

440

PRZEMYSŁOWY INSTYTUT AUTOMATYKI I POMIARÓW
MERA-PIAP

Al. Jerozolimskie 202

02-222 Warszawa

Telefon 23-70-81

Ośrodek Automatyzacji Kompleksowej i Systemów Cyfrowych

Pracownia Automatyzacji Kompleksowej

BE 10

Główny wykonawca mgr inż. Ludwik Minczewski

shinh

Wykonawcy mgr inż. Jarosław Bar

mgr inż. Jacek Jurkowski

Konsultant

Nr zlecenia 1746

Układ mikroprocesorowy sterowania
gotowaniem cukrzyc.

Etap 1

Opracowanie założeń na układ, wykaz
niezbędnych urządzeń, porównanie cen
z układem konwencjonalnym, opracowanie
założeń na układ PI.

Zleceńodawca ZD PIAP

Pracę rozpoczęto dnia sierpień 1981r.

zakończono dnia 31.08.1981

Kier. Pracowni

Kier. Ośrodka

R. Sobczak
mgr inż. R. Sobczak

Z-ca Dyrektora
d/s Automatyki

T. Gałązka
dr inż. T. Gałązka

J. Hawryluk
mgr inż. J. Hawryluk

Praca zawiera:

Rozdzielnik - ilość egz:

stron 33

Egz. 1 BOINTE

rysunków 5

Egz. 2 ZD

fotografii

Egz. 3 ZD

tabel

Egz. 4 OAK

tablic

Egz. 5 OAK

załączników

Egz. 6 OAK

Nr rejestr. 4674

1

Analiza deskryptorowa

PRZEMYSŁ CHEMICZNY : AUTOMATYZACJA
ZESTAW PI : ZAŁOŻENIA METODYCZNE + URZĄDZENIA SPRZĘGAJĄCE
Z OBIEKTEM + CUKROWNICTWO .

Analiza dokumentacyjna

Opracowanie zawiera podstawowe założenia na układ mikroprocesorowy sterowania gotowaniem cukrzyc w przemyśle cukrowniczym.

Tytuły poprzednich sprawozdań

621.646,25

Przemysł cukrowniczy

65.011,56

Automatyzacja

UKD

MERA-PIAP/TW 331/78 5000

Spis treści

	str.
1. Wstęp	2
2. Opis procesu technologicznego gotowania cukrzycy I.	4
3. Pomiar przesylenia rozstworu cukru w warniku	12
4. Założenia na układ sterowania	16
4.1. Założenia ogólne na układ docelowy	16
4.2. Czujniki pomiarowe	17
4.3. Elementy wykonawcze	18
4.4. Opis działania układu	18
5. Założenia na zestaw PI wraz z urządzeniami mikroprocesorowymi	22
5.1. Założenia na urządzenia mikroprocesorowe	23
5.2. Założenia na zestaw PI	24
5.3. Zalecenia szczegółowe.	27
6. Wykaz niezbędnych urządzeń	31
7. Porównanie cen z układem konwencjonalnym	33

1. Wstęp.

Gotowanie cukrzyc. w przemyśle cukrowniczym jest jednym z nielicznych procesów periodycznych w produkcji cukru. Jest jednak procesem niezwykle ważnym gdyż od niego zależy jakość produktu końcowego, koszty produkcji /straty cukru w melasie/ i wydajność całej cukrowni.

W polskich cukrowniach najbardziej rozpowszechnionym sposobem gotowania cukrzyc jest ręczne prowadzenie procesu bazujące na umiejętnościach i doświadczeniu gotowacza.

Znanę są układy automatycznej regulacji gotowania sterujące całym cyklem gotowania lub najważniejszą fazą dociągu soku. Układy te budowane są z klasycznych elementów analogowych i dyskretnych.

Stosowanie takich elementów powoduje ograniczenie w dokładności działania układu regulacji.

Charakter procesu gotowania cukrzyc polegający na sekwencyjnym wykonywaniu pewnych czynności w zależności od fazy procesu i wartości przyjmowanych przez zmienne procesu oraz nieliniowe zależności między tymi ostatnimi wskazują na korzyści stosowania w układzie sterowania układów mikroprocesorowych.

Według takiej koncepcji układ sterowałby całym cyklem gotowania w warniku okresowym zastępując sterownikiem mikroprocesorowym elementy analogowe i dyskretne w dotychczasowych rozwiązaniach. Zaletami takiego układu w porównaniu z układami konwencjonalnymi są

1. Wyższa jakość kryształów cukru i lepsze wykorzystanie syropu międzykryształowego będące wynikiem dokładniejszej pracy układu.

2. Zwiększenie szybkości gotowania a tym samym zwiększenie przepustowości produktowni.
3. Większa niezawodność układu.
4. Koszt układu porównywalny z kosztem układu konwencjonalnego

Niniejsze założenia dotyczą układu gotowania cukrzycy I. Możliwe będzie po niewielkich zmianach zastosowanie tego układu do gotowania cukrzycy rafinerskiej oraz cukrzycy II i III.

Koncepcja układu przedstawiona w założeniach pkt.3 wymaga sprawdzenia w układzie doświadczalnym. Różnić się on będzie od układu docelowego głównie konfiguracją sprzętu cyfrowego wynikającą z konieczności sprawdzenia pewnych rozwiązań i ułatwienia w wprowadzaniu zmian.

2. Opis procesu technologicznego gotowania cukrzycy I.

Powstawanie kryształów sacharozy w procesie gotowania cukrzycy I jest skutkiem dwóch sprzężonych procesów fizycznych: odparowania / na skutek wrzenia/ i krystalizacji. Odparowanie powoduje zwiększenie stężenia cukru w syropie znajdującym się w warniku, a także zapewnia cyrkulację syropu.

Proces krystalizacji ściśle wiąże się z procesem odparowania: siłą napędową krystalizacji jest przesylenie, którego odpowiednią wartość osiąga się przez odparowanie wody.

Przedstawiony poniżej proces gotowania cukrzycy I jest procesem periodycznym. Kolejność następowania po sobie faz gotowania przedstawiono na rys. 1.

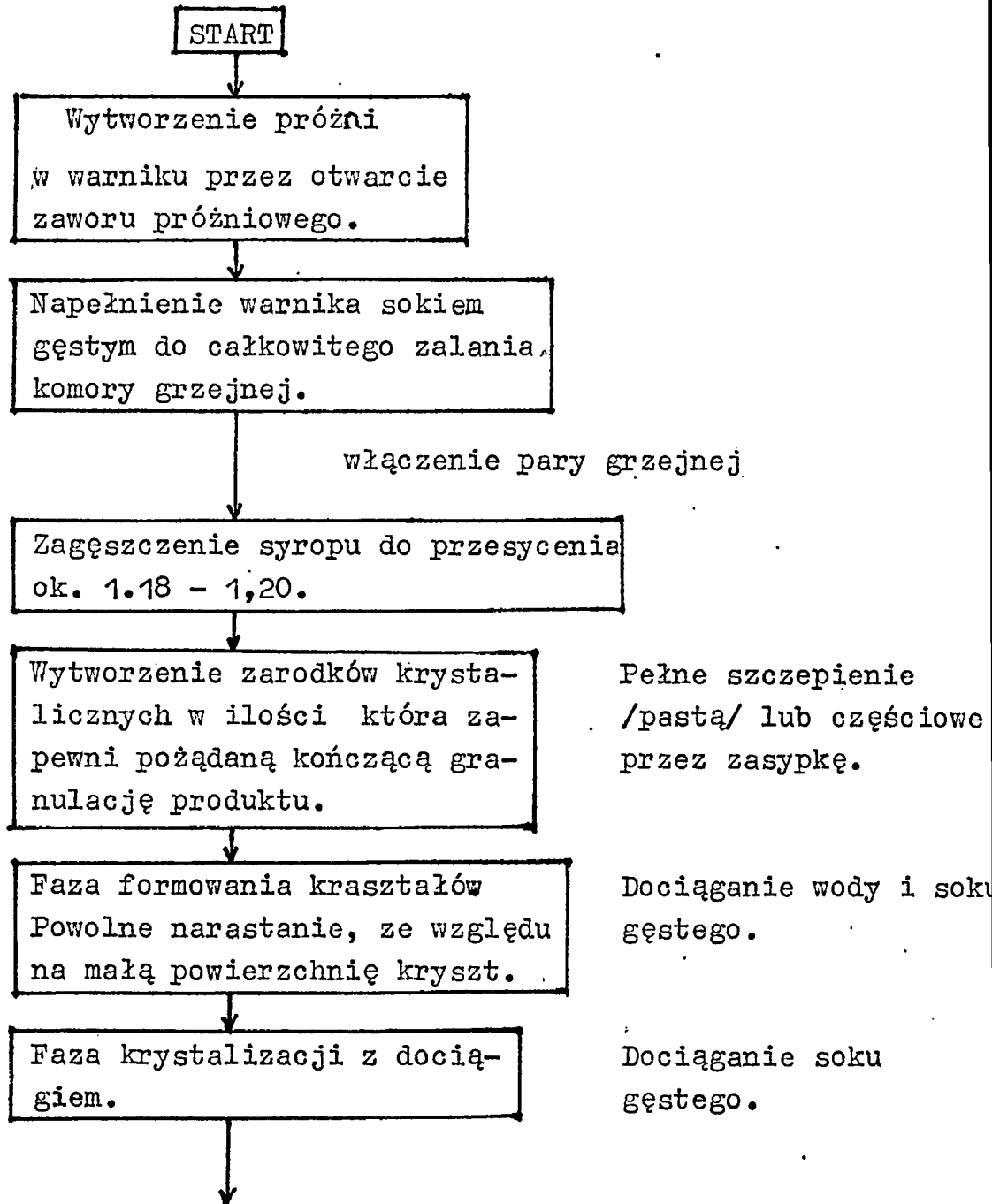
Po napełnieniu warnika sokiem gęstym tak aby komora grzejna była zalana rozpoczyna się zagęszczanie soku do momentu, w którym przesylenie osiągnie wartość 1,15 - 1,18 przy szczepieniu pełnym lub wartość 1,2 - 1,3 przy szczepieniu częściowym. Na rys.2 przedstawiającym zależność lepkości od temperatury, przesylenia i brix roztworu sacharozy zaznaczono strefy przesylenia dla szczepienia pełnego i częściowego.

W przypadku szczepienia częściowego przesylenie syropu musi być wyższe, ponieważ do warnika wprowadzana jest tylko część potrzebnej liczby zarodków, pozostałe zarodki są wytwarzane przez tzw. "wstrząs".

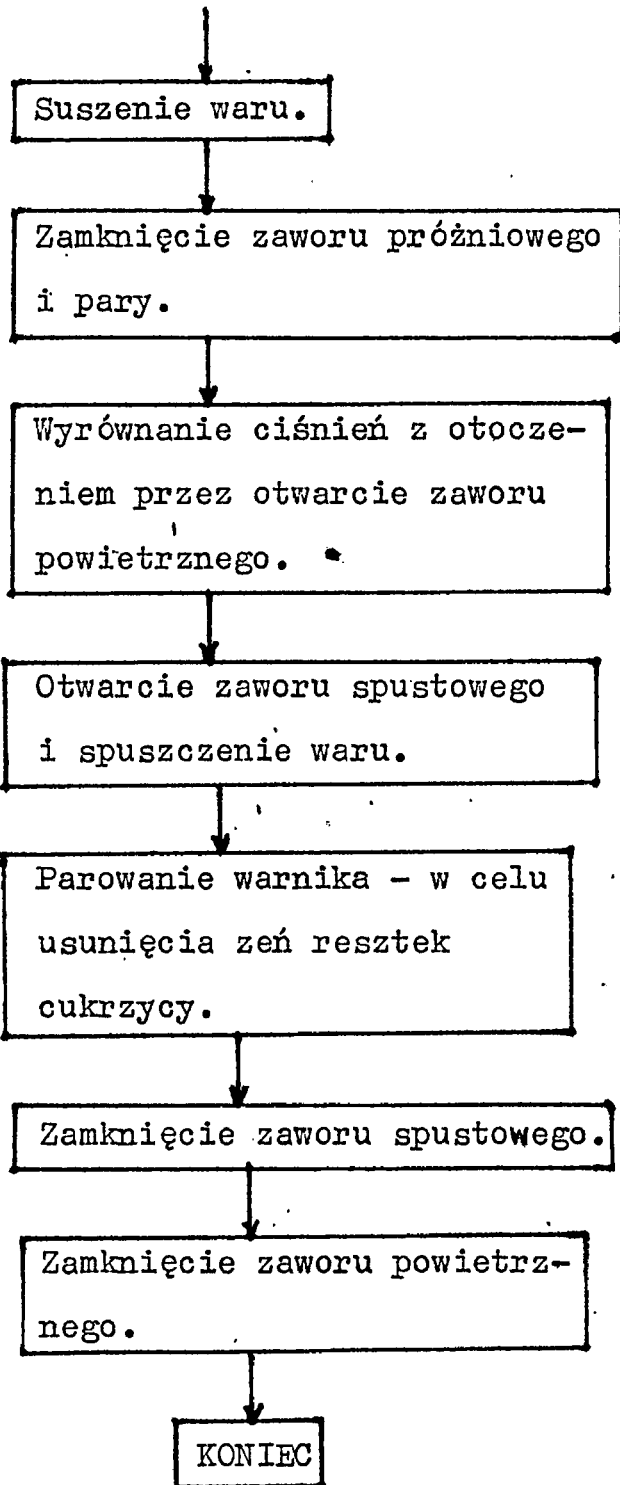
Korzystniejsze jest oczywiście szczepienie całkowite, gdy istnieje możliwość wprowadzenia do warnika optymalnej liczby zarodków, wówczas przy prawidłowo ugotowanym warze rozkład wielkości kryształów jest powtórzeniem rozkładu granulometrycznego zarodków /rys.3/. W przypadku szczepienia częściowego nie można kontrolować ani liczby zarodków ani ich granulometrycznego rozkładu.

Po zaszczepieniu waru rozpoczyna się faza formowania kryształó

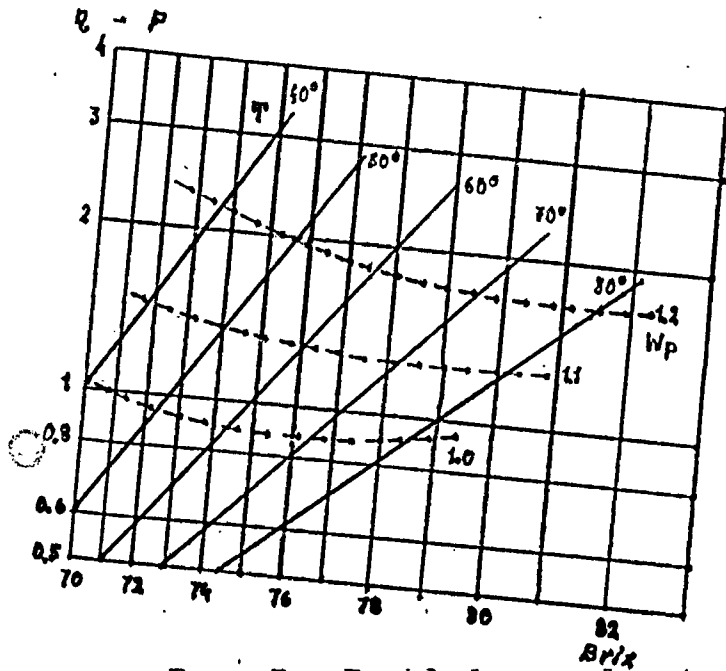
Rys. 1. Kolejne fazy procesu gotowania cukrzycy I.



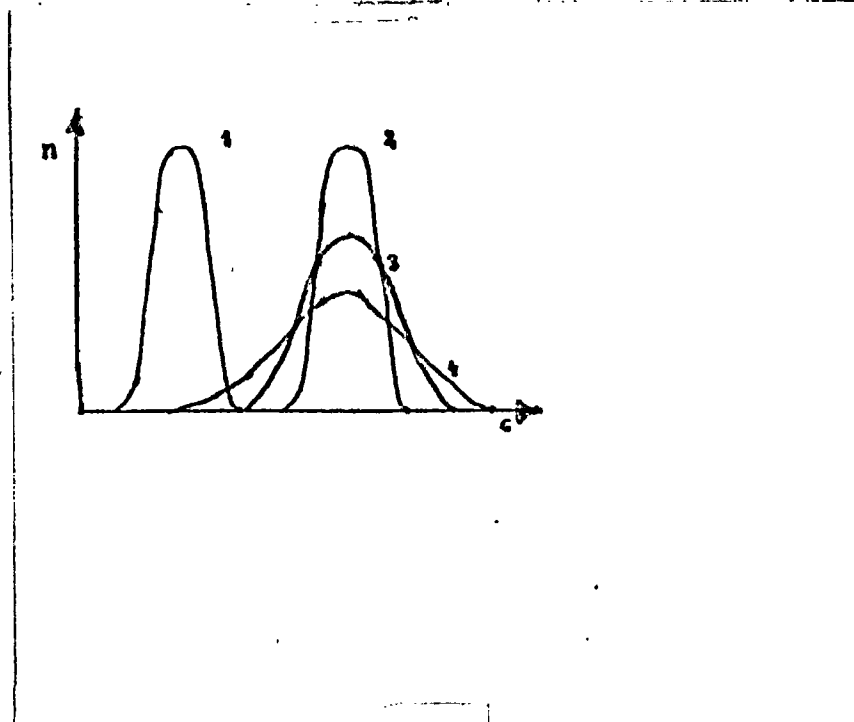
Szybkość wzrostu kryształów
zależy tylko od szybkości
odparowania wody.



Rys. 2. Zależność lepkości roztworów sacharozy od temperatury, przesylenia i brix-a.



Rys. 3. Rozkład granulometryczny zarodków i kryształów w przypadku szczepienia całkowitego i częściowego.



Kinetykę krystalizacji opisuje się następującymi zależnościami:

Wnikanie masy z roztworu

w pobliże ścianki kryształu

$$\frac{dN_i}{dt A_i} = k_{xD} /X - X_i/ \quad \begin{array}{l} \text{ścianka} \\ \text{kryształu} \end{array}$$

Wbudowywanie cukru

w ściankę krystaliczną.

$$\frac{dN_i}{dt A_i} = k_{xs} /X_i - X_n/$$

Po przekształceniu otrzymujemy

$$\frac{dN_i}{dt A_i} = \frac{1}{\frac{1}{k_{xD}} + \frac{1}{K_{xs}}} \frac{X - X_i}{N}$$

gdzie:

$$\frac{dN_i}{dt A_i} = \text{szybkość wzrostu wybranej ścianki "i" kryształu}$$

na jednostkę powierzchni w molach

$$k_{xD} = \text{wsp. wnikania masy}$$

$$K_{xs} = \text{wsp. wbudowania w siatkę krystaliczną}$$

$$X = \text{stężenie cukru w syropie}$$

$$X_i = \text{stężenie cukru przy ściance kryształu}$$

X_N - stężenie nasyconego roztworu cukru.

Przyjmując oznaczenie:

$$K_x = \left(\frac{1}{k_{xD}} + \frac{1}{k_{xs}} \right)^{-1}$$

otrzymujemy równanie wzrostu dla jednej ścianki kryształu

$$\frac{dN_i}{dt} = K_x A_i / X - X_N /$$

gdzie: K_x = wsp. przenikania masy

A_i = powierzchnia wybranej " i -tej " ścianki kryształu.

Należy tu zaznaczyć, że wsp. K_x nie jest wartością stałą.

Zawiera on w sobie wsp. k_{xD} , który zależy od:

- bieżącego wymiaru liniowego kryształu
- lepkości syropu
- gęstości syropu
- wsp. dyfuzji itp.

Dokładny wzór na wsp. k_{xD} można znaleźć w /1/.

Biorąc pod uwagę przyrost molowy wszystkich ścianek kryształu można napisać:

$$dN_1 = A_1 K_{x1} / X - X_N / dt = a_1 K_{x1} A / X - X_N / dt$$

$$dN_i = A_i K_{xi} / X - X_N / dt = a_i \cdot K_{xi} \cdot A / X - X_N / dt$$

$$dN_n = A_n K_{xn} / X - X_N / dt = a_n K_{xn} \cdot A / X - X_N / dt$$

oznaczając przez K_{xm} średni wsp. przenikania masy otrzymujemy:

$$K_{xm} = \sum_{i=1}^n a_i K_{xi}$$

$$dN = \sum_{i=1}^n dN_i = K_{xm} A / (X - X_N) / dt$$

gdzie: a_i = udział powierzchni "i" - tej ścianki kryształu w powierzchni całego kryształu.

W fazie narastania kryształów ich powierzchnia jest bardzo mała, a stąd i prędkość wzrostu kryształów jest niewielka. A więc w tym okresie ciepło dostarczone do warkana jest w niewielkiej tylko części zużywane na odparowanie wody "uwalnianej" przez cząsteczki krystalizującego cukru. Ciepło to przede wszystkim służy do zagęszczania dociągane go soku gęstego i odparowania wody dociąganej w celu stabilizacji przesycenia bez podnoszenia poziomu syropu w warkaniu. Dociąganie wody w fazie narastania kryształów różni tu opisywany proces gotowania cukrzycy I, od tradycyjnego, wręcznego sposobu gotowania. Przez dodawanie wody polepsza się cyrkulację syropu i wpływa hamująco na podnoszenie się poziomu syropu w warkaniu /dzięki czemu nie otrzymuje się rzadkiej cukrzycy pod koniec gotowania/.

W przypadku gdy dociągana jest tylko woda, dodaje się jej w ilości

$$q = q_e - q_k$$

gdzie: q_e = całkowita ilość odparowanej wody

q_k = ilość wody "uwolnionej" przez krystalizujący cukier

tak aby przez cały czas zachowane było stałe przesycenie.

Warto zauważyć, że w tej fazie ze względu na małą prędkość krystalizacji $q_e \gg q_k$

Gdy wartości q_e i q_k zbliżą się do siebie rozpoczyna się następna faza krystalizacji z dociąganiem, oczywiście soku gęstego. W fazie tej powierzchnia kryształów jest już tak duża, że krystalizacja zachodzi szybciej niż odparowanie wody.

Ze wzrostem poziomu cukrzycy w warku pogarszają się warunki gotowania. Wzrost ciśnienia hydrostatycznego i konsystencji pogarsza wymianę ciepła, a dodatkowo spadek czystości roztworu zwiększa opary dyfuzji. Tak więc najszybszy wzrost kryształów obserwuje się na początku fazy krystalizacji z dociąganiem.

Gdy cukrzyca osiągnie maksymalny poziom w warku rozpoczyna się suszenie waru. Polega ono na odparowaniu syropu międzykrystalicznego bez dociągania świeżego soku gęstego. Po uzyskaniu odpowiedniej konsystencji war jest gotowy do spuszczenia. Należy zwrócić uwagę na to, że suszenie rzadkiej cukrzycy może spowodować pojawienie się mąki i wydłużyć czas suszenia.

3. Pomiar przesylenia roztworu cukru w warku.

Przesylenie, a właściwie współczynnik przesylenia roztworu.

"Wp" definiuje się w następujący sposób:

$$W_p = \frac{C_k/W}{R}$$

gdzie: C_k = procentowa zawartość cukru

W = procentowa zawartość wody

R = rozpuszczalność

$$R = \frac{C_k}{W} / \text{roztw. nasycony}$$

rozpuszczalność jest funkcją temperatury i czystości roztworu.

Współczynnik przesylenia roztworu można mierzyć tylko metodami pośrednimi. Za pracą /2/ podano wady i zalety poszczególnych metod:

Wielkość zakłócająca	Pomiar			
	ebuliometr	refraktometr	kondukto- tometr	wiskozy- metr
Zawartość kryształu	N	N	M	H
Poziom	H	N	L	N
Ciśnienie	L	N	N	N
Czystość	H	H	M	L
Skład niecukrów	M	L	H	L
Temp. 60-80°C	N	L	L	N
	/9/	/5/	/9/	/5/

N - nie ma wpływu na pomiar /0pkt/

L - mały wpływ na pomiar /1pkt/

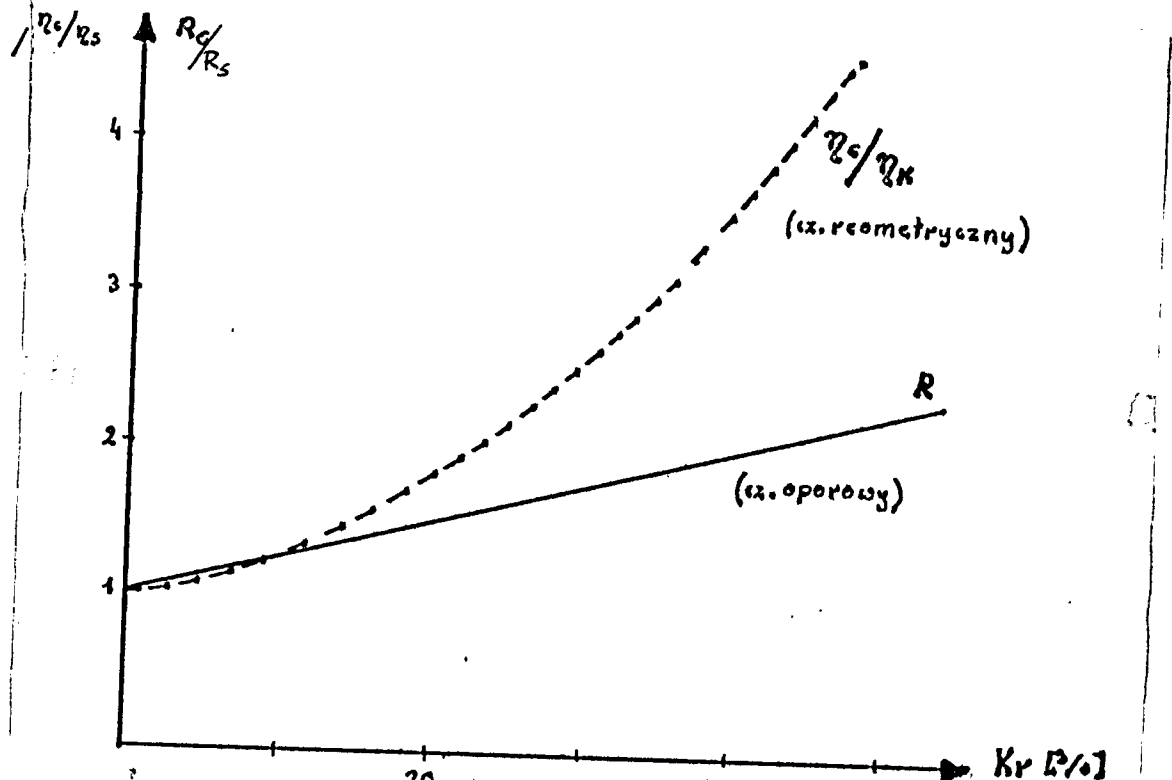
M - średni wpływ na pomiar /2pkt/

H - duży wpływ na pomiar /3pkt/.

Jak widać z przedstawionego wyżej zestawienia bardzo zachęcającą metodą pomiaru współczynnika przesylenia jest metoda wiskozymetryczna /łatwiejsza w instalacji i eksploatacji ciągłej niż metoda refraktometryczna/. Metoda ta daje jednoznaczne wyniki gdy w warniku jeszcze nie pojawiły się kryształy czyli do momentu szczepienia waru. / W niektórych układach automatycznego gotowania pomija się wpływ kryształów nawet w fazie formowania kryształu 3 /
Gdy w badanym roztworze pojawią się kryształy pomiar zawiera nie tylko wartość lepkości /bezpośrednio związanej z przesyleniem lecz także uwzględnia wpływ kryształów na obracający się lub wibrujący czujnik. Tak więc stosując pomiar wiskozymetryczny, a ściślej reometryczny, do automatycznego prowadzenia procesu gotowania należy kompensować wpływ zawartości kryształów. W dotychczas instalowanych układach kompensacja ta polega na podwyższeniu wartości zadanej układu regulacji przesylenia, o wielkość będącą funkcją poziomu cukrzycy w warniku. W układzie przedstawionym w poniższym opracowaniu proponuje się również korekcję wartości zadanej, ale bezpośrednio w funkcji zawartości kryształu. Chodzi tu o to, aby przesylenie było mierzone dwoma czujnikami o różnych charakterystykach ze względu na zawartość kryształu.

Mogą to być dwa czujniki reometryczne o różnych elementach wirujących, bądź dwa czujniki oparte na różnych zasadach pomiaru. Tak więc proponuje się czujnik reometryczny jako źródło sygnału według, którego będzie prowadzony proces i czujnik pomocniczy konduktometryczny. Sygnał z czynnika konduktometrycznego po porównaniu z sygnałem z czujnika reometrycznego będzie służył do określania zawartości kryształów i korekcji wartości zadanej. Na rys. 4.. przedstawiono krzywe ilorazu wartości pomiarów dla cukrzycy w stosunku do syropu

między-kryształicznego dla metody reometrycznej i konduktometrycznej w zależności od zawartości kryształu w cukrzycy. / rys. za pracą



Rys. 2. Wpływ zawartości kryształów w cukrzycy

na pomiar reometryczny i konduktometryczny

- η_s = lepkość syropu między-kryształicznego
- η_c = lepkość /konsystencja/ cukrzycy
- R_s = pomiar konduktometryczny dla syropu międzykryształicznego
- R_c = pomiar konduktometryczny dla cukrzycy.

Metoda dwóch czujników zostanie sprawdzona w trakcie prób układu zainstalowanego przy warniku. Badany układ będzie miał możliwość wprowadzania korekcji wartości zadanej dla pomiaru reometrycznego, od poziomu cukrzycy w warniku.

Bibliografia

1. M.Serwiński "Zasady inżynierii chemicznej " WNT 1971.
2. J.Dobrzycki "Automatyzacja w przemyśle cukrowniczym" WNT 1974.
3. RECRYMAT The New Approach to A Fully Automatic Vaccum Pan Station. Fisher Porter.

4. Założenia na układ sterowania.

4.1. Założenia ogólne na układ docelowy.

Układ mikroprocesorowy gotowania cukrzyc przeznaczony jest do sterowania całym cyklem gotowania w warniku periodycznym.

Rozróżnia się następujące fazy procesu:

1. Napełnianie warnika sokiem
2. Zagęszczenie soku
3. Szczepienie roztworu
4. Formowanie kryształu
5. Krystalizacja z dociąganiem
6. Suszenie waru
7. Spuszczenie waru
8. Przeparowanie warnika
9. Przygotowanie warnika
10. Zatrzymanie gotowania - faza awaryjna.

Układ umożliwia sterowanie automatyczne 1 cyklem i wielocyklicznie oraz sterowanie ręczne każdą fazą procesu. W przypadku awarii układu mikroprocesorowego możliwe jest sterowanie ręczne wszystkimi organami wykonawczymi.

Zakłada się, że jeden układ mikroprocesorowy sterować będzie kilkoma warnikami cukrzycy jednego rodzaju. Dążyć się będzie by jeden układ mógł sterować 4-ma warnikami co odpowiada cukrowni o przerobie 6000 t., buraków na dobę. Zależne to będzie od czasów wykonywania poszczególnych operacji i zapotrzebowania na pamięć.

Układ docelowy nie będzie posiadał urządzeń operatorskich takich jak drukarka, czytnik i dziurkarka taśmy papierowej czy klawiatura. Do testowania zestawu PI i mikroprocesora użyty będzie pulpit testujący PT-101.

Układ sterowania mieścić się będzie w szafie wolnostojącej umieszczonej w pobliżu warników. Na ścianie czołowej znajdować się będą:

1. Wskaźniki analogowe
2. Stacyjki regulacyjne
3. Przyciski sterujące i przełączniki
4. Lampki sygnalizacyjne

Wewnątrz szafy umieszczony będzie zestaw PI ze sterownikiem mikroprocesorowym w formie stojaka z kasetami.

Na ścianach bocznych umieszczone będą przetworniki pomiarowe, styczniki, przekaźniki i osprzęt pomocniczy.

Możliwe jest umieszczenie układu w dyspozytorni produktowni.

Sterownik mikroprocesorowy umożliwia poprzez układ transmisji współpracę z innymi układami lub pracę w systemach hierarchicznych. Na razie nie przewiduje się wykorzystania tej możliwości.

4.2. Czujniki pomiarowe.

Głównym czujnikiem pomiarowym jest przetwornik lepkości cukrzycy typ A 120 produkcji OBR MERA FNEFAL. W pierwszych fazach procesu czujnik mierzy lepkość soku gęstego a pośrednio współczynnik przesycenia roztworu, w dalszych fazach mierzy konsystencję cukrzycy. Sygnał wyjściowy czujnika korygowany jest w układzie od temperatury roztworu.

Zastosowano także drugi czujnik mierzący przewodność roztworu a pośrednio także konsystencję cukrzycy. W obu tych czujnikach wpływ zawartości kryształów na ich charakterystyki - przy stałym współczynniku przesycenia syropu międzykryształowego jest różny.

Z różnicy sygnałów /po znormalizowaniu/ sądzić można o zawartości kryształów i wykorzystać to do korekcji wartości zadanej konsystencji w fazie gotowania z dociąganiem. Pomysł ten wymaga sprawdzenia w układzie doświadczalnym.

4.3. Elementy wykonawcze.

Hydrauliczne zawory: spustowy i oparowy stanowiące wyposażenie warnika otwierane i zamykane będą poprzez rozdzielacze elektrohydrauliczne sterowane przez PI.

Zawory dociągowe soku gęstego i wody /soku rzadkiego/ pneumatyczne z ustawnikami precyzyjnie sterowane będą poprzez stacyjki sterownicze typu PNEFAL-3.

Zawór na dopływie pary do komory grzejnej warnika powinien przyjmować trzy położenia:

1. Zamknięty,
2. 1/4 otwarcia,
3. Całkowicie otwarty.

Pozostałe zawory: zasypki, napowietrzania i przeparuowania są typu dwupołożeniowego. Mogą one być z napędem pneumatycznym lub elektromagnetycznym.

Ze względu na małą moc wyjściową pakietów dwustanowych PI sterowanie elementami wykonawczymi dwupołożeniowymi wymaga elementów pośredniczących takich jak przekaźniki i styczniki.

4.4. Opis działania układu.

Poniżej podano działania układu na obiekt sterowania w poszczególnych fazach gotowania cukrzycy I.

4.4.1. Napełnianie warnika.

1. Sprawdzenie czy zamknięte są zawory: napowietrzający, przeaparowania, zasypki , parowy.
2. Zamknięcie /jeśli nie zamknięty/ zaworu spustowego.
3. Otwarcie zaworu próżniowego.
4. Otwarcie całkowite zaworu sokowego.
5. Napełnienie warnika sokiem gęstym do zalania komory grzejnej.

4.4.2. Zagęszczenie soku.

1. Załączenie mieszadła.
2. Włączenie czujnika lepkości.
3. Otwarcie całkowite zaworu parowego.
4. Układ regulatora programowego utrzymuje stały poziom w warniku sterując zaworem sokowym.

4.4.3. Szczepienie roztworu.

Po osiągnięciu zadanej lepkości /przesycenia/ soku następuje:

1. Zamknięcie zaworu sokowego.
2. Szczepienie roztworu pełne pastą /przy przesyceniu 1,15 - 1,18/ lub częściowe / przy przesyceniu 1,25/ przez otwarcie na okres ok. 5 sek. zaworu zasypki.
3. Dalsze zagęszczenie roztworu przy zamkniętym zaworze sokowym przez okres do 20 sek.
4. Zawór sokowy zostaje otwarty całkowicie przez okres ok. 20 sek. lub do osiągnięcia odpowiedniej lepkości.

4.4.4. Formowanie kryształu.

1. Zawór parowy otwarty w 1/4.
2. Konsystencja roztworu /przesycenie/ utrzymywana jest

przez układ regulatora programowego otwarciem zaworów: soku gęstego i wody /soku rzadkiego/. Stopień otwarcia zaworu wody /soku rzadkiego/, zmniejsza się wraz ze wzrostem poziomu w warniku.

3. Wartość zadana konsystencji korygowania jest wariantowo:
- w zależności od poziomu w warniku,
 - w zależności od wartości kryształów w roztworze tj. od różnicy wskazań czujników lepkości i przewodności.

4.4.5. Krystalizacja z dociąganiem.

Po osiągnięciu przez roztwór w warniku odpowiedniego poziomu lub odpowiedniej zawartości kryształów następuje:

1. Całkowite otwarcie zaworu parowego.
2. Konsystencja roztworu utrzymywana jest otwarciem tylko zaworu sokowego.
3. Wartość zadana konsystencji korygowana jest tak jak w poprzedniej fazie.

4.4.6. Suszenie waru.

1. Zawór dociągowy soku gęstego zostaje zamknięty po osiągnięciu przez poziom w warniku wartości ok. 95%.
2. Następuje zagęszczenie cukrzycy do zadanej wartości konsystencji.

4.4.7. Spuszczenie waru.

1. Zamknięcie zaworu parowego.
2. Zamknięcie zaworu próżniowego.
3. Otwarcie zaworu napowietrzającego.
4. Otwarcie zaworu spustowego do momentu gdy poziom osiągnie 0 i dodatkowo przez okres ok. 1 min.

4.4.8. Przeparowanie warnika.

1. Zamyka się zawór napowietrzający.
2. Otwiera się zawór przeparu warnika na okres ok. 5 min.

4.4.9. Przygotowanie warnika.

1. Zamyka się zawór spustowy.
2. Gdy poziom soku gęstego w skrzyni jest wystarczający warnik gotowy jest do rozpoczęcia następnego cyklu.

4.4.10. Zatrzymanie gotowania.

Zatrzymanie gotowania może nastąpić tylko w fazie gotowania z obciążeniem.

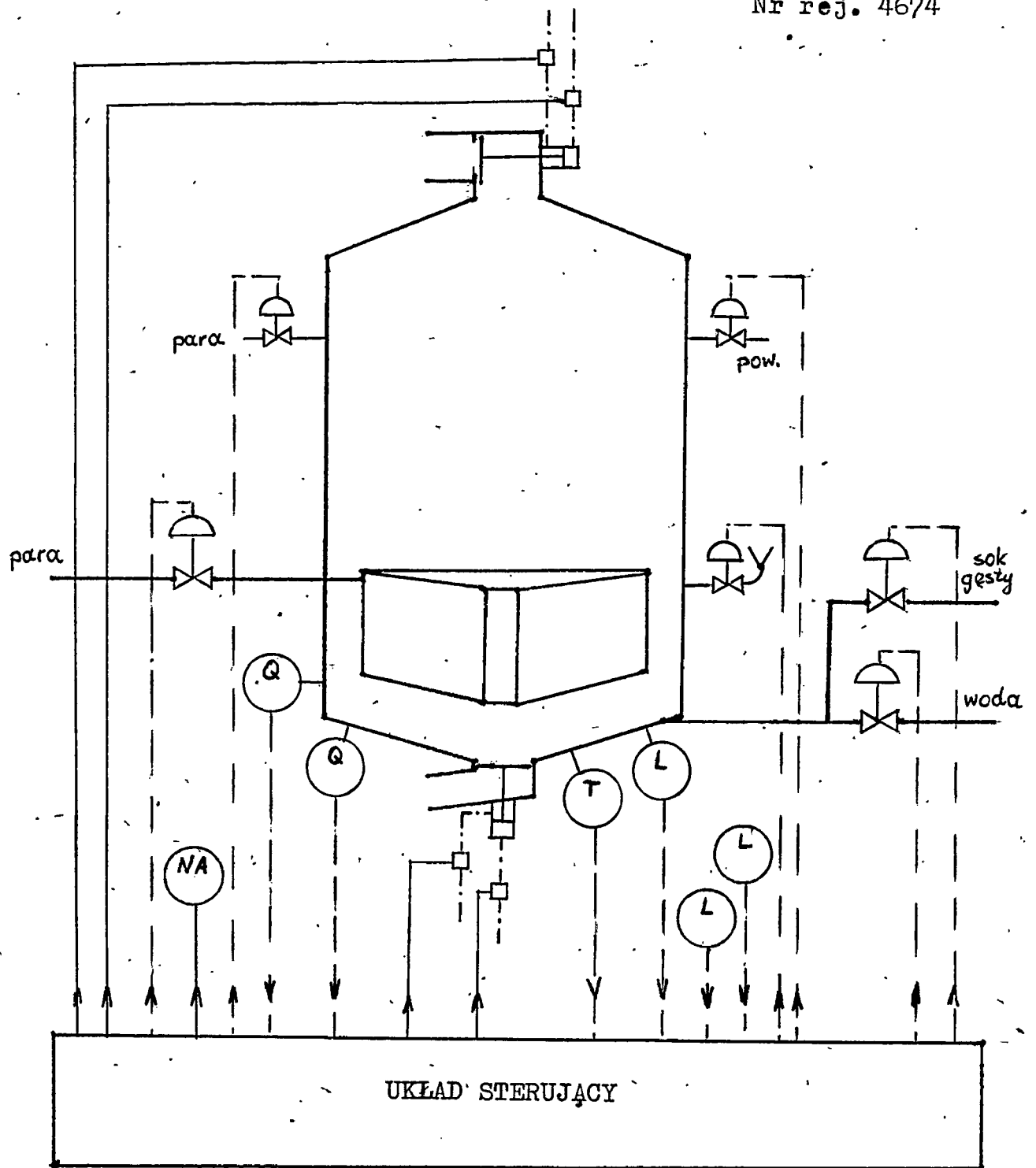
Spowodowane może być:

1. Brakiem soku gęstego,
2. Zapelnieniem mieszadła,
3. Sygnałem zewnętrznym.

Utrzymywana jest wtedy ostatnia wartość przesycenia poprzez obciążenie wody /soku rzadkiego/.

Zawór otwarty jest w 1/4.

Schemat automatyki przedstawiono na rys.5.



Rys. 5. - schemat automatyki

24

5. Założenia na zestaw PI wraz z urządzeniami mikroprocesorowymi.

Zestaw PI wyposażony w urządzenia mikroprocesorowe przeznaczony jest do sterowania pracą warnika w cukrowni. Zestaw ten powinien spełniać następujące funkcje:

1. przechowywanie w pamięci stałej programu sterowania.
2. zabezpieczenie przed utratą danych znajdujących się w pamięci RAM i zapewnienie ciągłości pracy zegara systemowego w przypadku zaniku napięcia zasilania.
3. przyjmowanie obiektowych sygnałów analogowych.
4. przyjmowanie obiektowych sygnałów dwustanowych - przerywających.
5. przyjmowanie sygnałów dwustanowych w kodzie BCD przekazywanych przez zadajniki cyfrowe służące do wprowadzania danych.
6. obsługa stacyjek PNEFAL-3.
7. wysyłanie sygnałów dwustanowych sterujących przekaźnikami typu R-15.
8. wysyłanie sygnałów do lampek sygnalizacji stanu pracy warnika.
9. wysyłanie sygnałów do lampek diagnostyki pracy systemu.
10. sygnalizacja stanu awarii systemu.
11. generacja przerwań zegarowych.

Należy założyć, że zestaw urządzeń mikroprocesorowych będzie służył również do uruchamiania i testowania programu sterującego w trakcie prac prowadzonych w Instytucie, a także w pierwszej fazie testowania systemu w cukrowni. W związku z tym zestaw taki /zwany uruchomieniowym - w odróżnieniu od zestawu docelowego/ spełniać powinien dodatkowe, nieco odmienne od w/w, funkcje:

- 1/ przechowywanie znacznej części programu sterującego w pamięci RAM.
- 2/ możliwość pracy z programem monitora.
- 3/ wczytywanie taśmy papierowej.
- 4/ perforacja taśmy papierowej.

5.1. Założenia na urządzenia mikroprocesorowe.

W skład urządzeń mikroprocesorowych zestawu docelowego powinien wchodzić następujące podstawowe pakiety:

- FM - 01
- FM - 02
- FM - 03 wraz z pulpitem PT - 101
- FM - 40.

W związku z trudnością określenia na obecnym etapie prac zapotrzebowania na pamięć operacyjną można podać jedynie dane szacunkowe:

pamięć typu PROM - minimum 8K słów 8-bitowych, a więc
1 pakiet FM - 23.

pamięć typu RAM - 4K słów 8-bitowych - 1 pakiet FM-20.

Należy stwierdzić, że wielkości te mogą ulec zwiększeniu, zwłaszcza jeśli chodzi o pamięć typu PROM. W związku z tym należy przewidzieć możliwość rozbudowy zestawu o dalsze pakiety pamięci.

Zestaw uruchomieniowy powinien posiadać ten sam zbiór standardowych pakietów mikroprocesorowych z uwzględnieniem innej struktury pamięci operacyjnej:

pamięć typu RAM - minimum 8K słów 8-bitowych - 2 pakiety FM20

Wraz z uruchamianiem i testowaniem w pamięci RAM kolejnych partii programu sterującego będą one zapisywane w pamięci PROM.

Dodatkowo zestaw uruchomieniowy powinien być wyposażony w podstawowy

zestaw urządzeń operatorskich, a więc:

- drukarka z klawiaturą alfanumeryczną wraz z pakietem PS-101 i PS-102,
- czytnik taśmy papierowej i pakiet PS-103,
- perforator taśmy papierowej i pakiet PS-104.

5.2. Założenia na zestaw PI.

Niżej podano spis sygnałów wejściowych i wyjściowych zestawu PI wraz z propozycjami rozwiązań sprzętowych.

5.2.1. Sygnały wejściowe analogowe.

Lp.	Nazwa	Opis słowny	Zakres
1.	L05	Poziom w skrzyni soku gęstego.	4 - 20 mA
2.	L06	Poziom w mieszadle	4 - 20 mA
3.	R01	Lepkość/konsystencja	4 - 20 mA
4.	L01	Poziom w warniku	4 - 20 mA
5.	P01	Przewodność cukrzycy	4 - 20 mA
6.	T01	Temperatura cukrzycy w warniku.	4 - 20 mA
7.	Z01	Położenie zaworu sokowego /sygnał zwrotny stacyjki/	0 - 1 V
8.	K01	Sygnał testowy - 0 V	.. 0 V
9.	K02	Sygnał testowy - + 5V	.. + 5V

Proponowana realizacja sprzętowa: 1 pakiet PE-03

1 pakiet PE-04

1 pakiet PD-03 dla sygnałów 1-6

Sygnał OV można zrealizować przez zwarcie wejścia komutatora- zaś sygnał +5V przez podłączenie napięcia stabilizowanego zasilacza.

5.2.2. Sygnały wejściowe dwustanowe - przerywające 0/20mA.

Lp.	Nazwa	Opis słowny
1.	Q01	Zawór spustowy zamknięty.
2.	Q02	Zawór spustowy otwarty
3.	Q03	Zawór próżniowy zamknięty
4.	Q04	Zawór próżniowy otwarty
5.	Q05	Zawór zasypki otwarty
6.	Q06	Zawór napowietrzający otwarty
7.	Q07	Zawór przeparu otwarty
8.	Q08	Sygnalizacja rodzaju pracy /mikroprocesor/ręczny/ stacyjek.

Proponowana realizacja sprzętowa:

1 pakiet PI-02

1 pakiet PD-05

Wszystkie sygnały są zasilane od strony PI.

5.2.3. Sygnały wejściowe z zadajników cyfrowych.

Lp.	Nazwy sygnałów	Opis słowny
1.	Z11, Z12, Z13...do Z18	Przesycenie szczeplenia
2.	Z21, Z22...do Z28	Korekcja konsystencji - współczynnik
3.	Z31, Z32...do Z38	Korekcja konsystencji - współczynnik
4.	Z41, Z42...do Z48	Korekcja konsystencji - współczynnik C
5.	Z51, Z52,...do Z58	Rezerwa
6.	Z61, Z62, do Z68	Rezerwa

Każda pozycja tabeli opisuje 8 sygnałów wejściowych odpowiadających dwu liczbom przekazywanym w kodzie BCD.

Proponowana realizacja sprzętowa: 2 pakiety PI-11.

Pakiety PI-11 powinny być wykonane w wariancie z uniezależnieniem funkcjonalnym od sygnałów strobujących z urządzenia zewnętrznego, na wejściach będą miały dołączone zestyki.

5.2.4. Sygnały wyjściowe do sterowania silnikami skokowymi stacyjek PNEFAL-3.

Do sterowania silnikami skokowymi służą sygnały o nazwach S10, S11, S12, S13, S14 dla stacyjki sterującej zaworem soku gęstego /1/ oraz S15, S16, S17, S18 dla stacyjki sterującej zaworem wodnym /2/. Sterowanie realizowane jest przez 2 pakiety PO-03.

5.2.5. Sygnały dwustanowe wyjściowe - obiektowe 0/100 mA.

Lp.	Nazwa	Opis słowny
1.	W11	Zamknięcie zaworu spustowego
2.	W12	Otwarcie zaworu spustowego
3.	W13	Zamknięcie zaworu próżniowego
4.	W14	Otwarcie zaworu próżniowego
5.	W15	Otwarcie zaworu zasypki
6.	W16	Otwarcie zaworu napowietrzającego
7.	W17	Włączenie napędu mieszadła
8.	W18	Włączenie czujnika lepkości
9.	W19	1/4 otwarcie zaworu parowego
10.	W20	Pełne otwarcie zaworu parowego
11.	W21	Otwarcie zaworu przeaparowania warnika
12.	W22	Sygnał do stacyjki 1
13.	W23	Sygnał do stacyjki 2.

Wszystkie sygnały wyjściowe zasilane są przez zasilacz obiektowy PI./+24V/

Proponowana realizacja sprzętowa: 2 pakiety PO-05.

5.2.6. Sygnały dwustanowe - wyjściowe - sprzętowe 0/50 mA.

Są to następujące sygnały:

10 sygnałów wyjściowych sygnalizacji stanu pracy warnika o nazwach X01, X02, ... itd. do X10.

22 sygnały diagnostyki o nazwach: D01, D02, ... itd. do D22.

Proponowana realizacja sprzętowa: 1 pakiet PO-11 /wariant z zerowa-
niem wyjść sygnałem Z/.

Wszystkie sygnały są zasilane przez zasilacz obiektowy PI /+ 24V/.

5.3. Zalecenia szczegółowe.

1. Niżej podano propozycję rozmieszczenia pakietów PI w kase-
cie adresowanej:

Adres pakietu	00	03	05	06	07	08	09	10	11	12
Rodzaj pakietu	PE03	PE04	PI02	PI11	PI11	PO03	PO03	PO11	PO05	PO05
13	14									
PC03	PZ21									

2. Zestaw PI powinien być wyposażony w pakiet P2-22 zapewniający ciągłość pracy zegara systemowego.

3. W celu zabezpieczenia przed utratą danych przechowywanych w pamięci RAM w przypadku zaniku napięcia zasilającego należy wyposażyć zestaw PI w źródło napięcia rezerwowego EB. Źródłem tym powinna być bateria akumulatorów ładowana buforowo /zgodnie z opisem w DTR pakietu PM-40/. Źródło napięcia powinno również zasilać pakiet PZ-22.

4. W związku z bardzo małą liczbą pakietów zgłaszających przerwania /2/ należy sygnały przerwania z tych pakietów doprowadzić bezpośrednio do układu przerwania pakietu FM-01, zamiast sygnału PK sterownika kasety /zgodnie z sugestią zawartą w DTR pakietu FM-01/. Korzystne byłoby jednak zachowanie świetlnej sygnalizacji przerwania w sterowniku kasety /lampka PK/.

Przerwania z pakietów należy dołączyć następująco:

PE-03 na poziom priorytetu 7

PI-02 na poziom priorytetu 6.

5. Do układu przerwania należy doprowadzić z pakietu PZ-21 następujące sygnały:

przerwanie 10 Hz na poziom priorytetu 13

" 1 Hz -"- 12

" 1/60Hz -"- 11

6. Zestaw PI powinien być wyposażony w układ sygnalizacji awarii systemu. Zasada działania układu: mikroprocesor wysyła z określoną częstotliwością do pakietu licznika sygnał zerujący jego stan. W przypadku zatrzymania systemu sygnał zerujący przestaje dochodzić, licznik osiąga określoną wartość i uruchamia poprzez odpowiedni układ lampkę sygnalizacyjną.

Proponowana realizacja sprzętowa:

jako licznik należy zastosować pakiet PC-03.

Źródłem impulsów zliczających jest sygnał o częstotliwości 1 Hz z pakietu PZ-21. Należy dokonać w pakiecie PC-03 następujących przeróbek:

- sygnał Q z przerzutnika przerwania E6 wyprowadzić na wyjście nie standardowe
- wyjście Q przerzutnika /E5/ odłączyć od wejść bramek R11, R12, R3. Wejścia te należy zewrzeć do masy.

Wyprowadzony na magistralę sygnał z elementu E6 należy doprowadzić do niestandardowego wejścia pakietu PO-05 /pozycja 12 adresu kasety. Sygnał ten wysteruje 1 wyjście pakietu PO-05 /np. wyjście 07/. W tym celu należy odłączyć sygnał \bar{Q} przerzutnika wysterowującego wyjście 07 od diody transoptora i podłączyć do tej diody sygnał doprowadzony z pakietu PC-03.

6. Wykaz niezbędnych urządzeń.

Poniżej przedstawiono urządzenia które niezbędne są do realizacji układu doświadczalnego. Wykaz obejmuje wszystkie urządzenia znajdujące się w obrębie zarówno warnika jak i szafy sterującej. Wykaz nie obejmuje zaworów : spustowego i próżniowego które są integralną częścią warnika. Zakłada się, że w układzie docelowym po sprawdzeniu proponowanej koncepcji będzie można zrezygnować z niektórych urządzeń.

1. Sterownik mikroprocesorowy z zestawem PI według założeń w punkcie 5. 1 kpl.
2. Przetwornik lepkości cukrzycy typ A120 wyjście pneumatyczne 20÷100 kPa. 1 szt.
3. Czujnik przewodności cukrzycy z przetwornikiem oporności - prąd, wyjście 4÷20 mA. 1 "
4. Termometr oporowy Pt100 do pomiaru temperatury cukrzycy w warniku oraz z przetwornikiem APR 313 o wyjściu 4÷20 mA. 1 "
5. Przetwornik membranowy poziomu typ A 109 do pomiaru poziomu cukrzycy:
 1. W skrzyni soku gęstego. 1 "
 2. W warniku, 1 "
 3. W mieszadle cukrzycy. 1 "
6. Przetwornik międzysystemowy P/I typ A272 o wyjściu 4÷20 mA. 4 "
7. Stacyjki sterownicze pneumatyczne PNEFAL-III typ A 615. 2 "
8. Rejestrator pneumatyczny typ PZ-3 3 x rejestrujący. 1 "
9. Rozdzielacze elektrohydrauliczne, nap. zasil. 24V= ciśnienie robocze 3 MPa. 4 "
10. Zawór regulacyjny żeliwny do soku gęstego, Pn 1,6 MPa, Dn 100, o charakterystyce stałoprocentowej z siłownikiem membranowym i pozycjonerem. 1 "
11. Zawór regulacyjny żeliwny do wody Pn 1,6 MPa, DN 50, o charakterystyce stałoprocentowej z siłownikiem membranowym i pozycjonerem. 1 "

12. Zawór regulacyjny żeliwny do pary Pn 1,6 MPa, Dn 100,
o charakterystyce liniowej z siłownikiem membranowym
i pozycjonerem . 1 szt.
13. Zawór kulowy Dn 25 z napędem pneumatycznym lub
elektromagnetycznym . 1 "
14. Zawór dwupołożeniowy Pn, 1,6 MPa, Dn 50 z napędem
pneumatycznym lub elektromagnetycznym . 2 "
15. Zawory elektromagnetyczne 24V= typ. R371 . 5 "
16. Przełączniki, lampki elektryczne, osprzęt
pneumatyczny . 1 kpl.

7. Porównanie cen z układem konwencjonalnym.

Istniejące układy sterowania gotowaniem cukrzyc stosowane są do regulacji w niektórych lub wszystkich fazach procesu.

Układy opracowane w MERA-PNEFAL sterują najważniejszymi fazami gotowania cukrzyc.

Cena tych układów jest niedostępna gdyż stanowiły one część automatyki dostarczanej do cukrowni.

Firma Fisher - Porter oferowała w 1975 roku układ sterowania całym cyklem, bez zaworów regulacyjnych, za sumę 100.000 koron szwedzkich. Ta sama Firma oferowała w 1979 roku układ sterowania z mikroprocesorem / z dostawą w 1981r./ w cenie układu konwencjonalnego.