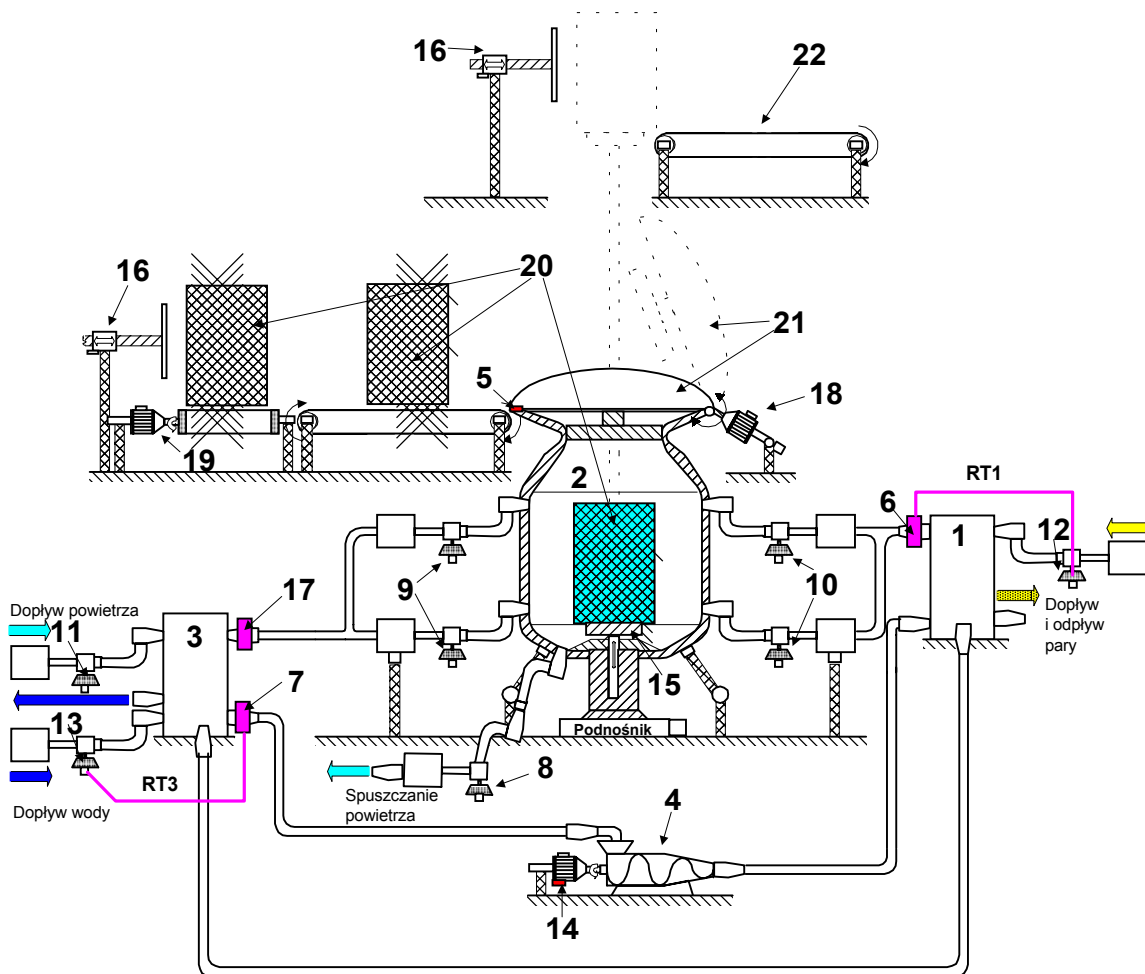


## 1.1. Realizacja programowa sterowania procesem suszenia przędzy.

### 1.1.1. Wprowadzenie.

Suszarka ciśnieniowa jest przeznaczona do suszenia przędzy poddanej wcześniej procesowi farbowania w aparatach farbiarskich [4]. Na Rys. Błąd! W dokumencie nie ma tekstu o podanym stylu.-1 przedstawiony jest schemat układu procesu suszenia przędzy. Suszarka przędzy składa się z czterech głównych elementów:

- nagrzewnicy powietrza (1),
- zbiornika głównego, tzw. autoklawu (2),
- chłodnicy (3),
- dmuchawy (4).



Rys. Błąd! W dokumencie nie ma tekstu o podanym stylu.-1 Schemat układu procesu suszenia przędzy.

Pozostałymi elementami wchodzącymi w skład układu procesu suszenia (Rys. Błąd! W dokumencie nie ma tekstu o podanym stylu.-1) są:

- 5 - czujnik zamknięcia pokrywy autoklawu,
- 6 - czujnik (T1) temperatury powietrza opuszczającego nagrzewnicę (1),
- 7 - czujnik (T3) temperatury powietrza opuszczającego chłodnicę (3),

- 8 - zawór do spuszczenia powietrza z autoklawu (2) po zakończonym cyklu suszenia,
- 9 - zawory cyrkulacyjne zezwalające na odprowadzenie powietrza z autoklawu do chłodnicy (3),
- 10 - zawory cyrkulacyjne zezwalające na doprowadzenie powietrza z nagrzewnicy (1) do autoklawu,
- 11 - zawór dostarczający powietrze z instalacji pneumatycznej do chłodnicy (3),
- 12 - zawór dostarczający parę do nagrzewnicy (1),
- 13 - zawór dostarczający wodę (medium chłodzącego) do chłodnicy (3),
- 14 - czujnik termicznego zabezpieczenia silnika dmuchawy (4),
- 15 - podnośnik - ma za zadanie pobrać przędzę i po zakończonym suszeniu wynieść ją na wysokość górnego taśmociągu (22),
- 16 - popychacze krzyżowych nawojów przędzy (20),
- 17 - czujnik (T2) temperatury powietrza opuszczającego autoklaw (2) - jest wyznacznikiem zakończenia cyklu suszenia przędzy,
- 18 - silnik służący do otwierania i zamykania kłapy (21) autoklawu,
- 19 - silnik taśmociągu,
- 20 - krzyżowe nawoje przędzy,
- 21 - kłapa autoklawu (2),
- 22 - taśmociąg.

Zbiornik główny, tzw. autoklaw (2), jest zbiornikiem, do którego wkładana jest przędza w postaci nawojów krzyżowych (20). W dolnej swej części posiada specjalny układ kanałów, których zadaniem jest odpowiednie ukierunkowanie przepływu powietrza. Ukształtowanie tych kanałów oraz odpowiednie otwarcie zaworów cyrkulacyjnych powoduje, że powietrze może przechodzić przez przędzę w dwóch kierunkach: od wewnątrz do zewnątrz oraz od zewnątrz do wewnątrz. Zbiornik główny jest zamykany od góry pokrywą (21), przy której znajduje się mikrowyłącznik (5) sygnalizujący prawidłowe zamknięcie pokrywy.

Dmuchawa (4) jest kompresorem napędzanym silnikiem trójfazowym. Zadaniem dmuchawy jest wymuszenie obiegu powietrza w suszarce. Silnik elektryczny posiada zabezpieczenie termiczne (14) przed przegrzaniem się uzwojeń stojana.

Nagrzewnica (1) ma za zadanie podgrzanie powietrza do zadanej temperatury suszenia przędzy. Czynnikiem grzewczym jest para wodna. Czujnik temperatury T1 (6), regulator RT1 i zawór dostarczający parę (12) stanowią obwód regulacji suszenia przędzy.

Chłodnica (3) służy do wykroplenia się wody znajdującej się w powietrzu wylotowym ze zbiornika głównego. Czynnikiem chłodzenia jest woda. Termometr T3, regulator RT3 oraz zawór dostarczający wodę (13) stanowią obwód regulacji temperatury zwrotnego chłodzenia.

Na dopływach pary wodnej, powietrza i wody znajdują się sygnalizatory ciśnienia posiadające wyjścia stykowe. W przypadku braku wody, pary lub powietrza, czujniki brakującego czynnika posiadają niski stan co blokuje start procesu suszenia.

Proces suszenia w normalnych warunkach trwa około trzech godzin. W warunkach laboratoryjnych został skrócony do kilku minut. Podzielony został na sześć etapów:

1. **rozwolnienie silnika dmuchawy (4)** - trwający (w naszym przypadku) około 20s,
2. **przedmuch** - trwający (w naszym przypadku) około 10 sekund wykonywany jest w celu sprawdzenia instalacji, w skład której wchodzi: chłodnica (3), nagrzewnica (1), autoklaw (2) oraz połączenia rurowe między nimi,
3. **czas pracy w podstawowej cyrkulacji** zależny jest od szybkości suszenia, powietrze po opuszczeniu zbiornika głównego, poprzez dmuchawę doprowadzane jest do nagrzewnicy (1), gdzie w zależności od swojej temperatury może być podgrzewane do ustalonej wartości i wprowadzane ponownie do autoklawu,

4. **chłodzenie** - trwa do czasu osiągnięcia temperatury 30°C, polega na wprowadzaniu do autoklawu powietrza po uprzednim ochłodzeniu zimną wodą dostarczaną do chłodnicy zaworem 13,
5. **spuszczanie powietrza ze zbiornika głównego** - czas potrzebny na spuszczenie ustaliliśmy na 20s. Do spuszczenia powietrza służy zawór 8.
6. **otwarcie klapy, wyjęcie i wprowadzenie kolejnego wsadu przędzy** - do otwarcia klapy autoklawu (21) wykorzystywany jest silnik 18. Do wyjęcia wsadu (20) służy podnośnik (15).

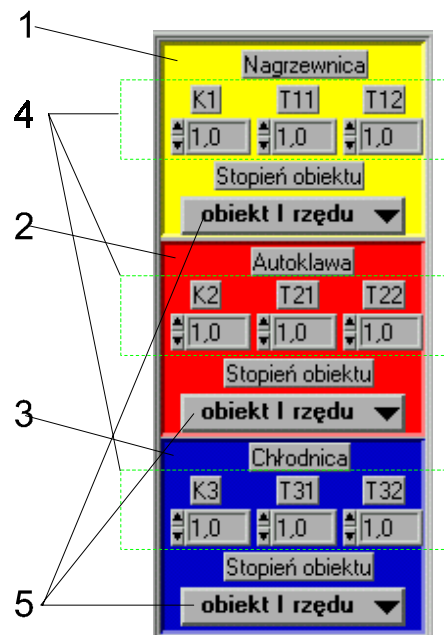
#### 1.1.2. Model obiektu.

Model procesu suszenia przędzy został utworzony podobnie jak model sterowania mieszaniem dwóch półfabrykatów płynnych [2]. Na Rys. 2 przedstawiony został ekran główny omawianego modelu.

Rys. 2 Ekran główny

1. Ekran wizualizacji procesu suszenia przędzy.
2. Start i stop procesu (DO0 i DO1).
3. Panel wyboru parametrów obiektów.
4. Przełączniki zał. / wył. dopływu pary, wody i powietrza.
5. Wybór trybu pracy wyświetlacza sterownika.
6. Wykresy temperatury powietrza:
  - a) na wyjściu nagrzewnicy - wykres żółty
  - b) w autoklawie - wykres czerwony
  - c) na wyjściu chłodnicy - wykres zielony
7. Zał. / wył. panelu wyboru parametrów obiektów.
8. Zatrzymanie pracy programu LabVIEW.

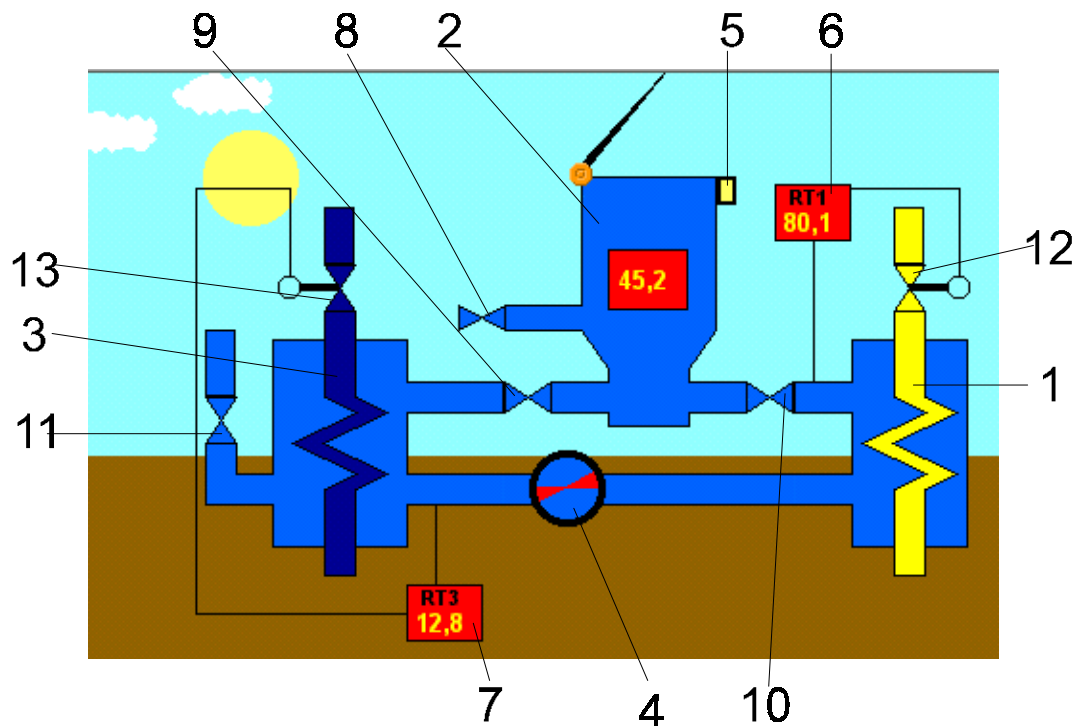
Dzięki możliwościom programu LabVIEW części składowe suszarki zamodelowane zostały jako elementy dynamiczne, których parametry ustalane mogą być w oknie panelu wyboru ustawień przedstawionym na Rys. Błąd! **W dokumencie nie ma tekstu o podanym stylu.**-3.



Rys. **Błąd!** W dokumencie nie ma tekstu o podanym stylu.-3 Panel wyboru parametrów obiektu.

1. Parametry modelu nagrzewnicy.
2. Parametry modelu autokławy
3. Parametry modelu chłodnica.
4. Przyciski wyboru wzmocnienia i stałych czasowych.
5. Menu wyboru stopnia obiektu (inercyjny I lub II rzędu).

Na Rys. Błąd! W dokumencie nie ma tekstu o podanym stylu.-3 przedstawione zostało okno wizualizujące zachodzące zmiany podczas trwania procesu suszenia przędzy.



Rys. Błąd! W dokumencie nie ma tekstu o podanym stylu.-4 Ekran wizualizacji procesu

1. Nagrzewnica.
2. Autoklaw
3. Chłodnica.
4. Silnik dmuchawy (DI6).
5. Czujnik zamknięcia pokrywy (DO6).
6. Wskaźnik temperatury powietrza opuszczającego nagrzewnicę oraz dwupołożeniowy regulator temperatury RT1.
7. Wskaźnik temperatury powietrza opuszczającego chłodnicę oraz dwupołożeniowy regulator temperatury RT3,
8. Zawór spuszczenia powietrza z autoklawu (DI3).
9. Zawór wyjściowy autoklawu (DI5).
10. Zawór wejściowy autoklawu (DI4).
11. Zawór sprężonego powietrza (DI0).
12. Zawór pary (DI2) (sterowany regulatorem dwupołożeniowym RT1).
13. Zawór wody (DI1) (sterowany regulatorem dwupołożeniowym RT3).

Do komunikacji ze sterownikiem zostały wykorzystane wejścia i wyjścia binarne karty pomiarowej oraz jej dwa wyjścia analogowe, których opis zamieszczony jest w Tab. Błąd! W dokumencie nie ma tekstu o podanym stylu.-1

Tab. Błąd! W dokumencie nie ma tekstu o podanym stylu.-1 Opis wejść i wyjść karty pomiarowej PCL818 wykorzystanej do komunikacji ze sterownikiem podczas sterowania modelem suszenia przędzy.

Nr we/wy	Komentarz
<b>Wejścia dwustanowe karty pomiarowej - wyjścia sterownika</b>	
DI0	Pobranie wysokiego stanu otwiera zawór sprężonego powietrza
DI1	Pobranie wysokiego stanu otwiera zawór dostarczający wodę
DI2	Pobranie wysokiego stanu otwiera zawór dostarczający parę
DI3	Pobranie wysokiego stanu otwiera zawór spuszcający powietrze po suszeniu
DI4	Pobranie wysokiego stanu otwiera pierwszy zawór cyrkulacyjny
DI5	Pobranie wysokiego stanu otwiera drugi zawór cyrkulacyjny
DI6	Pobranie wysokiego stanu załącza silnik dmuchawy
DI7	Pobranie wysokiego stanu zamyka klapę zbiornika głównego
<b>Wyjścia dwustanowe karty pomiarowej - wejścia sterownika</b>	
DO0	Wysyła wysoki stan po załączeniu przycisku <i>Start</i>
DO1	Wysyła wysoki stan po załączeniu przycisku <i>Stop</i>
DO2	Wysyła wysoki stan z czujnika, sygnalizującego przegrzanie silnika dmuchawy
DO3	Wysyła wysoki stan z czujnika, sygnalizującego obecność sprężonego powietrza
DO4	Wysyła wysoki stan z czujnika, sygnalizującego obecność pary
DO5	Wysyła wysoki stan z czujnika, sygnalizującego obecność wody
DO6	Wysyła wysoki stan sygnalizujący prawidłowe zamknięcie pokrywy autoklawu
DO7	Wysyła wysoki stan sygnalizujący zakończenie jednego cyklu suszenia przędzy
DO8	Wysyła wysoki stan przy wyborze opcji <i>Temperatura chłodzenia</i>
DO9	Wysyła wysoki stan przy wyborze opcji <i>Temperatura suszenia</i>
DO10	Wysyła wysoki stan sygnalizujący zakończenie czynności chłodzenia po suszeniu
<b>Wyjścia analogowe karty pomiarowej</b>	
AO0	Wysyła sygnał napięciowy symulujący temperaturę czynnika suszącego
AO1	Wysyła sygnał napięciowy symulujący temperaturę czynnika chłodzącego

Załączenie chwilowego przycisku *Start* na sterowniczym pulpicie modelu, wymusza wysłanie na wyjście DO0 impulsu wysokiego stanu. Podobny impuls wysyłany jest na wyjście DO1 po chwilowym załączeniu przycisku *Stop*. Przy braku komunikacji modelu ze sterownikiem załączanie przycisków *Start* lub *Stop* nie wpływa na pracę modelu (jest to tylko informacja dla sterownika o rozpoczęciu lub zakończeniu procesu).

Rozpoczęcie procesu suszenia wsadu przędzy, możliwe będzie z chwilą zamknięcia pokrywy autoklawu, co uzyskamy podając na wejście DI7 wysoki stan logiczny. Prawidłowo zamknięta kłapa (czujnik oznaczony numerem 5 ma kolor czerwony) wymusza wysłanie wysokiego stanu na wyjście DO6 karty pomiarowej. Ruch cyrkulacyjny powietrza

wymuszany jest przez dmuchawę (oznaczoną na Rys. Błąd! **W dokumencie nie ma tekstu o podanym stylu.-4** numerem 4). Załączenie silnika uzyskujemy przez podanie wysokiego stanu na wejście DI6 karty pomiarowej, co zwizualizowane jest ruchem łopatek dmuchawy.

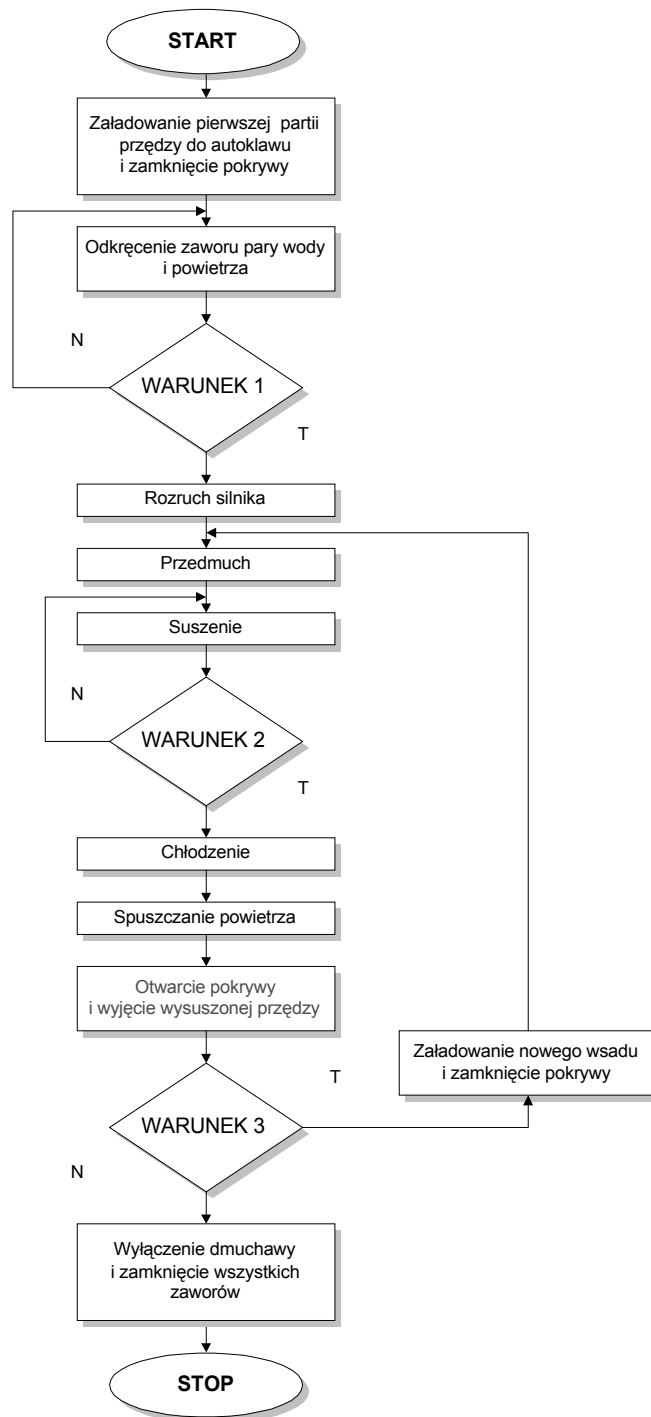
Pobranie przez model wysokiego logicznego stanu z wejścia DI0 wymusi otwarcie zaworu dostarczającego powietrze (oznaczonego numerem 11 na Rys. Błąd! **W dokumencie nie ma tekstu o podanym stylu.-4**). Zwizualizowane to będzie zanikiem koloru czarnego i zamianą koloru części instalacji z białego na niebieski. Zawór dostarczający wodę (oznaczony numerem 13 na Rys. Błąd! **W dokumencie nie ma tekstu o podanym stylu.-4**) otwierany jest wysokim stanem podawanym na wejście DI1. Podobnie jak dla zaworu powietrza, także ten zawór po otwarciu zmienia swój kolor (tu z czarnego na ciemnoniebieski). Od chwili otwarcia zaworu wody trwa chłodzenie powietrza w chłodnicy (oznaczonej numerem 3 na Rys. Błąd! **W dokumencie nie ma tekstu o podanym stylu.-4**) od temperatury otoczenia do temperatury ustalonej na poziomie 4°C. Gdy zawór wody zostanie zamknięty, temperatura powietrza zacznie wzrastać pod wpływem temperatury otoczenia.

Wysyłając wysoki stan na wejście DI2 karty pomiarowej, sterownik otwiera zawór dostarczający parę (oznaczony numerem 12 na Rys. Błąd! **W dokumencie nie ma tekstu o podanym stylu.-4**). Zmiana koloru zaworu z czarnego na żółty sygnalizuje obecność pary i rozpoczęcie podgrzewania powietrza suszącego wsad w autoklawie pod warunkiem, że zawory cyrkulacyjne (oznaczone numerami 9 i 10 na Rys. Błąd! **W dokumencie nie ma tekstu o podanym stylu.-4**) będą otwarte. Otwarcie zaworów cyrkulacyjnych będzie możliwe gdy na wejścia DI4 i DI5 będą podawane wysokie stany logiczne. Przebiegi temperatur chłodnicy, nagrzewnicy i zbiornika głównego widoczne są na Rys. 2 (oznaczone nr 6). Zakończenie procesu suszenia wiąże się z otwarciem zaworu spuszczenia powietrza (oznaczonego numerem 8 na Rys. 2). Podobnie jak wymienione wcześniej zawory, tak i zawór spuszczenia powietrza z autoklawu zmienia przy otwarciu kolor z czarnego na niebieski.

Na Rys. Błąd! **W dokumencie nie ma tekstu o podanym stylu.-4** widoczne są również wskaźniki aktualnych temperatur powietrza chłodzącego, powietrza suszącego i wsadu przędzy.

### 1.1.3. Algorytm sterowania.

Na Rys. Błąd! W dokumencie nie ma tekstu o podanym stylu.-5 przedstawiony jest graficzny algorytm przebiegu procesu suszenia przędzy. Przejście do kolejnych etapów procesu odbywa się po spełnieniu warunków, których opis zamieszczony jest w Tab. Błąd! W dokumencie nie ma tekstu o podanym stylu.-2.



Rys. Błąd! W dokumencie nie ma tekstu o podanym stylu.-5 Algorytm sterowania procesem suszenia przędzy.



Proces suszenia przędzy powinien rozpoczynać się od chwili chwilowego załączenia łącznika *Start*, co wiąże się z wysłaniem na wejście DI<sub>S</sub>0<sup>1</sup> chwilowego wysokiego stanu logicznego. Program wsadowy sterownika powinien wymusić zamykanie kłapy zbiornika głównego (wysyłając na wyjście DO<sub>S</sub>49 wysoki stan) do czasu załączenia się czujnika kłapy, czyli otrzymania wysokiego stanu na wejściu DI<sub>S</sub>6.

Z chwilą pierwszego zamknięcia kłapy (rozpoczęcie pierwszego cyklu suszenia) powinny być otwarte zawory dostarczające powietrze, wodę i parę, co uzyskamy wysyłając wysokie stany na wyjścia DO<sub>S</sub>16, DO<sub>S</sub>17 i DO<sub>S</sub>18 sterownika. Pierwsze otwarcie zaworów musi być wykonane w celu sprawdzenia występowania ciśnień czynników procesowych (powietrza, wody i pary). Otrzymanie wysokich stanów z czujników ciśnień powietrza, pary i wody (DI<sub>S</sub>3, DI<sub>S</sub>4, DI<sub>S</sub>5) winno wymuszać ponowne zamknięcie zaworów. W kolejnym kroku program wsadowy sterownika musi rozpocząć rozruch silnika. Może być to zasymulowane chwilową przerwą, w trakcie której jedynie zawór dostarczający powietrze (DO<sub>S</sub>16) powinien być otwarty. Z chwilą zakończenia rozruchu powinien rozpocząć się prawidłowy cykl suszenia wsadu przędzy. W trakcie trwania prawidłowego cyklu suszenia zawór dostarczający powietrze (DO<sub>S</sub>16) powinien być otwarty.

Tab. **Błąd! W dokumencie nie ma tekstu o podanym stylu.**-2 Opis warunków przejścia algorytmu sterowania.

Nr	Warunek	Stan logiczny, zmiana stanu
1	Czy są ciśnienia powietrza, pary i wody?	Podawane są na wejścia DI <sub>S</sub> 3, DI <sub>S</sub> 4, DI <sub>S</sub> 5 wysokie stany logiczne
2	Czy temperatura wsadu osiągnęła wartość zadaną?	Wysoki stan logiczny podany na wejście DI <sub>S</sub> 7
3	Czy będzie przygotowywany kolejny wsad?	Jeżeli nie wystąpi umyślne zakończenie procesu (przyciskiem <i>Stop</i> ) lub nie będzie stanu awaryjnego rozpocznie się cykl suszenia kolejnego wsadu przędzy

Przed każdorazowym cyklem suszenia kolejnych partii przędzy, wymuszony musi być kontrolny rozruch instalacji suszarki. W trakcie trwania przedmuchu muszą być otwarte zawory cyrkulacyjne (wysokie stany wysyłane na wyjścia DO<sub>S</sub>20 i DO<sub>S</sub>21) i zawór dostarczający parę (wysoki stan na wyjście DI<sub>S</sub>18). Czas trwania przedmuchu może być dowolnie ustalony w programie sterownika. Zakończenie przedmuchu powinno być sygnałem rozpoczęcia czynności suszenia. W trakcie jej trwania, musi być realizowana regulacja dwustawna temperatur chłodnicy i nagrzewnicy. Regulacja dwustawna powinna polegać na utrzymywaniu temperatur na poziomie ustalonym wewnątrz programu sterownika. Ustalone w sterowniku temperatury muszą być porównywane do przeliczonych danych pochodzących z wejść modułów analogowych. Wysoki stan pochodzący z wejścia DI<sub>S</sub>7 informuje o uzyskaniu wewnątrz autoklawu temperatury 110°C. Ta informacja winna zakończyć suszenie, a rozpocząć chłodzenie. Chłodzenie winno charakteryzować się tym, że zawory cyrkulacyjne i zawór dostarczający wodę są otwarte. Czas trwania chłodzenia uzależniony powinien być od stanu sygnału otrzymywanego na wejście DI<sub>S</sub>34 sterownika. Do czasu utrzymywania się w zbiorniku głównym temperatury powyżej 30°C, na wejście DI<sub>S</sub>34 podawany jest niski stan.

<sup>1</sup> Indeks „S” oznacza, że wejścia lub wyjścia binarne odnoszą się do sterownika.

Wraz ze zmianą stanu wejścia DI<sub>s</sub>34 z niskiego na wysoki, powinien być otwarty zawór spuszczenia powietrza DO<sub>s</sub>19 (przez dowolny czas ustalony w programie sterownika). W trakcie spuszczenia zawór wody powinien być otwarty, a zawór pary zamknięty. Po zakończeniu spuszczenia powietrza ze zbiornika głównego, należy wymusić otwarcie kłapy (podanie niskiego stanu na wyjście DO<sub>s</sub>49) na dowolny czas, nie wyłączając przy tym silnika dmuchawy. Po upływie tego czasu kłapa powinna zostać zamknięta, a kolejny cykl suszenia winien rozpocząć się od przedmuchu instalacji.

Tab. **Błąd! W dokumencie nie ma tekstu o podanym stylu.**-3 Wykorzystane oznaczenia w programie przedza . fup.

Nazwa Zmiennej	Oznaczenia w opisie	Oznaczenia w prog.	Opis wykorzystanych zmiennych
START	DI <sub>s</sub> 0	I 0	Załączenie procesu suszenia przędzy
STOP	DI <sub>s</sub> 1	I 1	Zewnętrzne umyślne zatrzymanie procesu
WYL_T_SILN	DI <sub>s</sub> 2	I 2	Wyłącznik termiczny silnika dmuchawy
CISNIE_POW	DI <sub>s</sub> 3	I 3	Czujnik sygnalizujący obecność sprężonego powietrza
CISNIE_PAR	DI <sub>s</sub> 4	I 4	Czujnik sygnalizujący obecność pary
CISNIE_WOD	DI <sub>s</sub> 5	I 5	Czujnik sygnalizujący obecność wody
CZUJ_POKRY	DI <sub>s</sub> 6	I 6	Czujnik prawidłowego zamknięcia pokrywy
TEMP_WY_SU	DI <sub>s</sub> 7	I 7	Zakończenie procesu suszenia przędzy
POKAZ_T_Ch	DI <sub>s</sub> 32	I 32	Jeżeli wysoki stan, to pokazuje aktualną temp. chłodzenia
POKAZ_T_Su	DI <sub>s</sub> 33	I 33	Jeżeli wysoki stan, to pokazuje aktualną temp. suszenia
PRZERW_CHL	DI <sub>s</sub> 34	I 34	Jeżeli wysoki stan, to zostanie przerwane chłodzenie
ZAWOR_POW	DO <sub>s</sub> 16	O 16	Zawór sprężonego powietrza - wysoki stan - otwarty
ZAWOR_WODY	DO <sub>s</sub> 17	O 17	Zawór dostarczający wodę - wysoki stan - otwarty
ZAWOR_PARY	DO <sub>s</sub> 18	O 18	Zawór dostarczający parę - wysoki stan - otwarty
SPUSZ_P	DO <sub>s</sub> 19	O 19	Zawór do spuszczenia powietrza po suszeniu - wysoki stan - otwarty
ZAWOR_CY_1	DO <sub>s</sub> 20	O 20	Zawór cyrkulacyjny 1 - wysoki stan - otwarty
ZAWOR_CY_2	DO <sub>s</sub> 21	O 21	Zawór cyrkulacyjny 2 - wysoki stan - otwarty
SILNIK_DMU	DO <sub>s</sub> 48	O 48	Silnik dmuchawy - wysoki stan - otwarty
OTW_KLAPY	DO <sub>s</sub> 49	O 49	Wysoki stan - zamknięcie kłapy, niski stan jej otwarcie
ADRES_BAZO	O 64	O 64	Adres bazowy modułu PCD2.W100