

Projekt maszyny do produkcji siatki ogrodzeniowej

Maszyny do produkcji siatki ogrodzeniowej dostępne na rynku pracują na zbliżonej zasadzie, dlatego też ten opis może być pomocny przy realizacji układów sterowań do podobnych maszyn. Drut zakupiony w szpulach jest rozwijany i zaginany na wrzecionie w siatkę o parametrach zgodnych z recepturą. Od dokładności i powtarzalności produkcji zależy jakość gotowego wyrobu.

W maszynie do produkcji siatki najważniejszym parametrem jest uzyskanie idealnie równych krawędzi dolnej i górnej. Poza powtarzalnością istotnym parametrem jest wydajność produkcji. Siatka powinna być niedrogim produktem, więc sam etap jej wytwarzania musi być jak najtańszy, stąd poczynione inwestycje na zastąpienie sterowania opartego na licznikach na sterowanie z poziomu PLC, które jest bardziej elastyczne i daje znacznie więcej możliwości.

Zasada działania maszyny

Maszyna do produkcji siatki składa się z kilku funkcjonalnych części, które będą nazywać modułami. Pierwszym i zarazem najważniejszym modułem jest moduł wrzeciona. Służy on do odwijania ze szpuli dwóch drutów i prowadzenia ich tak, aby owijając się na mieczu wrzeciona i przechodząc przez odpowiednio wyprofilowaną prowadnicę wytworzyć jeden splot siatki (**fotografia 1**). Wrzeciono jest wyposażone w dwa inicjatory pobudzające czujnik indukcyjny, w taki sposób, aby uzyskać 2 impulsy na obrót (**fotografia 2**). Po odliczeniu zadanej liczby obrotów następuje zatrzymanie wrzeciona i uruchomienie modułu cięcia. Aby zatrzymanie wrzeciona za każdym razem następowało dokładnie w zadanym „punkcie”, kilka obrotów wrzeciona wcześniej należy zwolnić obroty silnika napędzającego, a w czasie samego zatrzymania zastosować hamowanie silnika za pomocą prądu stałego. Po zatrzymaniu wrzeciona następuje proces cięcia.

Moduł cięcia wykonuje dwie czynności. Odcięcie gotowego splotu siatki od wrzeciona oraz przekazanie za pomocą chwytaków gotowego splotu dalej w kierunku modułu zwijającego. Moduł cięcia jest napędzany motoreduktorem, który wykonując jeden obrót oznacza jeden przejazd gilotyny, i przesunięcie chwytaków o jeden splot. Chwytyki przesuwane są za pomocą krzywek mechanicznych. Silnik modułu z uwagi na mniejszą dokładność jest sterowany stycznikiem. O pojedynczym obrocie wału informuje czujnik indukcyjny (**fotografia 3**).

Kolejne sploty siatki są nawijane są w rolkę w module zwijania. Motoreduktor napędzający mechanizm zwijania jest uruchamiany w momencie, gdy dźwignia napinacza wskazuje na wystarczającą długość siatki do zwinięcia. W momencie naprężenia dźwigni napinacza proces zwijania rolki zatrzymuje się. Badanie pozycji napinacza następuje za pomocą krańcówek (**fotografia 4**).

Z uwagi na pracę w trudnych warunkach eksploatacyjnych maszyna jest uruchamiana za pomocą przycisków sterujących. Panel HMI służy jedynie o zaprogramowania parametrów siatki. Liczba obrotów wrzeciona wyznacza wysokość siatki, natomiast liczba cięć



Fotografia 1. Moduł wrzeciona



Fotografia 2. Inicjatory zamontowane na wrzecionie

– długość rolki. Pozostałe parametry są dostosowane w zależności od szerokości wrzeciona i grubości drutu. Z uwagi na przerywaną pracę napędów wrzeciona i cięcia należy maszynę wyposażyć w chłodzenie tych silników za pomocą niezależnych wentylatorów zamiast wentylatorów osadzonych na wale silnika.

Sterowanie elektryczne

Niestety, zleceniodawca nie zgodził się na udostępnienie dokumentacji elektrycznej oraz plików projektu, więc nie mogę pokazać schematów połączeń poszczególnych podzespołów. Pozostawił jednak możliwość opisanie zasady pracy maszyny oraz sposobu jej budowy.

Sterowanie elektryczne jest typowe dla aplikacji automatyki. Za bezpieczeństwo maszyny odpowiadają wyłączniki bezpieczeństwa, tak

zwane „grzybki”. Zadziałanie wyłącznika bezpieczeństwa powoduje poprzez przekaźnik bezpieczeństwa odłączenie napięcia zasilającego wyjścia sterownika oraz zatrzymanie wszystkich napędów poprzez odłączenie stycznika głównego. Ponowne uruchomienie maszyny jest możliwe po przyciśnięciu przycisku „reset”.

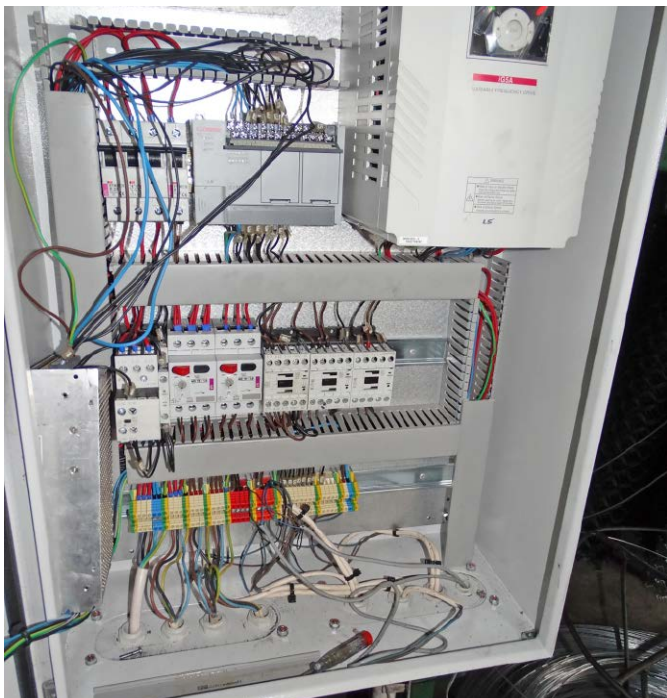
Zastosowany sterownik PLC jest wersją z wyjściami przekaźnikowymi, które bezpośrednio sterują stycznikami załączającymi silnik



Fotografia 3. Czujnik indukcyjny zamontowany na wale



Fotografia 4. Krańcówki do pomiaru pozycji napinacza



Fotografia 5. Widok szafy elektrycznej po 2 letnim okresie użytkowania i niefachowej wymianie zasilacza 24 V DC

modułu cięcia, silnik modułu zwijania rolki oraz silnik pompy chłodzącej. Silniki są zabezpieczone za pomocą wyłączników silnikowych. Napęd wrzeciona nawijającego spłot jest sterowany za pomocą falownika. Sterowanie falownikiem opisano w części „implementacja programowa”. Falownik – poza parametrami silnika i uruchomieniem sterowania wektorowego – wymaga zadania typu hamowania za pomocą prądu stałego i ustawienia parametrów tego hamowania względem silnika i mechaniki w konkretnym przypadku. Z uwagi na fakt, że napęd obracając się musi zaginać dwa druty, zatrzymanie silnika nie jest problematyczne i nie powoduje żadnych alarmów na falowniku. Jednak samo sprawdzenie zatrzymywania „w punkcie” należy testować również bez obciążenia, aby upewnić się, że napęd został właściwie sparametryzowany.

Jako czujnik obrotów wrzeciona oraz czujnik cięcia zastosowałem czujniki PNP NO, 3-przewodowe, o zakresie detekcji 8 mm. Jeżeli zastosowany panel byłby zasilany z napięcia 230 V AC, to w zasadzie przy budowie szafy elektrycznej można zrezygnować z stosowania osobnego zasilacza i wykorzystać wyjście zasilania 24 V DC wbudowanego w sterownik PLC do zasilania czujników. Jeśli weźmiemy pod uwagę ochronę sterownika PLC, to można rozważyć zastosowanie jednostki z wyjściami tranzystorowymi i dodatkowych przekaźników interfejsowych w podstawkach.

Obsługa maszyny

Po uruchomieniu maszyny na panelu HMI zostanie wyświetlony ekran HOME (**rysunek 8**). Z poziomu tego ekranu operator może wybrać tryb pracy: MANUAL (sterowany ręcznie) bądź AUTO (tryb pracy automatycznej). Po wybraniu przycisku MANUAL operator zostanie przeniesiony na ekran obsługi sterowania ręcznego, skąd można sterować poszczególnymi napędami maszyny (**rysunek 9**). Naciśnięcie odpowiedniego przycisku na panelu powoduje następujące akcje:

- „SILNIK NAWIJANIE” służy do uruchomienia napędu modułu zwijającego siatkę w rolkę.
- „SILNIK WRZECIONO” powoduje uruchomienie napędu modułu wrzeciona.
- „SILNIK GILOTYNA” uruchamia napęd modułu cięcia.

Po wybraniu przycisku AUTO operator zostanie przeniesiony na ekran obsługi trybu automatycznego. Ten tryb został zaprojektowany w taki sposób, aby zminimalizować operacje wykonywane na panelu operatorskim. Przyciski do startu, pauzy, zatrzymania oraz potencjometr do regulacji szybkości pracy wrzeciona są elementami

StopBezpieczenstwa	BIT	P0000
CzujnikObrotuMiecza	BIT	P0001
CzujnikStopNawijanie	BIT	P0002
CzujnikStartNawijanie	BIT	P0003
StatusTermiki	BIT	P0004
PStart	BIT	P0005
PStop	BIT	P0006
CzujnikCiecica	BIT	P0007
StatusFalownika	BIT	P0008

Rysunek 6. Wejścia sterownika PLC

SilnikGilotyna	BIT	P0040
SilnikNawijanie	BIT	P0041
SprzegloOpcja	BIT	P0042
PompaWody	BIT	P0043
StartFalownik	BIT	P0044
NiskaPredkoscFalownik	BIT	P0045

Rysunek 7. Wyjścia sterownika PLC

najczęściej używanymi przez operatora i ich ewentualna wymiana w wyniku zużycia się nie jest problematyczna.

Panel HMI jest używany jedynie do parametryzowania procesu. Nie zastosowano obsługi receptur oraz wykonano regulację szybkości wrzeciona za pomocą potencjometru. Parametry, które są ustawiane z poziomu HMI pokazano na **rysunku 10**. Są to:

- **Wysokość siatki zadana.** Parametr ten definiuje liczbę oczek siatki definiując jednocześnie wysokość siatki. Należy zwrócić uwagę, że na 1 obrót wrzeciona przypadają dwa oczka siatki, stąd dwa inicjatory

podbudzające czujnik obrotów wrzeciona. Gdyby użyto pojedynczego inicjatora, to pewne wysokości siatki nie byłyby dostępne.

- **Wysokość siatki aktualna.** Parametr ten wyświetla aktualną wysokość siatki w czasie pracy wrzeciona.
- **Długość siatki zadana.** Parametr ten określa, jaką długość siatki będzie miała gotowa rolka. Pośrednio ten parametr wyznacza liczbę cięć. Po odliczeniu zadanej długości maszyna zatrzymuje się, a operator po zablokowaniu maszyny wyłącznikiem bezpieczeństwa może zdjąć gotową rolkę.
- **Długość siatki aktualna.** Parametr ten wyświetla aktualną, odliczoną długość siatki.
- **Opóźnienie[ms].** Parametr ten określa czas po zatrzymaniu się wrzeciona po odliczonej liczbie impulsów, po którym zatrzyma się silnik napędowy wrzeciona. Dzięki temu parametrowi możemy zmienić kąt zatrzymania się wrzeciona bez mechanicznego przestawiania czujnika indukcyjnego.
- **Obroty zwalnianie.** Parametr określa liczbę obrotów wrzeciona przed końcem wysokości siatki zadanej, przy której falownik ma zwolnić obroty silnika. Zwolnienie przed zatrzymaniem jest konieczne, aby uzyskać powtarzalne miejsce zatrzymania przy hamowaniu silnika prądem stałym (zmniejszenie wpływu bezwładności mechanicznej).
- **Przycisk GILOTYNA WŁ/ GILOTYNA WYŁ.** Przycisk jest używany przez obsługę w razie awarii bądź uzbrajania maszyny w nowy drut. Dzięki możliwości wyłączenia gilotyny operator ma możliwość wprowadzenia dowolnej długości drutu nawiniętego na wrzecionie do maszyny, bez cięcia automatycznego.
- Przyciski START i STOP zastępują fizyczne przyciski umieszczone na szafie sterowniczej. Powinny być one używane w razie awarii przycisków fizycznych.
- Przycisk HOME powoduje przejście do ekranu startowego.

Film wideo z działania maszyny dostępny jest pod adresem <https://goo.gl/hFXN1s>.

Implementacja programowa

Na projekt maszyny składają się z dwa projekty, z czego jeden przypada na sterownik PLC natomiast drugi na panel HMI. Zastosowano elementy sterownicze firmy LSIS, a wśród nich:

- Sterownik kompaktowy XBC-DR20E.
- Panel HMI, graficzny, monochromatyczny XP30-BTE.
- Falownik SV...iG5A-4.

Uruchomienie trybu auto

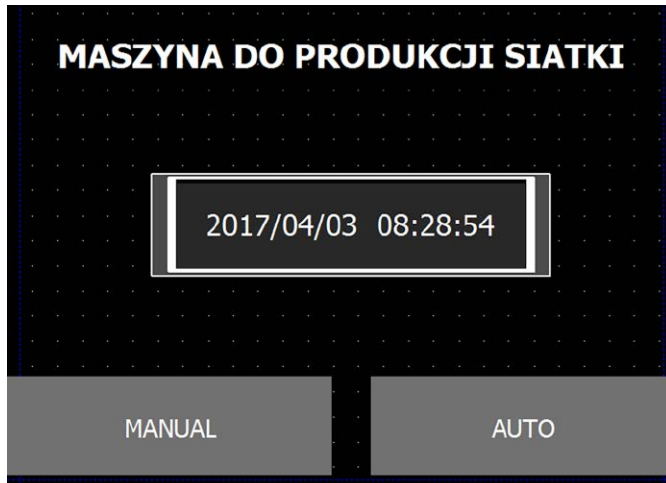
Uruchomienie trybu AUTO (**rysunek 11**) jest możliwe jest w momencie wybrania przycisku START. Zatrzymanie trybu AUTO następuje po:

- zatrzymaniu awaryjnym (negacja bit Bezpieczeństwo),
- wciśnięciu przycisku STOP (bit Stop),
- odliczeniu licznika C003 (licznik długości siatki), gdy silnik gilotyny zatrzyma się po cięciu splotu,
- wystąpieniu alarmu (bit Alarm).

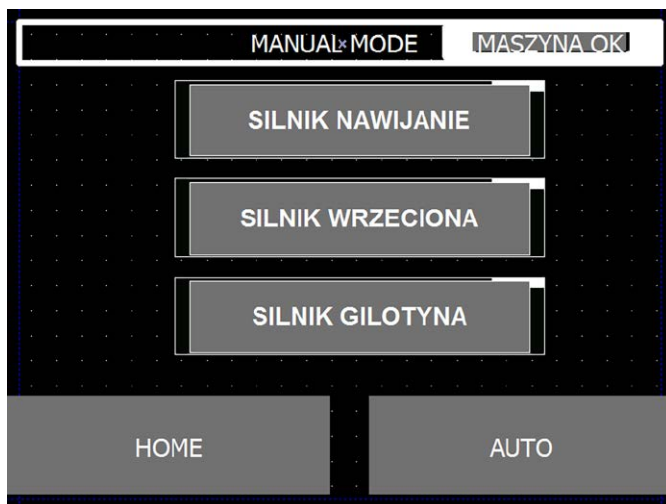
Wytworzenie zmiennej pomocniczej „Auto” ułatwia dalsze programowanie, ponieważ ta zmienna określa tryb, w którym aktualnie pracuje maszyna.

W dalszej kolejności jest realizowane sterowanie napędem nawijania rolki (**rysunek 12**). W momencie wykrycia przez czujnik NO (czujnik „start nawijanie”) opadnięcia napinacza siatki zostaje ustawiona zmienna pomocnicza „Nawijanie”. Zmienna ta jest zerowana w momencie wykrycia przez czujnik NC „Czujnik stop nawijanie” położenia napinacza w pozycji umieszczonej oraz zatrzymania awaryjnego maszyny.

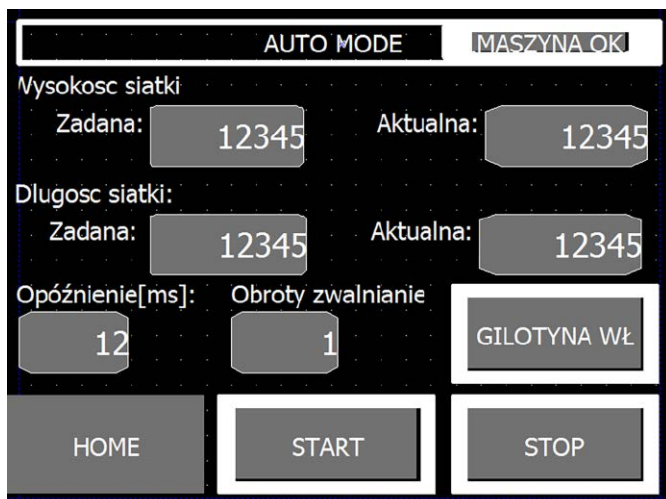
W następnym networku w zależności od wybranego trybu pracy maszyny (bit „Auto”) jest realizowane sterowanie napędem nawijania rolki (bit wyjściowy „SilnikNawijanie”). W trybie ręcznym uruchomienie napędu zwijającego rolkę jest możliwe za pomocą przycisku na panelu HMI (bit „RStartNawijanie”).



Rysunek 8. Ekran „HOME”



Rysunek 9. Tryb pracy ręcznej



Rysunek 10. Parametry dostępne z poziomu menu użytkownika

Silnik napędu wrzeciona jest zasilany za pomocą falownika. Do sterowania nim wykorzystano 2 wejścia cyfrowe – „Start” oraz „Niska prędkość”. Jeśli wejście falownika funkcjonujące jako „start” jest aktywne, silnik obraca się z prędkością zadaną z poziomu wejścia analogowego falownika (potencjometr). Jeśli w czasie trwania sygnału „start” zostanie aktywowane wejście „niska prędkość”, to falownik zwolni do ustawionej na stałe prędkości wolnej, pomijając nastawę prędkości z wejścia analogowego. „Niska prędkość” falownika powiązana jest z parametrem „obroty/zwalnianie” (rysunek 13).

W pierwszej kolejności jest obliczana liczba impulsów z czujnika obrotów wrzeciona do zwalniania. Do obliczenia tej wartości służy funkcja odejmowania SUB. Obliczona liczba jest zapamiętywana w zmiennej „DlugoscSiatkiZwalnianie”. W kolejnych networkach za pomocą liczników C001 i C002 zliczam liczbę impulsów odpowiednia dla długości siatki i zwolnienia. Gdy mamy już wszystkie zmienne pomocnicze konieczne do sterowania falownikiem, można zastosować kod tak jak pokazano na rysunku 14.

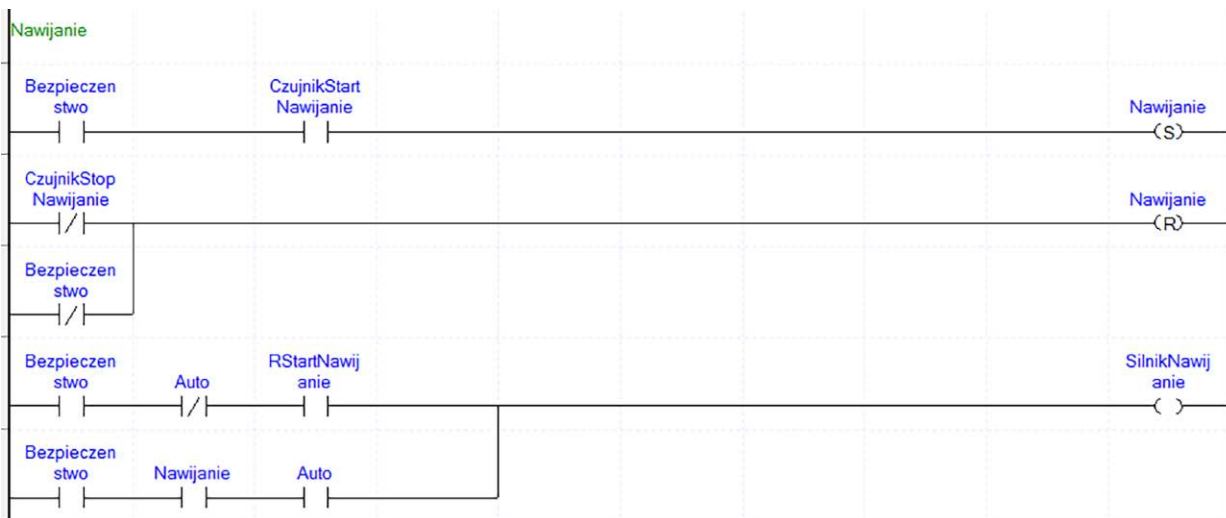
Wyjście „StartFalownik” w trybie pracy automatycznej jest aktywowane w momencie, gdy licznik „C001 długości siatki” nie doliczył

do wartości zadanej. Moment doliczenia licznika jest przesuwany w czasie za pomocą timera T193 opóźniającego TOFF. Timer ten przesuwaa zatrzymanie napędu wrzeciona, co jest wykorzystane do precyzyjnej regulacji kąta zatrzymania. Wyjście „NiskaPrędkośćFalownik” w trybie pracy automatycznej jest załączane po odliczeniu licznika C002 wskazującego na uzyskanie długości do zwolnienia napędu wrzeciona. W trybie sterowania ręcznego, po aktywowaniu przycisku umieszczonego na HMI „RStartFalownik”, zostaje załączone wyjście „StartFalownik” oraz „NiskaPrędkośćFalownik”. Wyzerowanie liczników C001 i C002 oraz umożliwienie ponownego uruchomienia napędu wrzeciona następuje po cięciu splotu, i jest realizowane przez network pokazany na rysunku 15.

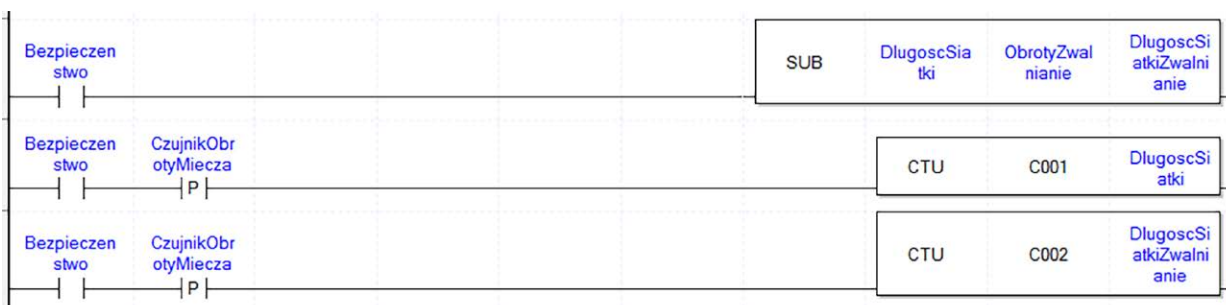
Za cięcie i przesuwanie nawiniętych splotów odpowiada napęd gilotyny sterowany za pomocą programu pokazanego na rysunku 16. Zmienna pomocnicza „StartCiecie” jest ustawiana po zatrzymaniu wrzeciona, na co wskazuje wystąpienie zbocza opadającego na timerze T193. Kasowanie zmiennej następuje po odczycie z czujnika cięcia wskazującego na wykonanie jednego obrotu motoreduktora lub po zatrzymaniu awaryjnym. Wyjście sterownika reprezentowane przez



Rysunek 11. Obsługa trybu automatycznego



Rysunek 12. Sterowanie napędem odwijania rolki



Rysunek 13. Sterowanie zmniejszaniem prędkości wrzeciona

zmienną „SilnikGiloty” jest sterowane w trybie automatycznym za pomocą wyżej opisanej zmiennej, a w trybie ręcznym za pomocą przycisku na HMI „RStartGiloty”.

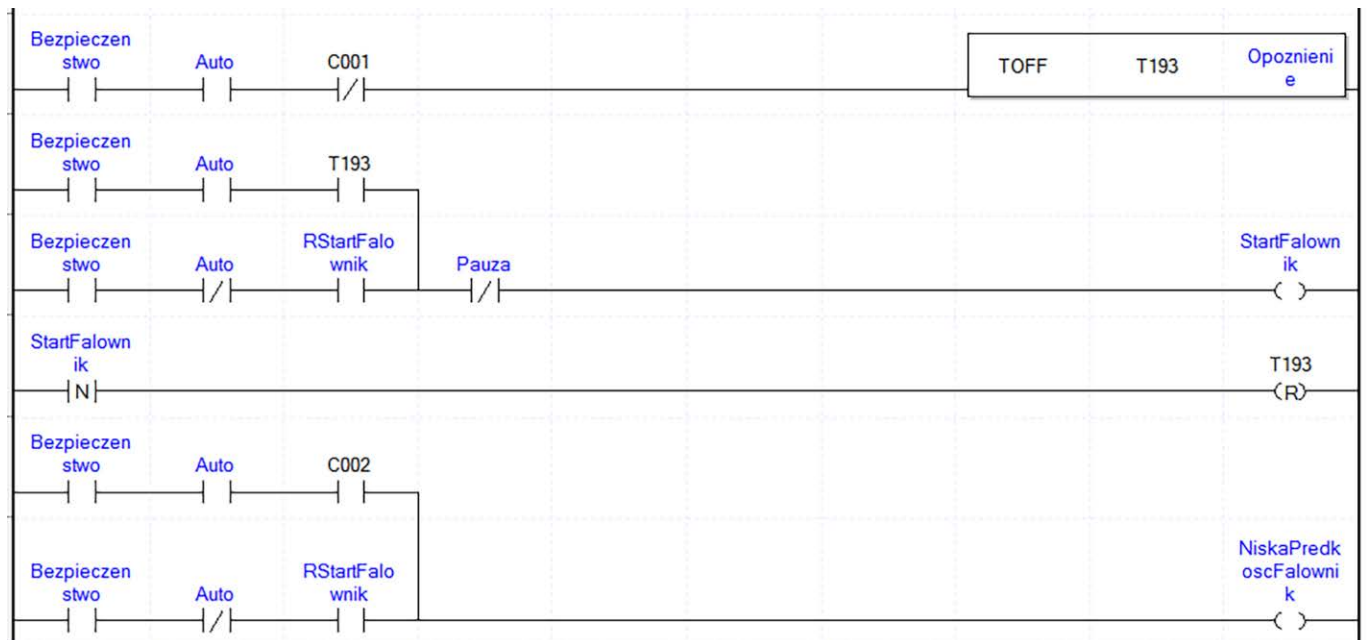
Ostatnim elementem sterowanym w maszynie jest napęd pompy chłodziwa. Chłodziwo jest stale przepuszczane przez wrzeciono powodując chłodzenie i smarowanie tego elementu (rysunek 17). Pompa ta jest załączana, gdy sterownik wykryje uzbrojenie przekaźnika bezpieczeństwa.

Oczywiście, poza podprogramem obsługi maszyny wykonano też podprogram do obsługi alarmów. Pojawienie się odpowiedniego

poziomu logicznego na wejściu sterownika powoduje ustawienie bitu „Alarm” i blokadę trybu „AUTO” maszyny. Usunięcie awarii i restart zasilania maszyny powoduje wyzerowanie bitu Alarm i umożliwienie dalszą pracę.

Jeżeli któryś z czytelników będzie wykonywał podobny układ sterowania, to zapraszam do kontaktu w sytuacji, gdyby potrzebna była pomoc w realizacji bądź dokładniejsze wyjaśnienie algorytmu.

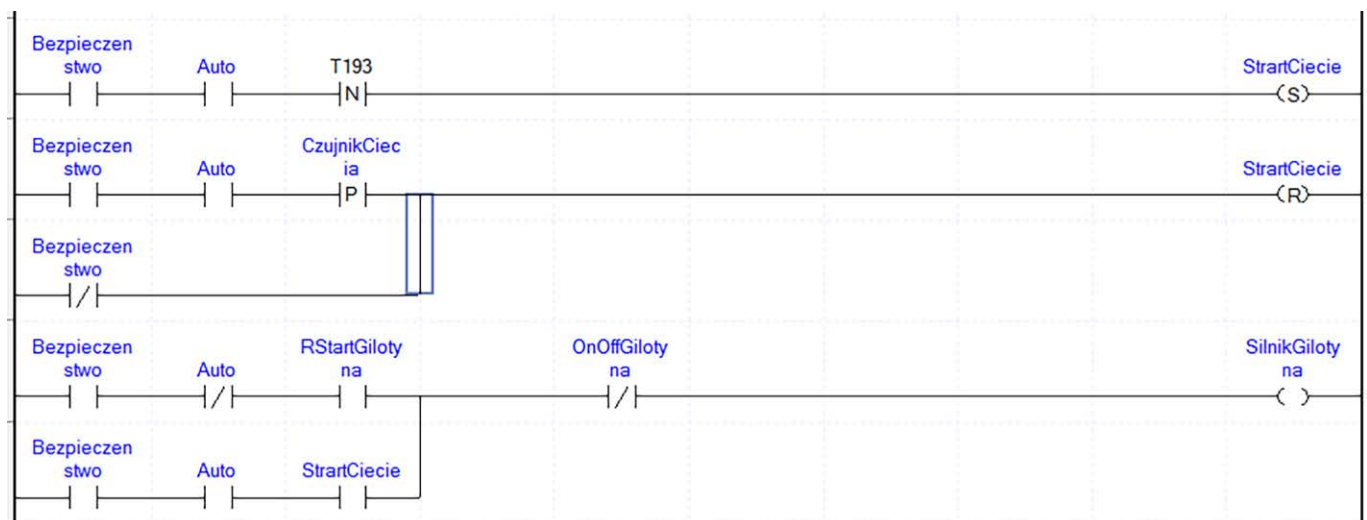
Tomasz Świątek
tomekfx@o2.pl



Rysunek 14. Realizacja sterowania falownikiem



Rysunek 15. Wyzerowanie liczników C001 i C002 oraz umożliwienie ponownego uruchomienia napędu wrzeciona



Rysunek 16. Cięcie i przesuwanie nawiniętych splotów



Rysunek 17. Program sterujący pompą chłodziwa