

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Електротехника и рачунарство

Ниво студија: Мастер академске студије

Предмет: Аутоматизација индустријских процеса

Број индекса: 476/2019

Јелена М. Глишић

**Регулација температуре у процесима прехранбене
индустрије
мастер рад**

Комисија за преглед и одбрану:

1. **Др Маријана Гавриловић Божовић, доцент**

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да изврши опис производног процеса у прехранбеној индустрији, са освртом на сензоре и актуаторе за регулацију температуре у одређеним деловима система. Реализација апликације за регулацију температуре на одабраном процесу и ПЛЦ контролеру.

Препоручена литература:

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

Крагујевац, 12. 03. 2020.

Ментор:

Др Маријана Гавриловић Божовић, доцент

Садржај

1. Увод	5
2. Теоријска разматрања	7
2.1. Дефиниција система	7
2.2. Затварање повратне спреге	10
2.3. Програмабилни логички контролер – ПЛЦ	12
2.3.1. Компактни ПЛЦ системи	14
2.3.2. Модуларни ПЛЦ системи	15
2.3.3. Саставни делови ПЛЦ-а	16
2.4. Сензори	22
2.5. Актуатори	23
3. Реализација пројектног задатка.....	25
3.1. Опис процеса праћења температуре у млекари „Meggle“	25
3.2. Реализација процеса праћења температуре на ПЛЦ-у	27
4. Приказ резултата	51
5. Закључак.....	54
6. Списак слика	55
7. Списак скраћеница	57
8. Литература.....	58

Summary:

This paper deals with the topic of temperature regulation in the processes of the food industry. FATEK PLC was used as the necessary hardware. The value of the input tax is the temperature with suns pt100 that send signals to the PLC. PLC uses a series of its leaders to define rules or conditions in order to achieve the highest possible performance of the temperature activation process. Ladder diagrams are defended in WinProLadder. The entire SCADA system is presented in FvDesigner version 1.5. RS422 serial communication is used for communication between the computer and the PLC. The temperature acquisition response is represented by the graphs presented.

Keywords: PLC, FATEK PLC, suns pt100, ladder diagrams, temperature acquisition, WinProLadder, SCADA systems, FvDesigner v 1.5, serial communication RS422

Резиме:

У овом раду обрађена је тема регулације температуре у процесима прехранбене индустрије. За неопходни хадрвер узет је ФАТЕК ПЛЦ. Као вредност улазног податка узима се температура са сонди pt100 које шаљу сигнале ПЛЦ-у. ПЛЦ низом својих ледер дијаграма дефинише правила односно услове како би процес аквизиције температуре постигао што боље перформансе. Ледер дијаграми одрађени су у WinProLadder-у. Целокупни СКАДА систем је представљен у FvDesigner-у верзије 1.5. За комуникацију између рачунара и ПЛЦ-а користи се серијска комуникација RS422. Одзиви аквизиције температуре су представљени графицима.

Кључне речи: ПЛЦ, ФАТЕК ПЛЦ, сонде pt100, ледер дијаграми, аквизиција температуре, WinProLadder, СКАДА систем, FvDesigner 1.5, серијска комуникација RS422

1. Увод

Аутоматизација (*грч.* *automatikos* = који сам управља), роботизација, индустријска аутоматизација или нумеричка контрола је употреба контролних система какви су рачунари да би се контролисала индустријска машинерија и процеси у намери да се замене људски оператери. У области индустријализације ово је корак после механизације. Док је механизација обезбеђивала људима машине које би им помагале у физичким аспектима посла, аутоматизација поред тога у великој мери смањује потребу за људским сензорним и менталним способностима [1].

Аутоматизација игра све значајнију улогу у глобалној економији и свакодневном искуству. Инжењери теже да комбинују аутоматизоване уређаје са математичким и организационим алаткама како би направили сложене системе за све већу област примена и људских активности.

Постоје различити типови алата аутоматизације:

- Симулација,
- DCS (*енгл.* Digital Combat Simulator) – Дистрибуирани контролни системи,
- PLC (*енгл.* Programmable Logic Controller) – Програмабилни логички контролери,
- RAC (*енгл.* Programmable Automatic Controller) – Програмабилни аутоматски контролери,
- ANN (*енгл.* Artificial Neural Network) – Вештачка неуронска мрежа,
- HMI (*енгл.* Human Machine Interface) – Човек-машина интерфејс,
- SCADA (*енгл.* Supervisory Control And Data Acquisition) – Надзорна контрола и прикупљање података,
- MES (*енгл.* Make Executive Systems) - Израда извршних система и
- LIMS (*енгл.* Laboratory Information Management System) – Управљачки систем лабораторијских информација [1].

Још увек има много послова који нису у непосредној опасности од аутоматизације. Није измишљен ниједан уређај који би могао да се пореди са људским оком у прецизности и тачности извршавања многих задатака, као ни са људским ухом. Чак су и људи са хендикепом у стању да идентификују и разликују много више мириса него што то може било који аутоматизовани уређај. Људско препознавање шаблона, препознавање језика и способност за продуковање језика су далеко испред свега што су тренутно замислили инжењери аутоматизације.

Старо фокусирање на употребу аутоматизације само да би се повећала продуктивност и смањили трошкови је виђено као непрактично, зато што је такође неопходно обезбедити квалификовану радну снагу која може поправљати машине и управљати њима. Шта више, почетни трошкови аутоматизације били су високи и често нису могли бити покривени док потпуно нови процеси производње не замене старе.

Аутоматизација се данас често примарно примењује у сврхе повећања квалитета у току процеса производње, у случајевима када значајно може да побољша квалитет производа. На пример, аутомобилски и камионски клипови су некада ручно уграђивани у моторе. Овај процес је убрзо замењен аутоматизованим машинским инсталирањем, зато што је ниво грешака при ручном инсталирању био 1-1.5%, а аутоматизацијом је смањен на 0.00001%. Опасне операције, као што су допуњавање уља, производња индустријских хемикалија, као и сви послови који се тичу рада са металом, били су увек први кандидати за аутоматизацију.

Други велики помак у аутоматизацији је повећано наглашавање флексибилности и конвертибилности у процесу производње. Произвођачи све чешће траже могућност да лако пређу са производње производа А на производњу производа Б без изградње нове производне траке.

Већа продуктивност, већи квалитет и нижа цена производа су фактори за све већим увођењем аутоматизације у све индустријске гране а тежња за лакшим животом је узрочник њене широке примене у свим делатностима. Негде је аутоматизација и незаобилазна: у срединама опасним по људски живот и здравље, у хемијски и топлотно агресивним срединама, у нуклеарним постројењима, космичким истраживањима и др.

У наредним поглављима биће описани појмови за разумевање самог функционисања система кроз теорију попут сензора, актуатора, ПЛЦ-а, СКАДА-е и др. Такође, објасниће се и процес у прехранбеној индустрији за регулацију температуре у одређеним деловима система.

2. Теоријска разматрања

У наставку биће описани делови система са теоријске стране укључујући сам појам система, затварање повратне спреге, програмабилни логички контролер (ПЛЦ), сензоре и актуаторе.

2.1. Дефиниција система

Пре самог описа ПЛЦ-а, биће пар речи о систему и потреби за затварањем повратне спреге.

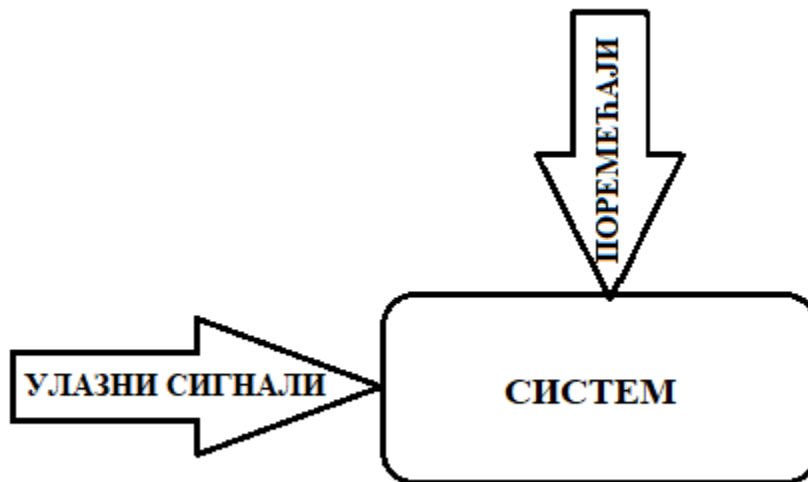
Систем је скуп реалних или апстрактних елемената који у међусобној интеракцији или релацији креирају једну организовану целину. Унутар система одвијају се процеси који кроз низ природних или вештачких креираних акција мењају особине или атрибуте система. Системи могу бити природни, настали еволуцијом током низа година као што су биолошки системи, субоатомски систем, сунчани систем, галаксија или универзум. Вештачки системи су људска креација и укључују различите физичке структуре, хибридне системе који комбинују природне и вештачке процесе, концептуално знање итд. Ови системи могу бити електрични, економски, политички итд.

Сама идеја увођења појма система заснива се на жељи да се на један апстрактан начин обједини низ организованих целина које имају сличне карактеристике које се могу анализирати у оквиру јединственог методолошког приступа – теорије система. Активности које се одвијају унутар појединих елемената система се у крајњој линији могу посматрати као размена информација између тих елемената. Отуда се оне посматрају као интерни сигнали који се на неки начин обрађују унутар система. Уобичајно је да се систем представља као блок дијаграм као што је приказано на слици 1.



Слика 1. Шематски приказ система

Све занемарене интеракције које нису укључене у систем а утичу на његово понашање апроксимирају се одговарајућим сигнаlima побуде који делују на систем и изазивају неку промену у његовом понашању. Међу њима издваја се једна група сигнала који ће се мењати на неки одређени начин да би се остварило жељено понашање система или да би се остварио неки други жељени ефекат. Ти сигнали означавају се као улазни сигнали. Преостали сигнали који утичу на понашање система али се њиховом променом не управља, означавају се као поремећаји [2]. Такав систем је приказан на слици 2.



Слика 2. Сигнали побуде: улазни сигнали и поремећаји

Код система управљања, издваја се једна група сигнала чијом променом се може и жели деловати на понашање процеса и истовремено у задовољавајућој мери елиминисати дејство свих других побуда које представљају поремећаје. Ови улазни сигнали се често називају управљачки сигнали. За овако одабране улазе у систем се уграђују одговарајући извршни органи (актуатори) помоћу којих се остварује промена улаза. Тако се на пример, да би се остварио жељени проток неке течности у систем уграђује вентил на чије отварање или затварање делује управљачки сигнал. Исто тако, да би се омогућило жељено померање неког механичког елемента у систем може да се угради мотор чија побуда ће бити управљачки сигнал и томе слично. У зависности од начина конструкције, извршни органи могу примати континуалне или дискретне системе. Међутим, природа актуатора не диктира нужно и природу управљачких сигнала. Они, наине могу бити континуални или дискретни. Једино је важно да се уз помоћ одговарајућих претварача, сигнал прилагоди природи актуатора.

Сви остали побудни сигнали третирају се као поремећаји. При томе је потребно нагласити да међу поремећајима постоје и сигнали на које је теоријски могуће утицати али се то из неког разлога не жели. Ово значи да избор управљачких сигнала није једнозначан чиме се

само потврђује да је управљање вештина одабирања. Највећи број оваквих побуда је стохастичке природе (утврђивање шта излаз процеса „говори“ о параметрима).

Све расположиве информације о понашању процеса као што су мерења, опсервације или неки други подаци означавају се као излазни. Само по себи разуме се да избор скупа излазних сигнала зависи од природе система и од феномена који се желе посматрати. Код система за пренос сигнала, излазни сигнали су заправо сигнали који се преносе на даљину. Код неких других система, као што су на пример системи управљања, излазни сигнали се одабирају тако да омогуће стварање комплетне слике о свим променама у систему водећи при томе рачуна да постоји могућност набавке и уградње одговарајуће мерне опреме. Са гледишта квантитавне анализе система, може се рећи да су излази система одређени мерном опремом која је инсталирана на процесу. Избор ове опреме врши пројектант система и она 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 остваривањ крајњег циља.

Процес који се одвија у систему може бити континуалан или дискретан. Уколико је процес дискретан одговарајућа мерна опрема мора свакако бити дискретна. Међутим, за посматрање континуалних процеса могуће је користити и континуалну и дискретну мерну опрему. То заправо значи да по својој природи, мерни сигнали могу бити континуални или дискретни. Коначно, нагласимо да из неког разлога (најчешће због могућности коришћења рачунара) може бити погодно да се континуалан мерни сигнал дискретизује. Потребно је запазити да се издвајањем сигнала улаза, поремећаја и излаза сам систем представља искључиво преко спољних манифестација док се у потпуности изостављају интеракције које се одвијају у самом систему. Ове интеракције се представљају помоћу интерних сигнала. Минимални скуп таквих сигнала који у потпуности описује понашање целокупног система, означава се као стање система.

Извршни органи, сам процес и мерна опрема чине систем, целину за коју се одређује управљање као што је приказано на слици. Потреба за осмишљањем побуде система тако да се постигне жељени ефекат, као и за праћењем остварених резултата, довела је до проширења основног система извршном и мерном опремом. На тај начин, изворни систем је на известан начин ограничен. Са једне стране, избор извршних органа одређује подскуп могућих ефеката који се у систему могу остварити. Са друге стране, мерна опрема одређује начин на који се ти ефекти могу пратити.

Само по себи разуме се да је издвајање целине која се посматра као систем немогуће направити без детаљног познавања и разумевања начина рада система и сврхе због које се систем дефинише. Ово разумевање се најчешће изражава у форми модела система. Модел се оцењује као добар уколико омогућава да се предвиди и објасни промена која под дејством неке спољне побуде, настаје у систему [2].

2.2. Затварање повратне спреге

Управљање има за циљ да у неком заданом временском периоду обезбеди жељени исход. Да би се то могло урадити, неопходно је да се као прво дефинише жељени исход. Поред тога, мора да постоји и скуп могућих акција којима се утиче на понашање система. Пројектовање система аутоматског управљања се тако своди на формирање алгоритма помоћу кога ће се одабрати она акција која ће довести до жељеног исхода. Уређај који реализује овај алгоритам означава се као контролер. Тражени алгоритам би могао да се заснива на техници „пробе и грешке“ којом би се испитали исходи свих могућих акција. Извесно је да би овакав приступ био изузетно неефикасан али често и немогућ јер би нека акција могла да доведе и до фаталних исхода.

Разматрајући могућа решења постављеног проблема, човек се природно окренуо ка сопственом искуству које је говорило да је као прво неопходно да се процес којим се жели управљати упозна и да се стекне неко искуство у погледу начина његовог рада. То је значило или да се установе и анализирају законитости које владају у процесу или да се кроз низ експеримената са брижљиво одабраним акцијама прате исходи и да се тако постепено повећава разумевање појава које се у процесу одвијају. На основу познавања процеса, човек је у стању да интуитивно претпостави шта би која од следећих акција могла да донесе. На тај начин, он је и без пробе успешно елиминисао све оне акције које нису водиле ка жељеном циљу. Тако је на пример, покушавајући да одржи константну брзину обртања неке турбине, човек уочио да зависи од довода горива (течности или паре) али и од оптерећења које се налази на осовини турбине. Будући да је оптерећење, по правилу зависило од сврхе за коју је турбина коришћена, што значи да се на њега није могло утицати, човеку је преостало да се концентрише на доток горива и да покушава да га мења тако да брзина буде константа. При томе је било неопходно да се стално процењује брзина обртања и да се на основу тога мења доток горива. Временом је међутим човек радећи на истој турбини стекао и одговарајуће искуство тако да је чим би видео оптерећење одмах знао колики доток треба да обезбеди. Тада му је преостало само да надзире да ли се све одвија по плану и да евентуално реагује у случају непредвиђених догађаја.

Савладавањем основних принципа управљања неким процесом, односно претварањем процеса доношења одлуке у рутину, природно се отворило питање конструкције уређаја који би ту рутину и извршавао. У тражењу одговора на постављени проблем, могућа су два приступа. Први се заснива на идеји познавања физичких законитости процеса којим се управља. У посматраном примеру то би значило да се познају параметри турбине и оптерећења на излазној осовини, да се поставе једначине кретања и да се егзактно израчуна колики је потребан доток горива да би се остварила задата брзина обртања. Тада би се након подешавања отвора вентила на улазу и турбина пустила у рад. У теоријском смислу, овај приступ је свакако могућ. Уколико су сви потребни параметри тачно одређени и уколико су сви феномени који се јављају у систему узети у обзир, оствариће се очекивана брзина обртања. Проблем међутим настаје када се из било ког разлога очекивање не испуни. За разлику од ручног управљања где ће се када се установи да брзина не одговара очекиваној, извршити додатно дотеривање отвора вентила, при аутоматском управљању то неће бити могуће. Кључни проблем који се јавља у изложеном

приступу лежи у чињеници да регулатор ради на основу априорног, теоријски очекиваног учинка. За разлику од тог, човек такође прво мора да процени очекивану брзину али је затим у могућности да прати грешку док систем ради и да у зависности до ње изврши корективну акцију. У настојању да се превазиђе изложени проблем уочено је да је управљање инхерентно читавом низу природних процеса. При томе, оно се увек јавља као реакција на неки потицај. Тако се на пример, очи саме затварају када светлост постане толико јака да би могла оштетити вид или се крвни судови сами сужавају на ниској температури да би се смањеном циркулацијом очувала потребна температура тела и тако даље. Одлуке о томе доноси људски мозак, примењујући неки недовољно познат механизам. Јасно је да у основи овог механизма стоји низ кружно повезаних узрочно-последичних акција. Тако ће очи „извештавати“ мозак да је светлост прејака а он ће их затварати док се не успостави нека врста равнотеже у којој допустив интензитет светлости пада на рожњачу. На тај начин заправо се успоставља механизам негативне повратне спреге који обезбеђује саморегулацију система. Управљање у затвореној спреси је приказано на слици 3 [2].



Слика 3. Управљање у затвореној спреси

Кључну улогу у овом механизму игра информација о исходу која се узима у обзир при доношењу одлуке. Обзиром да је основна идеја пројектовања аутоматског управљања замена човекове активности машином, природно је и да се и при доношењу одлуке о управљању користи аналогија са ручним управљањем. Односно, то значи да систем аутоматског управљања мора бити конструисан тако да ради на основу стварног а не очекиваног исхода. Тако је настало аутоматско управљање са повратном спрегом у оквиру кога се информација о стварном исходу враћа у контролер и узима у обзир при одређивању наредне акције. Основни принцип који се при томе користи своди се на то да се увек предузима она акција која ће смањити разлику између жељеног и стварног исхода.

2.3. Програмабилни логички контролер – ПЛЦ

Програмабилни логички контролер (*енгл.* Programmable Logical Controler) је програмабилни (уређај који се може програмирати) логички (извршава логичке логаритме) контролер (рачунар). ПЛЦ је 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 типовима машина и процеса преко дигиталних и аналогних улазно-излазних модула. ПЛЦ је дигитални рачунар, његов програм се извршава циклично и састоји се од три фазе:

- Читање улазних променљивих,
- Извршавање програмског кода и
- Исписивање резултата логичких операција на излазе [3].

Програм се памти у интерној меморији и када уређај остане без напајања. Пројектован је за тешке услове рада, отпоран на вибрације, температурне промене, електричне сметње...

На самом почетку свог развоја, ПЛЦ је замишљен као специјализовани рачунарски уређај који се може програмирати тако да обави исту функцију као и низ логичких или секвенцијалних елемената који се налазе у неком релејном уређају или аутомату. Временом, обим и врста операција коју може да обави ПЛЦ, проширена је укључивањем сложенијих функција потребних за директно дигитално управљање неким системом. Међутим, независно од репертоара функција, од самог почетка пројектовања ПЛЦ-а, водило се рачуна о томе да он треба да ради у крајње неповољним климатско-техничким условима који владају у индустријском окружењу и да треба да буде довољно флексибилан у смислу прилагођавања различитим изменама на процесу. Отуда је ПЛЦ пројектован као изузетно поуздан модуларан уређај који се лако одржава и програмира. Поред тога, највећи број метода за програмирање ПЛЦ-а заснива се на графичкој методи – лествичасти логички дијаграм (*енгл.* ladder logical diagram) – који је већ дуго година у употреби у индустрији при пројектовању логичких и секвенцијалних релејних уређаја.

Процесорски модул садржи централну јединицу и меморију. У оквиру овог модула, смештају се и програм и подаци и одатле се управља радом целог система. Улазни модули садрже дигиталне и аналогне улазе преко којих се примају сигнали са сензора и друге мерне опреме. Управљачки и индикаторски сигнали који се израчунавају у ПЛЦ-у, преносе се на извршне органе преко излазних модула који садрже дигиталне и аналогне излазе. Специјални улазно-илазни модули обухватају опрему која обавља одређене функције као што су брзи бројач, „интелигентна“ мерна опрема, позициони серво систем, ПИД регулатор итд. Комуникациони модули обезбеђују спрегу са рачунарским уређајима у мрежи и/или операторским уређајима преко којих се ПЛЦ програмира и надзире његов рад [4].

ПЛЦ се разликује од рачунарског система опште намене по томе што нема спољну меморију (дискове) као и низ стандардне улазно-излазне опреме. Поред тога, његов оперативни систем је једноставнији и пружа компаративно мање могућности од рачунара опште намене. Уствари, ПЛЦ је копиран и пројектован за један релативно узан и јасно дефинисан обим послова везаних за надзор и управљање појединим уређајима што је резултовало у његовој изузетној ефикасности и једноставности. У извесном смислу, подручје примене ПЛЦ-а исто је као и за специјализоване микрорачунарске контролере или сигнал процесоре. Кључна разлика лежи у чињеници да коришћење ПЛЦ-а не захтева од корисника готово никакво предзнање о архитектури микрорачунарских система и програмирању. Другим речима, корисник ПЛЦ-а је у највећој мери ослобођен решавања различитих проблема везаних за чисто рачунарски апсект као што су промена или додавање улазно-излазних јединица, везивање у рачунарску мрежу, размена података и слично и може да се у пуној мери концентрише на пројектовање саме апликације. ПЛЦ се разликује од свих других рачунарских уређаја сличне намене по свом оперативном систему који је скројен тачно за одређену врсту примене. Наиме, претпоставља се да ће у свакој основној форми, ПЛЦ бити коришћен за реализацију извесних функција које периодично пресликавају сигнале са мерне опреме у сигнале који се преносе на актуаторе. Отуда се од ПЛЦ-а очекује да периодично читава, уноси сигнале са сензора, извршава одређен број аритметичко-логичких операција у складу са задатом функцијом чији резултати се преносе на извршне органе или неке друге индикаторске уређаје. Поред тога, са истом или неком другом учестаношћу, ПЛЦ треба да одржава комуникацију односно размену података са неким другим рачунарским системима у мрежи. Полазећи од овог захтева, оперативни систем ПЛЦ-а пројектован је тако да у току рада система аутоматски обезбеди циклично понављање наведених активности – скен циклус.

Скен циклус започиње са улазним скеном у оквиру кога ПЛЦ читава садржај улазних линија (регистара улазних модула). Читани подаци се преносе у одређено подручје меморије – слика улаза. Затим се активира програмски скен у оквиру кога процесор извршава програмске наредбе којима су дефинисане одговарајуће аритметичко-логичке функције. Подаци (операнди) који се користе у програмским наредбама узимају се из меморије и то из подручја означеног као слика улаза, уколико су операнди улазни подаци, или из подручја где се смештају интерне променљиве. Резултати обраде се смештају у посебно подручје меморије – слика излаза. При извршавању програмских наредби не узимају се подаци дискретно са улазних модула, нити се резултати износе директно на излазне модуле већ програм размењује податке искључиво са меморијом. По завршетку програмског скена, оперативни систем ПЛЦ-а активира излазни скен у оквиру кога се подаци из слике излаза преносе на излазне линије односно регистре излазних модула. Четврти део скен циклуса – комуникација, намењен је реализацији размене података са уређајима који су повезани са ПЛЦ-ом. Након тога, оперативни систем доводи ПЛЦ у фазу одржавања у оквиру које се ажурирају интерни часовници и регистри, обавља управљање меморијом као и низ других послова везаних за одржавање система о којима корисник и не мора да буде информисан. У зависности од типа процесора, улазни и излазни скен циклус извршавају се у времену реда милисекунди – од 0,25 милисекунди до 2,5 милисекунди [3].

У наставку биће више речи о самој конструкцији ПЛЦ-а.

Разликују се две основне конструкције ПЛЦ-ова:

- Компактни ПЛЦ и
- Модуларни ПЛЦ системи.

2.3.1. Компактни ПЛЦ системи

Овај вид конструкције представља економично решење и предвиђено је за управљање системима и процесима мале сложености. Сам контролер је независан, затворени уређај који има фиксни број улаза и излаза без могућности проширења. У једном кућишту, углавном мањих димензија, налазе се извор за напајање, процесорска јединица, меморија, улазни и излазни моули. На овај начин, изведени контролери углавном имају до шеснаест улаза и шеснаест излаза и меморију од неколико килобајта.

Пре 30-ак година Mitsubishi Electric се појавио на тржишту као лидер. Од тада је Mitsubishi у свету продао више од 18 милиона компактних ПЛЦ-ова што га сврстава на водеће место у сегменту компактних контролера. Својим малим димензијама и повољном ценом, компактни контролери отворили су нове могућности на подручју индустријске аутоматизације. Апликације где је аутоматизација била још до недавно економски неоправдана, са компактним ПЛЦ-овима постала је реалност. На слици 4 је приказан класичан компактни ПЛЦ Mitsubishi Electric серије контролера FX5 (iQ-F).



Слика 4. Mitsubishi Electric, серија контролера FX5 – iQ-F [5]

2.3.2. Модуларни ПЛЦ системи

Насупрот компактној конструкцији, модуларни ПЛЦ системи су системи који се састоје од више модула смештених унутар шасије која се назива рек. У реку се налазе слотови за смештање модула који се састоје од вођица за монтирање модула и конектора на задњој плочи река преко кога се модули прикључују на заједничку магистралу. Први слот је резервисан за модул извора напајања који мрежни напон претвара у једносмерни напон потребан за рад остатка система. Други слот се користи за процесорски модул који извршава кориснички програм и управља радом осталих модула. Остали слотови се користе за улазно-излазне модуле, меморијске модуле... На слици 5 је приказан модуларни ПЛЦ систем.

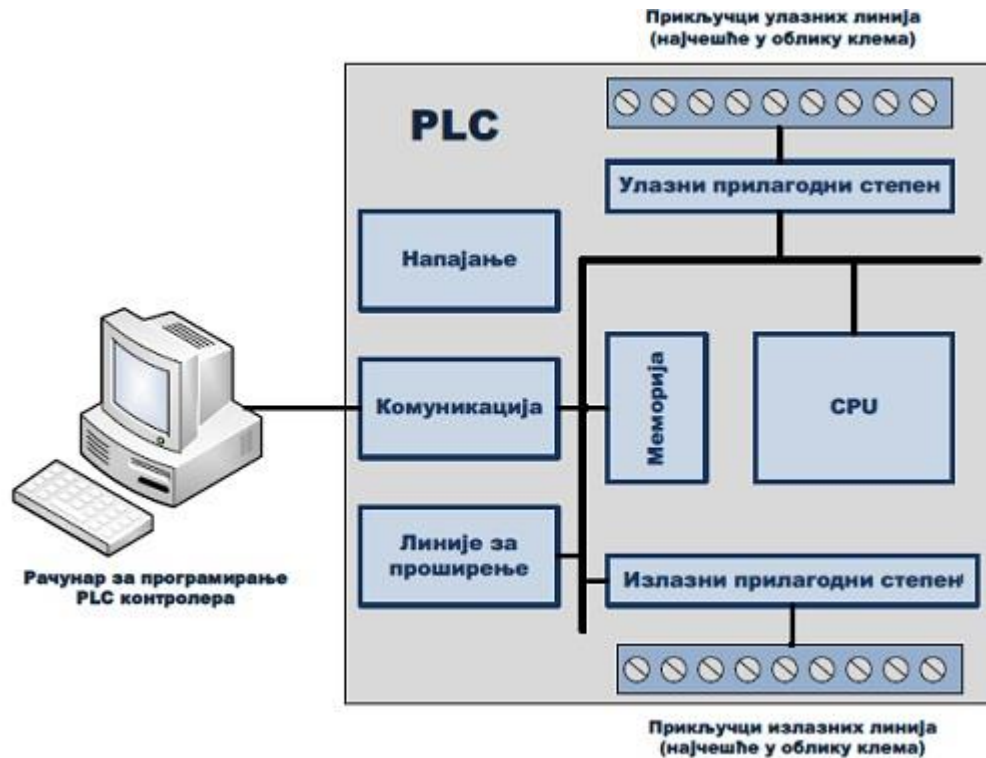


Слика 5. Модуларни ПЛЦ систем [6]

Овакав начин конструкције омогућава лако проширење система додавањем потребног модула у рек. Број слотова у једном ПЛЦ реку је углавном од четири до шеснаест. Ако је потребно, уз помоћ посебних модула за проширење, могуће је повезати два или више река и једним процесорским модулом управљати великим бројем додатних модула.

2.3.3. Саставни делови ПЛЦ-а

На слици 6 је приказана блок шема типичног ПЛЦ-а.



Слика 6. Блок шема ПЛЦ-а

У улазним и излазним блоковима налазе се заштите неопходне за изолацију ЦПУ блока од штетних утицаја које индустријско окружење може преко улазних линија унети у ПЛЦ. Програмерска јединица је обично рачунар који се користи за писање програма, најчешће у ледер дијаграму [7].

- Централна процесорска јединица – ЦПУ

ЦПУ (*енгл.* Central Processing Unit) је мозак ПЛЦ-а. Сам ЦПУ је најчешће неки од микроконтролера, раније су то били 8-битни микроконтролери попут 8051 који је приказан на слици 7, а данас су то 16-битни и 32-битни микроконтролери. ЦПУ се такође брине о комуникацији, међусобној повезаности осталих делова ПЛЦ-а, извршавању

програма, управљању меморијом, надгледањем улаза и управљањем излаза. ЦПУ врши велики број провера самог ПЛЦ-а како би се на време уочиле евентуалне грешке. Слика 7 представља један од бројних микроконтролера.



Слика 7. Микроконтролер Intel 8051

- **Меморија**

Системска меморија која је изведена најчешће у FLASH технологији користи се од стране контролера за оперативни систем. Поред оперативног система у њој се налази и кориснички програм преведен из ледер дијаграма у бинарни облик. Корисничка меморија је подељена на блокове који имају посебне функције. Неки делови меморије користе се за чување стања улаза и излаза (имају одговарајући бит у меморији), други делови меморије користе се за чување садржаја променљивих које се користе у корисничком програму (вредности тајмера или бројача).

- **Напајање**

Електрично напајање се користи за довођење електричне енергије до централне процесорске јединице. Већина ПЛЦ-а ради на 24 V једносмерне струје или 220 V наизменичне струје. Обично се не користи за покретање спољних улаза или излаза. Уређај намењен напајању ПЛЦ-ова једносмерним напоном приказан је на слици 8.



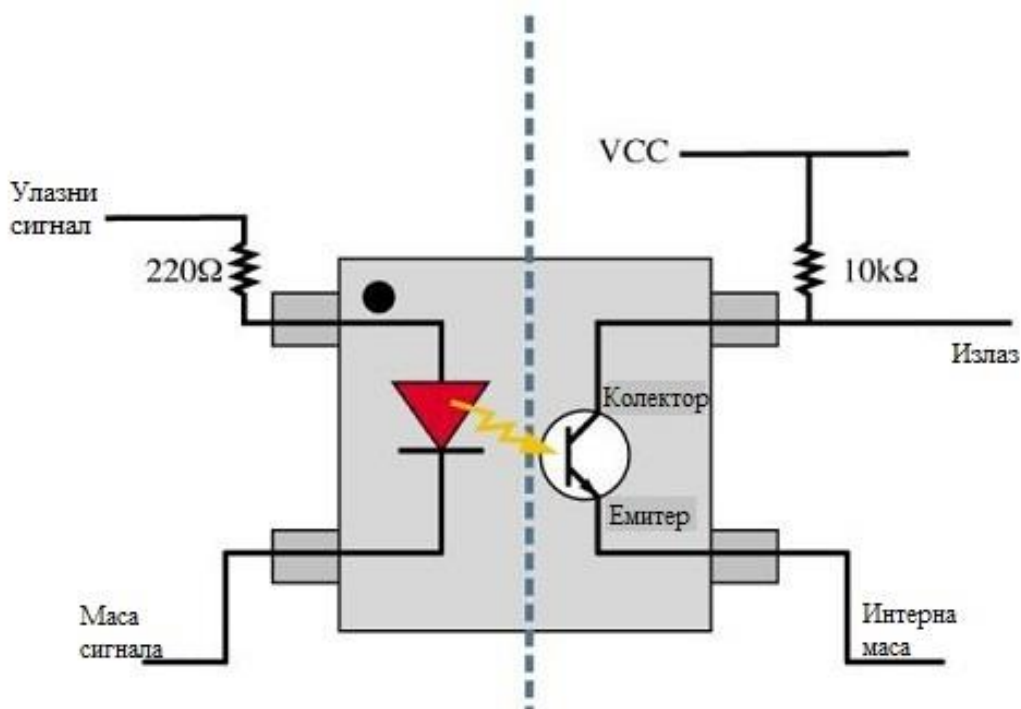
Слика 8. Уређај за напајање [8]

- **Улази у ПЛЦ**

Ефективност и самосталност неког аутоматизованог система у великој мери зависи од могућности самог ПЛЦ-а да чита и обрађује сигнале са различитих врста сензора и улазних уређаја. Комуникација између руковаоца и машине се остварује путем тастера, тастатуре, прекидача или екрана осетљивих на додир. Са друге стране, за детекцију радног комада, механизма у кретању, притиска, температуре или нивоа течности, потребни су специфични уређаји као што су сензори нивоа, брзине, температуре, фотоелектрични сензори... Због тога улазни сигнали могу бити логички, дигитални и аналогни. Мањи контролери углавном имају само дигиталне улазне линије док већи могу прихватити и аналогне улазе преко посебних јединица које се прикључују на ПЛЦ. Најчешће вредности аналогних сигнала су реда неколико милиампера за струјни сигнал и неколико милivolти за напонски, које генеришу разни сензори. ПЛЦ улази имају два основна задатка: да прихватају улазне сигнале у да штите логичку јединицу.

Између улазних линија и ЦПУ се налази прилагодни степен који се често назива интерфејс. Улога овог степена је да штити ЦПУ од несразмерних сигнала који се доводе на улаз у ПЛЦ. Улазни прилагодни степен претвара ниво логике тог сигнала на ниво логике сигнала који одговара ЦПУ. Ово се углавном обавља помоћу електронске

компоненте која се назива оптокаплер или оптоизолатор. Оптокаплер је уствари вид опто-изолације где нема електричне везе између спољашњег света и ЦПУ-а већ се сигнал преноси светлошћу, оптички. Спољни сигнал који је доведен на улаз, укључује диоду у оптокаплеру чија светлост побуђује опто-транзистор који се налази у истом кућишту. Када транзистор проведе, ЦПУ ће то регистровати као логичку нулу а по престанку деловања улазног сигнала, диода се гаси, транзистор не проводи, напон на колектору расте и ЦПУ то види као логичку јединицу. Шема степена за прилагођавање је приказана на слици 9 [7].



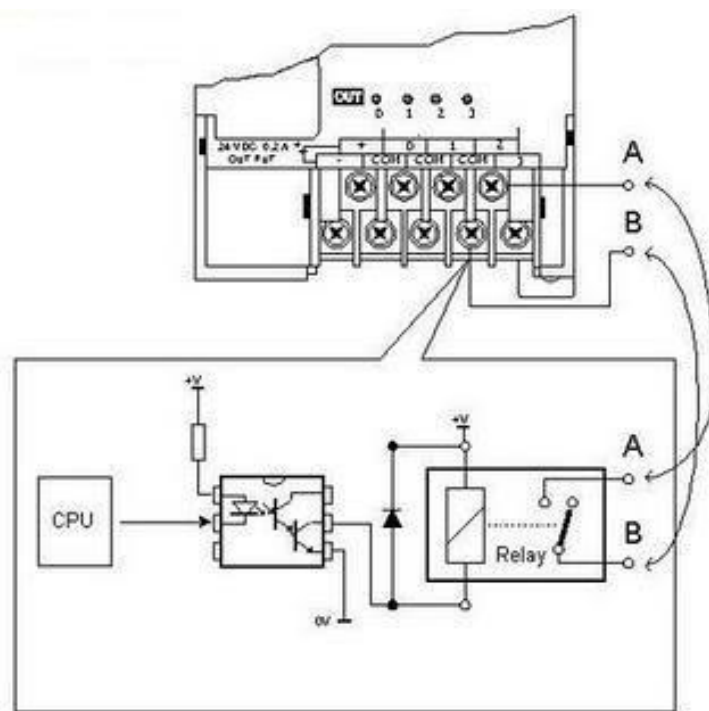
Слика 9. Степен за прилагођавање улазних сигнала [7]

Многи улазни уређаји су механичке компоненте које имају контакте. При отварању или затварању контакта, електрични спој се не раскида, односно не успоставља тренутно већ се јавља прелазни режим у току кога се спој више пута успостави и прекине пре него што достигне коначно стање. Ова појава се зове треперење контакта и може имати врло озбиљне последице уколико се не елиминише, обзиром да логичка јединица сваки трептај може да протумачи као нову активацију улазног сигнала. Ово се решава колом за елиминацију треперења улазног сигнала које се уграђује у прилагодни степен.

- **Излази из ПЛЦ-а**

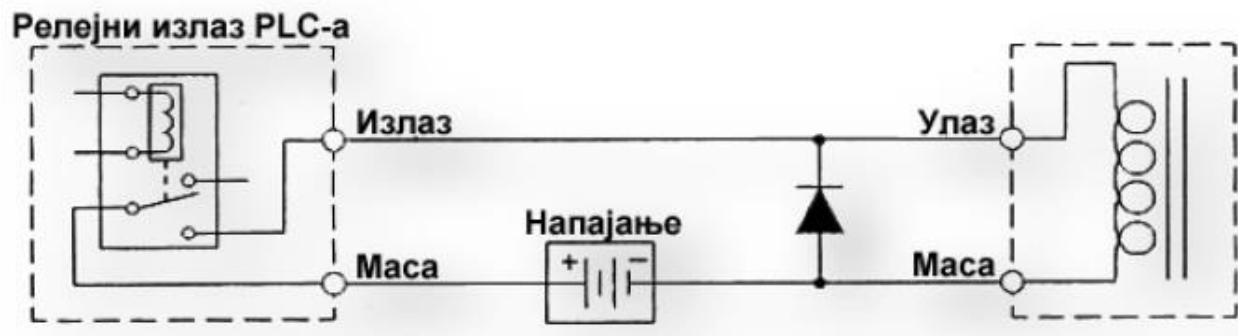
Излази из ПЛЦ-а служе за повезивање контролера са излазним уређајима којима се управља. То су најчешће мотори, соленоиди, релеји, звучна и светлосна сигнализација и слично. Могу бити аналогног или дигиталног типа.

Излазни интерфејс је сличан улазном и приказан је на слици 10. У овом случају, ЦПУ шаље сигнал на диоду која својом светлошћу побуђује фото-транзистор који почиње да проводи, чиме напон између његовог колектора и емитера пада на 0,7 што уређај прикључен на излаз види као логичку нулу. Када нема сигнала на диоди, транзистор је закочен и на излазу постоји логичка јединица. Фото-транзистор није директно везан за излаз ПЛЦ-а већ се између њега и излаза налази релеј или јачи транзистор способан да врши прекиде јачих сигнала [7].



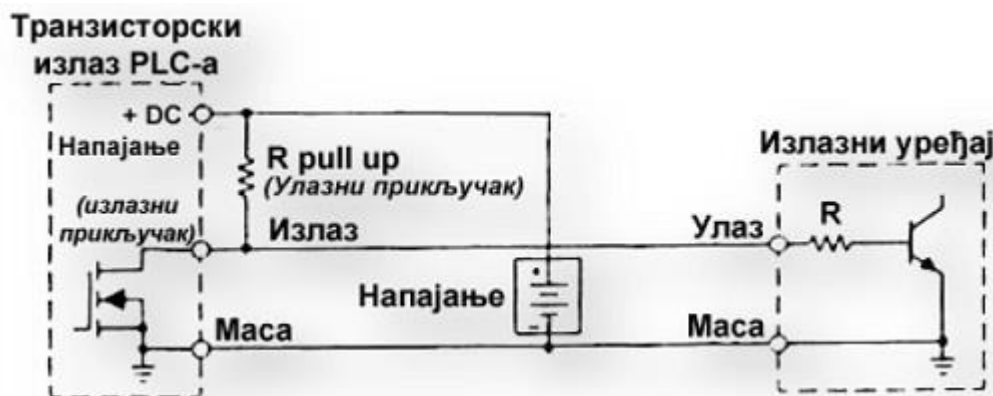
Слика 10. Степен за прилагођавање излазних сигнала [7]

У случајевима када се на релејни излаз повезује индуктивно оптерећење, потребно је да се излаз заштити диодом како би се продужио радни век контакта релеја. Приликом укључивања и искључивања излаза долази до појаве напонских пикова на крајевима индуктивног оптерећења који могу изазвати варничења контакта излазног релеја. Уградњом диоде, ови пикови се елиминишу. Описани процес је приказан на слици 11.



Слика 11. Спрега индуктивног оптерећења на релејни излаз ПЛЦ-а [7]

Још један карактеристичан случај повезивања је када се на транзисторски излаз ПЛЦ-а повезује уређај чији је улаз транзистор ПНП или НПН типа. Транзисторски излаз је отворени дрејн што значи да у случају побуде уређаја НПН типа мора бити постављен екстерни pull-up отпорник како би се обезбедила струја побуде када је излазни транзистор закочен. Веома је битно да се правилно димензионише овај отпорник јер ако је претерано велике отпорности, биће недовољна струја побуде а у случају да је премала отпорност, биће велика дисипација на отпорнику када је излазни транзистор проводан. Описани процес је илустрован на слици 12.



Слика 12. Спрега транзисторског излаза ПЛЦ-а и излазног уређаја НПН типа [7]

Битан параметар излаза ПЛЦ-а је максимална излазна струја која се углавном наводи као максимална излазна струја целокупног контролера и максимална струја по једном излазу при чему је обично максимална струја мања од збира максималних струја појединачних излаза.

- **Линије за проширење**

Сваки контролер има ограничен број улазно-излазних линија. Уколико је потребно, тај број се преко одређених додатних модула може повећати проширењем система преко линија за проширење.

2.4. Сензори

Сензор (давач, осетило, детектор) је уређај који мери физичке величине и конвертује их у сигнал читљив посматрачу и/или инструменту. На пример, живин термометар конвертује измерену температуру у ширење живине течности која се може прочитати на цеви са подеоцима. Сензори имају широку примену у свакодневном животу: код екрана осетљивих на додир, код врата и елеватора у јавним објектима, код осветљења и аларма и многих других уређаја: аутомобила, авиона, медицинских уређаја, робота, индустријских машина и других. Индикатор сензора показује промене излазних величина у односу на мерене величине. Сензори који мере прецизне величине захтевају већу осетљивост. Технолошки напредак омогућио је израду сензора са детаљима микрометарских димензија. Они користе МЕМС технологију и називају се микросензори [9].

Подела сензора према природи мерене величине је дата у наставку:

- Сензори близине,
- Сензори помераја,
- Сензори брзине и убрзања,
- Сензори силе,
- Сензори момента,
- Сензори притиска,
- Сензори нивоа,
- Сензори протока и
- Сензори температуре.

У наставку ће бити разматрани само сензори температуре јер се они тичу овог пројектног задатка.

Температура је физичка величина која представља степен загрејаности неког тела. Према Другом закону термодинамике, при узајамном деловању два тела са различитим температурама, прелази топлота са тела са вишом температуром на тело са нижом температуром. Прелажење топлоте врши се кондукцијом, конвекцијом и радијацијом. У пракси се користе Фаренхајтова, Реомирова, Термодинамичка (Келвинова) и Целзијусова температурна скала. Веза између температуре изражене у Келвинима и температуре изражене у степенима Целзијуса је дата релацијом [10]:

$$T = 273,15 + t \text{ [K]}$$

Одавде је:

$$t = T - 273,15 \text{ [}^{\circ}\text{C]}$$

Где је:

t – температура изражена у степенима Целзијуса $^{\circ}\text{C}$

T – температура изражена у Келвинима K

Сензори температуре претварају топлотну енергију у неки други облик енергије којом се може исказати степен загрејаности неког тела. Постоји много мерних претварача температуре помоћу којих се може остварити мерење температуре и њено претварање у електрични сигнал било помоћу контаката, било променом отпорности или стварањем електромоторне силе.

2.5. Актуатори

Актуатор (извршни орган) је елемент који на основу регулационог сигнала $u(t)$ кога генерише регулатор даје управљачку величину $u(t)$ која директно делује на објекат регулације тако да сигнал грешке своди на нулу. Актуатори су уређаји који генеришу акцију (нпр. поремећај) на рачун енергије која им се доведе на улаз. Они претварају електричну енергију или енергију флуида у механичке излазе као што су померај, сила,

момент, чиме остварују повратни утицај на објект регулације. Активирање извршног органа се остварује стандардним струјним сигналимa (4-24 mA), стандардним напонским сигналимa (0-10 V, 24 V) или стандардним хидрауличним и пнеуматским сигналимa. Извршни органи се у аутоматизованим производним процесима користе за покретање: покретних линија, ротационих столова, манипулатора, робота, комплексних система који су састављени од низа аутоматизованих машина. Извршни орган се налази на слици 13 и састоји се од [11]:

- Погонског уређаја (ПУ) који излазну величину регулатора претвара у механичку снагу за покретање извршног уређаја (нпр. електромотори, пнеуматски и хидраулички мотори, соленоиди, сервомотори). Нпр. погонски уређај је неки електромотор који покреће неки вентил као извршни уређај. Приликом избора извршних органа посебну пажњу треба обратити на карактеристике погонских уређаја који могу да праве велика кашњења и друга неповољна дејства;
- Извршног (механичког) уређаја (ИУ) који директно делује на ток масе или енергије у објекту регулације (нпр. вентили, клапне, засуни, заклопке, затварачи).



Слика 13. Блок дијаграм актуатора

С обзиром на то која се врста енергије користи за погон погонских уређаја извршни органи се деле на:

- Електричне – користе електричну енергију (мотори једносмерне струје, мотори наизменичне струје, универзални мотори, корачни мотори, линеарни мотори, електромагнети, пиезоелектрични, магнетостриктивни, електрохемијски, термални, меморијскометални, транзисторска и тиристорска појачала),
- Механичке – користе механичку енергију,
- Хидрауличне – користе енергију уља под притиском (цилиндри, мотори, вентили...),
- Пнеуматске – користе енергију компримованог ваздуха (цилиндри, мотори, вентили...) и

- Њихове комбинације.

Подела по начину кретања је на:

- Ротационе и
- Линеарне актуаторе.

3. Реализација пројектног задатка

Пројекат је реализован помоћу два софтверска алата:

- FWDesigner – коришћен за приказ СКАДА система и
- WinProLadder – коришћен за дефинисање логике система кроз ледер дијаграме.

Прво ће бити описан целокупан систем како је реализован у млекари „Meggle“ у Крагујевцу.

3.1. Опис процеса праћења температуре у млекари „Meggle“

Процес аквизиције (именован је тако у млекари) представља процес дијаграмског односно временског праћења. Магацин готових производа у млекари „Meggle“ има 2 хладњаче: велику (4-6 степени Целзијуса) и једну малу шок комору која је око 2 степена Целзијуса, где се топе производи после ферментације, али се после брзо хладе. Ферментација је микробиолошки процес трансформације угљених хидрата у алкоhole, киселине, алдехиде, кетоне и гасове. Како би се ферментација одвила, неопходни су микроорганизми, као што су бактерије или квасац, ради претварања угљених хидрата у органске киселине или у алкохол под анаеробним условима. Кориснику је омогућено да аквизицију прати помоћу графика где у сваком тренутку може учитати историју разних промена. Овај систем ради 24 часа, 365 дана и никад се не зна шта се десило у сред ноћи, кад је неки био неки застој, кад се температура променила и зато је битно да постоји софтвер који ће бележити вредности температура у еквидистантним временским тренуцима.

Постоје 2 регулатора температуре. Они су активни регулатори који укључују или искључују систем и воде процес. Процес хлађења млека није само хлађење. Кад се

постигне жељена температура, прекида се хлађење у одређеним задатим временским периодима пошто се на испаривачима на унутрашњим јединицама, као и код клима уређаја, ствара лед. Унутрашње јединице имају и спољашње јединице које се налазе на крововима. У одређеном периоду, после 2-3 сата рада, на пола сата се искључује систем да би се укључили грејачи који отапају лед који се ту скупља. Сонде које мере температурне промене постављају се скроз изнад, изнад самог ПЛЦ система. У млекари се користе сонде типа РТ100 које су приказане на слици 14.



Слика 14. Температурна сонда, тип РТ100

Ове сонде мере температуру чак до 300 степени Целзијуса и имају кабл од чак 2 метра. Оне се намерно постављају на већим висинама и пожељно је да буду у неком углу како не би давале лажне податке. Последње где температура стиже у магацину је управо на висини. Мерна сонда сваке коморе се налази у тој комори и одатле се лако прати рад система.

У млекари, у једној собици, где се и налази сам ПЛЦ Фатек, постоји још један паралелни систем – систем који врши мерење и протоколисање и физички нема никакве везе са ПЛЦ-ом. Он је уведен из потребе сигурности, да све функционише како треба. На рачунару у млекари се бележе температуре. ПЛЦ је предвиђен за 4 мерна места али у млекари се користе само 2 – хладњача и шок соба. У СКАДА-и постоји сервисни мод. Ту се налазе подешавања за офсет и појачање калибрације. Након уноса вредности за офсет и појачање калибрације, сонде се затим калибришу и могуће је поставити параметре за аларм. Уређај је повезан са једним системом СКАДА и приказује се дијаграм температуре. Лимити температуре се приказују на графику као хоризонталне линије и лако је увидети када температура пређе задати праг. Сваког дана, график се чува у датотеци која добија име по датуму када је креирана. Софтвер ради у реалном времену и веома је битно да се може

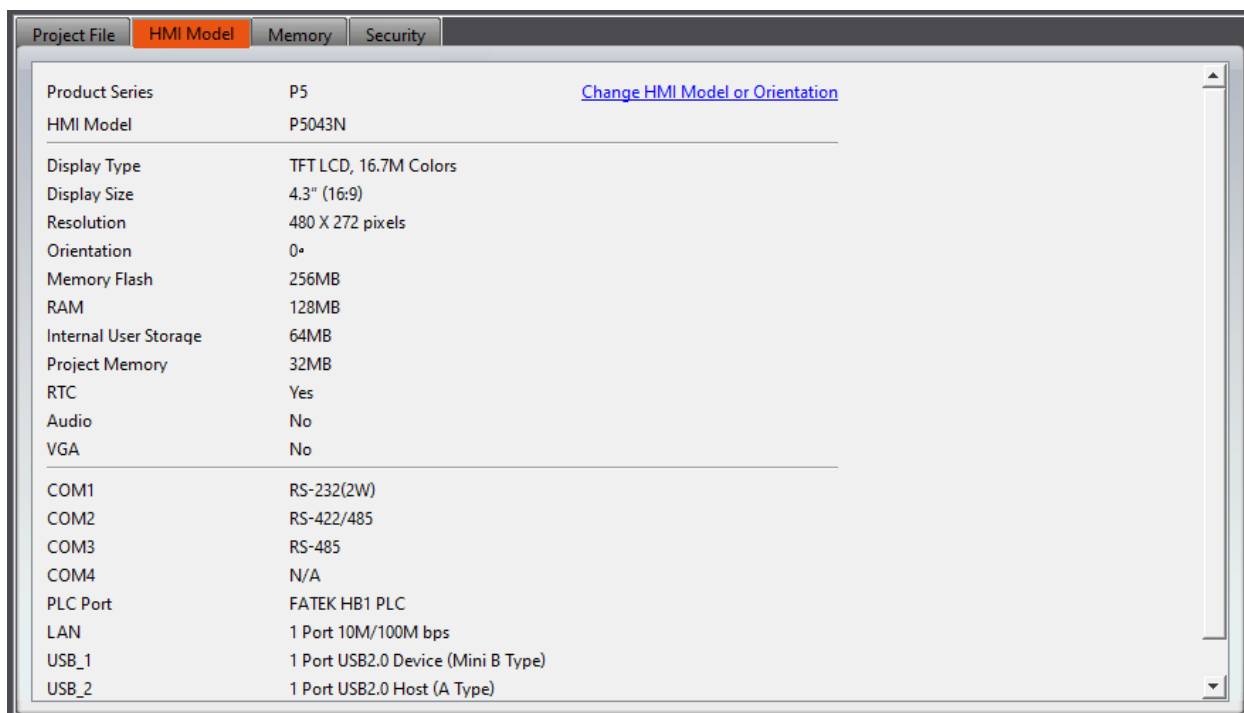
имати преглед температуре из неких претходних периода. Преглед је важан јер уколико се дође до неке рекламације производа са тржишта да се нешто у року трајања покварило и неко је донео то у продавницу, управо на основу онога што пише лако се може видети која је то серија производње била, датум, минут, сат и онда се лако може видети на основу датума да ли је тог дана у магацину било проблема. Сваке поноћи, софтвер отвара нову датотеку и врши 24-очасовно исписивање вредности температуре. На дијаграму нпр. се могу видети тренуци када је вршено отапање, то су скокови температуре. По У-оси је температура а по Х-оси време. На зумираном детаљу, таласање које се може уочити је период када је компресор укључен па искључен и онда он заправо прави осцилације. У каснијем одељку 4. Приказ резултата, на слици 54 се може видети график аквизиције температуре са детаљима.

3.2. Реализација процеса праћења температуре на ПЛЦ-у

Прво ће се приказати СКАДА систем како би се лакше схватила целокупна прича.

СКАДА представља систем за мерење, праћење и контролу индустријских система. Сваки процес у индустрији који има смисла аутоматизовати је одличан кандидат за примену СКАДА система и мрежа. Ови системи постоје у разним облицима од 60-тих година, а од 90-тих година 20. века доживљавају велику експанзију са појавом све бржих и ефикаснијих рачунарских и микроконтролерских уређаја. Могу се употребити од једноставног праћења температуре, влажности ваздуха, притиска, до веома комплексног праћења и контроле производних процеса фабрике или саобраћаја на железници. Генерално, СКАДА систем је обичан систем процесне аутоматизације који се користи да прикупља информације помоћу сензора и инструментације који су лоцирани на удаљеним локацијама како би се ти подаци пренели и приказали на централној локацији која служи за управљање или за сврхе мониторинга. Прикупљени подаци се обично могу видети на једном или више СКАДА хост рачунара који су лоцирани на централној или мастер локацији. СКАДА је данас постала саставни део готово сваке индустријске апликације. Она се реализује у оквиру рачунарске мреже и по правилу надзире рад једног броја локалних станица у мрежи које обављају аквизицију података, реализују директно дигитално, као и секвенцијално управљање. СКАДА систем који ради у реалном свету може да врши мониторинг и управљање стотина хиљада улазно-излазних тачака.

Конфигурација СКАДА система у FvDesigner-у приказана је на слици 15.



Слика 15. Конфигурација СКАДА система

Са слике 15 се може прочитати да је коришћен СКАДА систем модела P5043N, величине 4,3 инча, резолуције 480x272 пиксела. Могуће је увидети и величине меморија, портове и остале карактеристике.

СКАДА систем креиран за посматрани процес се састоји од 6 различитих панела који ће у наставку бити описани.

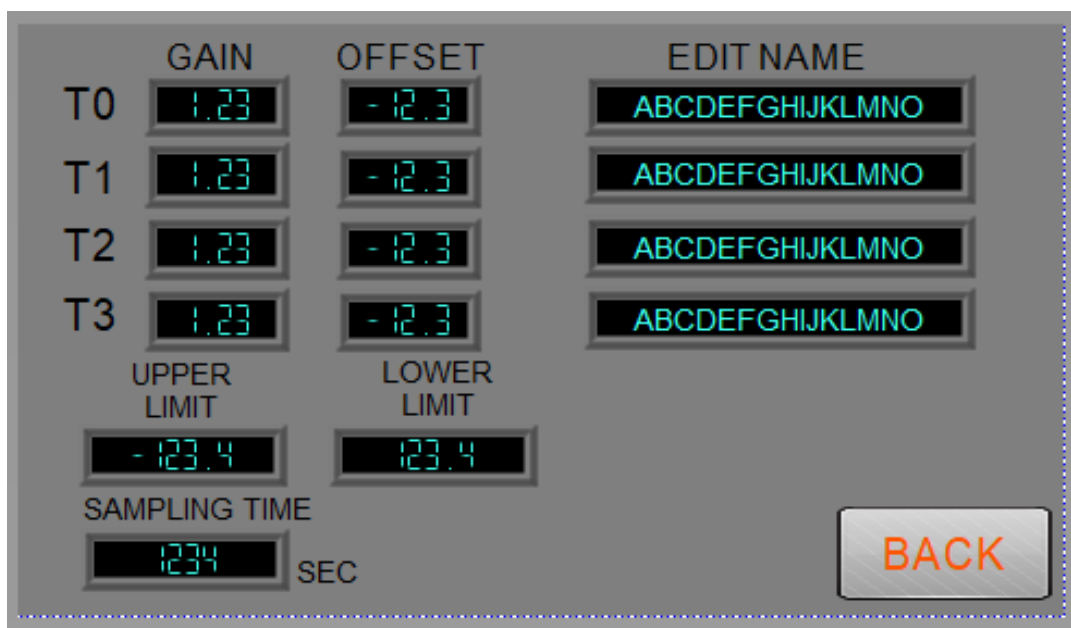
На слици 16 је приказан почетни панел. Приказане су 4 различите температуре: T0, T1, T2 и T3. Поред њихових назива постављене су лампице које представљају аларме који ће се активирати уколико дође до неких промена. У млекари „Meggle“ користе се T0 и T1 јер постоје 2 коморе у којима се прати температура, о томе је било више речи о одељку изнад. Остала два поља, T2 и T3, постављена су уколико би сутра дошло до неких промена и додавања нових места за праћење регулације температуре. Вредности температуре долазе са сонди које су сензори и тако се врши аутоматско уписивање температуре на панел. Поред температуре, могуће је и унети назив просторије у којој се температура посматра. То је поље испод вредности температуре, означено на слици као ABCDEFGHIJKLMNOP.

На посматраном екрану постоји и дугме **SERVIS MODE**. Кликом на ово дугме, отвара се панел приказан на слици 17.



Слика 16. Почетни панел

Следећи панел представља подешавање нагиба (*енгл.* OFFSET), појачања (*енгл.* GAIN), назива (*енгл.* EDIT NAME), горње границе (*енгл.* UPPER LIMIT), доње границе (*енгл.* LOWER LIMIT), време узорковања (*енгл.* SAMPLING TIME) и приказан је на слици 17. У овом су само наведени, а касније кроз реализацију самог ледер дијаграма биће појашњен сваки од ових појмова, шта је и чему служи. Дугме **BACK** враћа на почетни панел. Корисник кликом на неки од наведених појмова бира заправо унос тих вредности у зависности од типа података који је дефинисан.



Слика 17. Подешавање параметара

Пошто су тастатуре исте, биће објашњене скраћенице које су на њима (слике 18-21):

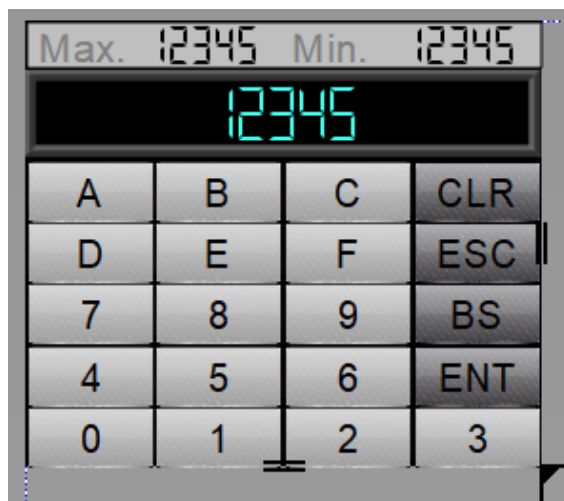
- Clr (*енгл.* clear) – брисање, „чишћење“ поља за унос код тастатуре,
- Esc (*енгл.* escape) – излазак из тастатуре,
- Ent, Enter (*енгл.* enter) – прихватање вредности,
- Bs (*енгл.* backspace) – враћање за корак уназад,
- Del (*енгл.* delete) – брисање једног карактера и
- Cap (*енгл.* caps lock)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

На слици 18 је приказана могућа тастатура са улазним подацима који су целобројне вредности.



Слика 18. Тастатура са целобројним вредностима

На слици 19 је приказана могућа тастатура са улазним подацима који су хексадецималне вредности.



Слика 19. Тастатура са хексадецималним вредностима

На слици 20 је приказана могућа тастатура са улазним подацима који су децималне вредности.



Слика 20. Тастатура са децималним вредностима

На слици 21 је приказана могућа тастатура са улазним подацима који су ASCII вредности.



Слика 21. Тастатура са ASCII вредностима

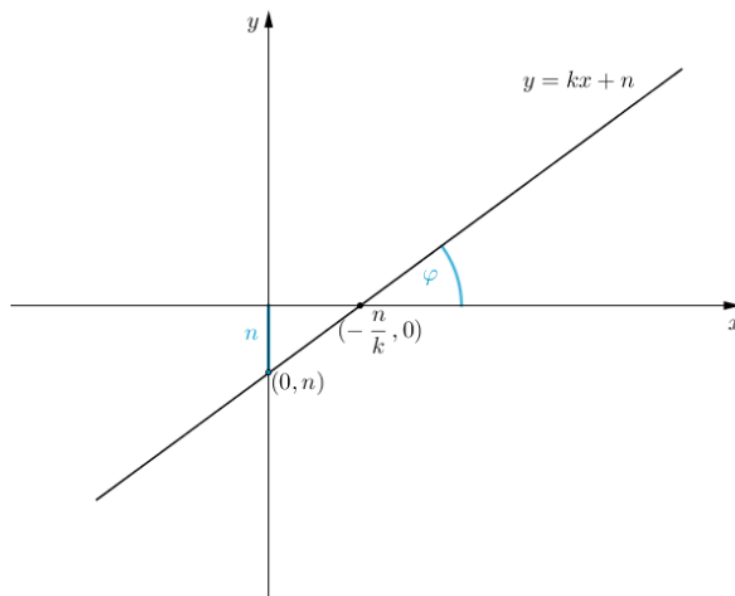
СКАДА систем се програмира на реалном хардверу, односно ПЛЦ-у. Сами ледер дијаграми биће описани у наставку и они су реализовани у WinProLadder-у.

Температура са сонди је сирово прочитана, она има своју грешку у толеранцији сонде и из тог разлога та температура не одговара стварној температури. Сонде су аналогне, па се захтева њихово калибрисање. Калибрисање се врши преко једначине праве кроз две тачке слика 22). Општи облик једначине гласи:

$$Ax + By + C = 0$$

где А и В нису истовремено једнаки нули. Ако је $C = 0$, права пролази кроз координатни почетак. Експлицитни облик ове једначине гласи:

$$y = kx + n$$



Слика 22. Једначина праве кроз две тачке

Права $y = kx + n$ пресеца Оу осу у тачки $(0, n)$ а осу Ох у тачки $(-\frac{n}{k}, 0)$, $k \neq 0$ и образује са позитивним смером Ох осе угао α . Број $k = \tan \alpha$ назива се коефицијент правца те праве, а n представља одсечак на Оу оси.

Једначина праве је у наставку дата као:

$$Dn = AnRn + B$$

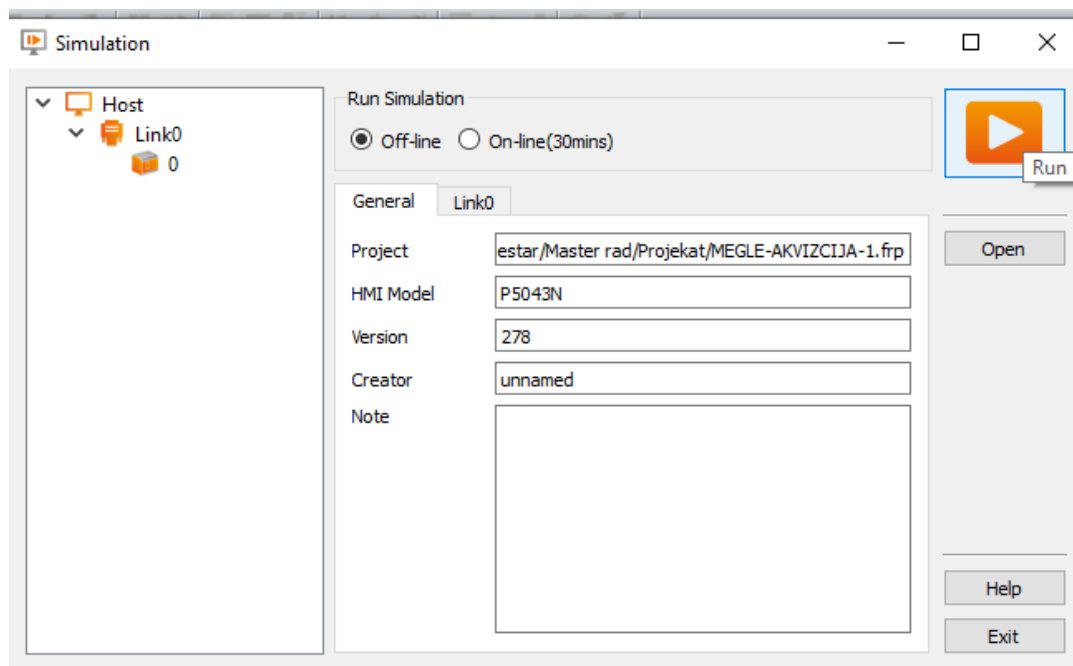
R_n је АД вредност температуре учитана са сонди (R представља вредности температуре које се налазе у регистрима, а n представља број сонде која се користи), D_n је скалирана температура, A је појачање, а B је офсет.

У FvDesigner-у могуће је покренути симулацију као што је приказано на слици 23 или притиском на тастер F5 на тастатури.



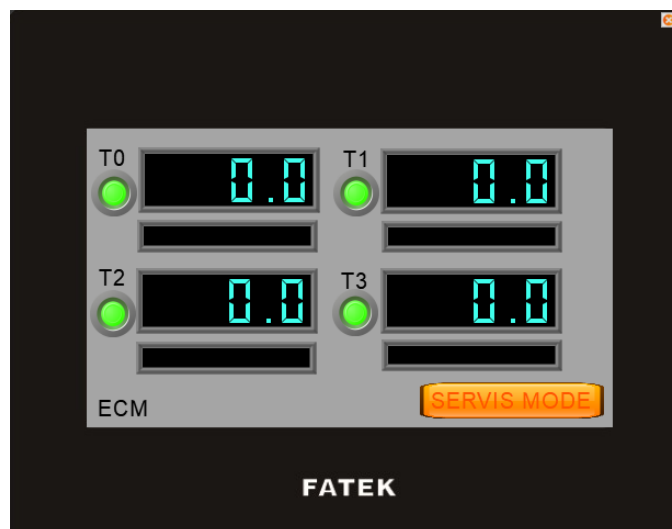
Слика 23. Процес покретања симулације у FvDesigner –у

Након захтева за покретање симулације, отвара се прозор где је неопходно извршити подешавања, наћи путању до пројекта као што је приказано на слици 24. Потребно је покренути симулацију, притиском на наранџасти троугао Run.



Слика 24. Подешавања симулације

Симулација је сада покренута. Слика 25 приказује почетни прозор. Овај приказ је објашњен изнад. Притиском на **SERVIS MODE** отвара се прозор у коме је могуће дефинисати називе просторија у којима ће се пратити температура, извршити подешавања за појачања и офсет калибрације сонди.



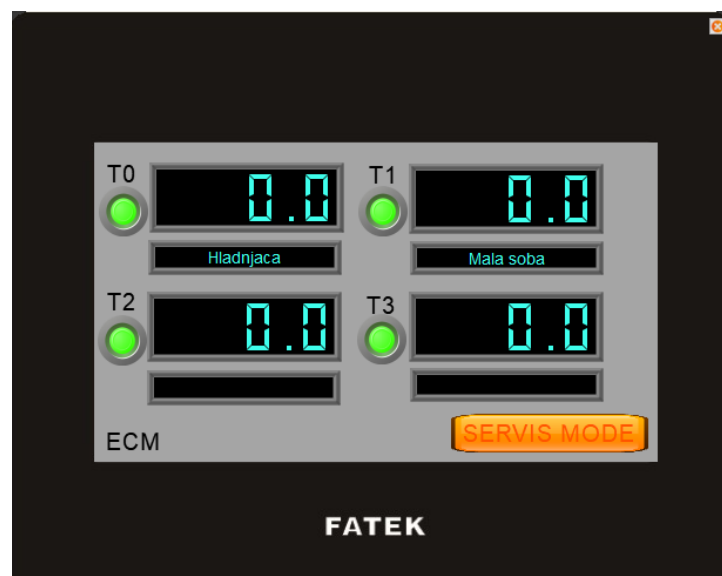
Слика 25. Почетни приказ симулације

На слици 26 је приказан панел након што је корисник унео називе и вредности какве је желео.



Слика 26. Унос назива и вредности параметара

Слика 27 приказује резултат симулације за параметре са слике 26. Све што је корисник унео, приказано је. Температуре у симулацији су 0 јер не постоји вредност температуре која се учитава са сонди. Када би био покренут програм у реалном систему, на екрану би биле приказане стварне температуре.



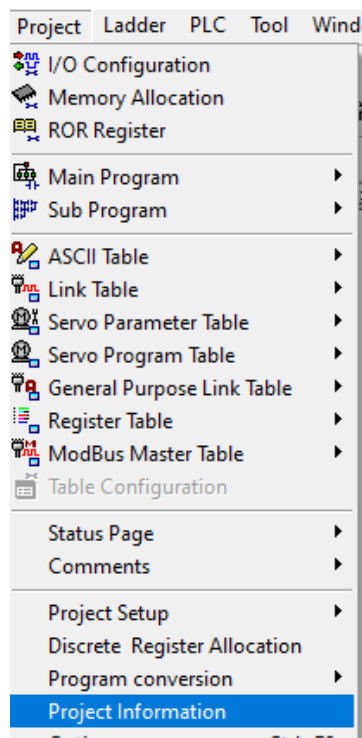
Слика 27. Приказ рада симулације

Целокупна логика система у ледер дијаграмима је одрађена са целим бројевима. Покретни зарез би компликовао ствари па су све вредности повећане за 100 и на крају скалиране са 100 пута мање да би се добила ситнија резолуција, односно проценти.

Ледер дијаграм се састоји од два програма:

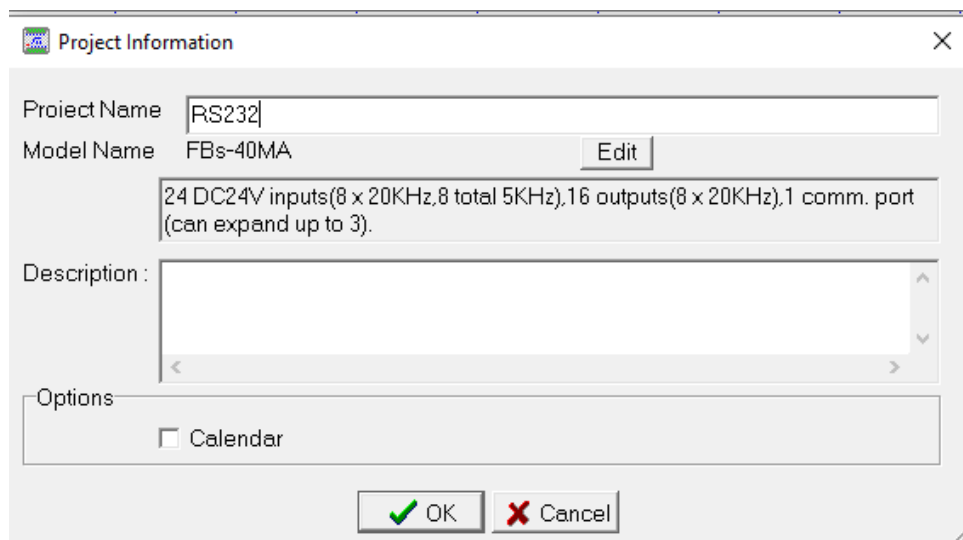
- Main_unit1 – састоји се од 34 мреже у којима је дефинисана логика управљања овог пројектног задатка и
- COM – представља серијску комуникацију RS 485/422 између рачунара и ПЛЦ програма.

Како доћи до конфигурације ПЛЦ-а приказано је на слици 28. На картици Project одабрати Project Information.



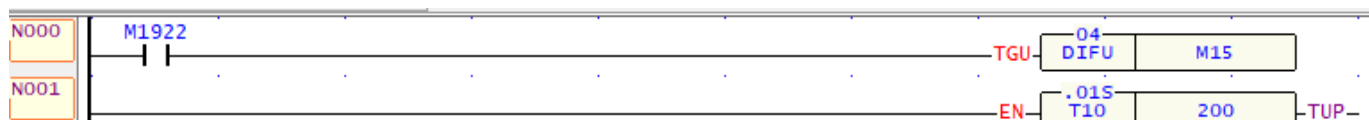
Слика 28. Конфигурација ПЛЦ-а

Слика 29 приказује назив пројекта, модел ПЛЦ-а... Кликом на Edit могуће је променити подешавања за модел ПЛЦ-а.



Слика 29. Конфигурација ПЛЦ-а

Пре било какве конфигурације мреже за сонду, потребно је дефинисати системски сигнал такта на ком ће ПЛЦ радити као што је приказано на слици 30.



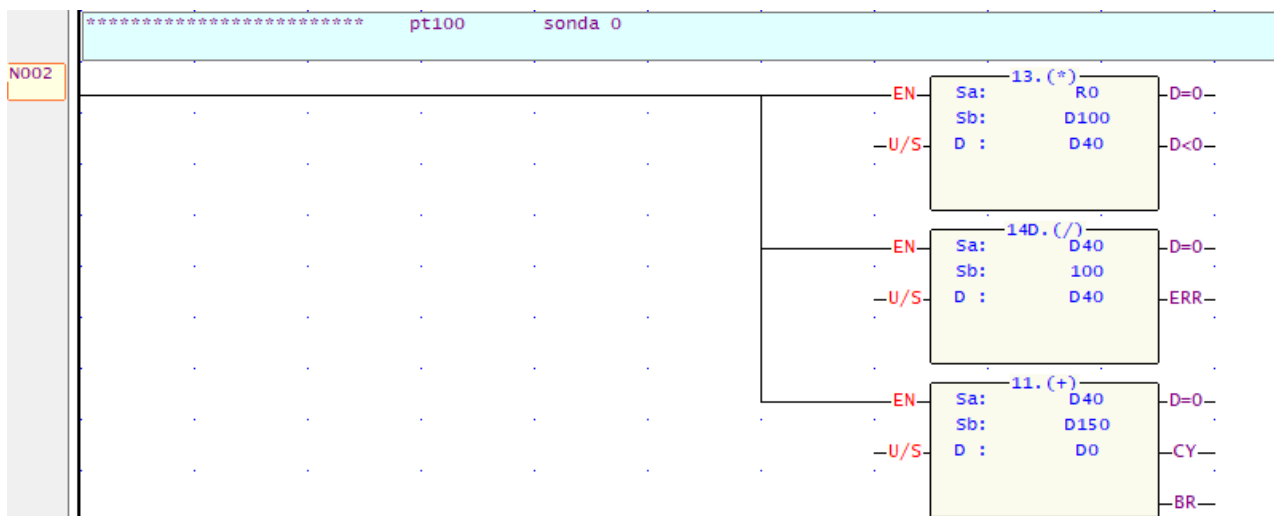
Слика 30. Конфигурација системског такта

M1922 представља системски импулс, односно сигнал такта трајања једне секунде. Системски импулс је заправо улазни импулсни сигнал. Овде је дефинисано да се сваке секунде направи ивица на меморијској локацији 15. Када овај импулс са 0 пређе на 1, стање програма постаје активно, па је активан само један машински пролаз, односно само једно извршење програма. Након тога регистар 15 је нула. Уводи се тајмер који се безусловно укључује када крене циклус и након што се одброје две секунде, активира се сигнал на излазу.

Коришћени регистри:

- D100 је гејн - појачање,
- D150 је офсет,
- D0 је стварна температура, скалирана и
- R0 је измерена температура са сонде.

На слици 31 је приказана конфигурација прве сонде у систему.



Слика 31. Конфигурација прве сонде

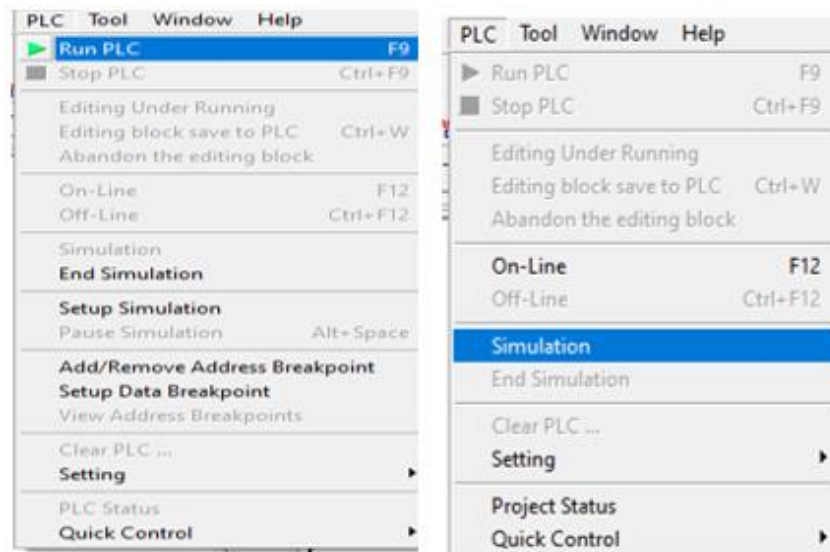
Постоје укупно четири сонде, свака сонда има посебан ледер само са различитим варијаблама, па ће у оквиру овог рада бити приказана само прва сонда. Остале имају идентичну логику.

Са слике 23 се уочава да се прва варијабла, први гејн, налази на локацији D100. У D100 се са панела уписује појачање, у D150 се уписује податак о офсету. R0 је прва температура. Када се покрене аквизиција, вредност температуре које сонде мере, смешта се податак о вредности температуре у R0. Множи се стање прве сонде са D100, што представља појачање за R0 и резултат се ставља на локацију D40. D40 се множи са 100 и враћа се резултат у D40. ХМИ дозвољава да се постави покретни зарез где год се жели па ће у регистру нпр. бити уписано хексадецимално 100, а зарез ће да буде само приказан на екрану. Корисника то не интересује, он не види мерни систем који је коришћен. Значи, вредност очитана са сонде се множи са D100 и сабира се D40 са D150 и поставља у регистар D0. Значи, у D0 се налази скалирана вредност, у R0 је измерена вредност.

Могуће је покренути симулацију и видети описану логику.

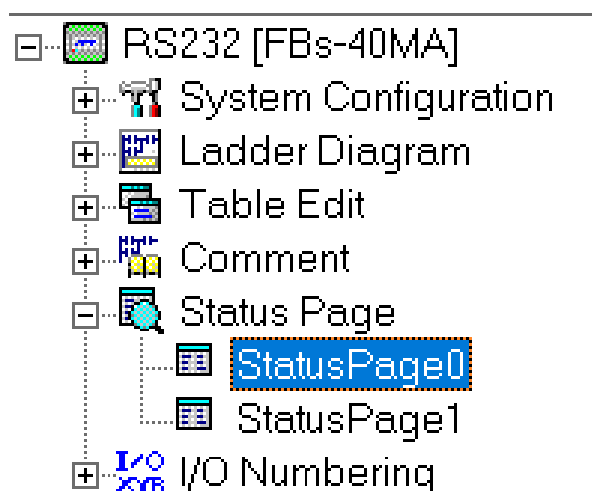
Симулација се покреће по следећим корацима:

- Картица PLC > Simulation > Run PLC (слика 32),



Слика 32. Симулација у WinProLadder-у

- Са леве стране у оквиру пројекта, отворити Status Page > StatusPage0 (слика 33) и



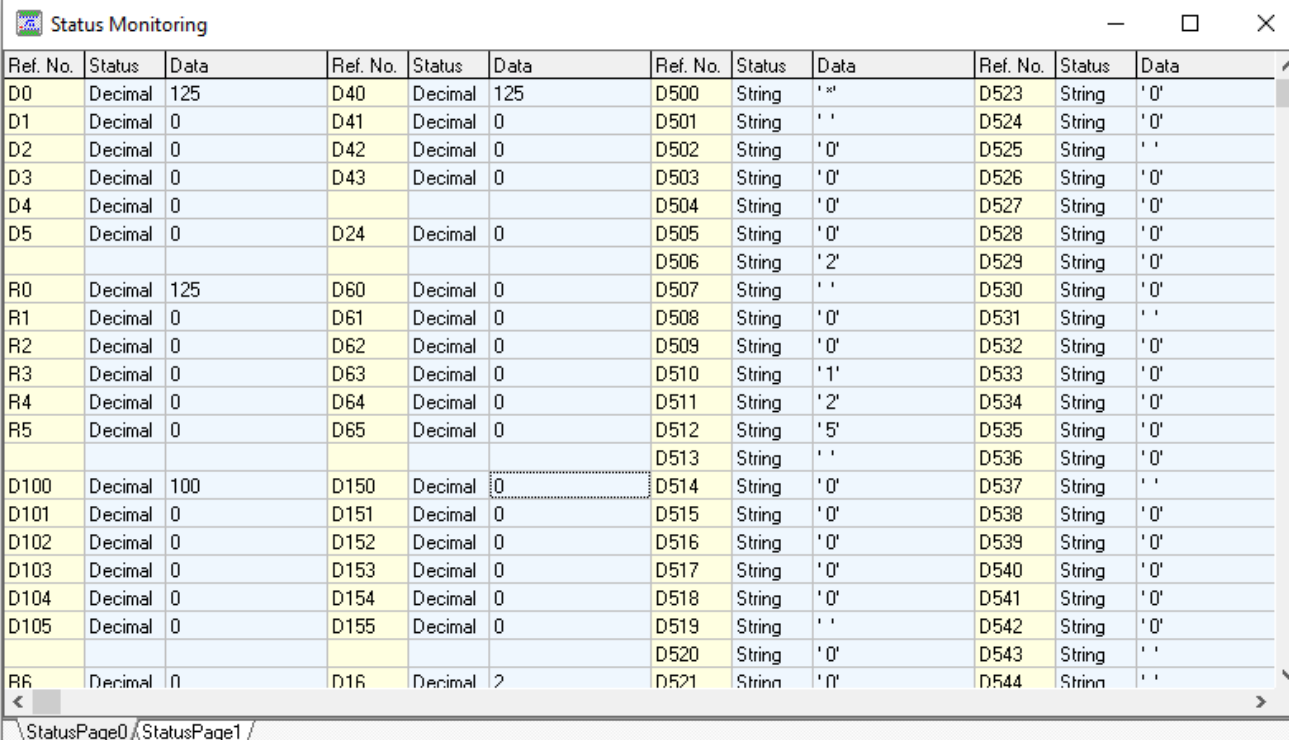
Слика 33. Отварање мониторинга за симулацију

- Отвара се табела Status Monitoring у којој је могуће подешавати вредности за доступне регистре (слика 34).

Укључује се симулација по корацима задатим изнад.

У регистар D100 (гејн, појачање) поставља се вредност 100, у регистар R0 (измерена температура са сонде) поставља се вредност 125 и стварна температура која се налази у регистру D40 је 125.

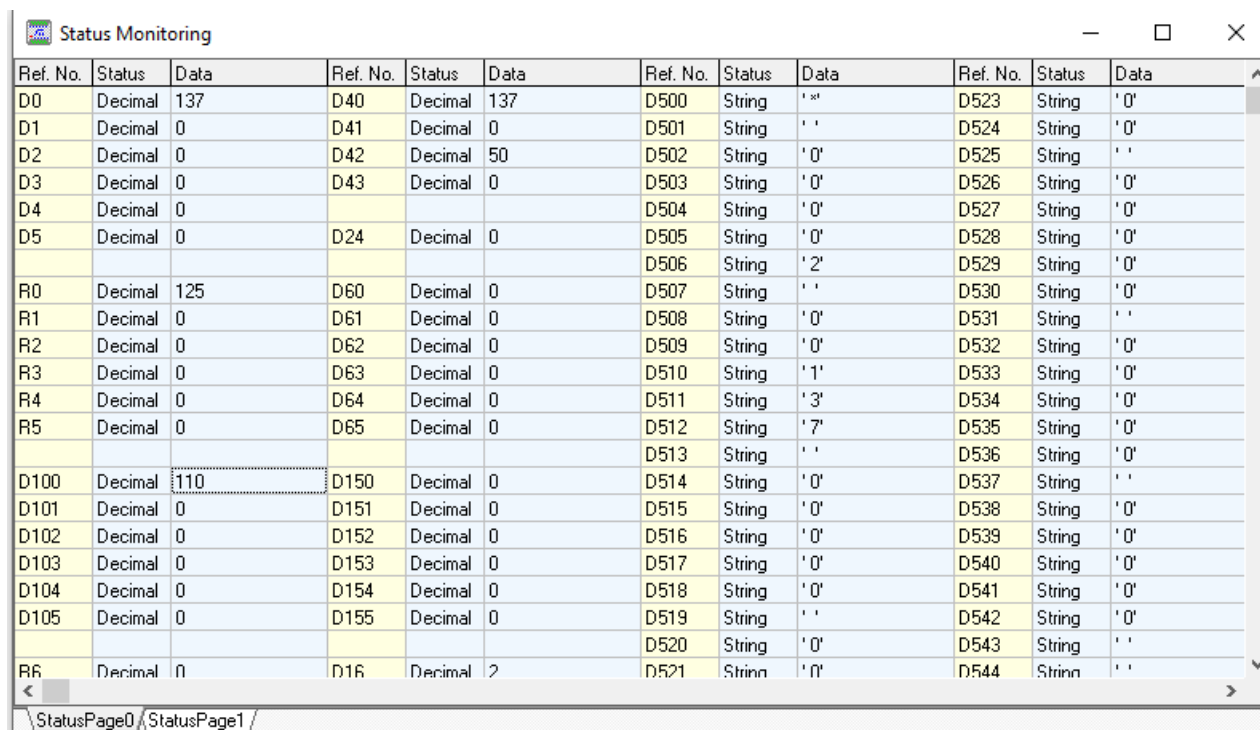
На слици 34 је приказан рад симулације.



Ref. No.	Status	Data	Ref. No.	Status	Data	Ref. No.	Status	Data	Ref. No.	Status	Data
D0	Decimal	125	D40	Decimal	125	D500	String	'0'	D523	String	'0'
D1	Decimal	0	D41	Decimal	0	D501	String	'0'	D524	String	'0'
D2	Decimal	0	D42	Decimal	0	D502	String	'0'	D525	String	'0'
D3	Decimal	0	D43	Decimal	0	D503	String	'0'	D526	String	'0'
D4	Decimal	0				D504	String	'0'	D527	String	'0'
D5	Decimal	0	D24	Decimal	0	D505	String	'0'	D528	String	'0'
						D506	String	'2'	D529	String	'0'
R0	Decimal	125	D60	Decimal	0	D507	String	'0'	D530	String	'0'
R1	Decimal	0	D61	Decimal	0	D508	String	'0'	D531	String	'0'
R2	Decimal	0	D62	Decimal	0	D509	String	'0'	D532	String	'0'
R3	Decimal	0	D63	Decimal	0	D510	String	'1'	D533	String	'0'
R4	Decimal	0	D64	Decimal	0	D511	String	'2'	D534	String	'0'
R5	Decimal	0	D65	Decimal	0	D512	String	'5'	D535	String	'0'
						D513	String	'0'	D536	String	'0'
D100	Decimal	100	D150	Decimal	0	D514	String	'0'	D537	String	'0'
D101	Decimal	0	D151	Decimal	0	D515	String	'0'	D538	String	'0'
D102	Decimal	0	D152	Decimal	0	D516	String	'0'	D539	String	'0'
D103	Decimal	0	D153	Decimal	0	D517	String	'0'	D540	String	'0'
D104	Decimal	0	D154	Decimal	0	D518	String	'0'	D541	String	'0'
D105	Decimal	0	D155	Decimal	0	D519	String	'0'	D542	String	'0'
						D520	String	'0'	D543	String	'0'
R6	Decimal	0	D16	Decimal	0	D521	String	'0'	D544	String	'0'

Слика 34. Приказ симулације

Уколико се постави да је вредност појачања 110, значи да је вредност регистра увећана за 10%, односно по коефицијентима 1,1. Рад симулације је приказан на слици 35.



Ref. No.	Status	Data	Ref. No.	Status	Data	Ref. No.	Status	Data	Ref. No.	Status	Data
D0	Decimal	137	D40	Decimal	137	D500	String	'*'	D523	String	'0'
D1	Decimal	0	D41	Decimal	0	D501	String	' '	D524	String	'0'
D2	Decimal	0	D42	Decimal	50	D502	String	'0'	D525	String	' '
D3	Decimal	0	D43	Decimal	0	D503	String	'0'	D526	String	'0'
D4	Decimal	0				D504	String	'0'	D527	String	'0'
D5	Decimal	0	D24	Decimal	0	D505	String	'0'	D528	String	'0'
						D506	String	'2'	D529	String	'0'
R0	Decimal	125	D60	Decimal	0	D507	String	' '	D530	String	'0'
R1	Decimal	0	D61	Decimal	0	D508	String	'0'	D531	String	' '
R2	Decimal	0	D62	Decimal	0	D509	String	'0'	D532	String	'0'
R3	Decimal	0	D63	Decimal	0	D510	String	'1'	D533	String	'0'
R4	Decimal	0	D64	Decimal	0	D511	String	'3'	D534	String	'0'
R5	Decimal	0	D65	Decimal	0	D512	String	'7'	D535	String	'0'
						D513	String	' '	D536	String	'0'
D100	Decimal	110	D150	Decimal	0	D514	String	'0'	D537	String	' '
D101	Decimal	0	D151	Decimal	0	D515	String	'0'	D538	String	'0'
D102	Decimal	0	D152	Decimal	0	D516	String	'0'	D539	String	'0'
D103	Decimal	0	D153	Decimal	0	D517	String	'0'	D540	String	'0'
D104	Decimal	0	D154	Decimal	0	D518	String	'0'	D541	String	'0'
D105	Decimal	0	D155	Decimal	0	D519	String	' '	D542	String	'0'
						D520	String	'0'	D543	String	' '
R6	Decimal	0	D16	Decimal	2	D521	String	'0'	D544	String	' '

Слика 35. Приказ симулације када је вредност појачања 125

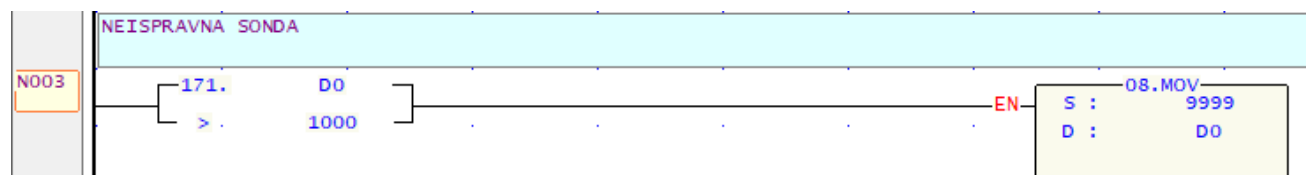
Математички, $125 * 1,1 = 137,5$. Симулација враћа као скалирану вредност 137, јер не ради са покретним зарезом.

На ову добијену вредност додаће се и офсет сада. Вредност се уписује у регистар D150. Нпр. поставиће се да је вредност офсета 3. Резултат се може видети на слици 36 и износи 140 јер је $137 + 3 = 140$. То је резултат скалирања вредности са сензора и показује да симулација ради.

Status Monitoring											
Ref. No.	Status	Data	Ref. No.	Status	Data	Ref. No.	Status	Data	Ref. No.	Status	Data
D0	Decimal	140	D40	Decimal	137	D500	String	' '	D523	String	'0'
D1	Decimal	0	D41	Decimal	0	D501	String	' '	D524	String	'0'
D2	Decimal	0	D42	Decimal	50	D502	String	'0'	D525	String	' '
D3	Decimal	0	D43	Decimal	0	D503	String	'0'	D526	String	'0'
D4	Decimal	0				D504	String	'0'	D527	String	'0'
D5	Decimal	0	D24	Decimal	0	D505	String	'0'	D528	String	'0'
						D506	String	'2'	D529	String	'0'
R0	Decimal	125	D60	Decimal	0	D507	String	' '	D530	String	'0'
R1	Decimal	0	D61	Decimal	0	D508	String	'0'	D531	String	' '
R2	Decimal	0	D62	Decimal	0	D509	String	'0'	D532	String	'0'
R3	Decimal	0	D63	Decimal	0	D510	String	'1'	D533	String	'0'
R4	Decimal	0	D64	Decimal	0	D511	String	'4'	D534	String	'0'
R5	Decimal	0	D65	Decimal	0	D512	String	'0'	D535	String	'0'
						D513	String	' '	D536	String	'0'
D100	Decimal	110	D150	Decimal	3	D514	String	'0'	D537	String	' '
D101	Decimal	0	D151	Decimal	0	D515	String	'0'	D538	String	'0'
D102	Decimal	0	D152	Decimal	0	D516	String	'0'	D539	String	'0'
D103	Decimal	0	D153	Decimal	0	D517	String	'0'	D540	String	'0'
D104	Decimal	0	D154	Decimal	0	D518	String	'0'	D541	String	'0'
D105	Decimal	0	D155	Decimal	0	D519	String	' '	D542	String	'0'
						D520	String	'0'	D543	String	' '
R6	Decimal	0	D16	Decimal	2	D521	String	'0'	D544	String	' '

Слика 36. Приказ симулације са додатом вредношћу офсета

Мора се узети у обзир и неисправна сонда. Уколико је температура већа од 1000, односно 100 °C, а то је теоретски немогуће постићи, онда ће се у D0 уписати 9999 као симбол да је дошло до грешке. То је за корисника неисправан услов. Конфигурација неисправне сонде је дата на слици 37.



Слика 37. Конфигурација неисправне сонде

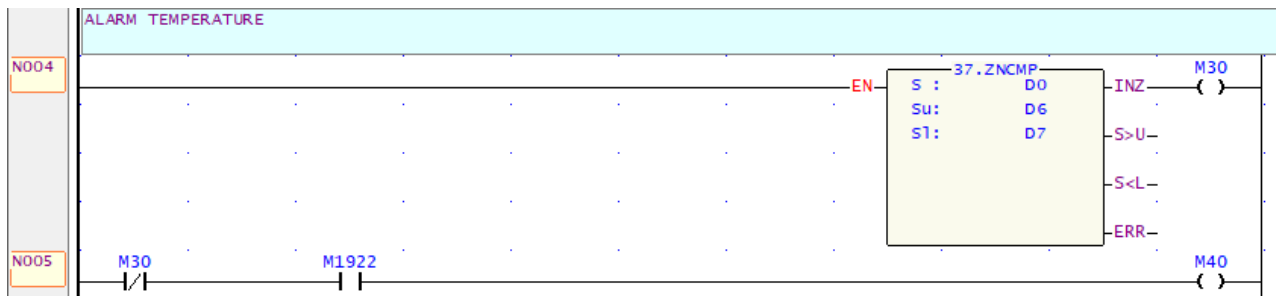
Симулација неисправне сонде је приказана на слици 38. Где се види да је скалирана температура сада 9999 што означава грешку.

Ref. No.	Status	Data	Ref. No.	Status	Data	Ref. No.	Status	Data	Ref. No.	Status	Data
D0	Decimal	9999	D40	Decimal	1251	D500	String	'x'	D523	String	'0'
D1	Decimal	0	D41	Decimal	0	D501	String	' '	D524	String	'0'
D2	Decimal	0	D42	Decimal	25	D502	String	'0'	D525	String	' '
D3	Decimal	0	D43	Decimal	0	D503	String	'0'	D526	String	'0'
D4	Decimal	0				D504	String	'0'	D527	String	'0'
D5	Decimal	0	D24	Decimal	0	D505	String	'0'	D528	String	'0'
						D506	String	'2'	D529	String	'0'
R0	Decimal	125	D60	Decimal	0	D507	String	' '	D530	String	'0'
R1	Decimal	0	D61	Decimal	0	D508	String	'0'	D531	String	' '
R2	Decimal	0	D62	Decimal	0	D509	String	'9'	D532	String	'0'
R3	Decimal	0	D63	Decimal	0	D510	String	'9'	D533	String	'0'
R4	Decimal	0	D64	Decimal	0	D511	String	'9'	D534	String	'0'
R5	Decimal	0	D65	Decimal	0	D512	String	'9'	D535	String	'0'
						D513	String	' '	D536	String	'0'
D100	Decimal	1001	D150	Decimal	3	D514	String	'0'	D537	String	' '
D101	Decimal	0	D151	Decimal	0	D515	String	'0'	D538	String	'0'
D102	Decimal	0	D152	Decimal	0	D516	String	'0'	D539	String	'0'
D103	Decimal	0	D153	Decimal	0	D517	String	'0'	D540	String	'0'
D104	Decimal	0	D154	Decimal	0	D518	String	'0'	D541	String	'0'
D105	Decimal	0	D155	Decimal	0	D519	String	' '	D542	String	'0'
						D520	String	'0'	D543	String	' '
R6	Decimal	0	D16	Decimal	2	D521	String	'0'	D544	String	' '

Слика 38. Симулација неисправне сонде

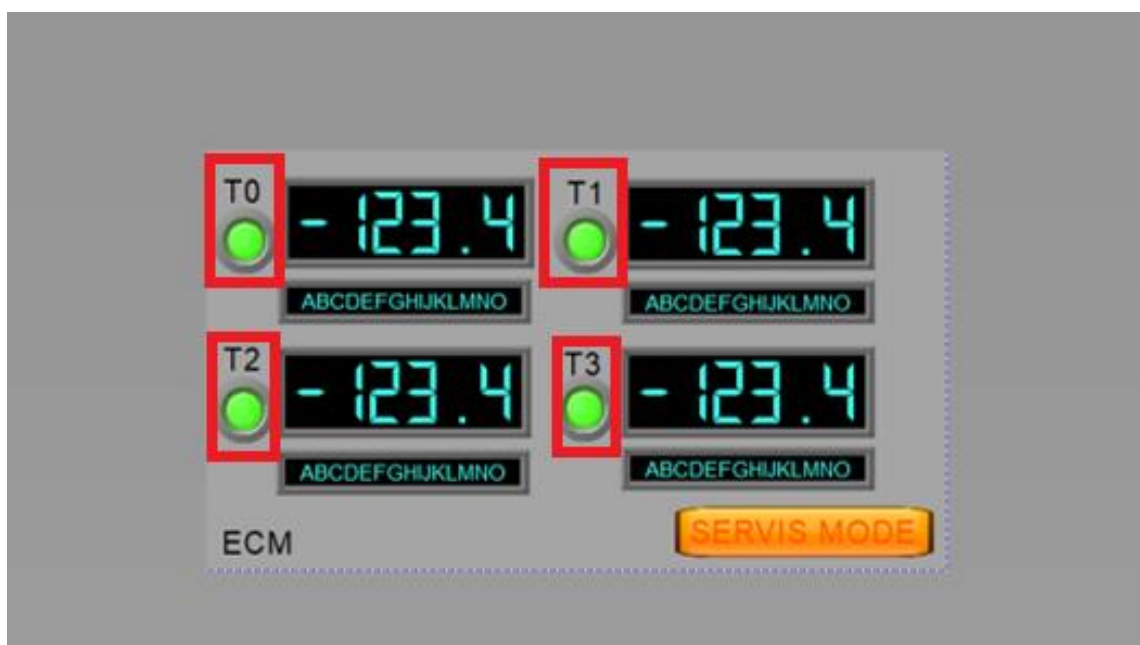
На слици 38 је приказана конфигурација аларма температуре. Целокупни систем не би имао смисла без аларма температуре, јер је неопходно сигнализирати када нешто није у реду, поготово у овако осетљивој индустрији која се бави људском исхраном. Аларм представља сијалицу која је приказана већ на СКАДА систему.

D6 и D7 су променљиве које се уносе на СКАДА систем, као горњи и доњи лимит – горње и доње границе вредности температуре. На слици 39 се може видети зонска компарација. Ако је D6 веће а D7 мање у односу на скалирану вредност температуре која је у регистру D0, аларм температуре ће се активирати. Вредност аларма се складишти у меморијску локацију M30. У следећој лествици, може се видети да када је M30 активно и када истекне једна секунда коју броји тајмер M1922, трепереће лампица на панелу која представља јединицу на меморијској локацији M40.



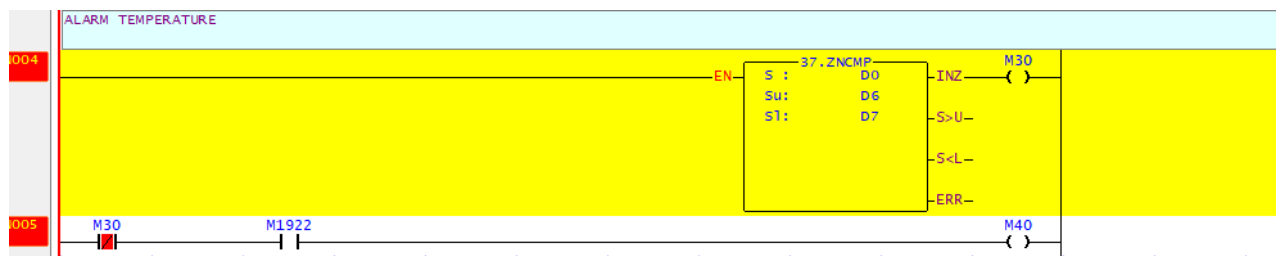
Слика 39. Конфигурација аларма температуре

Слика 40 приказује како на СКАДА систему изгледа аларм сваке сонде. Аларми су приказани уоквиреним црвеним правоугаоником. Када се аларм активира, одговарајућа лампица ће треперити.



Слика 40. Аларм температуре уоквирен црвеном бојом за сваку сонду

Симулација аларма температуре је приказана на слици 41. Симулација аларма температуре се не може видети јер у WinProLadder-у не постоји ништа што би могло имитирати треперење лампице. Када нека мрежа у WinProLadder-у пожути овако значи да је немогуће симулирати је, може радити само на реалном хардверу.

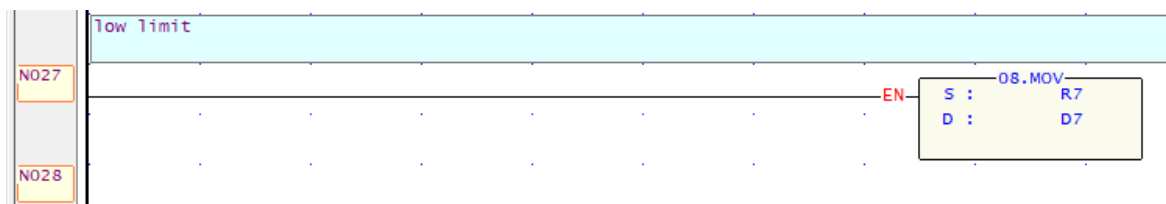


Слика 41. Симулација рада аларма температуре

На сликама 42 и 43 приказане су конфигурације горње и доње границе температуре, респективно, система за регулацију температуре у процесима прехранбене индустрије чија је сврха описана изнад.

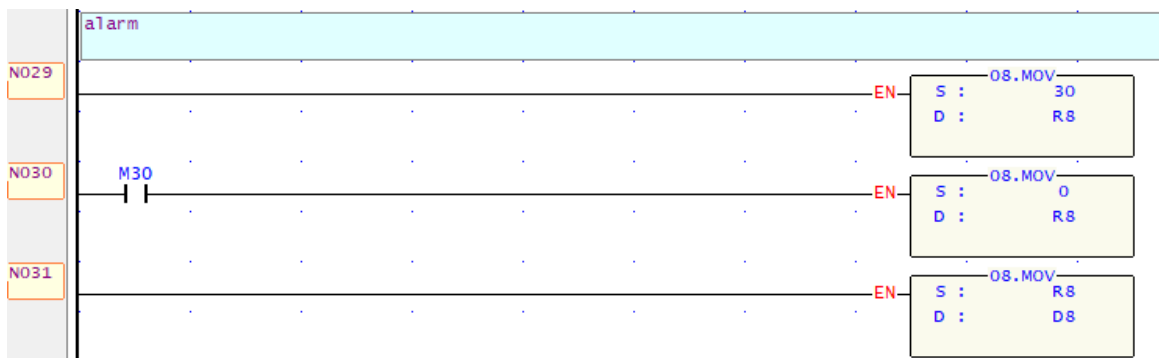


Слика 42. Конфигурација горње границе температуре



Слика 43. Конфигурација доње границе температуре

На слици 44 је приказано како се меморијска локација M30, односно меморијска локација бита који одговара стању лампице која је уоквирена црвеном бојом на слици 40, смешта у регистар R8 помоћу оператора MOV. M30 је флег аларма и има бинарну вредност. Ако је аларм активан, складиће се вредност 1 а уколико је неактиван, складиће се вредност 0.



Слика 44. Складиштење променљиве M30

Да би ПЛЦ комуницирао са рачунаром, односно слао податке, неопходно је успоставити серијску комуникацију. На слици 45 приказана је једноставна шема повезивања серијском комуникацијом. Комуникација ће бити описана у наставку кроз потпрограм који постоји у WinProLadder-y.



Слика 45. Серијска комуникација RS 485, RS 422

Комуникација типа RS422 је намењена за комуникацију између две тачке, односно између једног предајника и једног пријемника, али је могуће постојање и више од једног пријемника. За комуникацију у оба смера морају се користити две упредене парице, по једна за сваки смер. Упредене парице састоје се од две изоловане бакарне жице упредене равномерним кораком упредања. Жице се понашају као једна комуникациона веза. Упредањем се минимизира електромагнетна интерференција између парова жица. Упредене парице се користе и за аналогни и за дигитални пренос. За разлику од RS422, комуникација типа RS485 користи једну парицу за двосмерну полудуплексну комуникацију. Пошто овде једну парицу користи више предајника, дефинише се Мастер (главни) предајник који иницира комуникацију прозивањем појединих пријемника помоћу различитих адреса, након чега прозвани уређај преузима комуникацију и шаље потребне информације назад до главног уређаја. Како увек постоји могућност да се у неком тренутку више предајника прикључи на линију, дефинише се појам колизије на линији, као и методе за утврђивање и отклањање ове појаве.

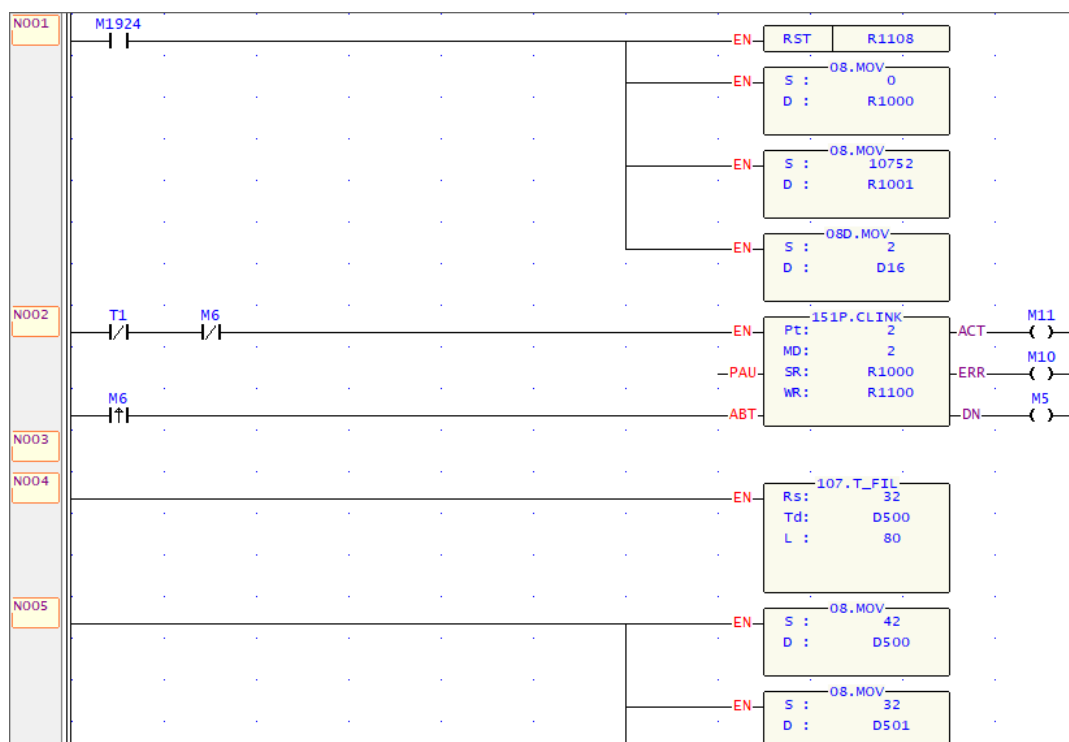
Инструкција CLINK која се може видети на слици 46 подржава 4 различита режима инструкција MD0-MD3. Од тога су инструкције MD0-MD2 „мреже редовних веза“, а MD3 представља „мрежу брзих веза.“ Обзиром да је у овом пројектном задатку коришћен MD2 јер он највише одговара постојећим условима, у наставку ће једино он бити описан.

MD2 се другачије назива пасивни режим пријема података ASCII типа. Са овим режимом, прво ће се сачекати да се приме ASCII поруке које шаљу спољни ASCII периферни уређаји (као што су рачунар, ПЛЦ, читач картица, читачи бар кодова). По пријему поруке, корисник може да базира комуникацијски периферни протокол тако да га рашчлани на операције. Операције могу бити постављене на два начина:

- Примање података без одговора или
- Примање података са одговором.

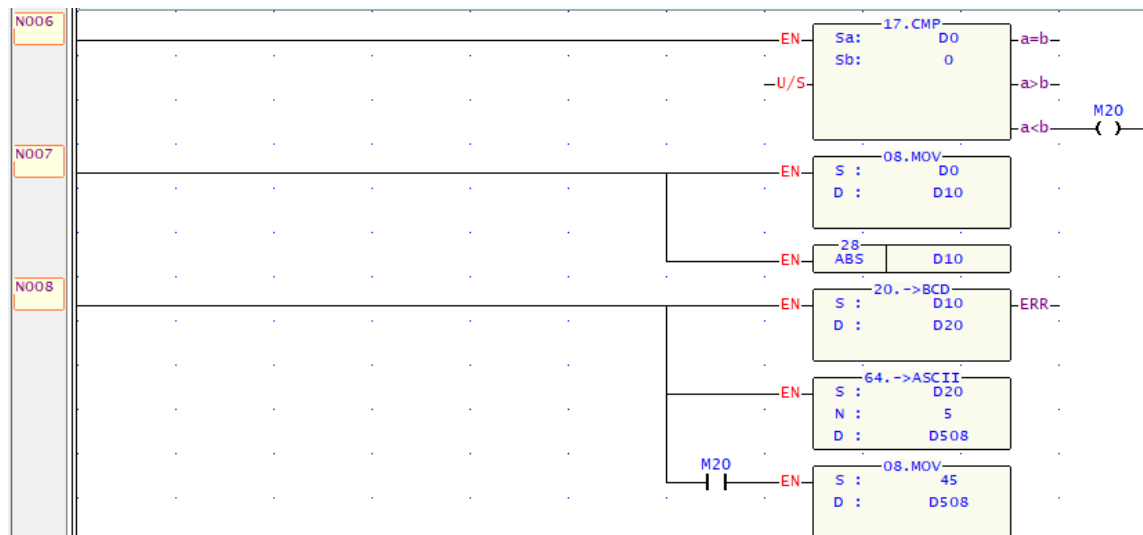
За режим рада примање података са одговором, корисник може да користи метод управљачког програма табеле за писање комуникационог програма и након што прими поруку он може поставити програм за комуникацију аутоматског одговара ка периферним уређајима.

Комуникација у потпрограму врши проверу података типа стринг који долазе и уколико они јесу стрингови, шаље их назад као вредности које одговарају улазним температурама. Ледер дијаграм је приказан на слици 46.



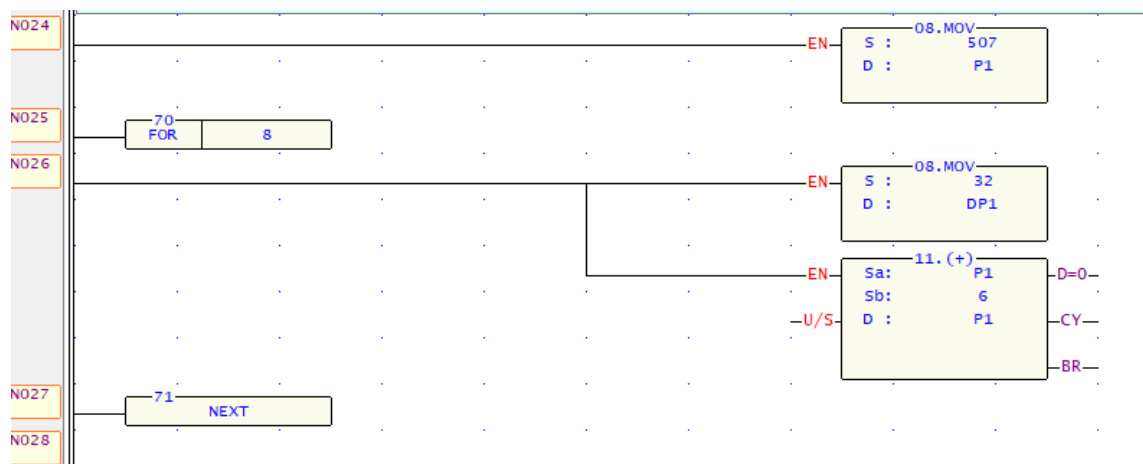
Слика 46. Провера стринга

Након провере стринга, неопходно је одредити знак M20. M20 је меморијска локација где се смешта вредност коју корисник унесе са панела и зато је неопходно вршити њено конвертовање јер је ово дигитални свет података. Са слике 47 може се уочити да је неопходно претворити хексадецимални податак у бинарни, а онда тај бинарни претворити у ASCII податак и наравно, то све сместити на припадајућу адресу. Ово је приказ са једну сонду. Остале су исте само са различитим регистрима.



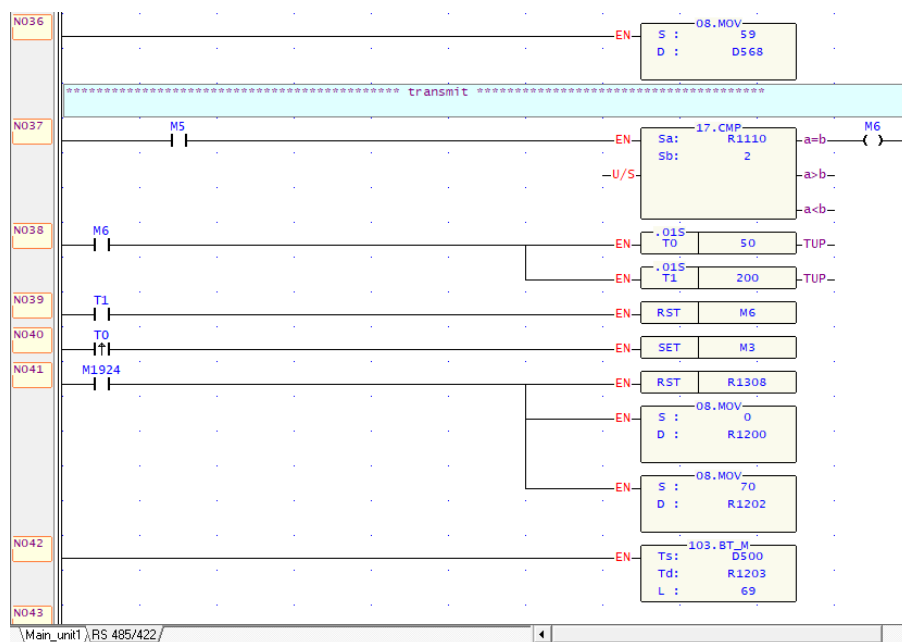
Слика 47. Конвертовање података

Како би све прегледније, потребно је убацити размак (енгл. space) између стрингова. У WinProLadder-у то се дефинише као што је приказано на слици 48.

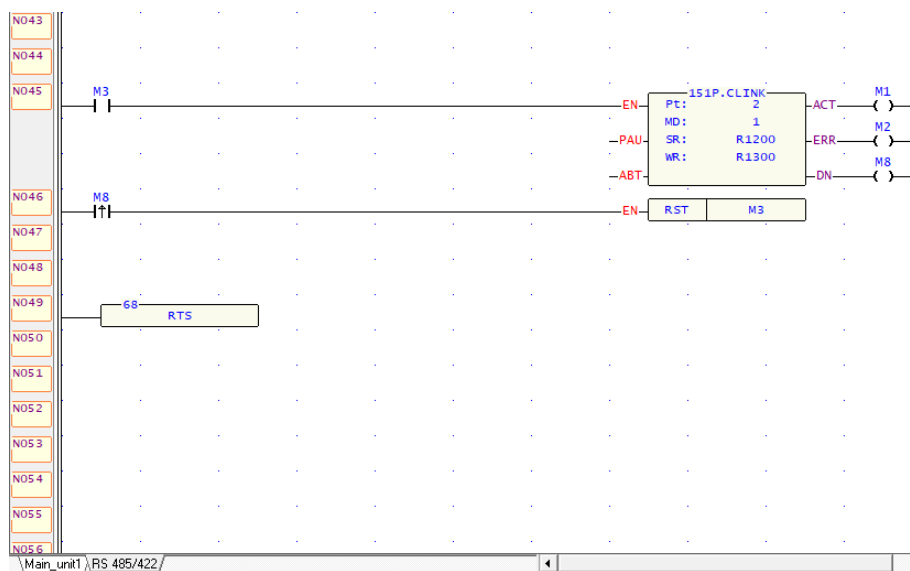


Слика 48. Уписивање размака између стрингова

На крају, упис изгледа као на сликама 49 и 50. Овим је омогућено да ће подаци који се читају са сонди и које долазе као улаз у ПЛЦ, бити прочитани и обрађени и кроз серијску комуникацију приказати се на СКАДА систему.



Слика 49. Пренос података



Слика 50. Пренос података (наставак слике 49)

4. Приказ резултата

Обзиром на немогућност тестирања система у реалном окружењу, у наставку ће бити приказани резултати који су усликани током посете млекарни „Meggle“ у Крагујевцу.

На слици 51 је приказан ФАТЕК ПЛЦ FBs-40МА у канцеларији шефа магацина који прати на екрану вредности температура и ту је да први реагује уколико запази неке промене. ПЛЦ има прекидач који контролише његово стање активности (укључен/искључен) и екран на коме је приказан СКАДА систем.



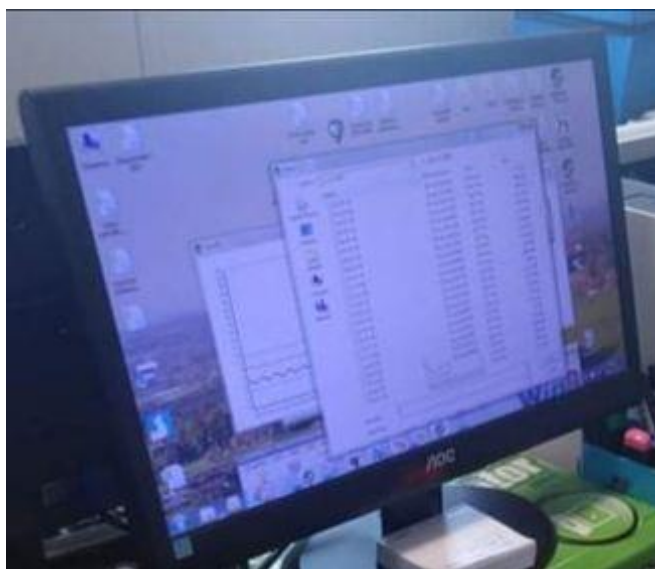
Слика 51. Фатек ПЛЦ

На слици 52 приказан је исти ФАТЕК ПЛЦ само у отвореној верзији, када му се поклопац подигне. Може се уочити мноштво релеја, прекидача, диода, веза...



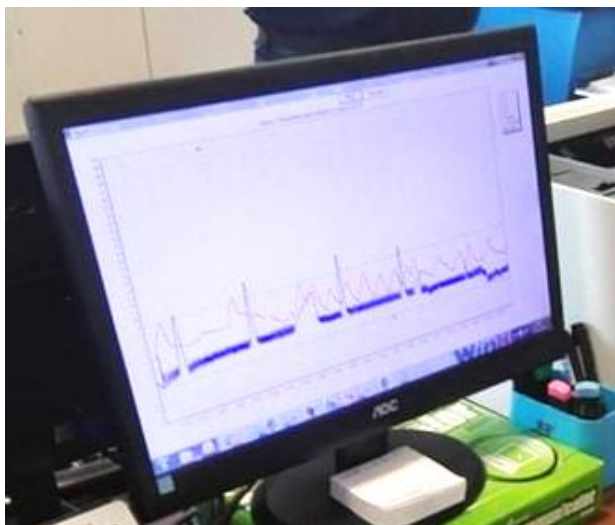
Слика 52. Унутрашњост Фатек ПЛЦ-а

Листа датотека коју софтвер у млекари свакодневно прави је приказана на слици 53.



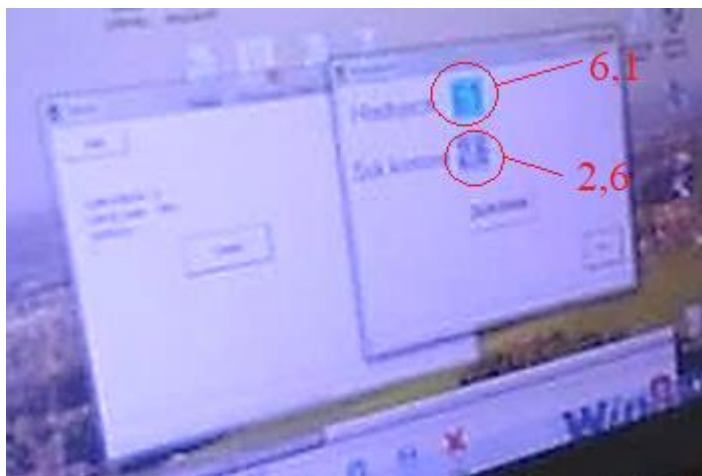
Слика 53. Листа датотека

Датотеке имају називе по данима када су направљене. Датотека представља график аквизиције температуре који је приказан на слици 54.



Слика 54. График аквизиције температуре

График прати две вредности температуре, то су температура хладњаче и шок собе, које су приказане црвеном и плавом бојом. Х-оса је време које се 24 часа прати, а У-оса је вредност температуре. Вредности температуре се могу у сваком тренутку видети на рачунару као што је приказано на слици 55. Температура хладњаче износи 6,1 °C а шок коморе 2,6 °C.



Слика 55. Аквизиција температуре млекаре "Meggle"

5. Закључак

Тема дипломског рада је била регулација температуре у процесима прехранбене индустрије. Главни циљ је био да се покаже како се регулише температура у једној од најозбиљнијих делатности за човечанство са посебним освртом на сензоре и актуаторе који делују на процес. Систем је веома озбиљан јер сама температура представља један од најозбиљнијих и највише праћених параметара у оваквој грани индустрије. Температуре су увек ниске и уколико дође до било каквих промена, у систему је све прилагођено да особа која нема претеране везе са овом облашћу, може да веома једноставно разуме шта се дешава. На крају крајева, може пратити све на екрану и видети у сваком тренутку где је, шта је и какав је проблем. Практична реализација није била доступна јер ниједна млекара не може да стопира своје системе на неколико минута. Тада би се много новца потрошило и постојао би велики ризик да дође до кварова машина, млека... Систем је виђен у млекари „Meggle“ и симулацијом је доказано да би он највероватније функционисао онако баш како треба. Реализација овог рада је током времена достигла одређене границе и на тај начин задовољила већину задатака који су били дефинисани на почетку овог мастер рада.

Даљи развој и унапређења система су могући. Остављено је простора макар да се програмерски или хардверски захтева, односно да се уведе нови алгоритми за регулацију, или замењује постојећи хардвер неким новим, бољим, јачим и те промене довеле би до постизања што бољих перформанси. Те перформансе се могу предвидети симулацијом самог система, а потом и реализацијом добијених параметара из симулације.

6. Списак слика

Слика 1. Шематски приказ система	7
Слика 2. Сигнали побуде: улазни сигнали и поремећаји	8
Слика 3. Управљање у затвореној спрези	11
Слика 4. Mitsubishi Electric, серија контролера FX5 – iQ-F [5]	14
Слика 5. Модуларни ПЛЦ систем [6]	15
Слика 6. Блок шема ПЛЦ-а	16
Слика 7. Микроконтролер Intel 8051	17
Слика 8. Уређај за напајање [8]	18
Слика 9. Степен за прилагођавање улазних сигнала [7]	19
Слика 10. Степен за прилагођавање излазних сигнала [7]	20
Слика 11. Спрега индуктивног оптерећења на релејни излаз ПЛЦ-а [7]	21
Слика 12. Спрега транзисторског излаза ПЛЦ-а и излазног уређаја НПН типа [7]	21
Слика 13. Блок дијаграм актуатора	24
Слика 14. Температурна сонда, тип РТ100	26
Слика 15. Конфигурација СКАДА система	28
Слика 16. Почетни панел	29
Слика 17. Подешавање параметара	30
Слика 18. Тастатура са целобројним вредностима	31
Слика 19. Тастатура са хексадецималним вредностима	31
Слика 20. Тастатура са децималним вредностима	32
Слика 21. Тастатура са ASCII вредностима	32
Слика 22. Једначина праве кроз две тачке	33
Слика 23. Процес покретања симулације у FvDesigner –у	34
Слика 24. Подешавања симулације	35
Слика 25. Почетни приказ симулације	35
Слика 26. Унос назива и вредности параметара	36
Слика 27. Приказ рада симулације	36
Слика 28. Конфигурација ПЛЦ-а	37
Слика 29. Конфигурација ПЛЦ-а	38
Слика 30. Конфигурација системског блока	38
Слика 31. Конфигурација прве сонде	39
Слика 32. Симулација у WinProLadder-у	40
Слика 33. Отварање мониторинга за симулацију	40
Слика 34. Приказ симулације	41
Слика 35. Приказ симулације када је вредност појачања 125	42
Слика 36. Приказ симулације са додатом вредношћу офсета	43
Слика 37. Конфигурација неисправне сонде	43
Слика 38. Симулација неисправне сонде	44
Слика 39. Конфигурација аларма температуре	45
Слика 40. Аларм температуре уоквирен црвеном бојом за сваку сонду	45

Слика 41. Симулација рада аларма температуре -----	46
Слика 42. Конфигурација горње границе температуре -----	46
Слика 43. Конфигурација доње границе температуре-----	46
Слика 44. Складиштење променљиве M30-----	47
Слика 45. Серијска комуникација RS 485, RS 422 -----	47
Слика 46. Провера стринга -----	48
Слика 47. Конвертовање података-----	49
Слика 48. Уписивање размака између стрингова-----	49
Слика 49. Пренос података -----	50
Слика 50. Пренос података (наставак слике 49) -----	50
Слика 51. Фатек ПЛЦ -----	51
Слика 52. Унутрашњост Фатек ПЛЦ-а -----	52
Слика 53. Листа датотека -----	52
Слика 54. График аквизиције температуре-----	53
Слика 55. Аквизиција температуре млекаре "Meggle" -----	53

7. Списак скраћеница

DCS – Digital Combat Simulator

PLC – Programmable Logic Controller

PAC – Programmable Automatic Controller

ANN – Artificial Neural Network

HMI – Human Machine Interface

SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition

MEC – Make Executive Systems

LIMC – Laboratory Information Management System

ЦПУ – Централна процесорска јединица

ПНП – Позитивно-негативно-позитивно

НПН – Негативно-позитивно-негативно

МЕМС – Motion Estimation, Motion Compensation

ПУ – Погонски уређај

ИУ – Извршни уређај

8. Литература

- [1] М. Стојић, Континуални системи аутоматског управљања, Београд, 1985.
- [2] С. Турајлић, Управљање процесима, Београд, 2011.
- [3] Д. М. Маринковић, Програмабилни логички контролери: Увод у програмирање и примену. Београд: Микро књига, 2017.
- [4] Структура ПЛЦ контролера, Електронски факултет Ниш, Приступљено: 18.10.2020. линк:
<http://es.elfak.ni.ac.rs/mps/materijal/5-PLC.pdf>
- [5] Mitsubishi Electric, Programmable Controllers MELSEC, Приступљено: 19.10.2020. линк:
<https://dl.mitsubishielectric.com/dl/fa/document/manual/plcf/jy997d55401/jy997d55401q.pdf>
- [6] SIMATIC S7-400 - Availability beyond 2030., Siemens. Приступљено: 19.10.2020. линк:
https://cache.industry.siemens.com/dl/files/413/109766413/att_981218/v1/FL_S7-400_en_Web.pdf
- [7] З. Јегеш, М. Антић, Управљање применом ПЛЦ уређаја, Суботица: Виша школа Суботица, 2005.
- [8] 24 volts nonstop – with each SITOP power supply, Siemens. Приступљено: 20.10.2020. линк:
<https://new.siemens.com/global/en/products/automation/power-supply.html>
- [9] М. Поповић, М. Сензори и мерења. Сарајево: Завод за уџбенике и наставна средства, Сарајево, 2005.
- [10] ДѠировић, Температура, Википедија, Приступљено: 20.10.2020. линк:
<https://sr.wikipedia.org/src/%D0%A2%D0%B5%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0>
- [11] Б. Илић, Сензори и актуатори, Висока техничка школа струковних студија, Београд, 2017., Приступљено: 21.10.2020. линк:
http://vtsns.edu.rs/wp-content/uploads/2018/11/Senzori-i-aktuatori_Skripta-za-Ispit_2019.pdf