

АВТОМАТИЗИРАНА МИКСИРАЩА СТАНЦИЯ ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА ТЕЧНИ КОМПОНЕНТИ ЗА ХРАНИТЕЛНО-ВКУСОВА ПРОМИШЛЕНОСТ

MIXING STATION FOR AUTOMATED PRODUCTION OF LIQUID FOOD INDUSTRY COMPONENTS

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СМЕСИТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖИДКОЙ КОМПОНЕНТЫ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Ass. Prof. dr. Ruzhekov G.
Faculty of Automatics – Technical university of Sofia, Bulgaria

Abstract: This paper presents the developed mixing plant: key elements and control system of temperature regimes, dosing of components and finished product. Control system is built on a programmable logic controller (PLC) Company Vipa. Special attention is paid to the Human Machine Interface (HMI) to the operator of the installation and SCADA system for recording and visualization of technological processes.

Keywords: MIXING PLANT, PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER, SCADA, PID CONTROL

1. Въведение

Автоматизирането на процесите в хранително-вкусовата промишленост осигурява постоянно качество на произведения продукт като силно се намалява влиянието на обслужващия персонал върху протичащите производствени процеси. От друга страна дава възможност за повишаване на производителността на инсталациите чрез поддържане на постоянно темпо на работа. Намесата на операторите е сведена до минимум, като по този начин се намалява възможността за допускане на грешка.

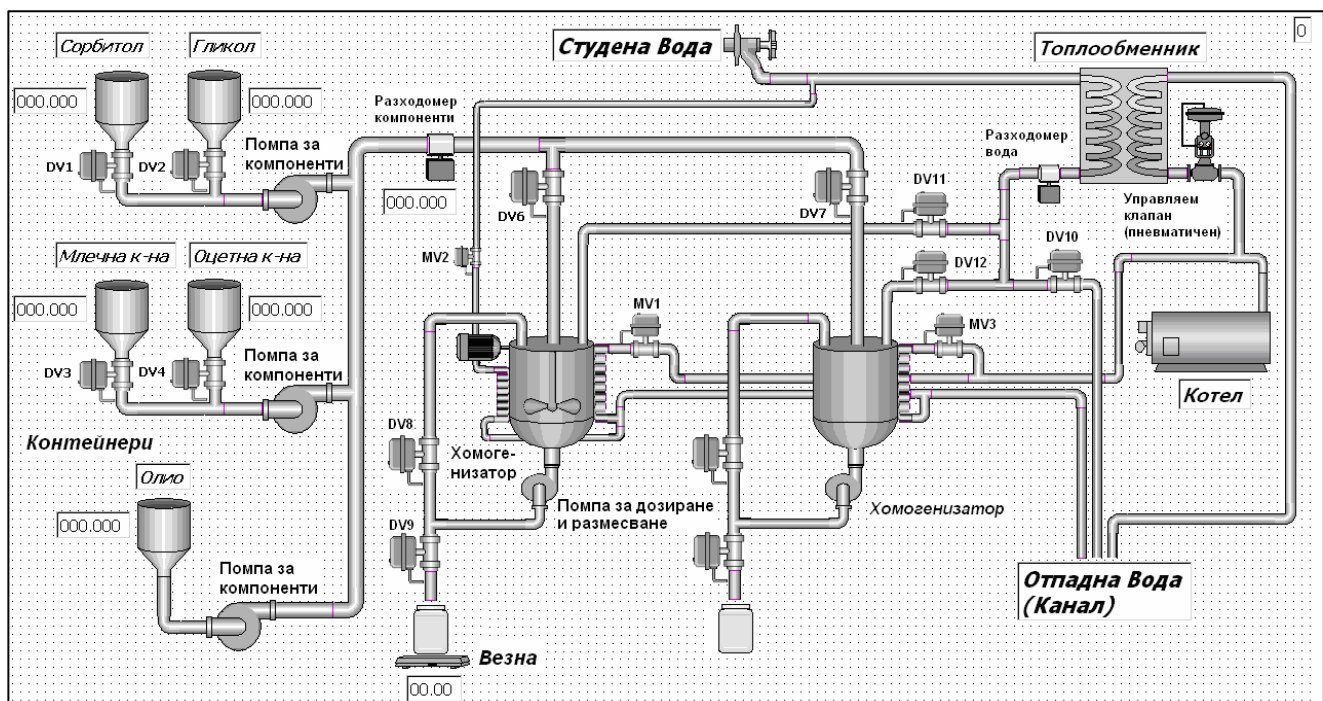
Системата за управление на миксиращата станция е изградена с програмируем логически контролер (PLC) [6, 7], което дава възможност за прецизно следене на работата на отделните елементи на миксиращата станция. Използва се

графичен операторски панел, на който ясно се виждат символите на отделните елементи на системата и тяхното състояние. Използват се предварително зададени от технолог рецепти, което на практика изключва възможността за грешка в компонентите. Разработена е специална подсистема за тегловно дозиране на готовия продукт, гарантираща изпълнението на „Наредба за предварително опакованите количества продукти”.

Изградено е и горно йерархично ниво – SCADA система, която се наблюдава от технолог и на нея се извършва запис на протичането на технологичния процес за всяка партида.

2. Структура на миксиращата инсталация

Състои се от следните елементи - фиг. 1. (схемата е от SCADA системата):



Фигура 1 – Структура на системата

Подсистема за дозиране на компонентите – състои се от 5 контейнера с течни компоненти, на изхода на всеки от тях е монтиран неръждаем бъртерфлай клапан с пневматично задвижване. Групирани са по съвместимост в три групи, на всяка от които е монтирана центробежна помпа. На входа на

всяка помпа е монтиран вибрационен сензор за ниво, който предотвратява възможността за работа „на сухо” на помпата и дава информация при изпразване на контейнер с компонент. Системата за управление подготвя пътя на всеки компонент от контейнера към хомогенизатора като отваря съответните

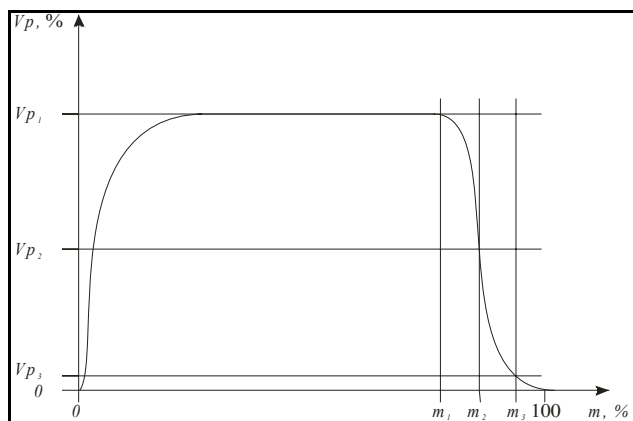
клапани. Измерването на преминалото количество компонент се извършва от разходомер с овални зъбни колела, информацията от който се подава към системата за управление.

Смесването на компонентите се извършва в два хомогенизатора. Всеки от тях е с обем около 1 m³, с монтирана бъркалка, задвижвана от трифазен електродвигател. От външната страна на хомогенизатора са монтирани две серпентини, през които се подават пара за подгриване и вода за охлаждане на продукта в хомогенизатора. Подаването на парата и водата се осъществяват с магнет - вентили. Температурата на продукта в хомогенизатора се измерва с термосензор, свързан със системата за управление. За допълнителна хомогенизация на продукта се използва зъбна помпа, с която се осъществява рециркулация и дозиране на готовия продукт.

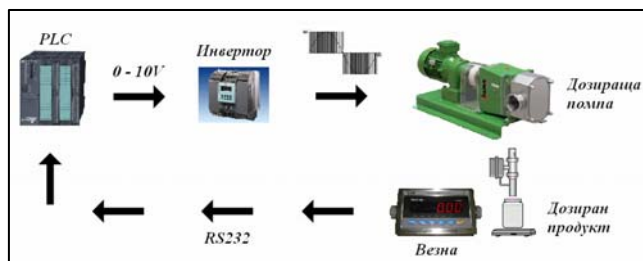
Подсистема за дозиране и подгриване на вода.

Рецептите на произвежданите продукти изискват определено количество вода със зададена температура. Подгриването на водата се извършва с топлообменник пара – вода. Температурата на водата се управлява с ПИД регулатор (реализиран програмно в PLC) [1, 4, 5] чрез регулиращ вентил на подаваната към топлообменника пара. Обемът на подадената вода се измерва с турбинен разходомер, изходът на който е свързан с системата за управление. Предвидени са три клапана, с два от които се подава вода към хомогенизаторите, а третият се използва за изхвърляне на вода към канал до достигане на желаната температура и след приключване на дозирането за охлаждане на топлообменника.

Подсистема за дозиране на готов продукт – използва се метод за тегловно дозиране на готовия продукт с везна. В системата участва зъбна помпа и два клапана. Управлението на дозирането се извършва чрез промяна на скоростта на зъбната помпа в зависимост от текущото тегло на дозирането съгласно графиката (фиг. 2):



Фигура 2 – Управление на скоростта на дозиране



Фигура 3 – Контур за управление на дозирането

Дозирането се извършва съгласно следните критерии:

- Плавно увеличаване на дебита в началото до предварително зададена стойност за премахване на първоначалния удар в дъното на съда за дозиране, което осигурява минимално разтваряне на въздух в продукта и няма да доведе до разплискване.
- Грешката при дозирането не трябва да бъде по-голяма от 0.8%.

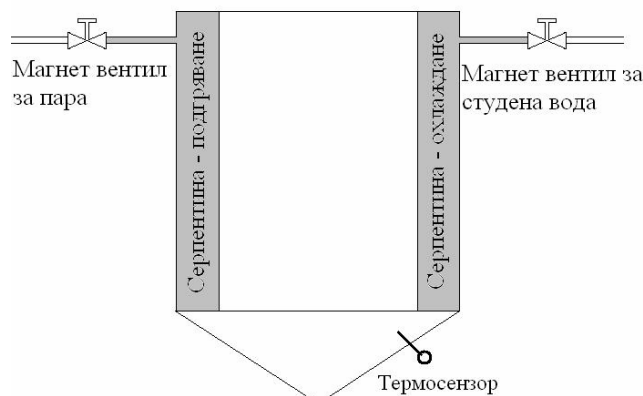
- При дозирането да не се получава хидравличен удар при затваряне на дозиращия клапан.
- Дозирането трябва да се извърши за минимално време, което не трябва да надхвърля 30 сек.

Кривата на дозиране на готовия продукт се разделя на 4 интервала, параметрите на които се задават в зависимост от вида на продукта (основно в зависимост от гъстотата и вискозитета на продукта като се настройват опитно):

1. Начало на дозирането с плавно нарастване на скоростта на помпата до достигане на зададена скорост до около 75 – 80% (m_1) от зададеното тегло;
2. Зона за плавно намаляване на скоростта на дозирането;
3. Зона на прекратяване на дозирането. В тази зона дозирането става с непрекъснато намаляваща скорост, което позволява в зона близко до 0 помпата да спре и дозиращия клапан да се затвори без да се получи хидравличен удар.

Параметрите на дозирането (фиг. 2) се определят опитно от технолозите и се задават за всеки продукт по отделно, в зависимост от неговата плътност и вискозитет.

Подсистема за температурен режим на хомогенизаторите – показана на фигура 4. Подгриването и охлаждането се извършват с пара и вода, които се прекарват през серпентини, монтирани в стените на хомогенизаторите. Управлението на парата и водата се извършва с магнет – вентили с ON/OFF регулатор, реализиран в PLC.



Фигура 4 – подгриване и охлаждане на хомогенизаторите

Температурата в хомогенизаторите се измерва с монтиран в дъното термосензор [2], а хомогенизацията на продукта се с бъркалка, задвижвана от асинхронен двигател с честотно управление и зъбна помпа, която се използва и за дозиране – фиг.3. Защита на помпата от работа „на сухо“ се извършва с вибрационен нивосигнализатор.

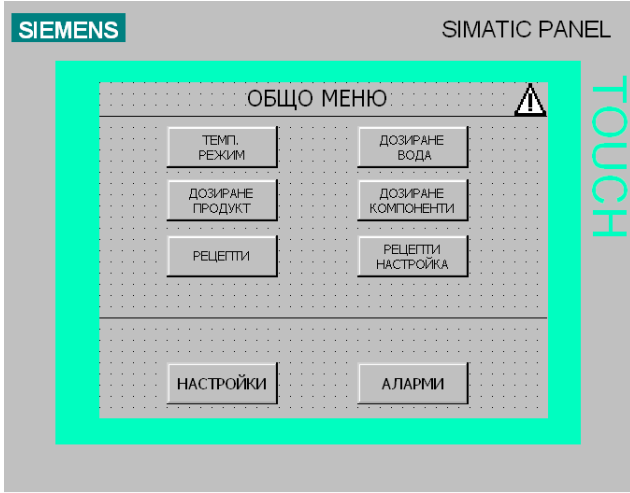
3. Система за управление на миксиращата инсталация

Разработена е с Програмируем Логически Контролер (Programmable Logic Controller – PLC) на фирма Vipa - CPU 313SC [7]. Контролерът е от клас S7 – 300 на Siemens и програмирането му се извършва в програмната среда Step 7 [6]. За програмирането са използвани езиките от високо ниво LAD и SCL. Използва се контролер от компактната серия с вградена цифрова и аналогова периферия – 24 DI, 16 DO, 4 AI, 2AO. Тази периферия не е достатъчна, поради което е добавен още един сигнален модул 16 DO. Контролерът има вградени три комуникационни порта – MPI, PtP и Ethernet. MPI порта се използва за връзка с панела за управление, PtP представлява комуникационен порт с RS485 интерфейс, който чрез преобразувател RS485 – RS232 се използва за връзка с везната. Ethernet се използва за връзка със SCADA системата.

Използваните в системата обемни разходомери притежават импулсни изходи като теглото на всеки импулс е фиксирано. Тези импулси се подават на дискретен вход,

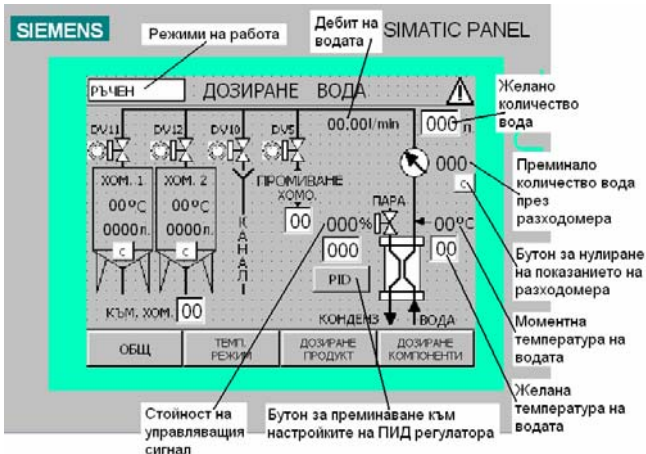
притежаващ хардуерно прекъсване, чрез което се осигурява брое на импулсите.

Панелът за управление е реализиран с touch панел на Сименс TP177A [6], чрез който се извършва наблюдение и управление на инсталацията от оператора. Екраните са разработени с WinCC Flexible на Siemens [6]. Преминването от един екран към друг се осъществява с функционални бутони. На фигури 5 е показано главното меню, откъдето може да се премине към всички други екрани.



Фигура 5 – Общо меню

На фиг. 6 е показан екрана за дозирането на вода. Помазани са всички елементи на тази подсистема. От падащо меню се избира един от режимите на работа на тази подсистема: ръчен, автоматични и стоп. В ръчен режим всеки един от изпълнителните механизми може да бъде управляван по отделно от оператора, докато в автоматичен режим работата им се управлява от програмната система.



Фигура 6 – Екран за управление на дозирането на вода

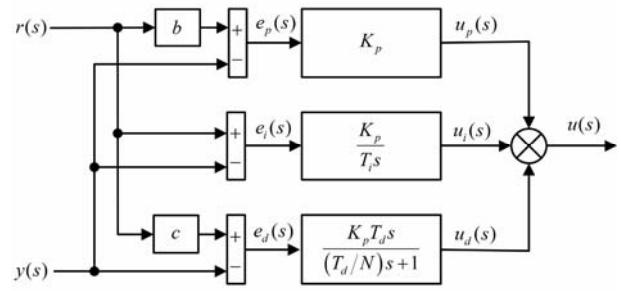
Управлението на погряването на водата се реализира с ПИД регулатор, структурата на който е показана на фиг. 7. Уравненията, по които е реализиран регулатора са показани на формули (1), (2) и (3):

$$(1) \quad u_p(k) = K_p [b \cdot r(k) - y(k)]$$

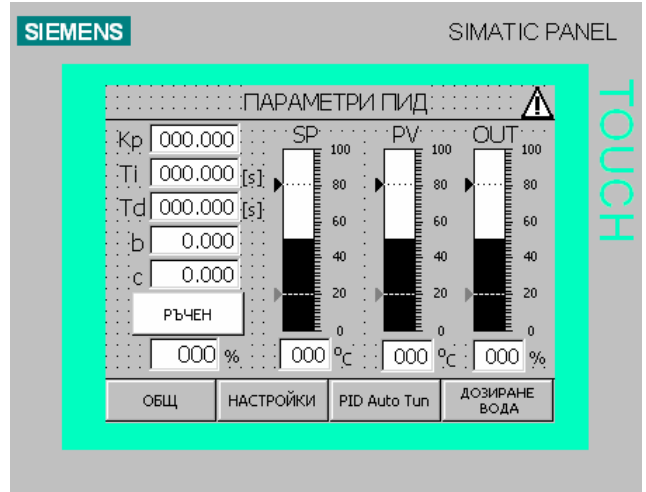
$$(2) \quad u_i(k) = u_i(k-1) + b_{i1} [r(k) - y(k)] + b_{i2} [r(k-1) - y(k-1)]$$

$$(3) \quad u_d(k) = a_d u_d(k-1) + b_d [c [r(k) - r(k-1)] - y(k) + y(k-1)]$$

Панелът за настройка на ПИД регулатора е показан на фиг. 8. Задават се параметрите и могат да бъдат наблюдавани заданието (SP), измерената температура (PV) и управлението (OUT). За целите на настройката е възможно управление в отворен контур и запис на процеса.

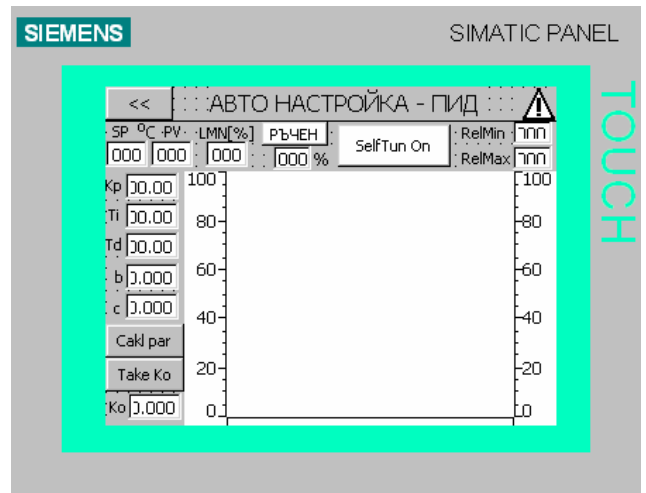


Фигура 7 – Структура на ПИД регулатора



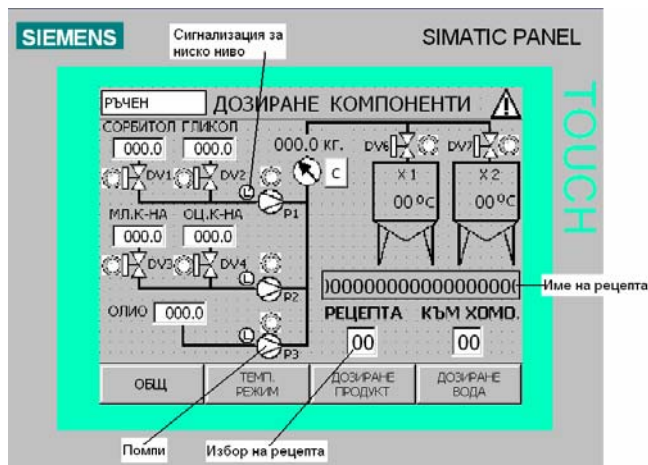
Фигура 8 – Екран за настройка на ПИД регулатора

Системата е допълнена с функция за самонастройка на ПИД регулатора, което дава възможност за по-лесно достигане до необходимите параметри и улеснява потребителя за пренастройка (фиг. 9). Самонастройката се извършва чрез привеждане на системата в автоколебателен режим и се използва λ метода на Astrom-Hagglund [1, 4, 5]. На тренда се визуализират зададената и измерената температури и полученото управление. Включена е защита от антиинтегрално насищане, което гарантира малко пререгулиране на преходния процес.



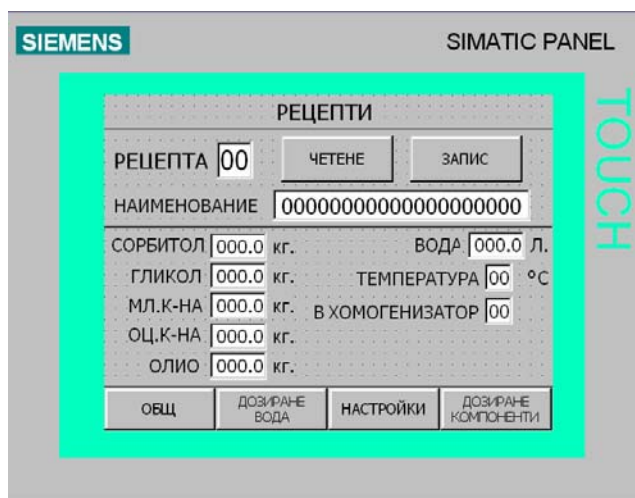
Фигура 9 – Екран за самонастройка на ПИД регулатора

Екранът за управление на подсистемата за дозиране на компоненти е показана на фиг. 10. В автоматичен режим се избира рецепта и в кой хомогенизатор ще се дозират компонентите. Непрекъснато може да се наблюдава процеса на дозиране – от кой продукт и колко се дозира в момента, липса на продукт, общо количество и температура в хомогенизатора. При необходимост процесът може да бъде спрян и пуснат отново.



Фигура 10 – система за дозиране на компоненти

Подготовката на рецептите (фиг. 11) се извършва от технолог, с което се гарантира точността на изпълнението им и не зависи от оператора на инсталацията.



Фигура 11 – Подготовка на рецепти

Системата за управление следи изправността на всички елементи от системата за управление. При възникване на неизправност в някоя от системите се издава звуков и светлинен сигнал, като вида на алармата може да се види на екрана с алармените съобщения. В този случай операторът и поддържащия персонал вземат решение за продължаване на процеса.

4. SCADA Система за наблюдение и запис на процесите в миксиращата инсталация

SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) системата се използва за непрекъснат контрол на производствения процес. Основният екран на тази система е показан на фиг. 1. Използва се стандартна компютърна система с инсталиран софтуер WinCC Flexible на Siemens с операционна система Windows XP. Записват се: текущия оператор, температурните режими, използваните рецепти и количеството на дозираните компоненти. Архивите се поддържат минимум 6 месеца, което гарантира пълна проследяемост на качеството на произведените продукти в продължение на техния срок на годност.

5. Резултати и дискусия

Разработена и внедрена в експлоатация промишлена система за подготовка на продукти за хранително-вкусовата промишленост. С внедряването ѝ са решени следните основни въпроси:

- Разработена е система за създаване и редактиране на рецепти от технолог, при което драстично се намалява възможността за грешки при подготовката на продукта.
- Дозирането на течните компоненти е изцяло автоматизирано, достатъчно е операторът да избере рецептата и да стартира изпълнението ѝ.
- Автоматично следене за наличие на компоненти и блокиране на дозирането при липса на компонент и се изписва съобщение за вида на липсващия компонент.
- Изцяло автоматизирано е дозирането на водата, при което се поддържа зададената в рецептата температура на водата. Не се допуска попадане на вода с температура, различаваща се повече от предварително зададен праг.
- Създадена е възможност за промиване на пътищата за дозиране на течни компоненти, с което се изключва възможността за смесване на компоненти от една рецепта към друга.
- Напълно автоматизиране на температурните режими на хомогенизаторите.
- Пълен запис на протичането на всеки технологичен процес, което гарантира проследяемост на партидите.
- Автоматизирано дозиране на готовия продукт с използване на електронна везна, с което се гарантира изпълнението на наредбата за предварително опакованите продукти.
- Системата за управление следи за коректната работа на всички елементи от миксиращата станция и прекратява тяхната работа при дефект или ситуация, която би довела до повреда в оборудването.
- Блокиране на изпълнителни механизми и подвижни елементи, които биха могли да доведат до увреждане на обслужващия персонал.
- Разработен много удобен интерфейс към оператора – изцяло графичен, на български език, дава се възможност за непрекъснато наблюдение на протичането на процесите в системата.

6. Заключение

Съвременните технологии в промишлените системи за управление и по-специално Програмируемите Логически Контролери (PLC), системите за човеко-машинен интерфейс, SCADA системите и др. елементи от съвременната промишлена автоматика дават възможност с не много големи капиталовложения да се постигне високо качество на системите в хранително-вкусовата промишленост, гарантиращи точност, повторемост, проследяемост и безопасност на произведените продукти. Не е без значение и възможността за диагностика на неизправности и предотвратяване на повреди в технологичното оборудване, защита на обслужващия персонал, както и невъзможността за производство на продукти, които не отговарят на предварително зададени параметри.

7. Литература

1. Гарипов, Е. *Цифрови системи за управление: I и II част (второ преработено издание)*. ТУ – София, 2006
2. Ружиков, Г. *Обработка на данни и сигнали*. ТУ – София, 2004
3. Berger, Hans, *Automating With STEP7 In STL And SCL: Programmable Controllers Simatic S7-300-400*. John Wiley and Sons Ltd, 2005
4. T. Hägglund and K.J. Åström, "Revisiting the Ziegler-Nichols step response method for PID control," *J. Process Contr.*, vol. 14, no. 6, pp. 635–650, 2004.
5. Guzmán J, *Interactive Learning Modules for PID Control*, IEEE CONTROL SYSTEMS MAGAZINE, OCTOBER 2008 pp 118 - 134
6. www.automation.siemens.com
7. www.vipa.de