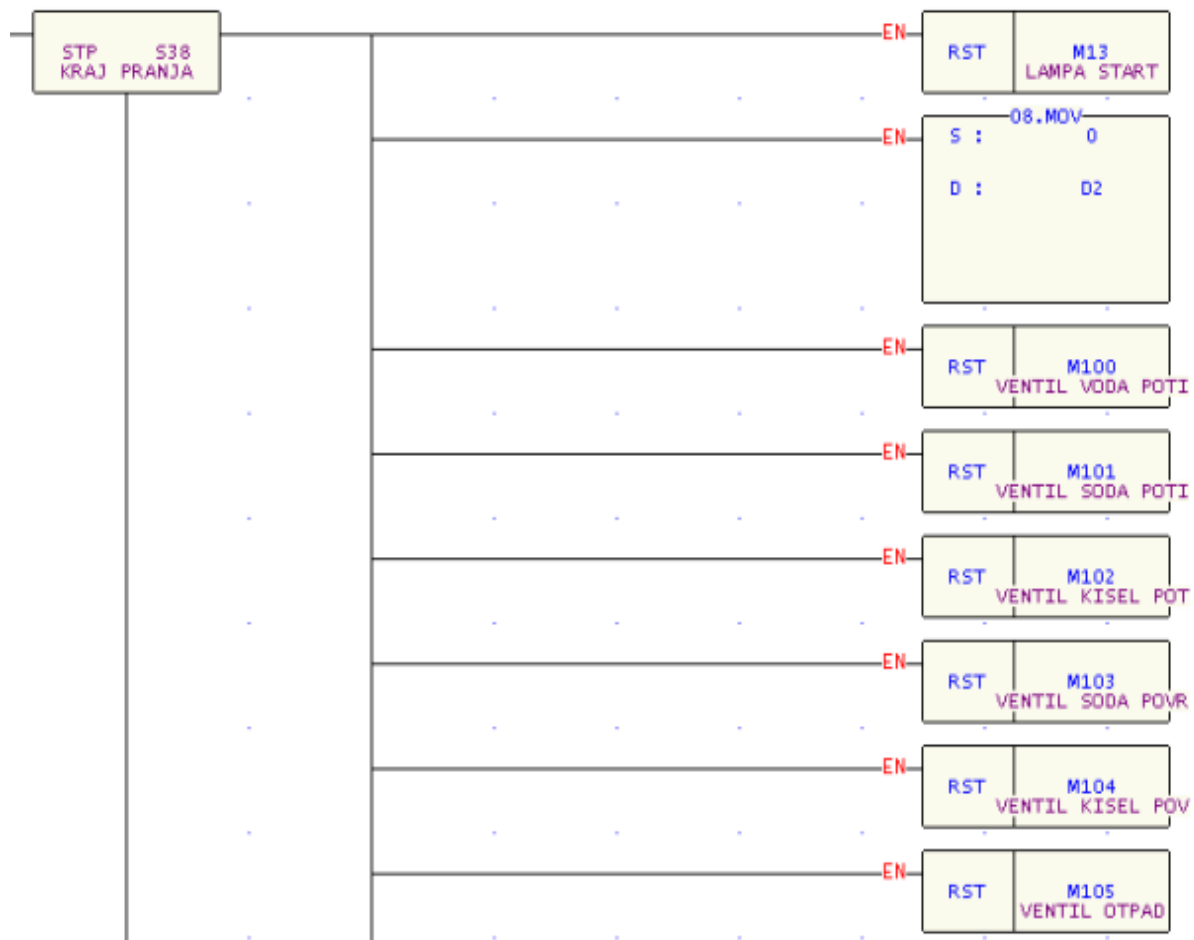
Слика 16. Покретање система

Приликом укључења напајања увек се иде у корак нула (S0), што је приказано на *Слици 16*.

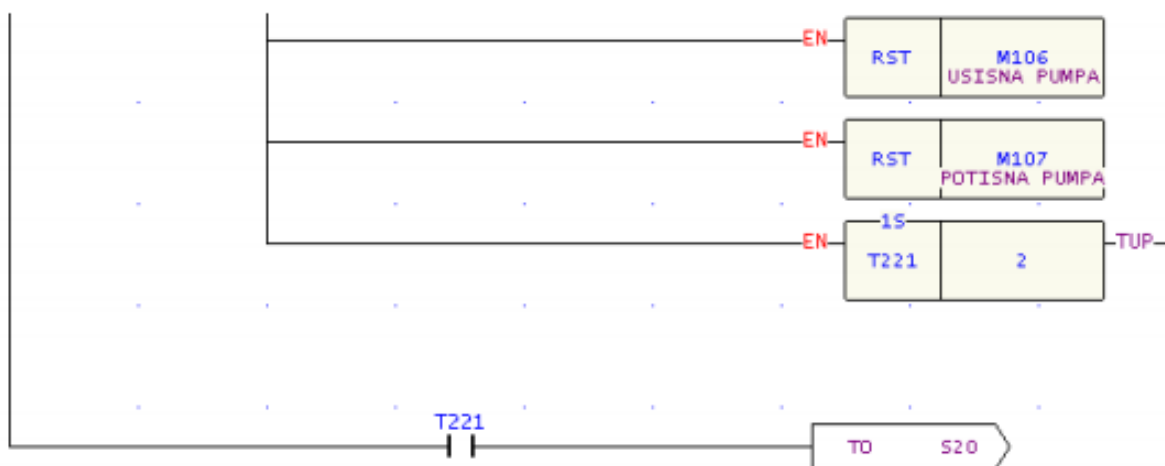


Слика 17. Почетак прања

Затим се безусловно иде у корак 38 (*Слика 17*), а у кораку 38 се ресетују сви излази и прелази се на корак 20, што је приказано на *Сликама 18 и 19*.



Слика 18. Ресет свих излаза, 1. део (Корак 38)



Слика 19. Ресет свих излаза, 2. део (Корак 38)

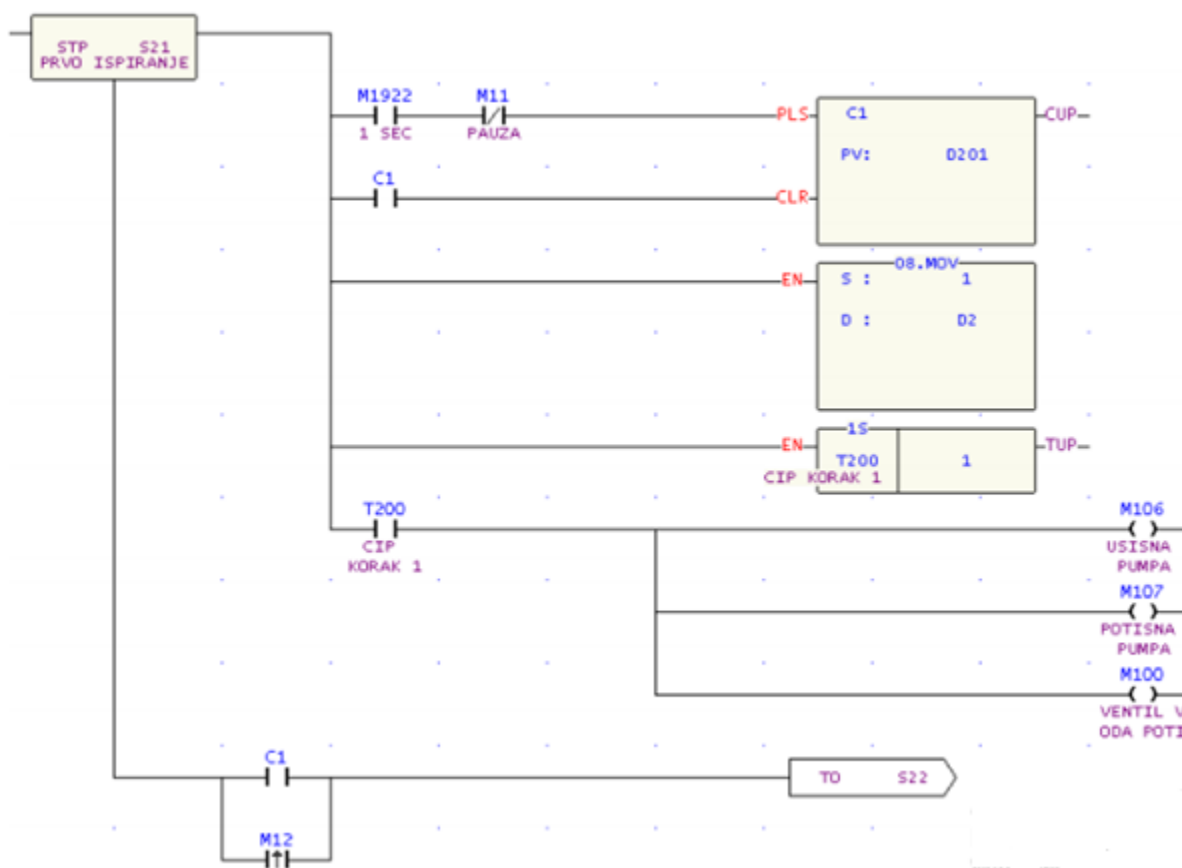
Затим се иде у корак 20, који је заправо нулти корак у процесу прања, приказан на *Слици 20*. У 20. кораку светли лампа стоп и када се деси растућа ивица сигнала „LAMPA

START“ и одабран је начин рада, тада се иде у корак 21. „LAMPА START“ указује да су сви излази ресетовани и да је могуће почети са новим процесом прања.



Слика 20. Нулти корак у процесу прања

У кораку 21 се врши испирање, тако што се активира вентил за воду и пумпе (усисна и потисна), приказано на *Слици 21*.

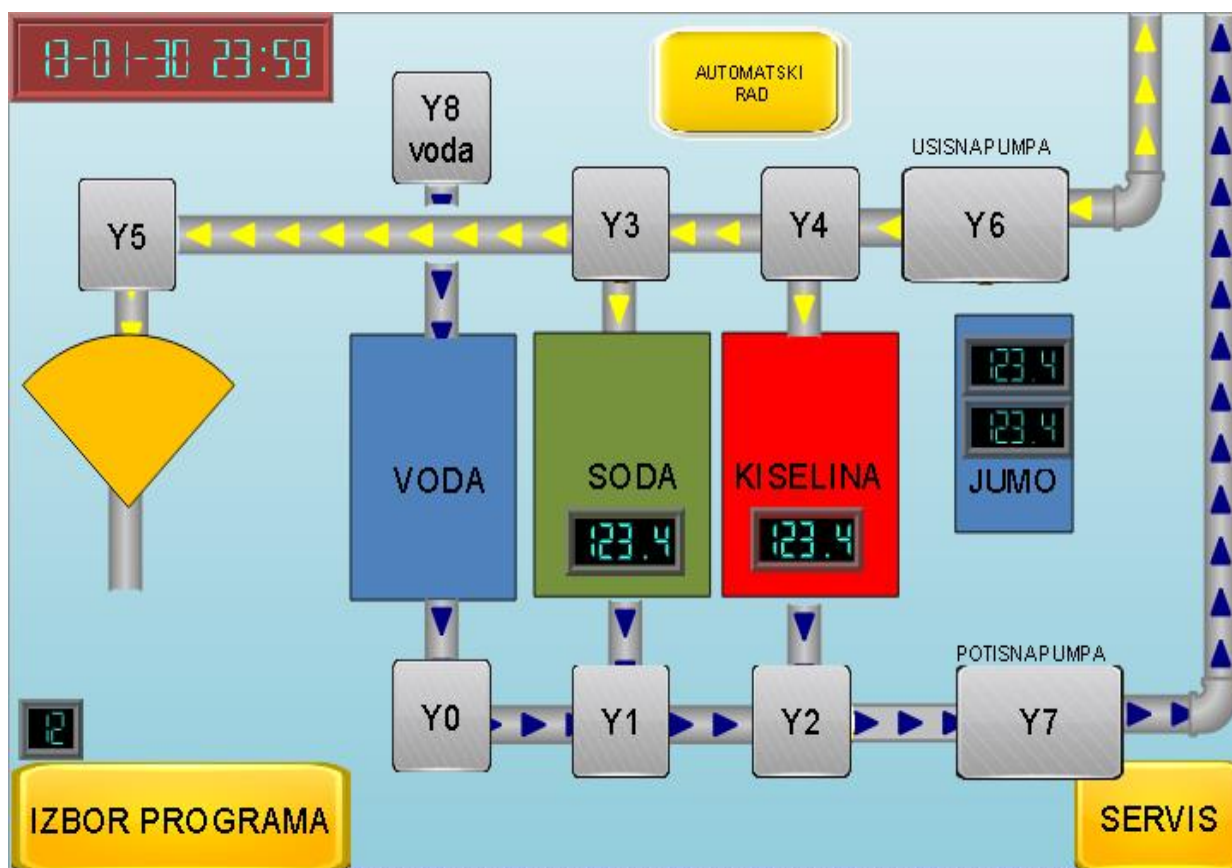


Слика 21. Испирање

Да би се лакше разумела реализација и концепт самог решења у наставку ће бити приказан СКАДА систем на *Слици 22*. На слици се могу видети три резервоара (са водом, содом и киселином). Y_0 , Y_1 , Y_2 , Y_3 , Y_4 , Y_5 и Y_8 су вентили, док су Y_6 и Y_7 усисна и потисна пумпа. Излази из ПЛЦ-а су везани за вентиле.

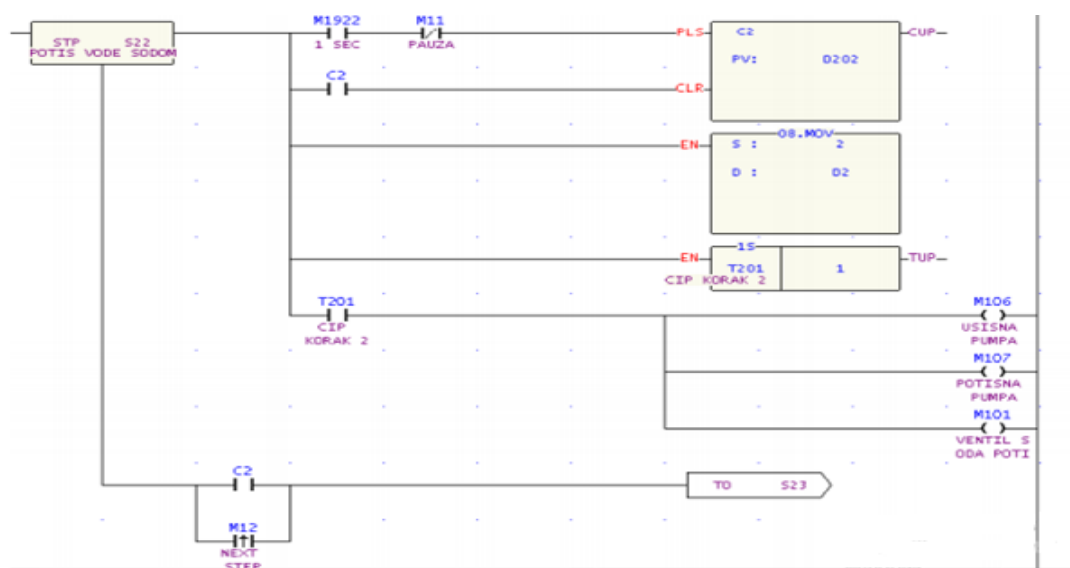
Уколико треба да се неки резервоар или било који други суд користи прво што треба да се уради је да се испере водом. Да би се испрао водом треба да се отвори вентил Y_0 и да

се укључи потисна пумпа. Такође је потребно да се укључи усисна пумпа и да се отвори вентил Y₅.

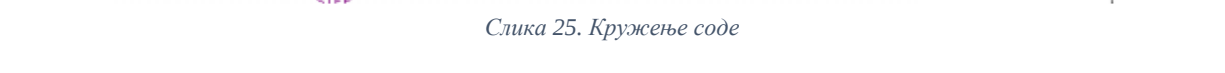


Слика 22. СКАДА

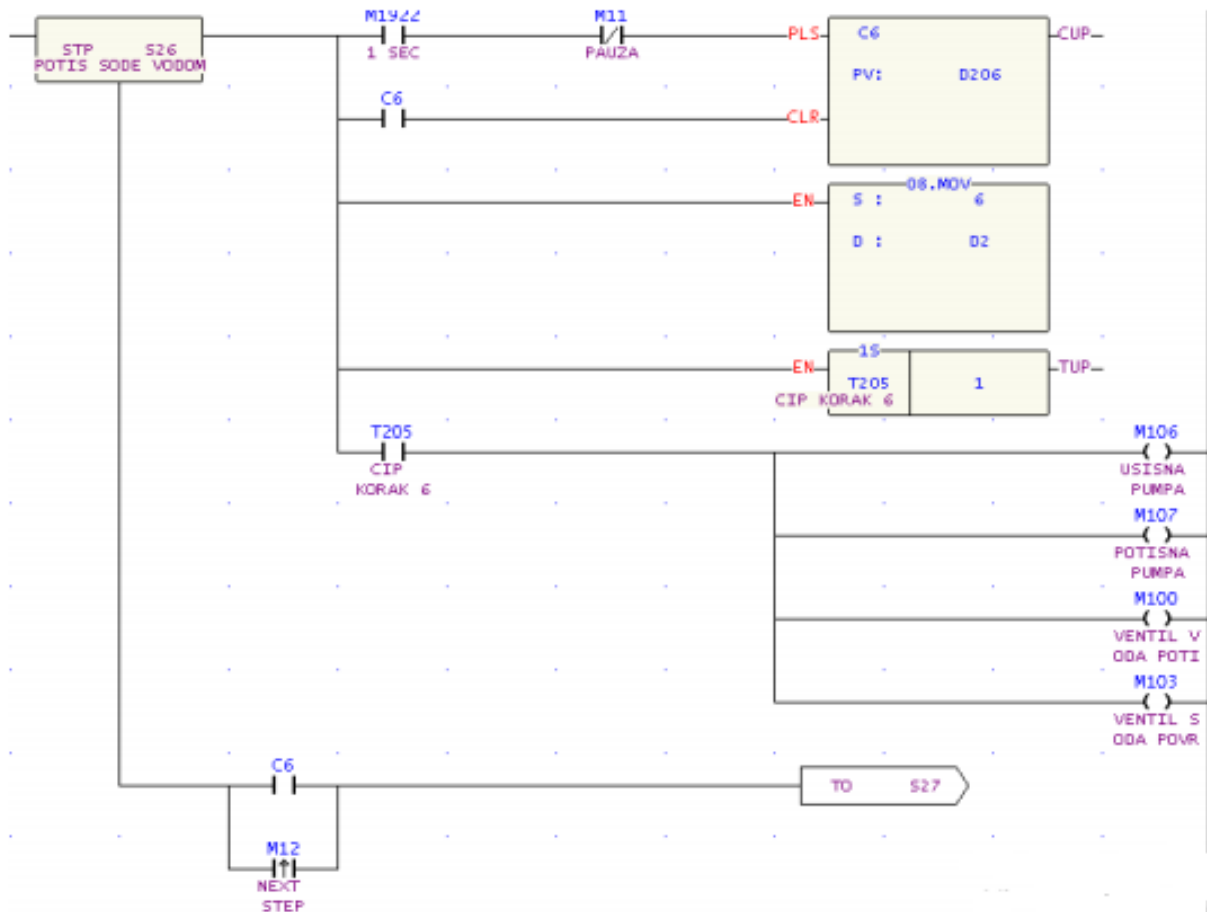
Следећи корак је „сода до резервоара“. Затвара се вода, остају укључене обе пумпе и отвара се резервоар са содом, тачније вентил Y₁. Сода иде до резервоара, временски се одреди колико је времена потребно (колико је дугачак цевовод) соди да оде до резервоара. То је следећи корак (Слика 23).



Слика 23. Сода до резервоара

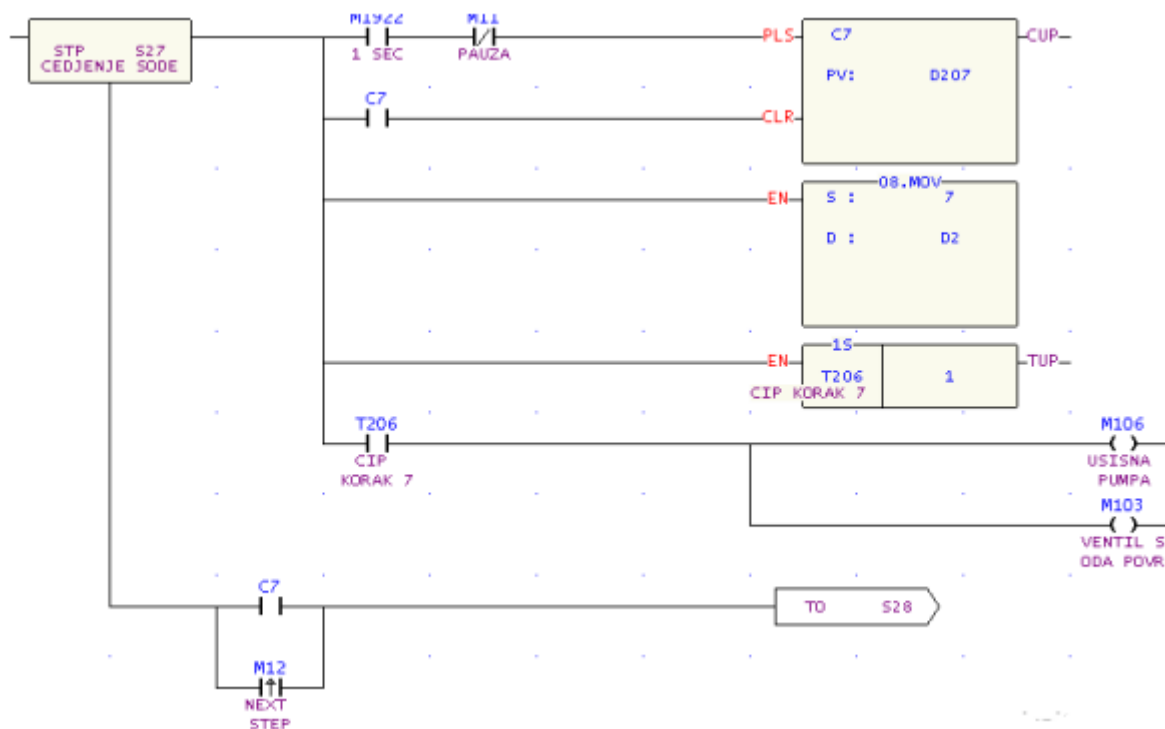


Након соде мора да дође вода, како би испрала соду. Неопходно је отворити вентил за воду, уписну и потисну пумпу и потиснути соду водом у зависности од дужине цевовода.



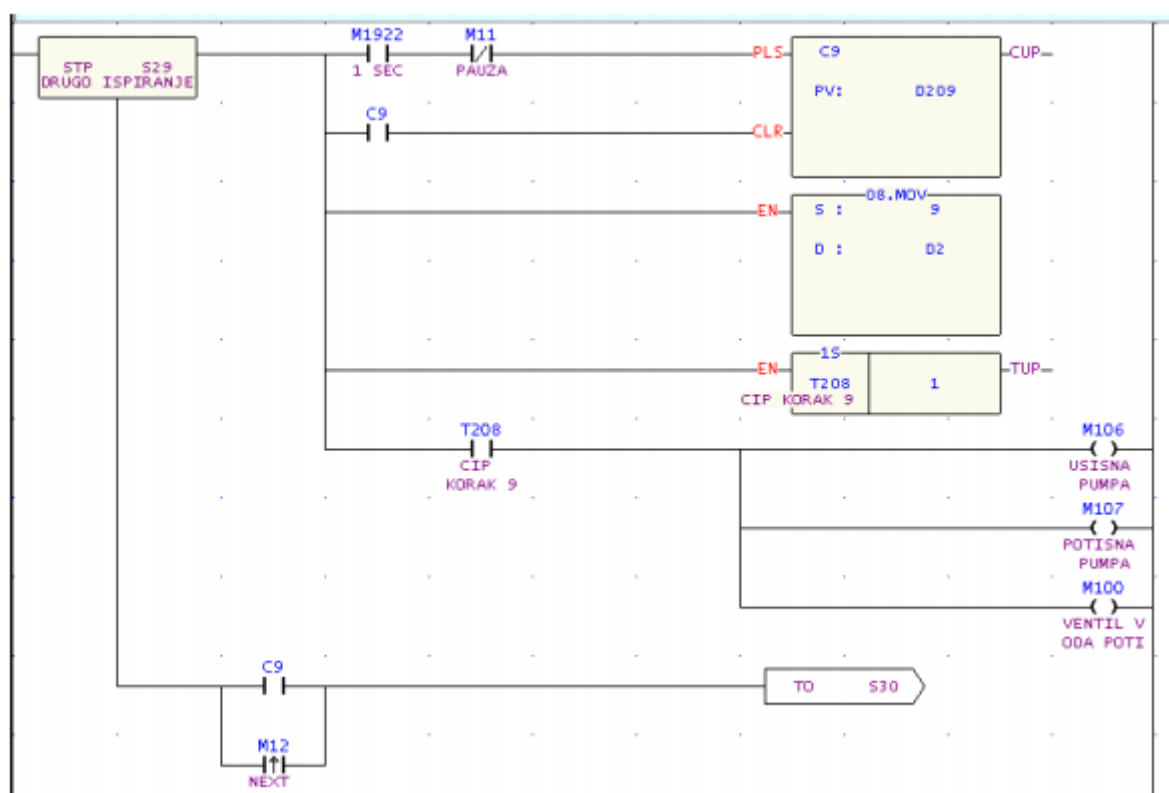
Слика 26. Потискивање соде водом

Следећи корак је цеђење соде, што је приказано на Слици 27.



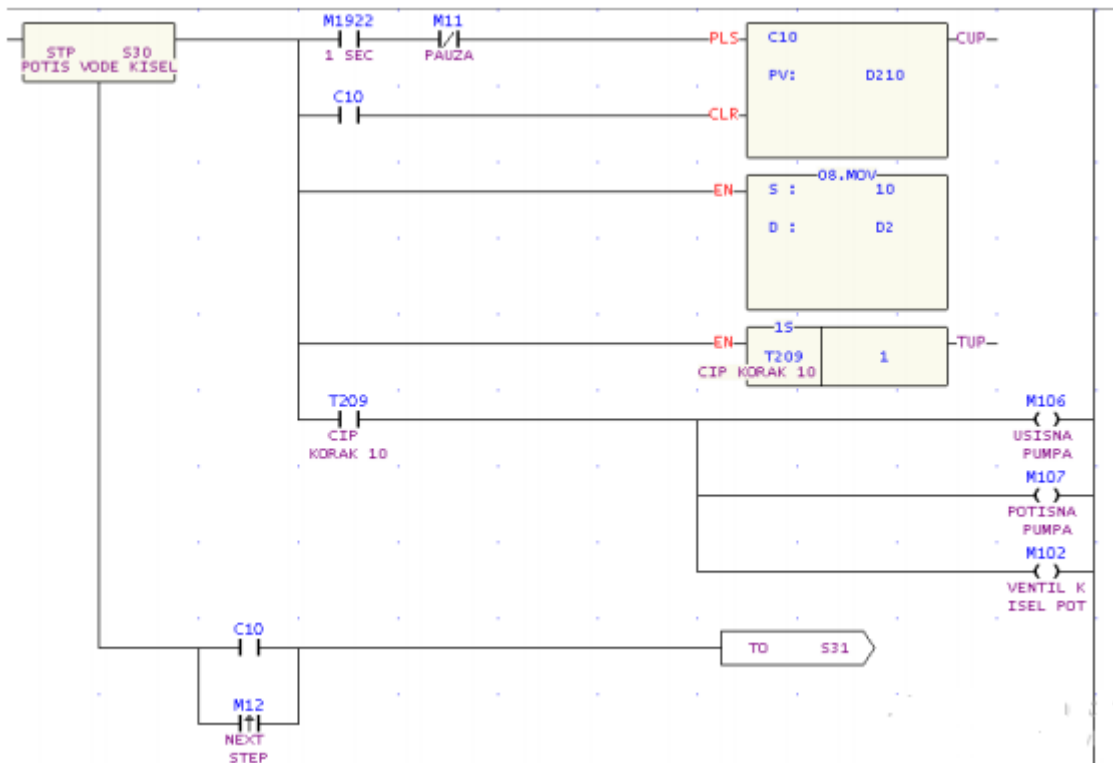
Слика 27. Цеђење соде

Након цеђења соде, неопходно је систем испрати. За то је неопходно отворити вентил воде Y_0 , укључити усисну и потисну пумпу.



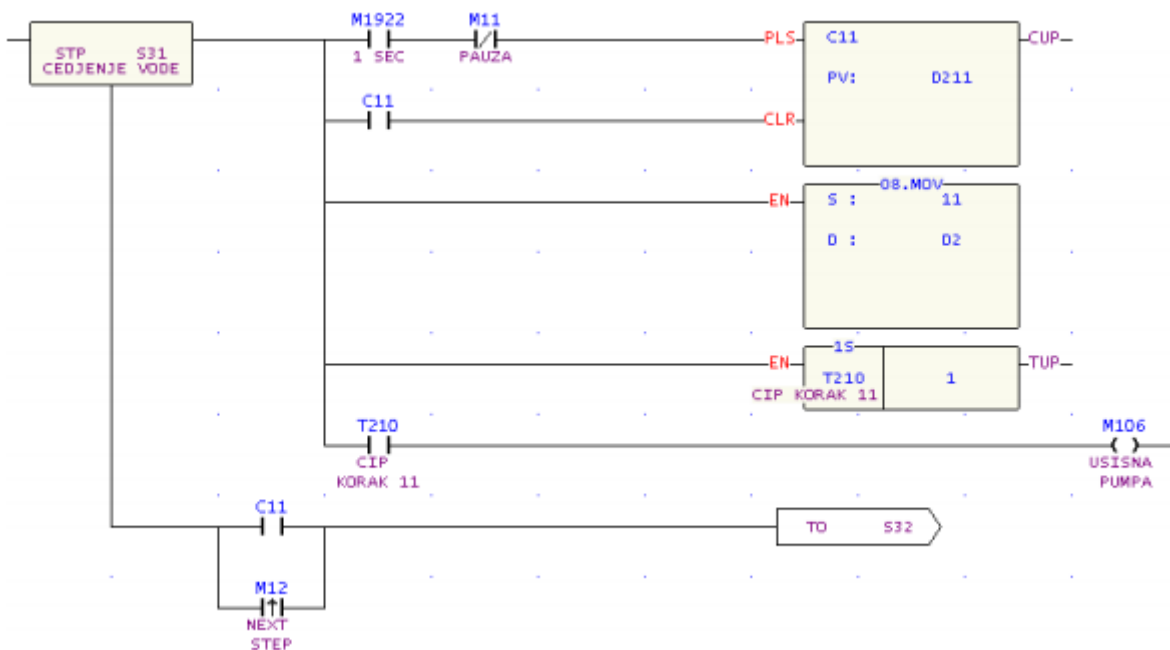
Слика 28. Друго испирање

Као додатно средство чишћења користи се киселина. Потискивање воде се врши у овом кораку помоћу киселине. Киселина долази до резервоара. Мрежа је приказана на *Слици 29*.



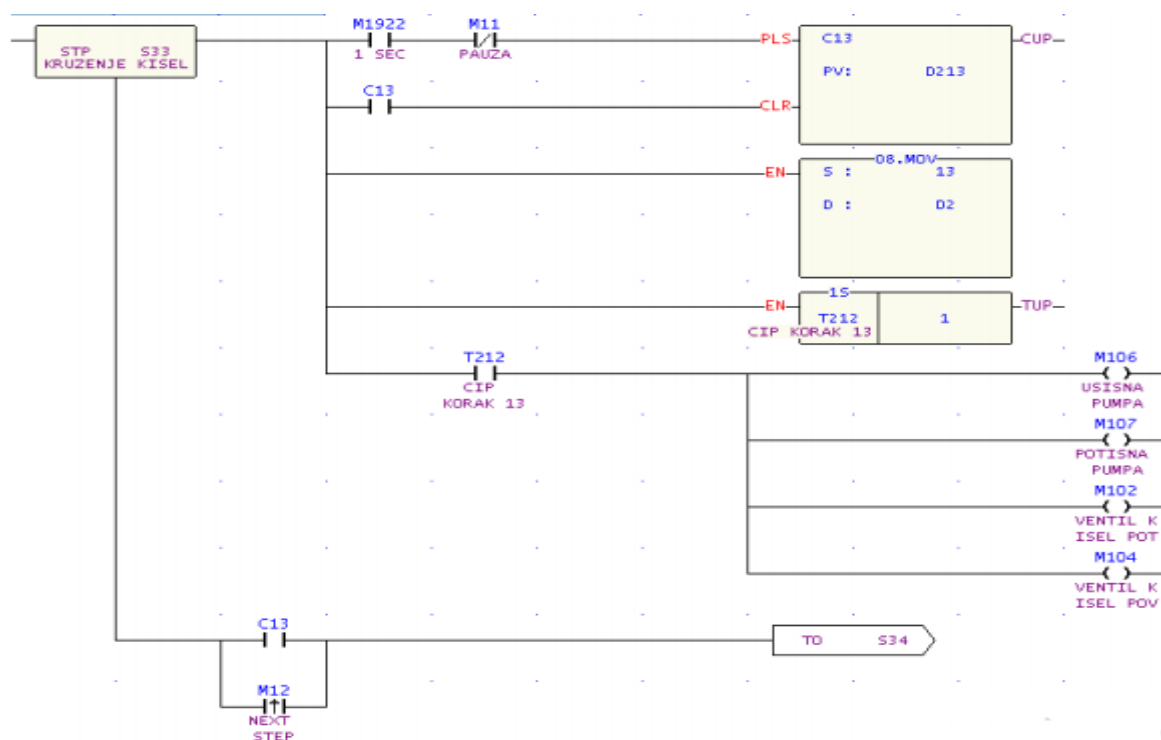
Слика 29. Киселина до резервоара

У систему је и даље вода из предходног корака, њу је неопходно исцедити. Овде је неопходна да буде активна усисна пумпа. Мрежа је приказана на *Слици 30*.



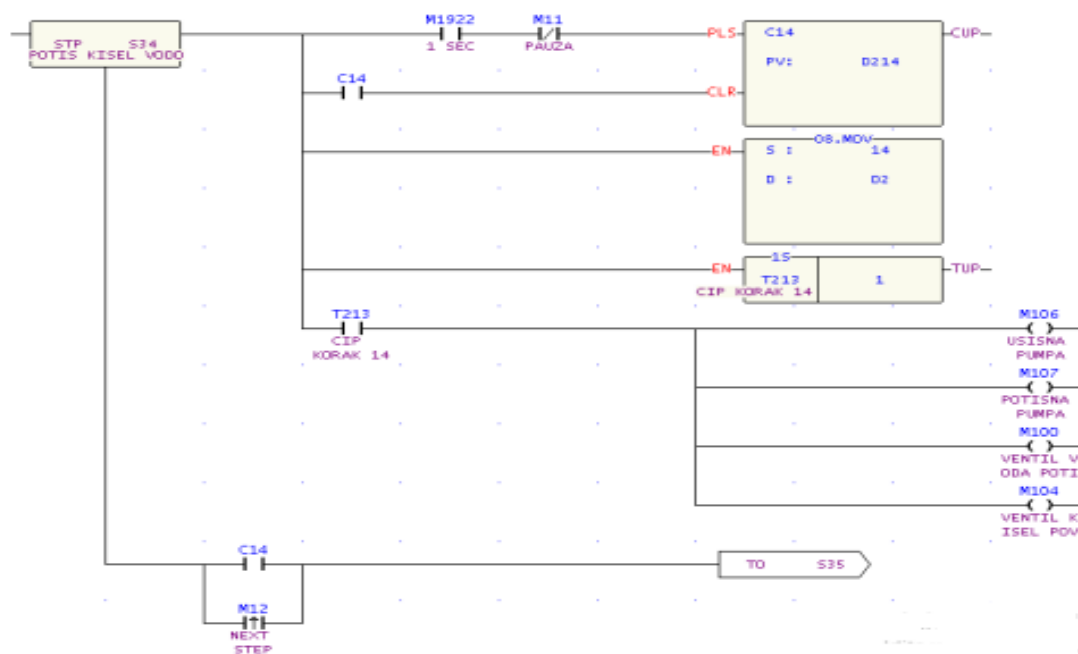
Слика 30. Цеђење воде

Затим је потребно да киселина кружи, на исти начин као и сода. Логичка мрежа је приказана на *Слици 31*.



Слика 31.Кружење киселине

У следећем кораку неопходно је киселину потиснути водом, што је приказано на *Слици 32*.



Слика 32. Потискивање киселине водом

The diagram illustrates the logic for Step 17, 'CIP KORAK 17'. It begins with a start condition (S37) and a stop condition (S0). The main logic involves a timer T216 (CIP KORAK 17) and a counter C17. The sequence includes a pause (PAUZA) and a reset (CLR) of C17. The final output is a signal to the next step (M12).

```

graph TD
    S37[S37] --> L1
    S0[S0] --> L1
    L1(( )) --> T216[T216 CIP KORAK 17]
    T216 --> C17[C17]
    C17 --> M12[M12 NEXT STEP]
    C17 --> CLR[CLR]
    CLR --> C17
    C17 --> PAUZA[PAUZA]
    PAUZA --> T216
    T216 --> M106[M106 USISNA PUMPA]
    T216 --> M107[M107 POTISNA PUMPA]
    T216 --> M100[M100 VENTIL V ODA POTI]

```

Корисник има опцију да бира програм рада. На главном екрану постоји опција „Избор програма“. Ту се отвара екран приказан на *Слици 34*. Кликком на дугме „ЦИП“ корисник се враћа на почетни екран (*Слика 22*). Такође, има опцију за старт или стоп жељеног програма.



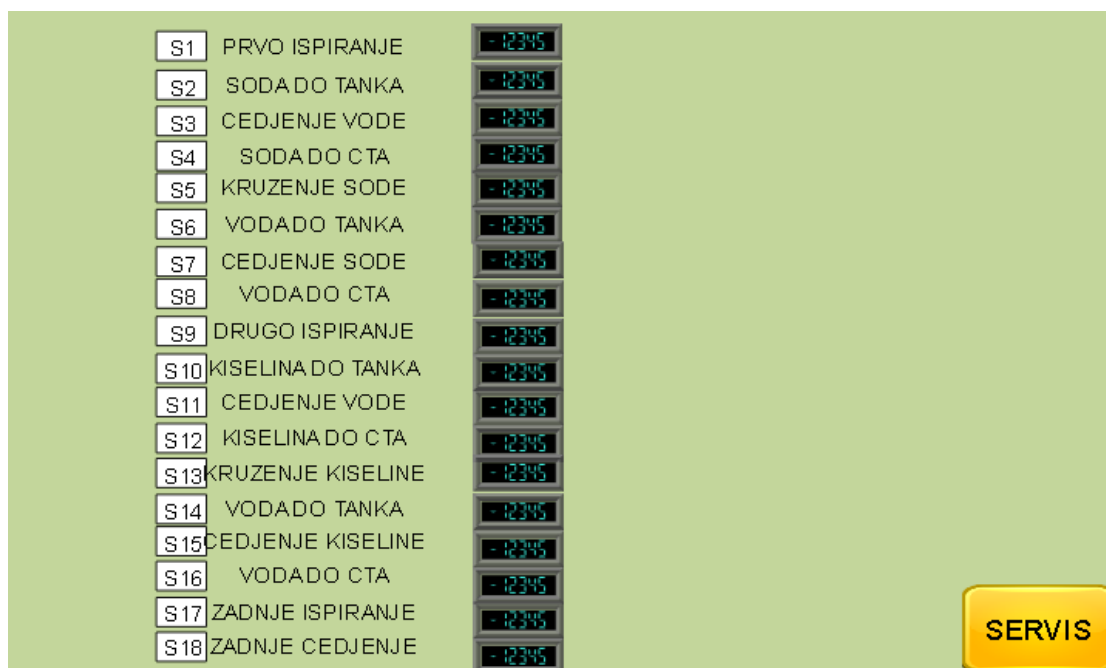
Слика 34. Избор програма

Кликом на „Севис“, кориснику се приказује екран са *Слике 35*.



Слика 35. Избор програма/ Сервис

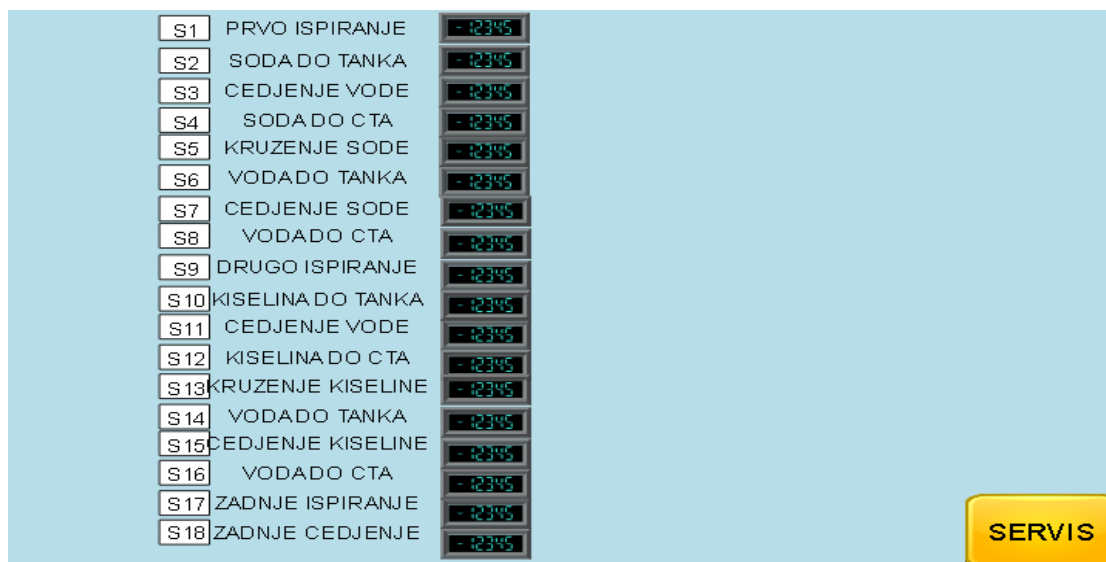
У оквиру тог екрана корисник може да изабере жељени процес, да паузира процес. Кликом на дугме „ЦИП“ враћа се на почетни екран. Уколико се изабере опција „Испирање“, оператеру/кориснику ће се приказати екран са *Слике 36*. У опцији прања „Испирање“ пролази се кроз 18 корака прања, који су претходно приказани на блок дијаграмима.



Слика 36. Испиранје

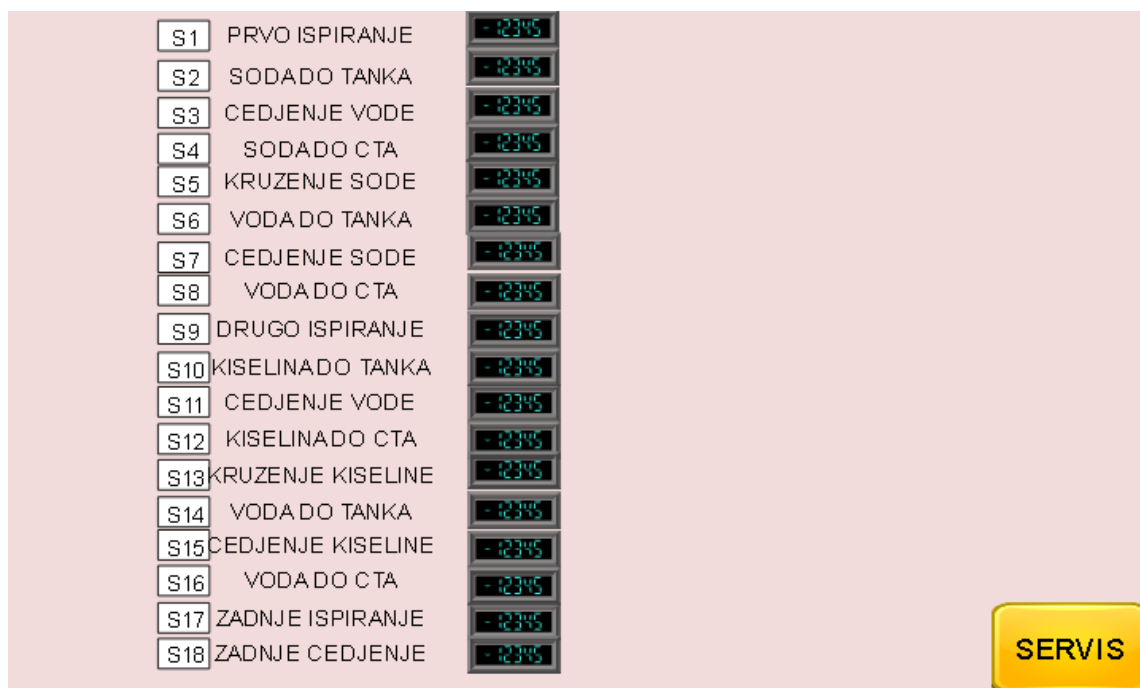
Кликом на дугме „Сервис“ враћа се на претходни екран.

Друга опција на екрану „Сервис“, са *Слике 35* је „Сода дуго“ и кориснику ће се након клика на то дугме приказати екран, који по корацима описује цео процес (*Слика 37*).



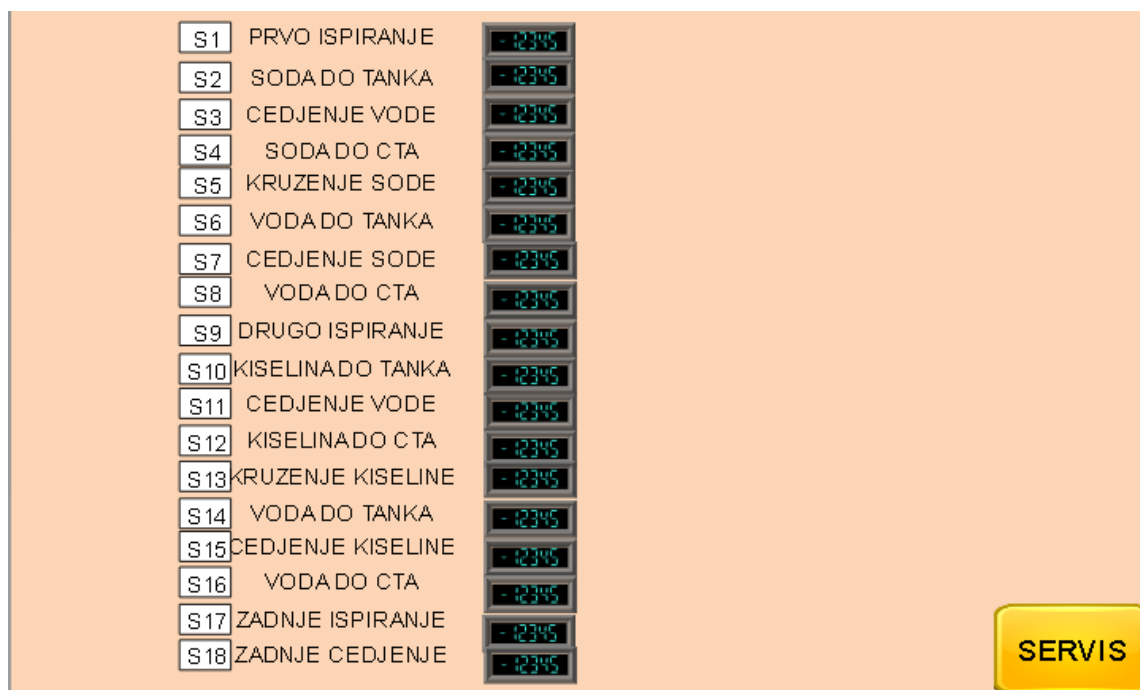
Слика 37. Сода дуго

Трећа опција на екрану „Сервис“, са *Слике 35* је „Сода + киселина дуго“ и кориснику ће се након одабира те опције приказати екран, који по корацима описује цео процес (*Слика 38*).



Слика 38. Сода + киселина дуго

Четврта опција на екрану „Сервис“, са *Слике 35* је „Сода кратко“ и кориснику ће се након клика на дугме приказати екран, који по корацима описује цео процес (*Слика 39*).



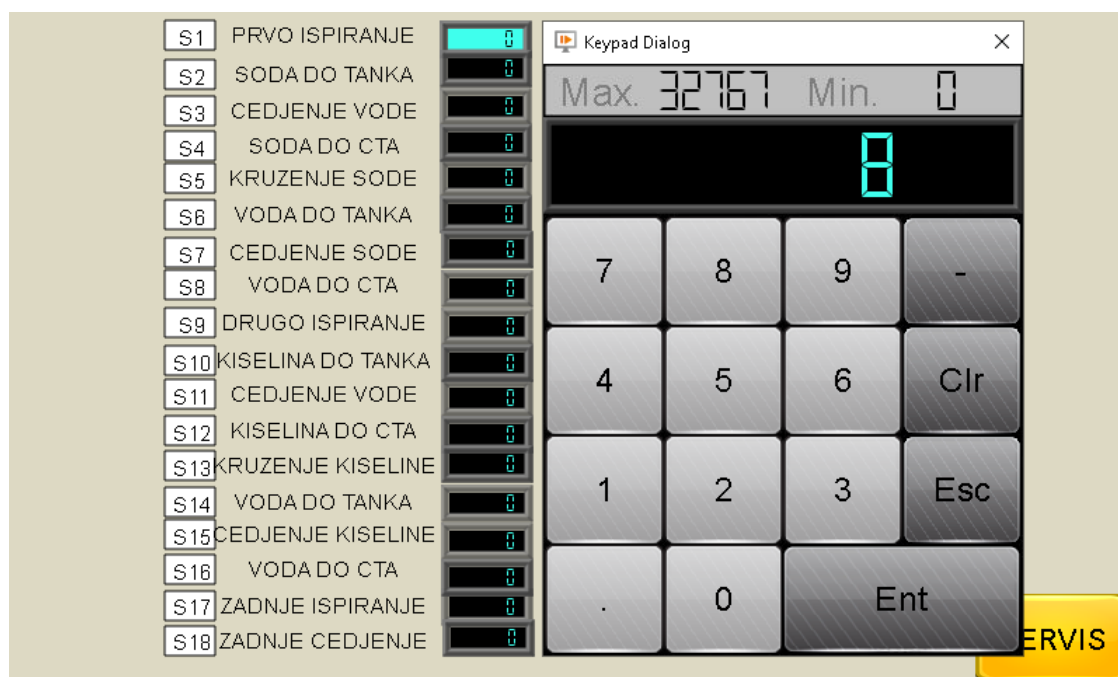
Слика 39. Сода кратко

Пета опција на екрану „Сервис“, са *Слике 35* је „Сода + киселина кратко“ и кориснику ће се након избора приказати екран, приказан на *Слици 40*, који по корацима описује цео процес.



Слика 40. Сода + киселина кратко

Корисник има опцију уноса и измене параметара на све изнад описане процесе, што је приказана на *Слици 40.1*. Потребно је кликнути на поље жељеног параметра и кориснику ће се приказати тастатура.



Слика 40.1. Приказ тастатуре.

Пошто су тастатуре сличне (*Слика 41*) биће објашњене скраћенице које су на њима:

- Bs (backspace) – враћање за корак уназад;

- Del (delete) – брисање једног карактера;
- Cap (caps lock) – укључивање великог слова. Има значај само код тастуре са ASCII карактерима;
- Clr (clear) – брисање, „чишћење“ поља за унос код тастатуре;
- Esc (escape) – излазак из тастатуре;
- Ent, Enter (enter) – прихватање вредности.



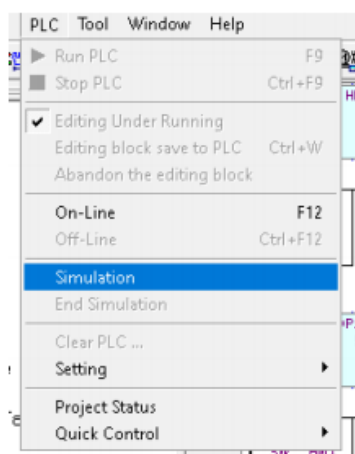
Слика 41. Тастатура са: а) целобројним вредностима, б) хексадецималним вредностима, в) децималним вредностима, г) ASCII вредностима

4. Приказ резултата

Унутар програма FVDesigner и WinProladder могуће је покренути симулације описаног система. Покретање симулације у програму WinProladder приказано је на *Сликама 42-45*.

Кораци су:

- У оквиру картица PLC кликнути на Simulation, након тога на Run PLC;



Слика 42. Simulation



Слика 43. Run

- [illegible]

У овом пројекту, блок функција не дозвољава приказ симулације. Немогућност симулације се приказује жутом бојом, што је приказано на *Слици 45*.



Пошто је немогуће тестирати систем како у симулацији, тако и у реалном окружењу (ниједне млекара не би зауставила свој ЦИП на пар минута, како би се проверио рад овог система са једном линијом прања).

У оквиру фирме постоји један ЦИП, који непрестано ради. Постоје три линије прања. На те три линије прања перу се све машине, сви цевоводи, сви резервоари. Све кроз шта је прошло млеко пере се сваког дана. ЦИП систем са резервоарима се налази у посебној просторији. Систем има резервоаре са водом, содом и киселином, приказано на *Слици 46*.

Избор програма се врши у засебној просторији где оператер бира који суд пере, који програм користи итд.

Цео систем је веома бучан због непрекидног рада пумпи.



Слика 46. ЦИП систем „Meggle“, 1. део



Слика 47. ЦИП систем „Meggle“, 2. део

У једном од приказана три резервоара налази се азотна киселина у двопостотном раствору воде, односно натријум хидроксид, приказано на *Слици 48*.



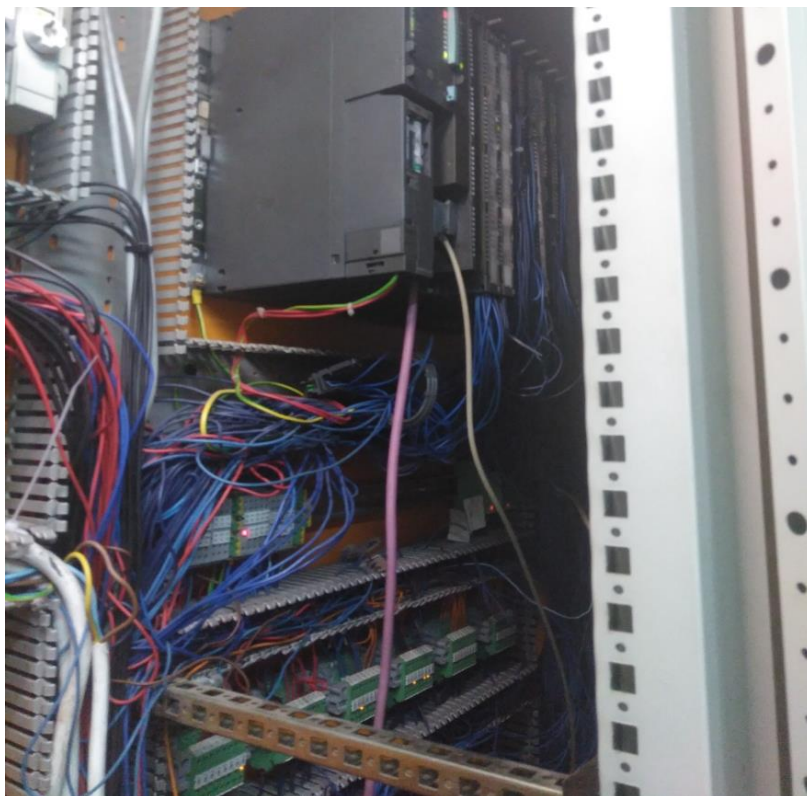
Слика 48. Резервоар азотне киселине



Слика 49.ЦИП систем „Meggle“, 3. део

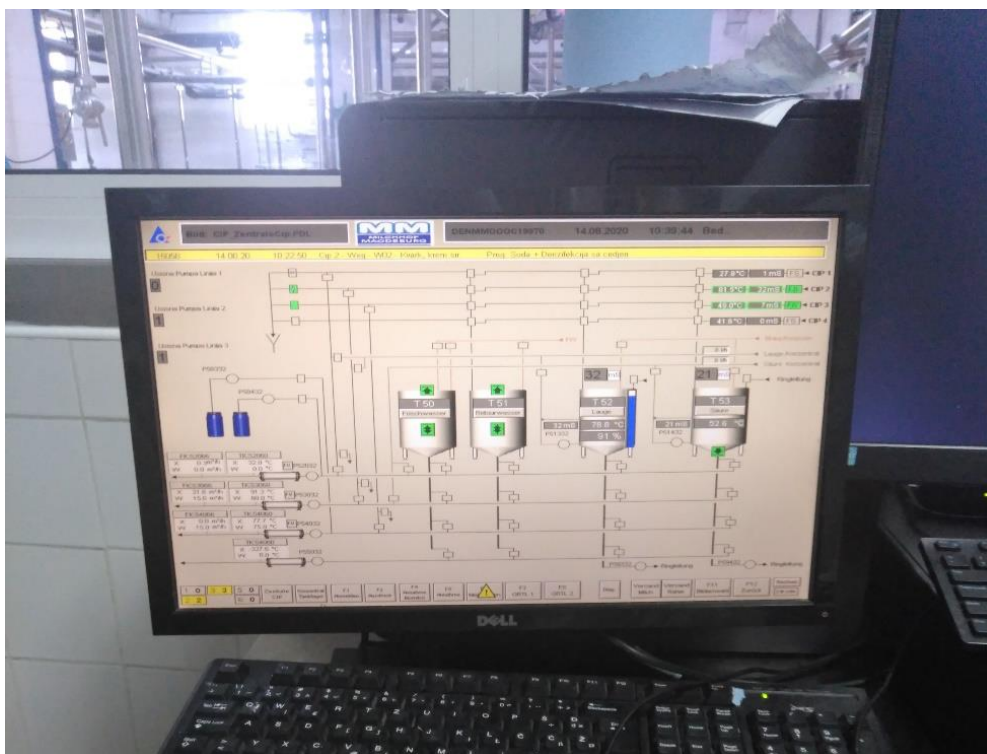
Дневно пролази 100 000 литара млека кроз неке судове, који чак морају да се перу и по два пута дневно због каменца. Сода се греје на 65°C , иде у производњу и враћа се. У последње испирање се ставља средство за дезинфекцију, постоје два бурета, кад се једно потроши, аутоматски се прелази на друго.

На Слици 50 је приказан део ПЛЦ-а који управља целим процесом прања.

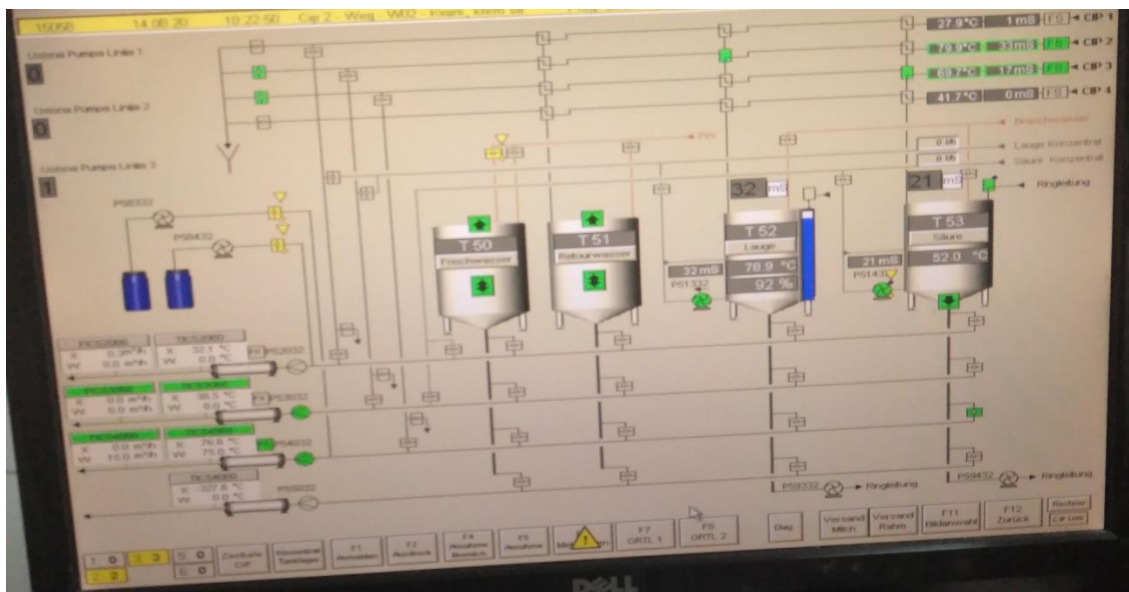


Слика 50. ПЛЦ који управља процесом

Рачунар који управља процесом је приказан на *Слици 51*. Све што је приказано на претходним сликама се налази на екрану. Приказани су сви параметри, температуре у резервоарима, итд.



Слика 51. Рачунар који управља процесом



Слика 52. Рачунар који управља процесом , главни екран

5. Закључак

Тема дипломског рада је била аутоматизација процеса прања прехранбене индустрије. Главни циљ је био да се покаже како се регулише процес прања и испирања (ЦИП) са посебним освртом на сензоре и актуаторе који делују на процес. ЦИП систем је један од најважнијих процеса у млекарама и од виталног је значаја да буде нон стоп у функцији, тј. да ради без престанка. Уколико престане са радом, производња, али и цела фабрика стају са радом, јер је неопходно прање и испирање свих машина, цевовда, резервоара, итд. Постоје разни програми који дозвољавају оператеру да изабере најпогоднији.

Практична реализација није била доступна јер ниједна млекара не може да стопира своје системе на неколико минута. Уколико би стопирале рад процеса, тада би се изгубило много новца и постојао би велики ризик да дође до кварења млека. Реални систем је виђен у оквиру посете млекари „Meggle“.

Резултат овог рада је реализован комплетан систем који би се могао имплементирати у неки сличан реалан процес, са могућношћу прилагођавања потребама саме прехранбене индустрије за чију би намену био коришћен и олакшао процес управљања.

Даљи развој и унапређења система су пожељни и могући. Могуће је увести нове линије прања, као и нови редослед самог извршавања одређених програма прања. Таква унапређења би допринела постизању бољих перформанси система.



Слика 53. Аутоматизован ситем [10]

6. Литература

- [1] Србијанка Турајлић, Управљање процесима, Београд, 2011, линк: https://www.ucg.ac.me/skladiste/blog_2146/objava_31944/fajlovi/uip_2010.pdf
- [2] Програмабилни логички контролери, Аутоматика, Приступљено: 1.9.2020. године, линк: <https://www.automatika.rs/baza-znanja/teorija-upravljanja/programabilni-logickikontroler-plc.html>
- [3] Теорија управљања. Аутоматика, Приступљено: 1.9.2020. године, линк: <https://www.automatika.rs/baza-znanja/teorija-upravljanja/siemens-simatic-s7-200-serijakontrolera-osnove-pristup-memoriji-karakteristike.html>
- [4] Програмабилни логички контролери, Пројектовање микропроцесорским системима, Ниш, Приступљено: 1. 9. 2020. године, линк: <http://es.elfak.ni.ac.rs/mps/materijal/5-PLC.pdf>
- [5] Modular controllers SIMATIC S7, Flowmaster, Приступљено: 1.9.2020. године, линк: <http://www.flowmaster.co.th/index.php/products-services/siemens-3/process-automation/plcs/modular-controllers-simatic-s7.html>
- [6] Разводни орман, Level, Приступљено: 1.9.2020. године, линк: <https://www.level9.rs/slike/inprint1.jpg>
- [7] Отпорни термометри, Termotehna, Приступљено: 1.9.2020. године, линк: <http://www.termotehna.rs/pdf/T91-Otporni%20termometri%20sa%20kablom.pdf>
- [8] Др Божо Илић, Сензори и актуатори, Нови Сад, 2019, линк: http://vtsns.edu.rs/wpcontent/uploads/2018/11/Senzori-i-aktuatori_Skripta-za-Kol_2019.pdf
- [9] Аутоматизација СІР-а у прехранбеној индустрији, ICM electronics, Приступљено: 1.9.2020. године, линк : <https://www.icm.rs/pdf/ap2004icm01.pdf>
- [10] ПЛЦ уређај, Мехатроника, Приступљено: 1.9.2020. године, линк: <https://mehatronika.gomodesign.rs/plc-uredaj-u-koji-se-mozete-pouzdati-fatek-fbs-serijadecenija-kvaliteta-i-funkcionalnosti/>

7. Списак слика

Слика 1. Управљање као интуитивни избор могућих опција [1]	8
Слика 2. Управљање као информисани избор могућих опција [1]	9
Слика 3. Графички приказ система	10
Слика 4. ПЛЦ контролер [3]	13
Слика 5. Основни елементи програмибилног логичког контролера [4]	14
Слика 6. Изглед модуларног ПЛЦ контролера [5]	14
Слика 7. Релејни систем [4]	15
Слика 8. Систем управљан ПЛЦ контролером [4]	16
Слика 9. Компактни ПЛЦ [4]	17
Слика 10. Модуларни ПЛЦ [4]	17
Слика 11. ПЛЦ разводни орман [6]	18
Слика 12. Компоненте актуатора [8]	21
Слика 13. Лого софтвера	22
Слика 14. Конфигурација НМІ-а	22
Слика 15. Конфигурација ПЛЦ-а	23
Слика 16. Покретање система	24
Слика 17. Почетак прања	24
Слика 18. Ресет свих излаза, 1. део (Корак 38)	25
Слика 19. Ресет свих излаза, 2. део (Корак 38)	25
Слика 20. Нулти корак у процесу прања	26
Слика 21. Испирање	26
Слика 22. СКАДА	27
Слика 23. Сода до резервоара	27
Слика 24. Цеђење воде	28
Слика 25. Кружење соде	28
Слика 26. Потискивање соде водом	29
Слика 27. Цеђење соде	30
Слика 28. Друго испирање	30
Слика 29. Киселина до резервоара	31
Слика 30. Цеђење воде	31
Слика 31. Кружење киселине	32
Слика 32. Потискивање киселине водом	32
Слика 33. Последње испирање водом	33
Слика 34. Избор програма	34
Слика 35. Избор програма/ Сервис	34
Слика 36. Испирање	35
Слика 37. Сода дуго	35
Слика 38. Сода + киселина дуго	36
Слика 39. Сода кратко	36
Слика 40. Сода + киселина кратко	37
Слика 41. Тастатура са: а) целобројним вредностима, б) хексадецималним вредностима, в) децималним вредностима, г) ASCII вредностима	38
Слика 42. Simulation	39
Слика 43. Run	39
Слика 44. Приказ симулације	40

Слика 45. Немогућност приказа резултата у симулацији	40
Слика 46. ЦИП систем „Meggle“, 1. део	41
Слика 47. ЦИП систем „Meggle“, 2. део	42
Слика 48. Резервоар азотне киселине	43
Слика 49. ЦИП систем „Meggle“, 3. део	44
Слика 50. ПЛЦ који управља процесом	45
Слика 51. Рачунар који управља процесом	45
Слика 52. Рачунар који управља процесом , главни екран.....	46
Слика 53. Аутоматизован ситем [10]	47

8. Списак скраћеница

CIP – Cleaning In Place

PLC – Programmable Logical Controler

SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition

NEMA – The National Electical Association

kB – Kilobyte