

## **WIZUALIZACJA PROCESU PRZEPEŁYWOWEJ PASTERYZACJI MLEKA**

Henryk Juszka, Marcin Tomasiak

Akademia Rolnicza w Krakowie

**Streszczenie.** Opracowano koncepcję automatycznego systemu sterowania procesem pasteryzacji mleka oraz wizualizacji tego procesu. Krótko scharakteryzowano obiekt badań oraz budowę linii do pasteryzacji mleka. Przedstawiono możliwość modernizacji układu sterowania linią do pasteryzacji mleka z zastosowaniem sterownika PLC. Utworzono aplikację wizualizacji komputerowej w programie InTouch firmy Wonderware®, która odpowiednio oprogramowana będzie nadzorować proces pasteryzacji mleka. W przypadku przekroczenia wartości krytycznych uruchomi alarm i odpowiednie procedury uniemożliwiające wyprodukowanie wadliwego produktu. System automatycznego sterowania linią do pasteryzacji mleka pozwoli kontrolować procesy technologiczne i obsługę. Ponadto uprości archiwizację danych procesowych i ich analizę oraz ułatwi eksploatację instalacji.

**Słowa kluczowe:** mleko, pasteryzacja, sterowanie, wizualizacja

### **WSTĘP**

Poprawa jakości żywności, zapewnienie bezpieczeństwa konsumentów oraz obniżenie kosztów produkcji, to najważniejsze cele do osiągnięcia w przetwarzaniu i utrwalaniu surowców rolniczych. Aby je osiągnąć, powszechnie stosuje się komputerowe sterowanie procesami cieplnego utrwalania żywności [Juszka i in. 2003b, Ryniecki 1995]. Nowoczesne systemy pasteryzacji pozwalają uzyskać mleko o wartości odżywczej równej, a w przypadku modyfikacji jego składu – nawet większej od wartości mleka surowego. Spożycie mleka w stanie płynnym jest najkorzystniejszą formą zużycia mleka na cele spożywcze, gdyż nie traci się jego cennych składników odżywczych [Dłużewska i Dłużewski 1996, Juszka i in. 2003a].

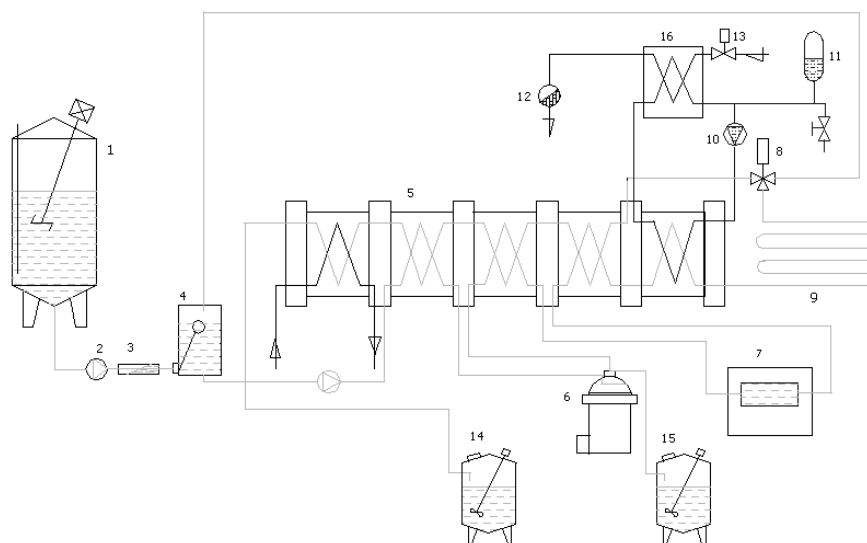
Odpowiednio zaprogramowana aplikacja InTouch będzie nadzorować wielkości związane z poprawnym przebiegiem procesu, w przypadku przekroczenia wartości krytycznych uruchomi alarm i odpowiednie procedury uniemożliwiające wyprodukowanie wadliwego produktu. System automatycznego sterowania linią do pasteryzacji

---

Corresponding Author – Adres do korespondencji: Henryk Juszka, Marcin Tomasiak, Zakład Energetyki Rolniczej, Akademia Rolnicza w Krakowie, ul. Balicka 104, 30-149 Kraków

mleka w połączeniu z wizualizacją umożliwia kontrolę procesu technologicznego i obsługę tej linii. Ponadto upraszcza znacznie archiwizację danych procesowych, ich analizę oraz ułatwia obsługę instalacji.

Celem pracy jest przedstawienie automatycznego systemu sterowania procesem pasteryzacji mleka oraz wizualizacji tego procesu. Proces ten przedstawiono na przykładzie modernizowanej linii do pasteryzacji mleka w Tarnowskich Zakładach Mleczarskich MLEKTAR S. A.



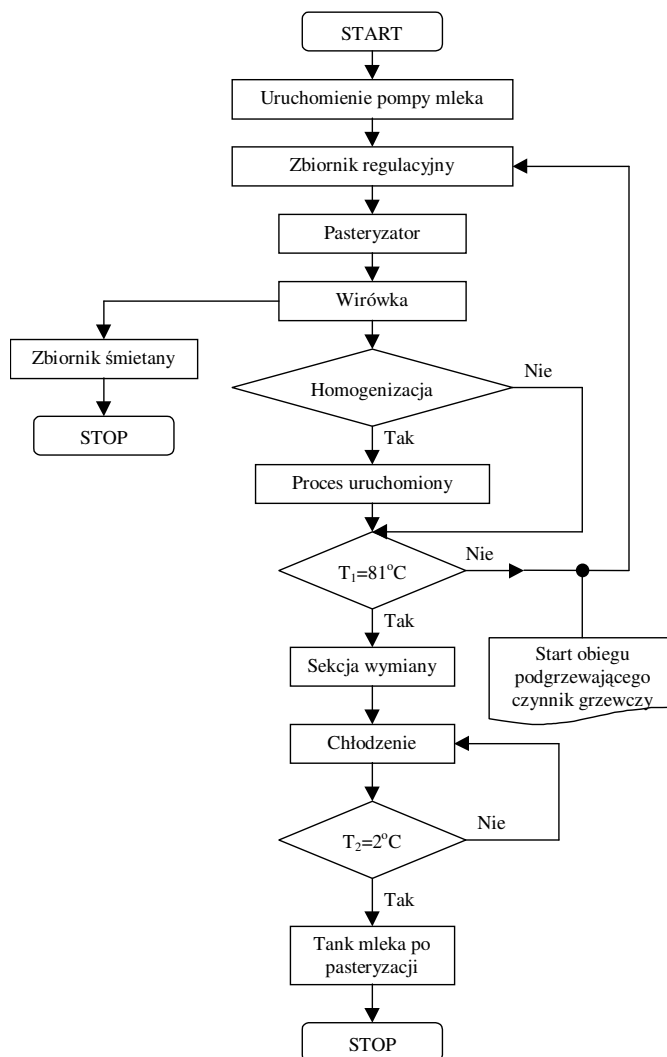
Rys. 1. Schemat linii pasteryzacji mleka z homogenizacją i odwirowaniem: 1 – tank mleka surowego, 2 – pompa podająca, 3 – filtr siatkowy, 4 – zbiornik regulacyjny, 5 – wymiennik płytowy, 6 – wirówka, 7 – homogenizator, 8 – zawór trójdrożny, 9 – przetrzymywacz, 10 – pompa obiegu wody, 11 – naczynie wyrównawcze, 12 – odwadniacz, 13 – zawór regulacyjny, 14 – tank mleka odtłuszczonego, 15 – tank śmietanki, 16 – wymiennik para-woda

Fig. 1. Scheme of the milk pasteurization line with homogenization and pump: 1 – raw milk tank, 2 – supply frame, 3 – mesh filter, 4 – balance tank, 5 – plate heat exchanger, 6 – centrifugal pump, 7 – homogenizer, 8 – T – valve, 9 – holding tube, 10 – water circulation pump, 11 – vacuum breaker, 12 – dehydrator, 13 – regulatory valve, 14 – skimmed milk tank, 15 – cream tank, 16 – water-steam exchanger

Przedmiotem badań była linia pasteryzacji mleka (rys. 1). Pasteryzator przepływowy stanowi jej główny element. Zbudowany jest z pakietu płyt tłoczonych z blachy stalowej nierdzewnej z dodatkiem chromu i niklu tworzących system równoległych kanałów przepływu, gdzie ciecz przepływa na przemian przez wewnętrzny obszar wydzielony uszczelką.

**ALGORYTM STEROWANIA PROCESEM PASTERYZACJI**

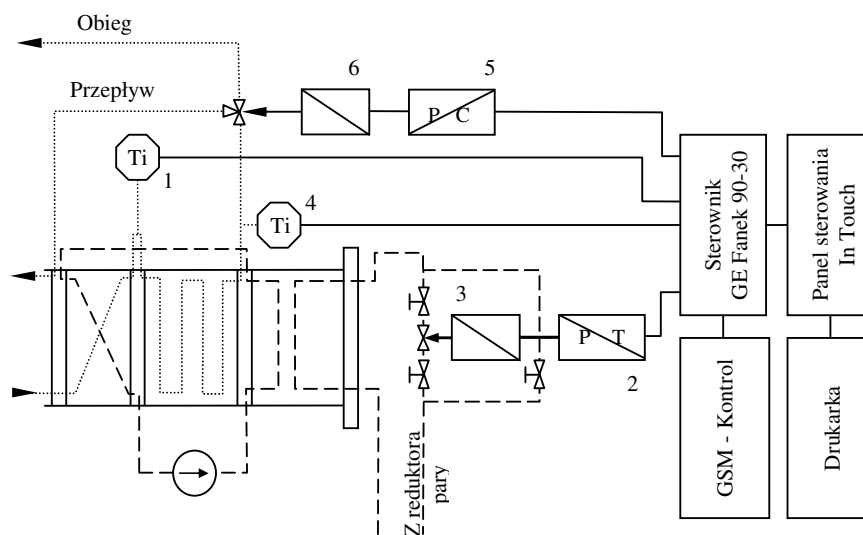
Po uruchomieniu pomp, mleko transportowane jest rurociągiem do pasteryzatora poprzez zbiornik regulacyjny (rys. 2). W pasteryzatorze realizowane jest dodatkowo odwirowanie śmietany i homogenizacja. Następnie odbywa się właściwa pasteryzacja.



Rys. 2. Algorytm procesu pasteryzacji mleka:  $T_1$  – temperatura pasteryzacji,  $T_2$  – temperatura wyjściowa mleka

Fig. 2. Algorithm for the milk pasteurization process:  $T_1$  – pasteurization temperature,  $T_2$  – milk outlet temperature

Jeżeli parametry nie są spełnione następuje skierowanie poprzez zawór, obiegu mleka do powtórnej pasteryzacji. Po przeprowadzeniu procesu pasteryzacji trafia do sekcji wymiany (oddając ciepło, ogrzewa mleko wpływające do pasteryzatora), schłodzone trafia do zbiornika końcowego. Linia pasteryzacji pracuje w cyklu ciągłym. Prezentowany algorytm został wykorzystany do zaprogramowania symulacji działania opracowanej aplikacji wizualizacji pracy pasteryzatora.



Rys. 3. Schemat automatycznego sterowania zmodernizowaną linią do pasteryzacji  
Fig. 3. Scheme for automatic control of the modernized pasteurization line

Proponowany układ sterowania linią do pasteryzacji mleka przedstawiono na rysunku 3. Istotą tego rozwiązania jest zastosowanie sterownika GE Fanuc 90–30. Zastąpi on obecnie zainstalowany regulator oraz rejestrator. Sterownik ten będzie odpowiedzialny za:

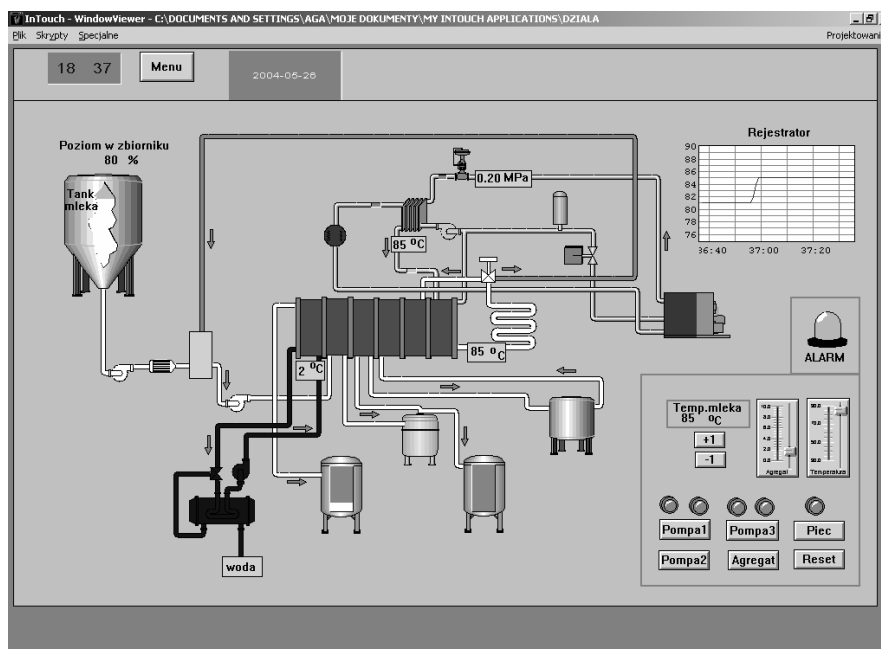
- sterowanie pracą pomp i zaworów,
- automatyczną kontrolę, rejestrację oraz regulację temperatury pasteryzacji,
- kontrolę i regulację temperatury wyjściowej produktu,
- kontrolę ciśnienia na wyjściu pasteryzatora,
- archiwizowanie parametrów pracy na dysku komputera.

## WIZUALIZACJA PROCESU PASTERYZACJI

W niniejszej pracy do wizualizacji procesu pasteryzacji mleka użyto programu In-Touch firmy Wonderware®. Jest to oprogramowanie zaprojektowane do wizualizacji oraz kontroli procesu przemysłowego [Wonderware Corporation 2005]. Oferuje ono

łatwe w użyciu środowisko tworzenia aplikacji oraz rozległą funkcjonalność umożliwiającą szybkie generowanie, testowanie oraz wdrażanie wartościowych systemów udostępniających operatorom dane wprost z produkcji.

Wizualizacja stanu procesu polega na jego zobrazowaniu w postaci animowanych obiektów tekstowych i graficznych, których spójną całość komponuje się za pośrednictwem akcji sterujących ich wyświetlaniem i usuwaniem. Konstruowanie schematu procesu, polega na umieszczaniu wybranych obiektów w zadeklarowanym oknie ekranu i precyzowaniu parametrów, które decydują dynamicznie o wyglądzie obiektów. Na przykład obiekt typu „liczba” wyświetla wartość zadeklarowanej zmiennej procesowej, przy czym możliwy jest wybór czcionki w jakiej wartość zostanie wyświetlona (tzn. wielkość, styl), kolor liczby i jej tła – zależnie od podzakresu, do którego należy aktualna wartość. Animację przedstawiającą pracę linii pasteryzacji wywołuje się w programie WindowViewer (rys. 4).



Rys. 4. Schemat procesu pasteryzacji mleka  
Fig. 4. Scheme for the milk pasteurization process

Pierwszym etapem procesu jest dostarczenie do zbiornika głównego mleka surowego, co jest uwidocznione w programie poprzez wypełnienie zbiornika (Tank mleka). Następnie za pomocą pomp podających jest transportowane poprzez filtr do zbiornika regulacyjnego, a stamtąd przepompowane do pasteryzatora. Przepływ surowca został zobrazowany poprzez zmianę atrybutu koloru statycznych elementów linii. Program kontroluje temperaturę procesu pasteryzacji i na bieżąco wyświetla aktualną temperatu-

rę na ekranie. W przypadku spadku temperatury poniżej 80°C program automatycznie uruchamia zawór obiegowy mleka, powodujący ponowne skierowanie mleka do wymiennika płytowego. W programie włącza się kontrolka sygnalizująca zbyt niską temperaturę. Równocześnie załączany jest czynn timer grzewczy, co również jest przedstawione na ekranie za pomocą zmiany kolorów.

Podczas pracy program rejestruje temperaturę i przechowuje w bazie danych. Wybranie w menu programu okna trendy umożliwia odczytanie temperatury z dowolnego okresu.

- InTouch umożliwia wykorzystanie dwóch podstawowych typów zmiennych:
- własnych, inaczej pamięciowych (w oryginale nazywanych Memory Tags),
  - globalnych, wymiennych z innymi aplikacjami Windows (I/O Tags).

Jeśli uruchamiamy prostą aplikację demonstracyjną, bez połączenia z rzeczywistym programem komunikacyjnym (I/O Server) lub programem symulującym komunikację ze sterownikiem PLC, zmienne własne dyskretne będą wystarczające do tego celu. Zmienne własne są również używane do uaktywniania i wyłączenia różnych połączeń animacyjnych, pełnienia roli przekaźników, tymczasowych rejestrów itp. Wartości zmiennych własnych są przechowywane w pamięci komputera, na którym uruchomiony jest InTouch i są wykorzystywane tylko przez InTouch.

Drugim podstawowym typem zmiennych są zmienne globalne. InTouch umożliwia zdefiniowanie zmiennych, których wartości mogą być na bieżąco wykorzystywane przez inne aplikacje Windows za pośrednictwem programów komunikacyjnych korzystających z dynamicznej wymiany danych (DDE). Wartości zmiennych tego typu, wykorzystywanych przez inne aplikacje, są uaktualniane automatycznie bezpośrednio po zmianie wartości zmiennej u źródła. Wszystkie programy komunikacyjne oferowane przez Wonderware obsługują protokół DDE oraz SuiteLink.

Odczytu danych archiwalnych, (m.in. zarejestrowanej temperatury i poziomu w zbiorniku) można dokonać z poziomu okna „Trendy” po wejściu w zakładkę „Menu”. Umieszczono na nim dwa wykresy. Jeden przedstawia charakterystykę poziomu w zbiorniku i temperaturę mleka w bieżącym przedziale czasowym. Drugi pozwala wywołać po podaniu daty początkowej i przedziału czasowego, archiwalne dane zarejestrowanych wartości temperatury i poziomu mleka w zbiorniku.

Symulacja pracy aplikacji została zaprogramowana w skrypcie na podstawie algorytmu z rysunku 2. Jednym z najbardziej istotnych elementów funkcjonalności aplikacji InTouch jest możliwość korzystania ze skryptów. Skrypty dają możliwość wykonywania poleceń, oraz operacji logicznych, w zależności od spełnienia określonych kryteriów. Na przykład wciśnięcie klawisza może powodować otwarcie okna, zmianę wartości zmiennej itd. Funkcje skryptowe wykorzystano do sterowania pracą systemu symulującego proces pasteryzacji.

Skrypty umożliwiają utworzenie szeregu zautomatyzowanych funkcji systemowych, dostosowanych do potrzeb użytkownika. Wszystkie skrypty są sterowane zdarzeniami. Zdarzeniem może być zmiana wartości, warunek, kliknięcie myszą, timer itp. Kolejność przetwarzania zależna jest od aplikacji.

## WNIOSKI

Proponowany system automatycznego sterowania pasteryzatorem wraz z wizualizacją możliwi:

- bardzo dokładną kontrolę procesu poprzez prowadzenie pełnej archiwizacji danych procesowych (warunków pracy, zadawanych parametrów wejściowych, wyjść), późniejszą analizę i weryfikację,
- bieżącą kontrolę i regulację temperatury wyjściowej produktu w czasie trwania procesu,
- planowanie zadań produkcyjnych, dynamiczną zmianę programów produkcji, otrzymywanie na bieżąco różnego rodzaju raportów, wskaźników statystycznych oraz lokalizowanie tzw. wąskich gardeł.

## PIŚMIENNICTWO

- Dłużewska A., Dłużewski M., 1996. Technologia mleka spożywczego. Ofic. Wyd. HOŻA, Warszawa.
- Juszka H., Tomasik M., Jagła W. 2003a. Komputerowa symulacja systemu automatycznego sterowania procesem przepływowej pasteryzacji wina. *Probl. Inż. Roln.* 3 (41).
- Juszka H., Tomasik M., Jagła W. 2003b. Modelowanie systemu automatycznego sterowania procesem pasteryzacji. *Probl. Inż. Roln.* 4 (42).
- Ryniecki A. 1995. Komputerowe sterowanie procesami cieplnego utrwalania żywności. *Post. Nauk Roln.* 5.
- Wonderware Corporation. 2005. Wonderware InTouch®. Astor sp. z o.o. Kraków.

## VISUALISATION OF THE CONTINUOUS MILK PASTEURIZATION

**Abstract.** A concept for an automatic system controlling the milk pasteurization process was designed, together with the process visualization. The article presents short characteristics of the facility studied and the construction of the milk pasteurization line. An opportunity has been presented to modernize the control of the milk pasteurization line using a PLC controller. An application was prepared for computer visualization in the InTouch software by Wonderware®, which – together with the relevant software – will serve for supervision of the milk pasteurization process. In the event of breaching the critical values, it will launch an alarm and appropriate procedures preventing production of faulty goods. The automatic control system for the milk pasteurization line will allow for control of technological processes and maintenance. Furthermore, it will facilitate archiving of the process data and their analysis, at the same time facilitating use of the installation.

**Key words:** milk, pasteurization, control, visualization.

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 29.05.2005