

ВИРТУЕЛНА ПАРАМЕТРИЗАЦИЈА ПРОЦЕСНЕ КОНТРОЛЕ У ПОГОНУ ЗА ПАСТЕРИЗАЦИЈУ МЛЕКА**VIRTUAL PARAMETERIZATION OF PROCESS CONTROL IN A MILK PASTEURIZATION FACILITY**

Младен Алексић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА

Кратак садржај – Процесна контрола представља распрострањен начин управљања у индустријским погонима. Имплементација овог вида управљања у производном погону може довести до економских губитака у виду неадекватно обрађеног производа. Кроз овај рад је изложено једно од решења при којим се одговарајући параметри регулације подешавају помоћу виртуелног модела стварног погона са циљем смањења економских губитака. Овакав метод се назива “дигиталним близанцем” и примењен је на погону за пастеризацију млека.

Кључне речи: Процесна контрола, параметризација, PID регулатор, OPC UA комуникација

Abstract – Process control is a common method of regulation in industrial facilities. Implementing this type of control in a production facility can lead to economic losses in the form of inadequately processed products. This paper presents one of the solutions in which the relevant regulation parameters are adjusted using a virtual model of the real facility in order to reduce economic losses. This method is called a „digital twin“ and has been applied in a milk pasteurization facility.

Keywords: Process control, parametrization, PID regulators, OPC UA

1. УВОД

Кроз кратак осврт на историју је приказано како је се прерада обраде млека и млечних производа одвијала некада. Процес аутоматизације је обухватио и ову грану прехранбене индустријске производње. Процес аутоматизације означава процес у коме се све радње извршавају по унапред предодређеним правилима при чему се остварује оптимална ефикасност производног погона. Подешавање опреме којом се врши аутоматизација често може довести до економских губитака у виду неадекватно обрађеног производа који се не може искористити. У ретким случајевима може изазвати и оштећење коришћене опреме. Да би се смањили економски губици и систем подесио за адекватно управљање у што краћем временском периоду примењују се иновативна технолошка решења.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био доц. др Никола Вукајловић.

Ова решења обухватају тестове на детаљним виртуелним моделима стварних система од којих ће кроз овај рад покушано формирање једног таквог иновативног начина методом “дигиталног близанца”.

2. ПРОЦЕСНА КОНТРОЛА**2.1. Дефиниција и значај**

Процесна контрола има велики значај у модерним индустријским постројењима. Имплементира се у одређеним деловима процеса обраде са циљем олакшавања процеса надзора и извршења одређених операција.

Увођењем процесне контроле се постиже да финални производ увек има исте карактеристике.

Основа процесне контроле су задата вредност од стране корисника (енгл. Set Point value - SV), контролна излазна вредност (енгл. Control Variable - CV) и стварна вредност процеса (енгл. Process Value - PV). Приликом реализације процесне контроле мора се водити рачуна на стабилност система, време одзива, време смирења, и грешки у стационарном стању.

Могућа је реализација процесне контроле која се реализује у погону у зависности од природе процеса који се контролише. Могуће је формирати систем који ради у отвореној спрези, затвореној спрези, спрези са “anti-windup” дејством, спрези са “feed-forward” дејством.

2.1. Индустријски примери употребе процесне контроле

Процесна контрола се примењује у индустријским процесима у којима се обављају континуирани циклуси производње без прекида. Заступљена је у производњи електричне енергије, третмана пречишћавања воде, прехранбеној индустрији, производњи папира, фармацеутској и медицинској индустрији, аутомобилској индустрији.

Детаљније је објашњена процесна контрола током производње електричне енергије у нуклеарним електранама и током раздвајања нафте од воде и гаса у сепараторима рафинеријских постројења.

3. ПРОЦЕС ТРЕТИРАЊА И ОБРАДЕ МЛЕКА

3.1. Прикупљање и прерада млека

Процес производње млека започиње на фарми где се мора прикупљати и складиштити у посебним условима све до момента прикупљања. Транспорт се обавља у бурадима или помоћу цистерни које се израђују да поседују већи број преграда. Пријем и складиштење у млекарни се мора спроводити пазећи на одржавање температуре и тестирање сировог млека ради утврђивања квалитета производа као и детекције присутности бактерија. Потом се млеко води кроз делове погона за хомогенизацију, филтрирање, пастеризацију, сепарацију, хлађење, сушење, паковање итд.

3.2. Пастеризација млека

Пастеризација сировог млека се мора вршити да би се из млека уклониле штетне бактерије које у неким случајевима могу изазвати и теже болести. Приликом процеса пастеризације се мора водити рачуна да млеко које се обрађује не изгуби своја хранљива својства. Успешно неутралисање бактерија се може постићи различитим зависностима температуре загревања и времена током којег је ту температуру одржавати. Стандардизовани начини пастеризације су приказани у табели 3.1

Процес	Температура	Временски период
Термизација	63 – 65 °C	15 s
LTLT пастеризација	63 °C	30 min
HTST пастеризација	72 – 75 °C	15 - 20s
УНТ пастеризација	125 – 138 °C	2 – 4 s
УНТ проточна пастеризација	135 – 140 °C	неколико секунди
Стерилизација паковања	115 – 120 °C	20 – 30 min

Табела 3.1 Процеси термичке обраде млека

Током овог рада ће се обрађивати поступак LTLT (енгл. Low Temperature Long Time) и HTST (енгл. High Temperature Short Time) процеса пастеризације.

3.3. Индустриска опрема за пастеризацију млека

За потребе процеса индустриске пастеризације млека неопходни су елементи попут резервоара, измењивача топлоте, агитатора, сензора притиска, сензора протока, сензора температуре, сензора висине од којих су најчешће коришћени приказани током овог рада.

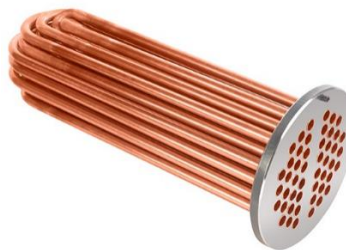
3.4. Опрема моделована у овом раду

Пошто је потребно моделовати пастеризатор који у стварности постоје и користи се за ове потребе бира се резервоар мањег капацитета који је приказан на слици и измењивач топлоте са слике .Моделовани

резервоар је произвођача “Huasheng-Europe“ и има максималну запремину од 100 литара. Приказан је на слици 3.2. У овај резервоар се са стране ушрафљава грејач у виду измењивача топлоте који се загрева помоћу водене паре. Слика овог измењивача је приказана на слици 3.3.



Слика 3.2 “Huasheng-Europe“ пастеризатор



Слика 3.3 Изглед “Armstrong THS-412-2-1” грејача

4. СОФТВЕРСКА РЕАЛИЗАЦИЈА

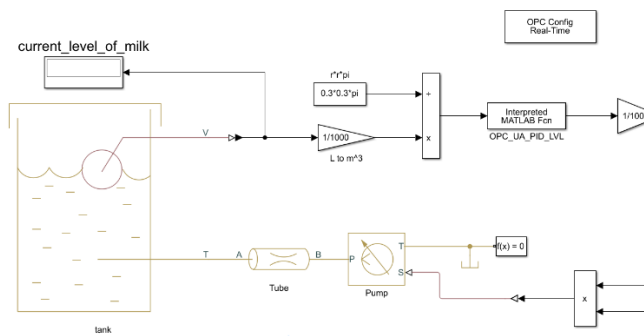
Циљ софтверске реализације је креирати модел “дигиталног близанца”. “Дигиталан близанац” је начин креирања детаљног модела који се преплиће са стварним системом. Тестирањем производа или производног погона током неког временског периода са дигиталним близанцем, може довести до увида о понашању самог производа и система тако што ће се уочене грешке уочити и отклонити.

4.1. Matlab/Simulink модел

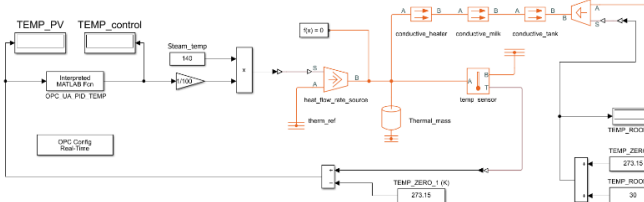
Креирани су и објашњени модели пуњења резервоара и процеса пастеризације у Matlab/Simulink окружењу помоћу Simscape блокова. Модел пуњења резервоара је приказан на слици 4.1 док је модел процеса пастеризације приказан на слици 4.2.

4.2.1 Верификација Matlab/Simulink модела

Претходно пуштању у рад Matlab/Simulink модела претходило је њихово постепено формирање и тестирање од једноставнијих начина управљања попут отворене спреге до финалних модела који ће се користити приликом симулације.



Слика 4.1 Модел пуњења резервоара



Слика 4.2 Модел процеса пастеризације

4.2. Аутоматизација процеса пуњења резервоара и процеса пастеризације млека

Процес управљања врши PLC контролер који се мора адекватно подесити да управља стандардизованим процесима пастеризације и пуњења на адекватан начин. Овај процес је услед употребе Siemens контролера извршен у TIA V16 порталу. Изложени су сви неопходни програмабилни блокови оваквог система управљања као и све потребне функције којима се врши прорачун променљивих вредности.

4.3. Параметрисање функције PID Compact V2

Улогу регулатора током овог процеса преузима Siemens-ов PID Compact V2 блок чије је оптималне параметре потребно пронаћи. Поступак подешавања овог блока се мора изводити на препоручени начин. Овом методом су успешно пронађени параметри који су искоришћени за потребе регулатора загревања код модела пастеризације.

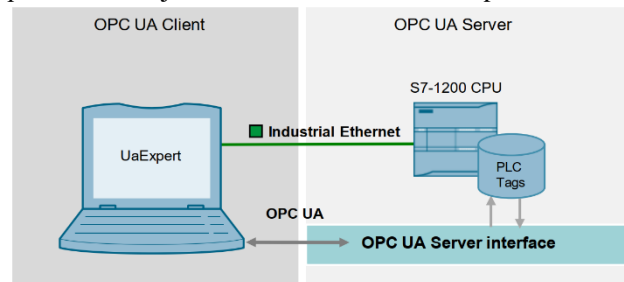
4.3.1 Псеудо-хеуристички приступ подешавању регулатора на примеру пуњења резервоара

Пошто се до оптималних параметара регулатора не може доћи увек пратећи препоруке произвођача или неком од заступљенијих хеуристичких метода попут "Ziegler-Nichols" неопходно је понекад применити псеудо-хеуристичке методе ручног подешавања. Једна оваква метода је описана до које је се дошло пратећи промене током неколико корака подешавања параметара регулатора и тестирањем на моделу пуњења резервоара.

4.4 Комуникација отвореног протокола

На слици 4.3 је блок шема остваривања комуникације OPC UA протоколом коју је потребно остварити да би стварни Siemens-ов контролер и Matlab/Simulink модел могли да успешно размењују податке. Неопходно је извршити подешавање са стране

контролера у виду имплементирања софтверских подешавања чиме се омогућује да он ради као OPC UA Server. Потребно је и имплементирати код са Matlab стране да би модел могао радити као OPC UA Client. Софтвер помоћу кога ће се подаци размењивати је "Unified Automation UaExpert".



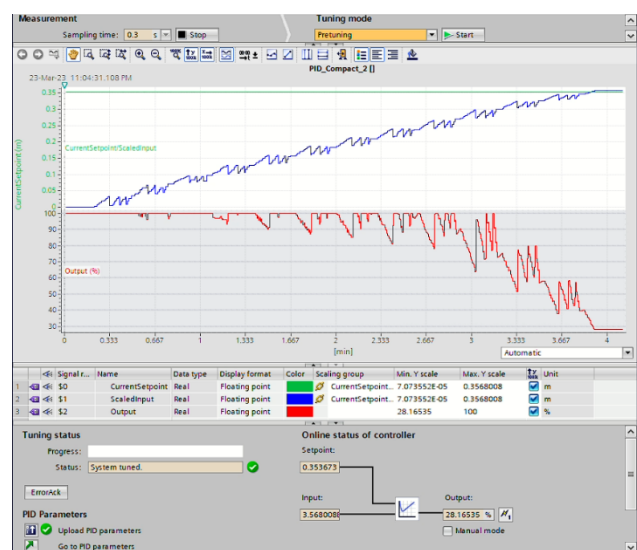
Слика 4.3 Принципа шема комуникације OPC UA протоколом

5. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА ВЕРИФИКАЦИЈА

Након што је извршено повезивање OPC UA клијента и сервера потребно је извршити експериментално тестирање рада формираног модела са подешеним контролером и верификовати успешност система регулације приликом пуњења резервоара и загревања млека. Комуникација се извршава у реалном времену. За потребе ове верификације формиран су и одговарајући НМI панели са циљем једноставнијег покретања управљања и надзирања процеса од стране корисника.

5.1. Процес пуњења резервоара

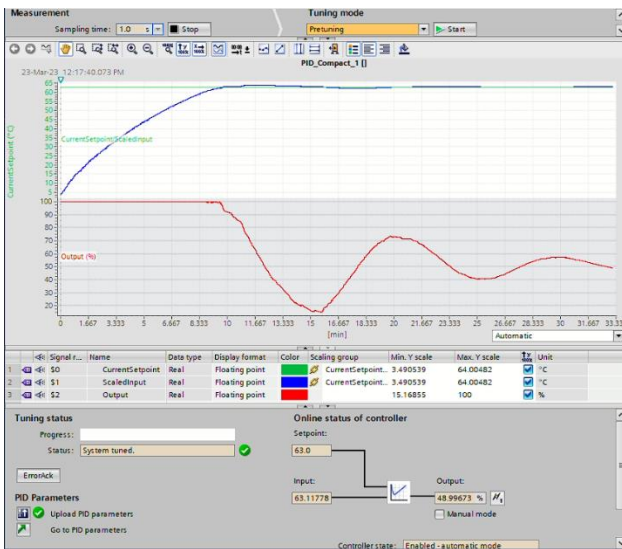
Преносна карактеристика током експерименталне верификације процеса пуњења резервоара је приказана на слици 5.1. Процес је дао задовољавајуће резултате са присутним пребачајем веома мале вредности који не излази из дозвољених граница одступања.



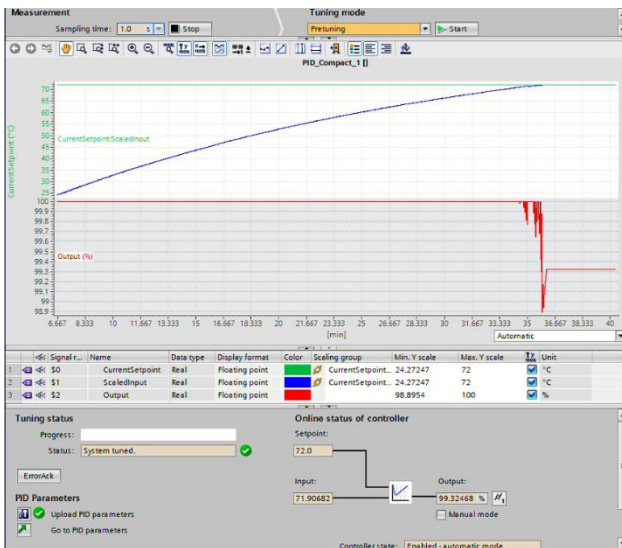
Слика 5.1 Карактеристика процеса пуњења резервоара

5.2. Процес загревања

Преносна карактеристика током експерименталне верификације процеса пастеризације је снимљена за LTLT и HTST процесе пастеризације. Карактеристика LTLT процеса приказана је на слици 5.2 док је карактеристика HTST процеса приказана на слици 5.3. Оба процеса су успешно извршена. LTLT процес је имао благе осцилације током уласка у стационарно стање које су опсегу дозвољених граничних вредности процеса.



Слика 5.2 Карактеристика LTLT процеса пастеризације



Слика 5.3 Карактеристика HTST процеса пастеризације

6. ЗАКЉУЧАК

Након детаљног формирања модела процеса пуњења резервоара и пастеризације млека и успешно је постигнута аутоматизација процеса на контролеру. Изведено је и одговарајуће проналажење параметара PI регулатора што је постигнуто на два различита начина од којих је први препоручен од стране произвођача а други псеудо-хеуристички.

Подешавањем OPC UA конекције остварена је комуникација између модела и контролера у реалном времену и успешно су снимљене преносне карактеристике моделованих процеса.

Даља верификација добијених одговарајућих параметара могла би се извести на реалном физичком систему на коме би се тестирали резултати добијени методом “дигиталног близанца”.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Gösta Bylund, “Dairy processing handbook Tetrapack”, Tetra Pak Processing Systems AB, 1995. Доступно на: <https://dairyprocessinghandbook.tetrapak.com>
- [2] Siemens - Digitalization with TIA Portal: Virtual Commissioning with SIMATIC and Simulink - Use case 2: Connecting Simulink models to SIMATIC PLCSIM Advanced via OPC UA. “109749187_DIGI_Usecases_OP_C_DOC_V20_en”. Септембар 2023. Доступно на: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109749187/digitalization-with-tia-portal-virtual-commissioning-with-simatic-and-simulink?dti=0&lc=en-RS>
- [3] Siemens - Closed-Loop Control with "PID_Compact" V2.2. “79047707_PidCompactV2_2_DOC_V2_0_1_en”. Септембар 2023. Доступно на: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/707/79047707/att_915339/v2/79047707_PidCompactV2_2_DOC_V2_0_1_en.pdf
- [4] “Armstrong fluid technology” tank heater. Септембар 2023. Доступно на: <https://armstrongfluidtechnology.com/en/products/tank-heaters>
- [5] “Huasheng-Europe” pasteurizers. Септембар 2023. Доступно на: <https://www.huasheng-europe.com/product/calf-milk-pasteurizers>

Кратка биографија:



Младен Алексић рођен је 1995. године у Ужицу. Основне студије Енергетске електронике и електричних машина је завршио 2022. године након чега уписује мастер студије на истом усмерењу.

Контакт:
mladena217@gmail.com