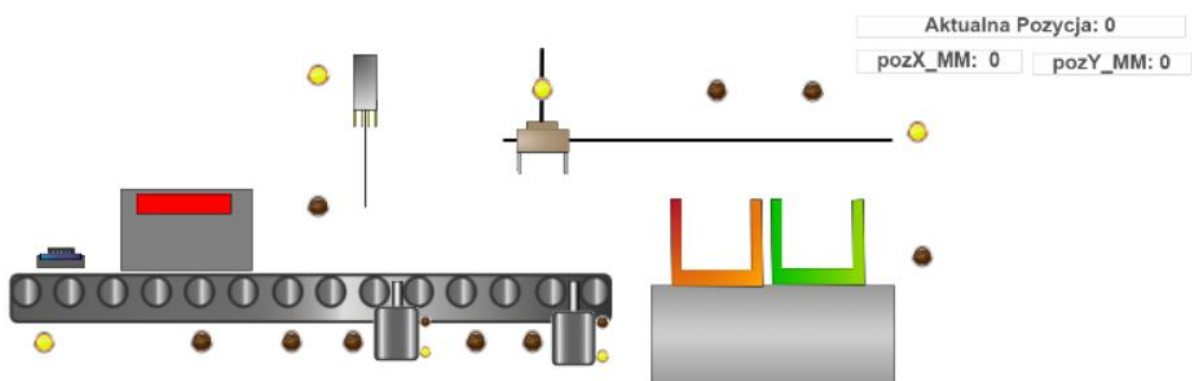
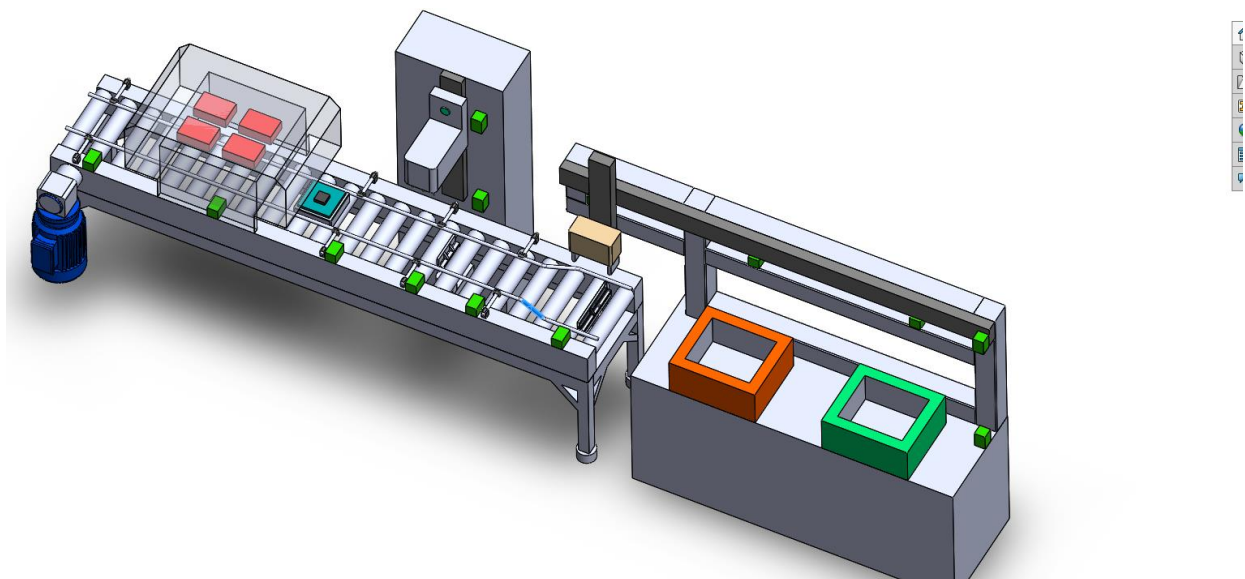


Projekt zaliczeniowy - Inżynieria Oprogramowania

Temat: Zautomatyzowana linia do lutowania komponentów SMD na płytce PCB i testowania połączeń. (Codesys)

Marcin Mikula

Gr. 4 APiR



Analiza „MoSCoW”

Must have:

Przycisk stopu awaryjnego (Emergency Stop), który ma priorytet nad działaniem maszyny,

Przycisk start, przycisk zatrzymania (STOP) oraz przycisk kwitowania – do potwierdzenia usunięcia błędów, potwierdzenia odebrania produktu z pojemników.

Regulacja temperatury pieca zgodnie z przyjętym profilem nagrzewania (heatrampą).

Bardzo uproszczony model 3D maszyny oraz uproszczona animacja odwzorowująca działanie całej maszyny, pokazanie stanów czujników.

Tryb pracy automatycznej

Should have:

Możliwość kontynuacji po zatrzymaniu „kontrolowanym”

Zabezpieczenia w postaci timeoutów – jeśli produkt nie dojechał do danego stanowiska w przewidywanym czasie, to albo czujnik nie działa/coś stało się z maszyną/coś stało się z produktem – zabezpieczenia powinny zatrzymać pracę maszyny i umożliwić start po wykryciu usterki.

Manipulator 2 osiowy zdolny odebrać produkt i umieścić go w odpowiednim pojemniku; (OK box, NOK Box).

Tryb pracy krokowej

Could have

Tryb serwisowy – możliwość ręcznego sterowania napędem przenośnika rolkowego, możliwość obsługi manipulatora w trybie pracy ręcznej „JOG”.

Dodany prosty model zakłóceń temperatury – by udowodnić, że regulator PID jest w stanie poradzić sobie ze sterowaniem piecem.

Symulacja choć prosta, mogłaby działać zgodnie z rzeczywistością – gdy produkt znajduje się w chwytaku, a zostanie on otwarty – powinien symbolicznie zostać przedstawiony jako potencjalnie uszkodzony. Podobnie produkt gdy porusza się po przenośniku, a jest zatrzymany przez stoper pneumatyczny – nie porusza się. Gdy wystąpi awaria zasilania sprężonym powietrzem – stoper nie wysuwa się, mimo, że na cewkę siłownika podawany jest sygnał.

Głowica testująca mogłaby zwracać poprawny wynik podczas każdego pomiaru.

Można by było zasymulować wybraną awarię przyciskiem

Piec mógłby działać w oparciu o model matematyczny (równanie różnicowe), by otrzymać porównywalne wyniki z rzeczywistym obiektem.

Wykres przebiegu temperatury

Wyświetlanie aktualnej wartości temperatury oraz wart. napięcia z czujnika.

Won't have (this time)

-Wyrafinowana wizualizacja maszyny:

Zaawansowana fizyka w symulacji – opadanie wraz z przyspieszeniem ziemskim,

Animacja obracania się rolek podczas pracy przenośnika,

Model matematyczny nie będzie posiadał opóźnień – jest prostym obiektem inercyjnym 1 rzędu.

-Nakładanie pasty lutowniczej, nakładanie komponentów elektronicznych – nawet nie da się tego przedstawić na prostej wizualizacji 2D, w dodatku są od tego dedykowane urządzenia.

-Licznik polutowanych płytek PCB

-Prezentacja wyników przetestowanych płytek – liczba pozytywnie i negatywnie ocenionych płytek

-Nastawialne z HMI poziomy temperatury lutowania w heatrampie, podobnie jak nastawialny czas w danych etapach

USER STORIES:

Jako operator maszyny chciałbym móc zatrzymać maszynę w sytuacji awaryjnej, by uniknąć dalszych szkód.

Jako operator maszyny na porannej zmianie, chciałbym użyć przycisku start, by mieć chwilę na wypicie kawy i obserwację jak działa tryb pracy automatycznej.

Jako pracownik serwisu chciałbym mieć dostęp do Trybu serwisowego, by móc przetestować działanie przenośnika rolkowego lub ręcznie sterować manipulatorem 2 osiowym z chwytnikiem

Jako operator chciałbym mieć możliwość potwierdzenia odbioru produktu i tym samym wznowienia działania kolejnego cyklu, ponieważ czasami muszę odejść od maszyny i wracam po chwili.

Jako producent elektroniki chciałbym mieć możliwość od razu testowania PCB po lutowaniu, by mieć pewność, że wadliwe produkty to rzadkość. Dzięki temu nie narażam się na kosztowne zwroty od klientów.

Jako producent elektroniki chciałbym, by wadliwe produkty były oddzielone od pełnowartościowych.

Jako automatyk chciałbym mieć kod posegregowany na bloki funkcyjne, a samą sekwencję maszyny w języku SFC – tak, bym widział całą sekwencję kroków po kolei.

Jako automatyk chciałbym mieć pewność, że produkt dojechał do danego procesu w zadanym czasie. Jeśli to nie nastąpi, chciałbym otrzymać jakąś informację o błędzie na HMI. (timeouty)

Jako inżynier procesu chciałbym móc zobaczyć na HMI przebieg temperatury z czujników i porównać je z wymaganą heatrampą.

Planowane kolejne etapy releasów

Projekt został wykonany kilka miesięcy przed zajęciami z Inżynierii Oprogramowania, Dlatego większość funkcjonalności już została zaimplementowana.

Nie mniej w kolejnych etapach zostałyby dodane:

Możliwości nastaw wartości procesowych heatrampy: temperatur, czasów, możliwość wyboru predefiniowanych kształtów heatrampy.

Licznik produktów przetestowanych z wynikiem OK, i NOK.

Zostaną usunięte:

Napięcie z czujnika temperatury – to nadmiarowa informacja.

Szacowany czas wykonania:

10h

Rzeczywisty czas wykonania:

Opis projektu: 2h

Czas na naukę oprogramowania Codesys, EPLAN Electric : 10 h

Model 3D solidworks: 4h

Przygotowanie schematu elektrycznego w EPLAN: 6h

Opracowanie koncepcji – weryfikacja procesu nakładania pasty, umieszczania komponentów na PCB – ostatecznie zrezygnowano z tematu z powodów zamieszczonych w MoSCoW – 3h

Planowanie, zbieranie i weryfikacja informacji o procesie lutowania spośród np.

Lutowanie laserem, lutowanie smd „na fali”, przepływ gorącego powietrza, promienie IR

Dobór odpowiedniej technologii – wybrana została na grzałkę IR: 5h

Badanie możliwości sterowania piecem, poszukiwanie komponentów elektrycznych: 6h

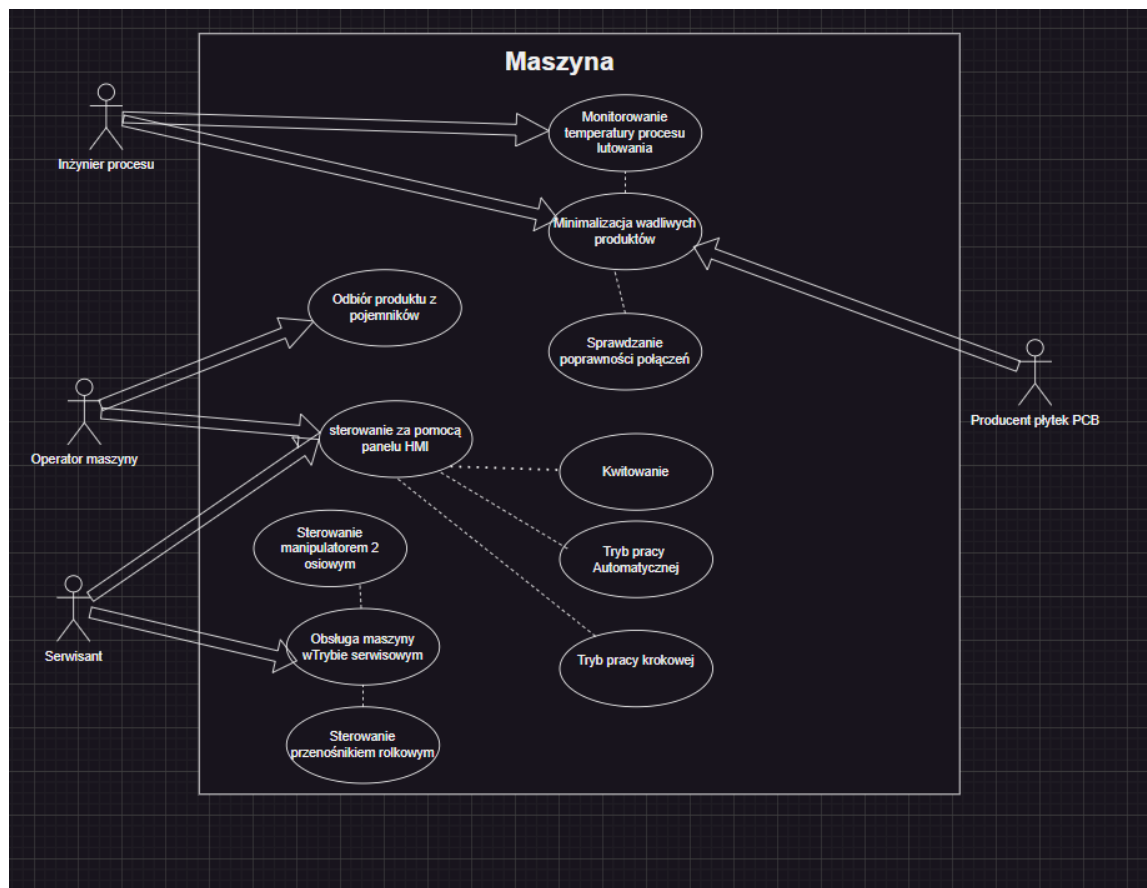
Przygotowanie diagramu sekwencji maszyny : 2h

Programowanie, podział na bloki funkcyjne, Testy, implementacja zabezpieczeń: 30h;

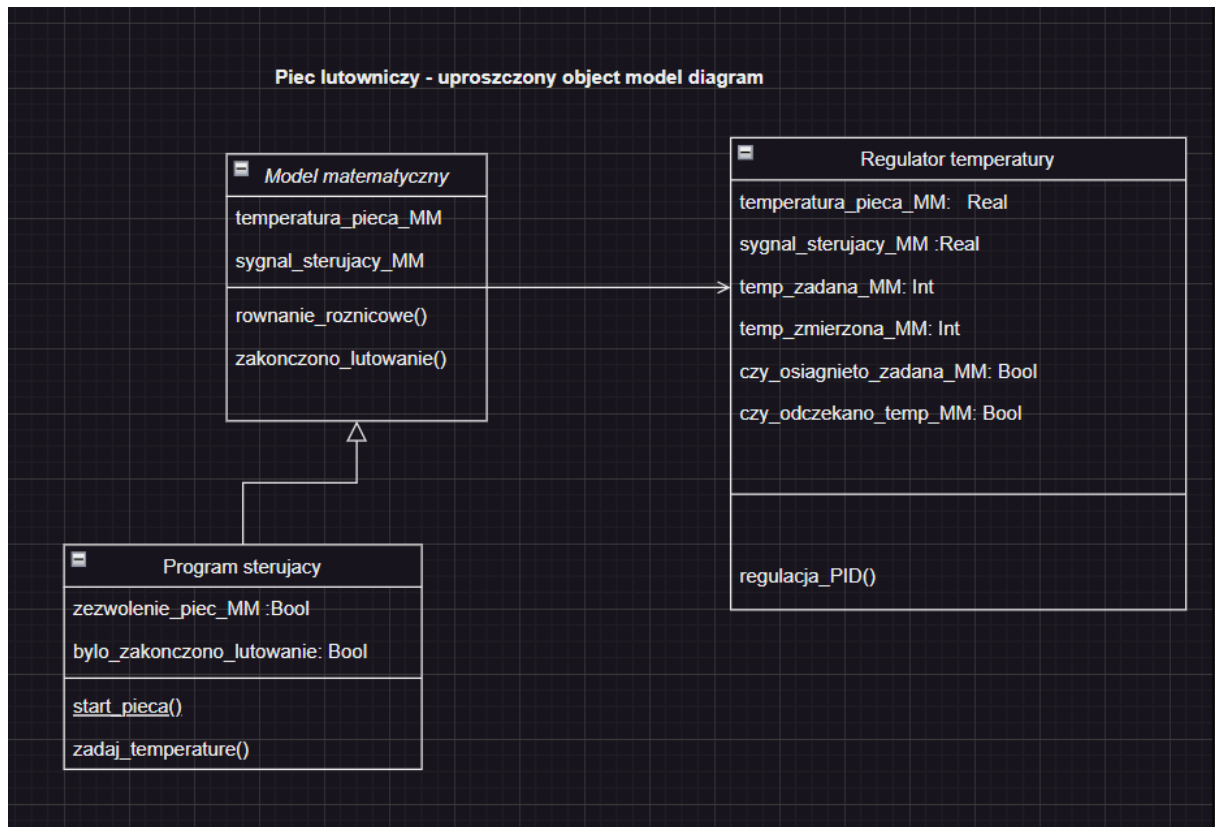
Czas rzeczywisty wykonania projektu był znacząco większy od przewidywanego. Złożyły się na to: konieczność nauki oprogramowania, skomplikowany proces, jakość wykonania i implementacja dodatkowych funkcjonalności.

Diagramy: Use Case Diagram, Object Diagram(s) – projekt nazw i typów, ...

Use Case Diagram



Uproszczony object model diagram wybranego fragmentu maszyny – w tym przypadku piec lutowniczy



Nazwy zmiennych są głównie w konwencji snake_case. W uzasadnionych przypadkach zastosowano duże litery, by poprawić czytelność, w dodatku jednym z narzuconych ogólnie wymagań podczas projektu było umieszczenie w każdej zmiennej inicjałów autora (_MM). Poniżej fragment kodu programu:

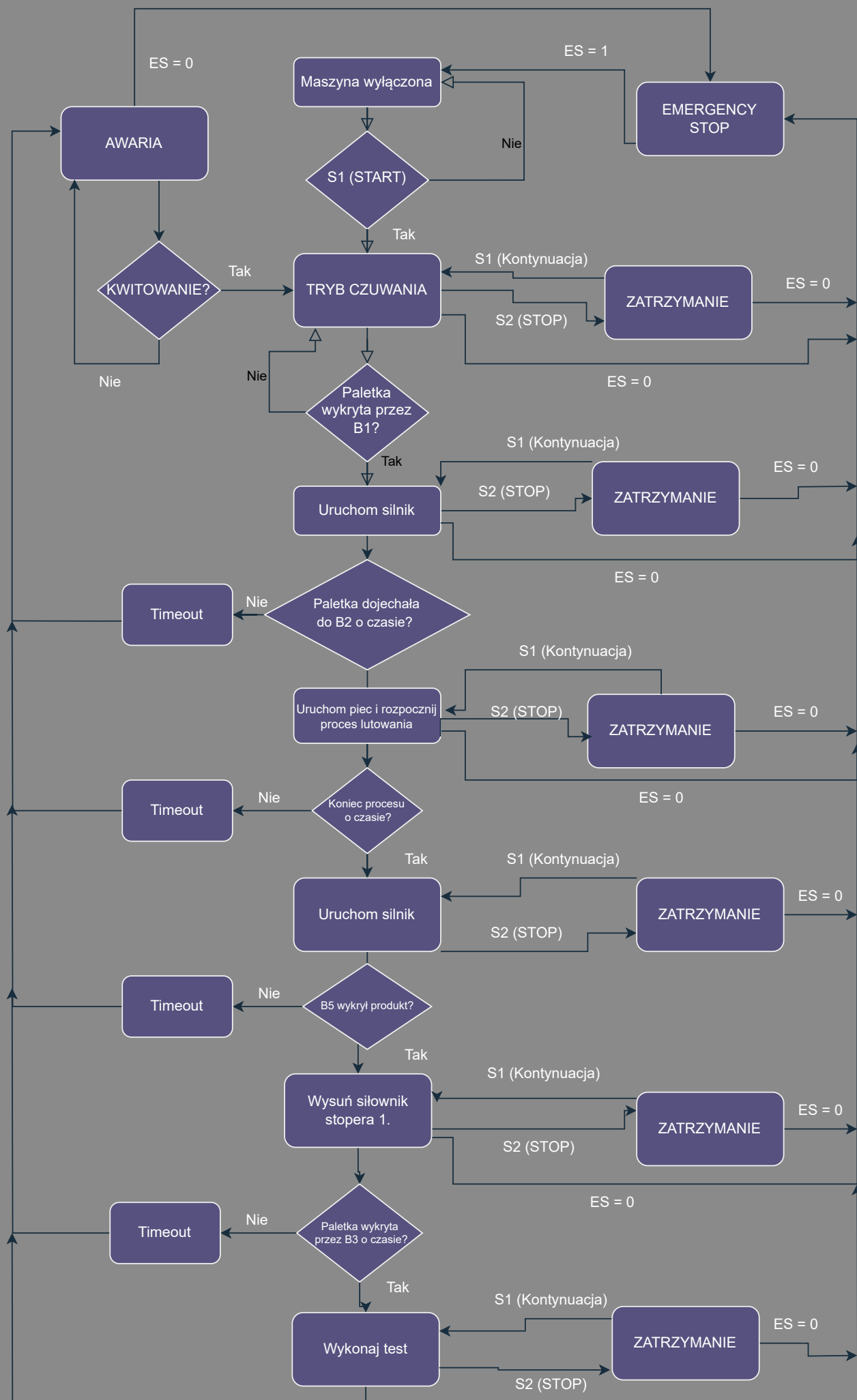
```

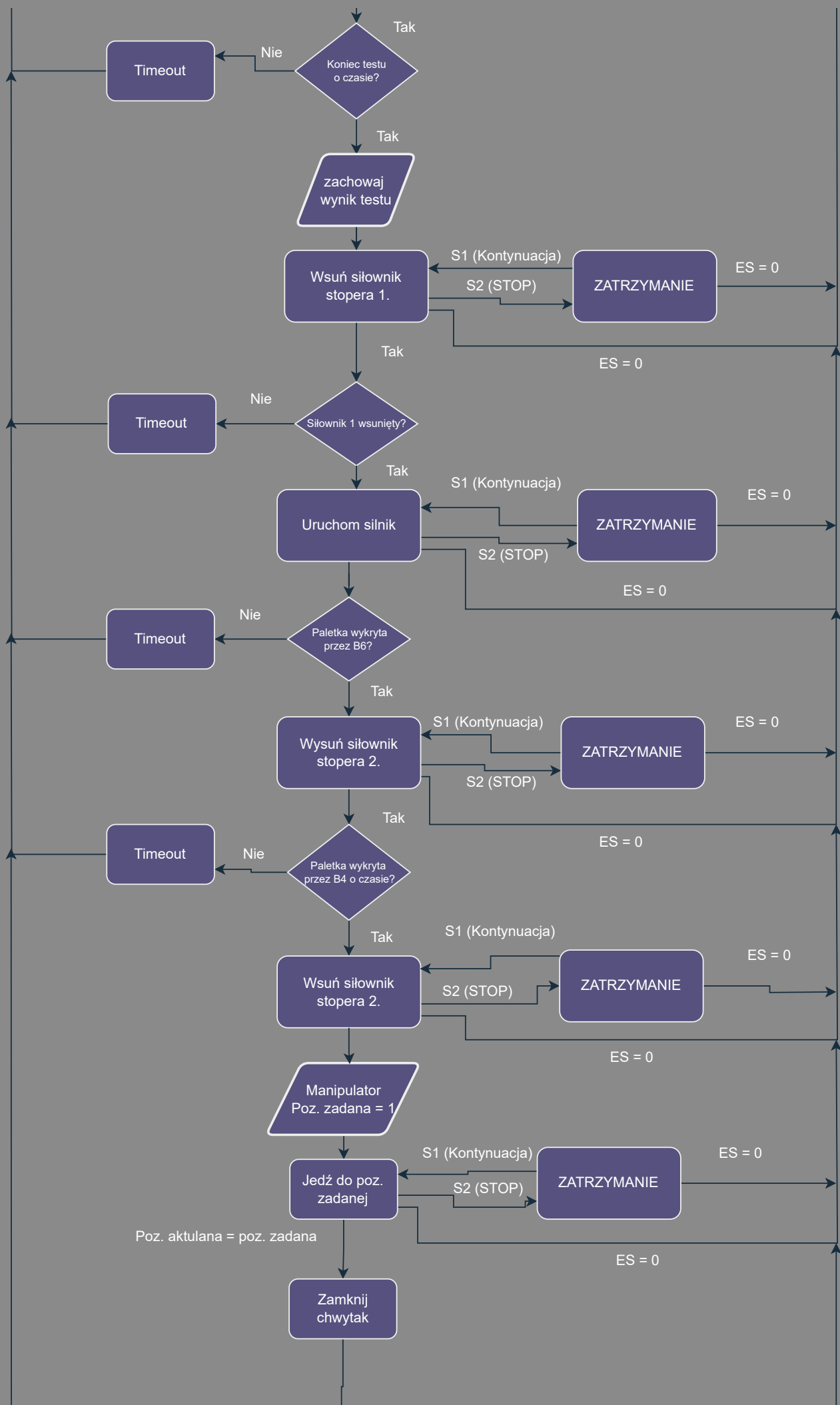
31 IF startX_MM = 1 AND pozX_manip_MM < 381 + h_MM AND pozX_manip_MM > -1 THEN
32     IF dirX_MM = 0 THEN
33         pozX_manip_MM := pozX_manip_MM - 1;
34     ELSIF dirX_MM = 1 THEN
35         pozX_manip_MM := pozX_manip_MM + 1;
36     END_IF
37
38     IF pozX_manip_MM <= 0 THEN      ///// ograniczenia ruchu manipulatu
39         pozX_manip_MM := 0;
40     ELSIF pozX_manip_MM >= 380 + h_MM THEN

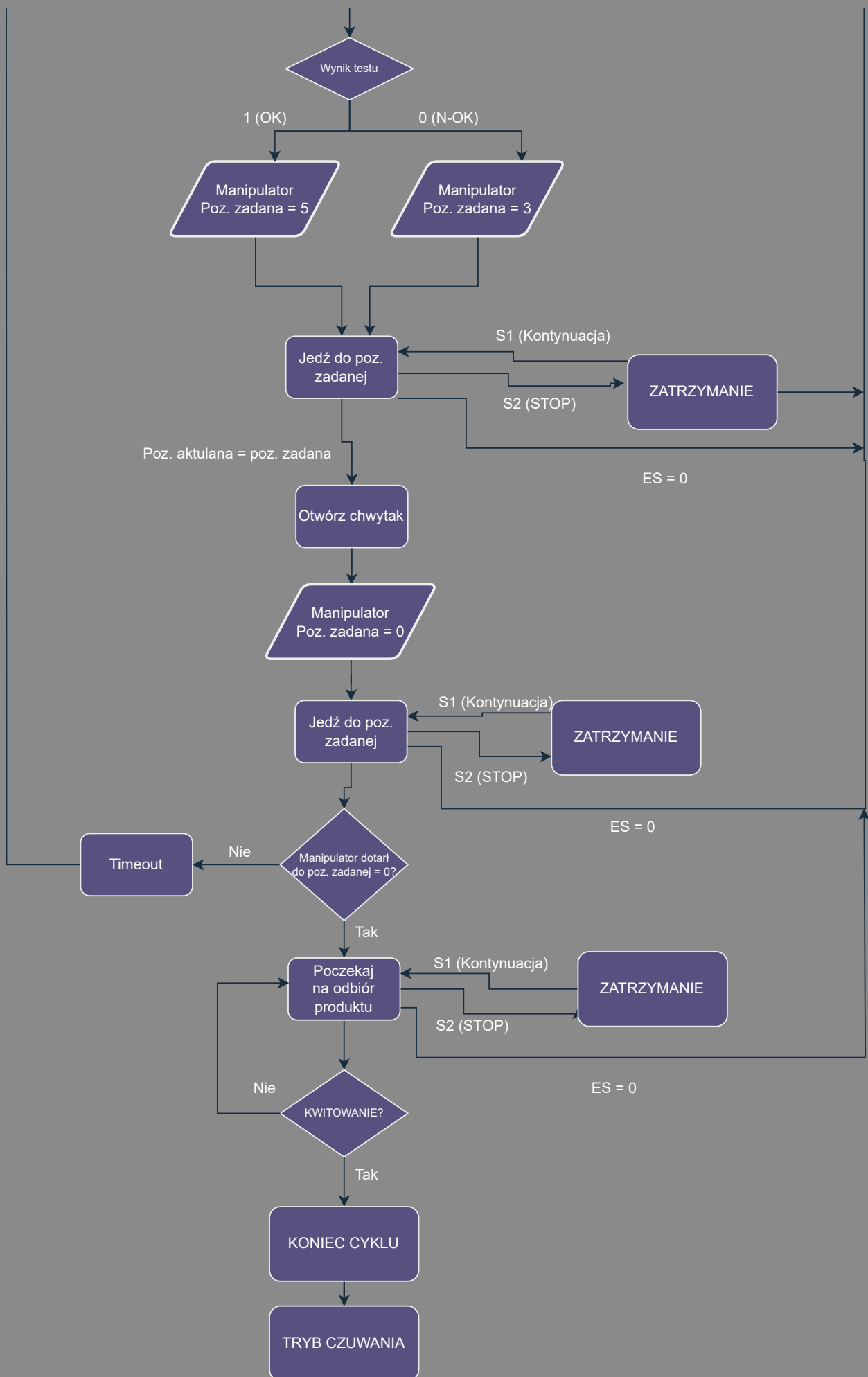
```

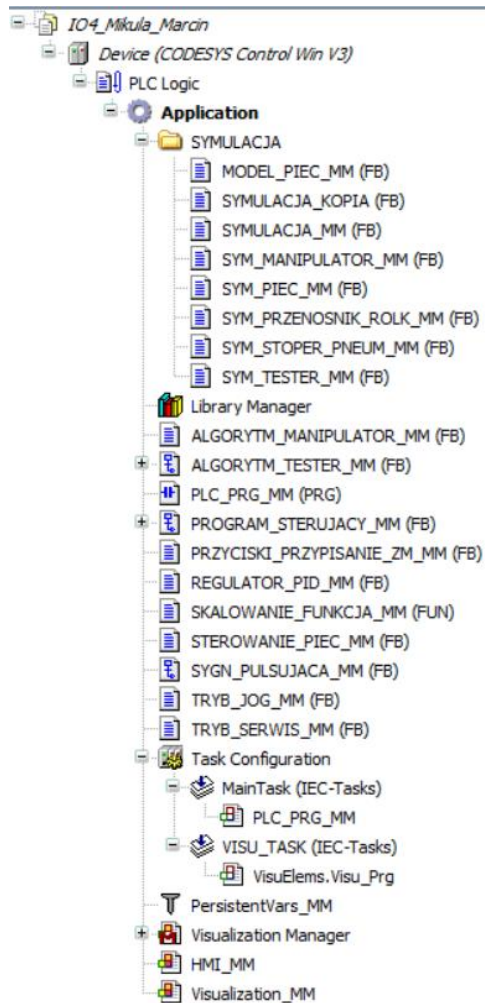
Typy obiektów – w formie bloków funkcyjnych FB.

Każde z urządzeń jest symulowane oddzielnym blokiem funkcyjnym, dodatkowo niezależnie części programu sterującego również są zrealizowane jako bloki funkcyjne w Codesys.

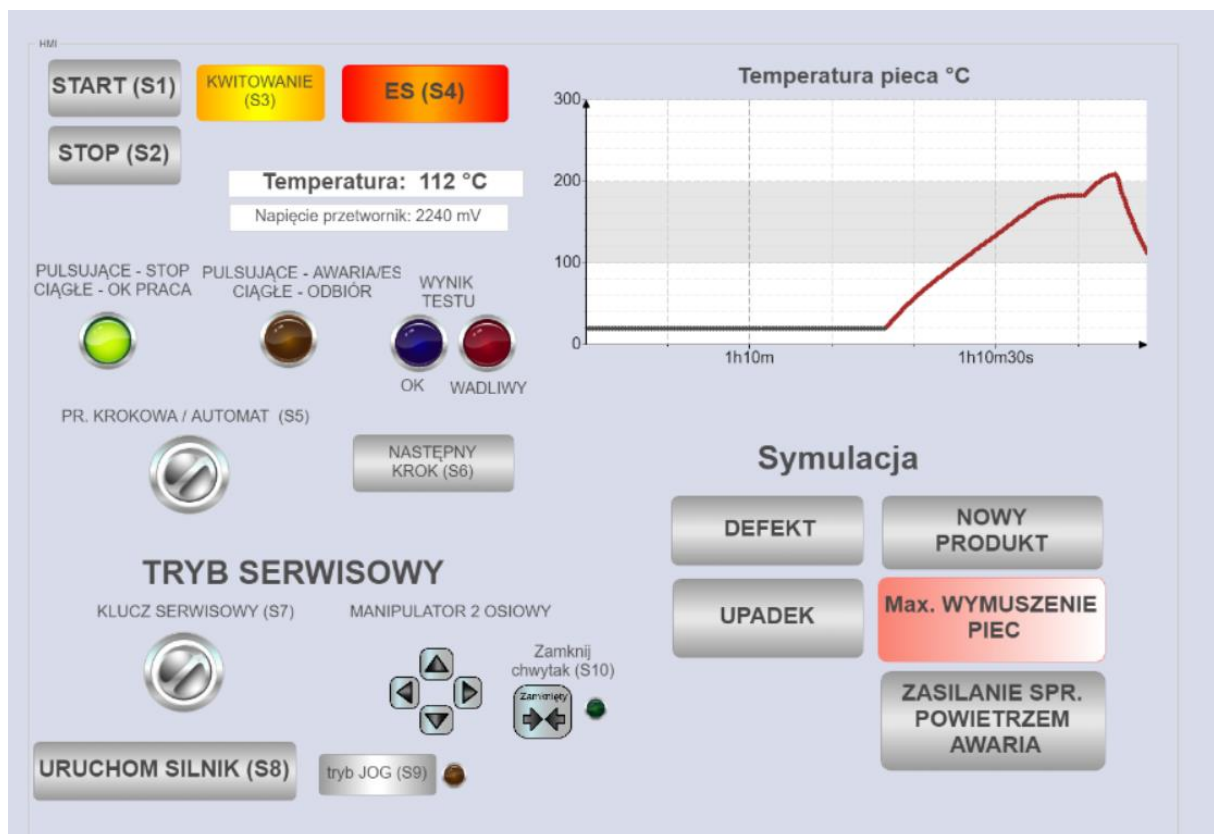








Projekt interfejsu:



Co może „pójść nie tak” – zagrożenia

Głowica testująca może nie działać poprawnie i będzie zwracać błąd

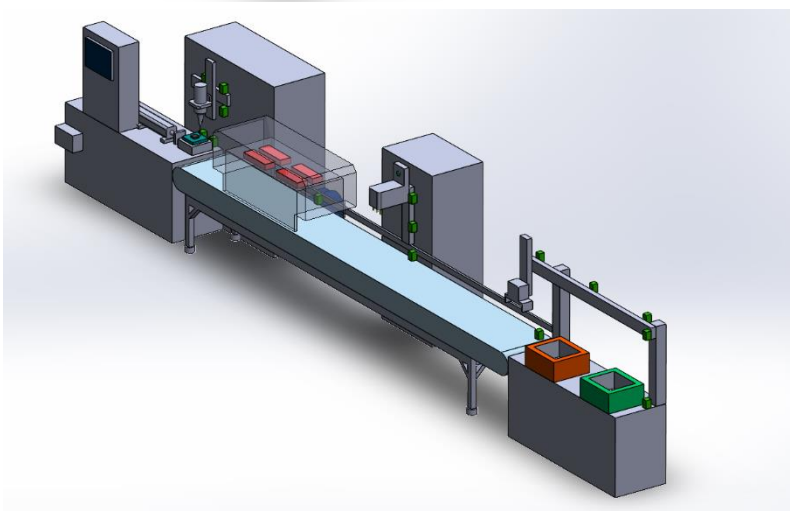
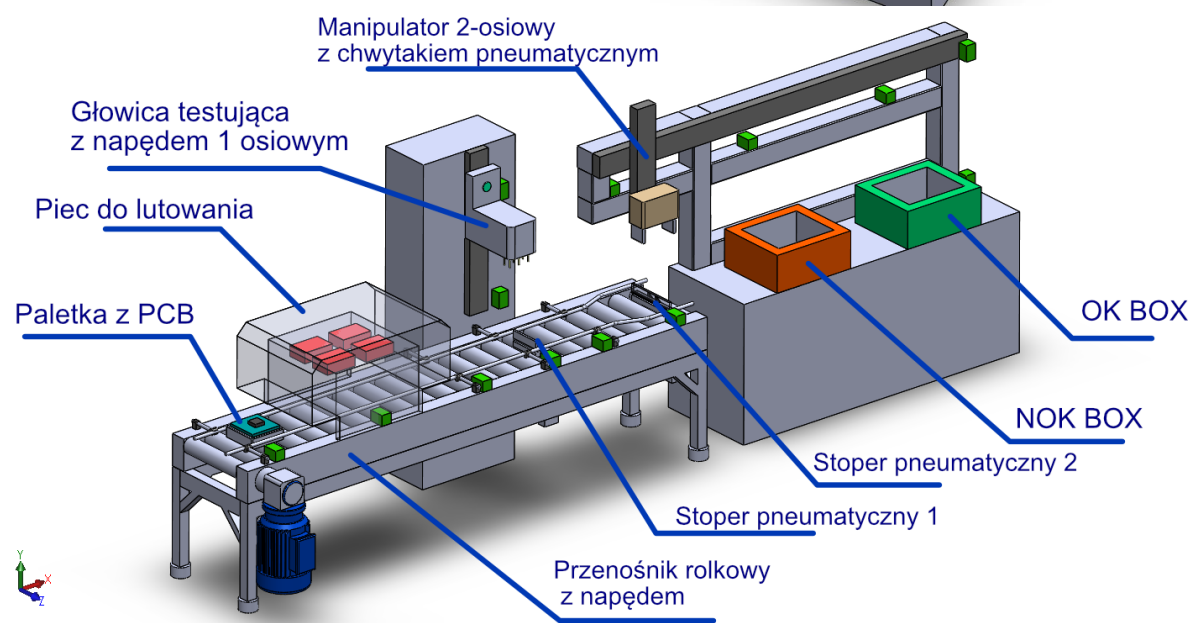
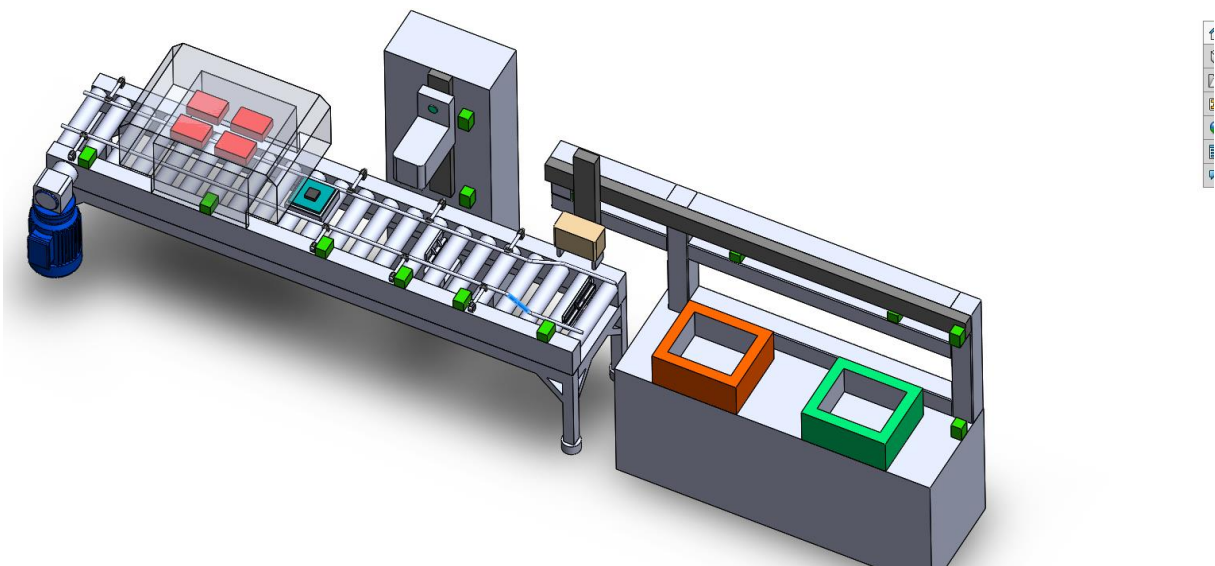
Tak naprawdę podczas testowania paletka z produktem powinna być sztywno zamocowana i odpowiednio pozycjonowana. Ponieważ ten proces jest uproszczony, nie jest to uwzględniane – w rzeczywistej maszynie należałoby tę kwestię załatwić od strony mechanicznej.

Paletka z PCB ma swoją bezwładność i może się przesuwać po rolkach dalej nawet po gwałtownym zatrzymaniu

Podczas awarii zasilania pneumatyki może się zdarzyć, że w chwytaku będzie paletka z produktem – wtedy może wypaść i coś uszkodzić.

1. Koncepcja projektu

Model 3D - Solidworks



Początkowo maszyna miała również obejmować proces nakładania pasty i komponentów, natomiast okazało się to zbyt skomplikowane. Powyżej zdjęcie początkowej koncepcji.

Jakie zadanie ma zrealizować program?

1. Przeprowadzenie procesu cieplnego zgodnie z założeniami:

ETAP 1. – powolny, liniowy wzrost temperatury i ustalenie jej wartości na ok. 180 stopni Celsjusza wstępne podgrzewanie.

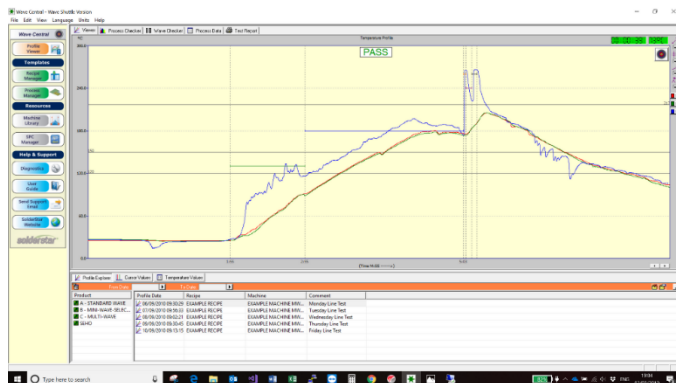
ETAP 2. – po upływie zadanego czasu w programie, temperatura ma wzrosnąć do 210 stopni. W tym czasie aktywowany są składniki topnika

ETAP 3. – po osiągnięciu temperatury 210 stopni następuje swobodne chłodzenie

Powyższa sekwencja jest stworzona w oparciu o poniższe, **rzeczywiste profile temperaturowe (ang. heatramp):**

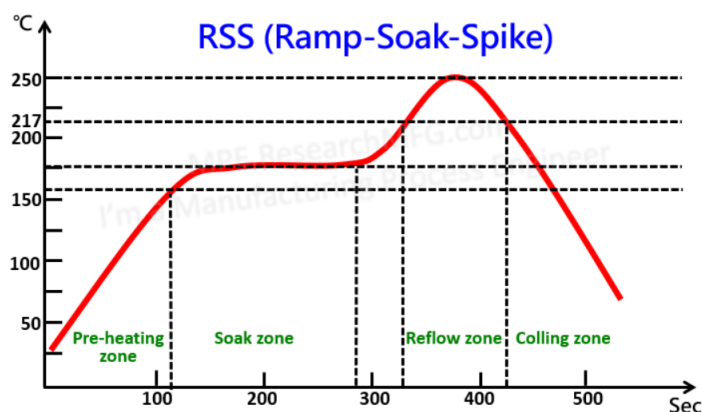
Nr.1

Zródło: <https://youtu.be/QcZeXBGgljE?feature=shared> - właściwie cała playlista jest o lutowaniu SMT, możliwych wadach po lutowaniu itd.



Nr.2

Zródło: <https://mpe.researchmfg.com/rss-rts/> - rozważania nt. przyjętej heatrampy



Widać powolny wzrost temperatury, potem utrzymanie pewnej stałej temp. przez zadany czas (następuje aktywacja topnika), następnie wzrost temperatury do pewnej wartości i chłodzenie. Taki przebieg starałem się odwzorować.

UWAGA! Mogą się różnić: temperatura, czas trwania całego procesu cieplnego, czasy poszczególnych etapów, sposób chłodzenia – powolne, kontrolowane/chłodzenie swobodne przy wyłączonej grzałce.

2. Wykonanie testu produktu

Program ma przetestować zlutowaną płytkę PCB i sprawdzić poprawność połączeń – czyli ma wykryć ewentualną wadę produktu. U mnie jest to zrealizowane za pomocą głowicy testującej z pinami sprężystymi, która przy dotknięciu PCB sprawdza poprawność połączeń i przekazuje wynik testu do dalszej części programu.

Uwaga, jest to bardzo uproszczony proces. W rzeczywistości można to sprawdzić w znacznie bardziej wyrafinowany sposób, dedykowanym do tego urządzeniem, stosując np. systemy wizyjne.

Dodatkowo kłopotliwe może być pozycjonowanie, zwłaszcza na przenośniku rolkowym. Co prawda zderzak stopera 1 nie pozwoli na dalszy ruch do przodu, ale paletka może się od niego odbić, lub mimo zastosowanych drążków prowadzących na przenośniku, przesunąć w bok. Test może być wykonany niepoprawnie i co za tym idzie wynik może być niewłaściwy.

W moim projekcie liczył się bardziej sam fakt wykonania testu i na tej podstawie ma być wykonane odkładanie do boxów przez manipulator.

Zdany test jak i wada ma być sygnalizowana na panelu HMI osobnymi lampkami.

3. Odłożenie paletki z produktem do odpowiedniego pojemnika

Manipulator 2 osiowy ma za zadanie umieścić paletkę z produktem w odpowiednim pojemniku, w zależności od wyniku testu:

OK - zielony

NOK – ('nie-ok') – pomarańczowy

4. Musi nastąpić potwierdzenie odbioru przez operatora kwitowaniem (S3)

5. Jak ma działać HMI?

HMI ma mieć możliwość włączenia maszyny przyciskiem START (S1), Jest to sygnalizowane świeceniem ciągłym lampki H1,

STOP (S2) powoduje chwilowe zatrzymanie z możliwością powrotu przyciskiem START (S1). W tym czasie lampka H1 świeci w trybie pulsującym

ES (S4) powoduje awaryjne zatrzymanie maszyny. Dopiero 'odkręcenie' grzybka i przycisk START (konieczne, by włączyć maszynę) , pozwalają na pracę.

Program ma obsługiwać timeouty w miejscach, gdzie np. oczekuję, że produkt pojawi się w z góry założonym czasie w konkretnym miejscu, a tego nie zrobił, co mogło być spowodowane np. awarią przenośnika, albo 'upadkiem' paletki. W ten sposób można sobie poradzić z awariami czujników, bo brak sygnału z czujnika też spowoduj timeout.

W przypadku TIMEOUTów program pokazuje stan awaryjny, gaśnie H1, świeci się sygnalizator H2 w trybie pulsującym.

Gdy produkt zostanie przetestowany, to wynik jest przedstawiany za pomocą sygnalizatorów,

Gdy produkt zostanie odłożony poprawnie, to H2 świeci w trybie ciągłym i oczekuje potwierdzenia odbioru produktu z BOXA przez operatora. Wciśnięcie kwitowania kończy cykl i maszyna wchodzi w tryb czuwania (czeka na produkt, wykrywany czujnikiem B1)

HMI ma mieć możliwość pracy krokowej – domyślna jest praca automatyczna,

HMI powinien posiadać tryb serwisowy, który pozwoli np. na ręczne włączenie silnika przenośnika i pracę manipulatorem 2 osiowym w trybie manualnym (JOG)

Na HMI ma być odczyt zmierzonej temperatury i jej przebieg w formie wykresu

B1- B4 : czujniki indukcyjne, wykrycie paletki z produktem na przenośniku rolkowym.
B5, B6 – czujniki indukcyjne, wykrycie paletki powoduje wysunięcie siłownika stopera z wyprzedzeniem (B5 – stoper 1, B6 – stoper 2.)
B7 – czujnik temperatury
B8 i B9 – czujniki położenia tłoka siłownika stopera nr. 1: B8 –pozycja home, B9 – work.
B10 i B11 – jak wyżej, tylko dotyczy stopera nr. 2 (B10 – home, B11 – work)
bX00, bX01, bX02 – czujniki położenia manipulatora 2 osiowego z chwytakiem pneumatycznym w osi poziomej X0,
(Na schemacie el. B12, B13, B14)

bY00, bY01 – położenie manipulatora 2 osiowego na osi pionowej Y0
(Na schemacie elektrycznym : B15,B16)

bY10, bY11 – położenie głowicy testującej na osi pionowej Y1
(Na schemacie elektrycznym : B17,B18)

OPIS ELEMENTÓW WYKONAWCZYCH

Silnik el. – napęd przenośnika

Grzałka pieca

Napęd osi Y głowicy testującej

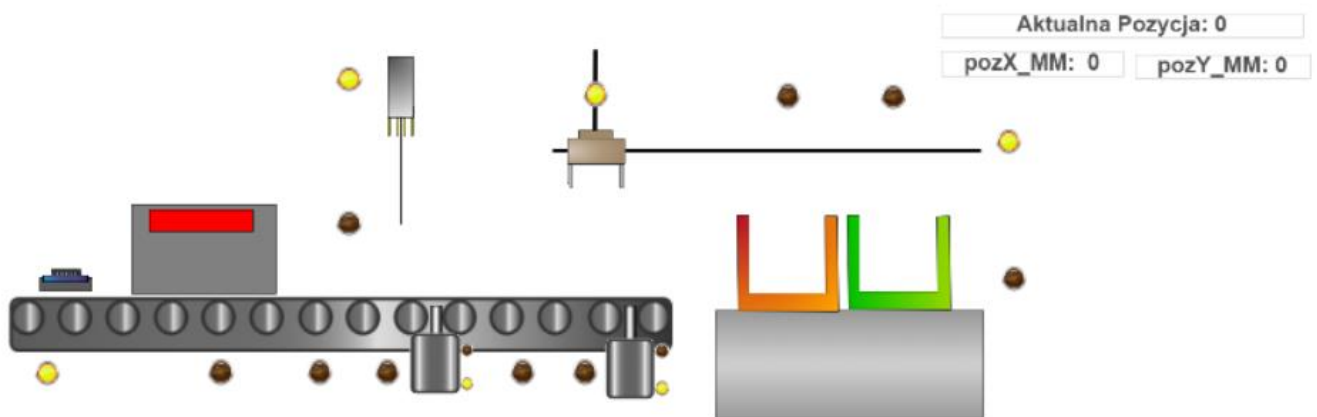
Napędy osi X,Y manipulatora

2x Zawór 3/2 pneumatyczny, monost. sterowany cewką – sterowanie stoperami 1 i 2

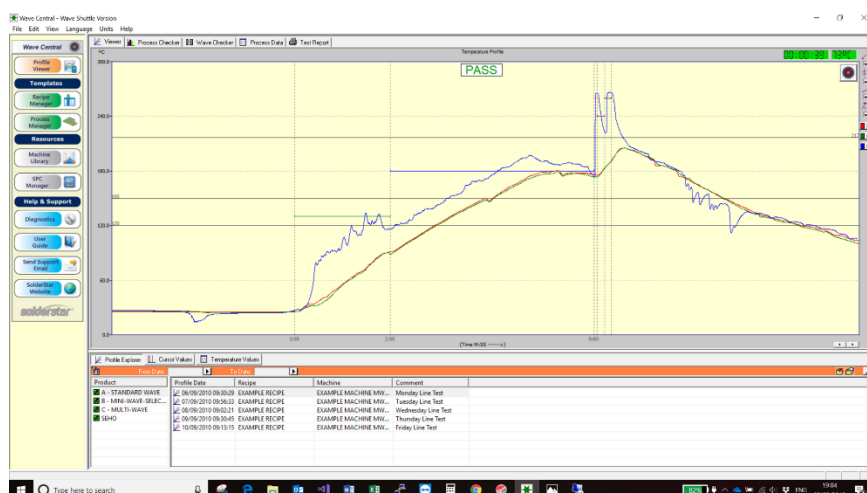
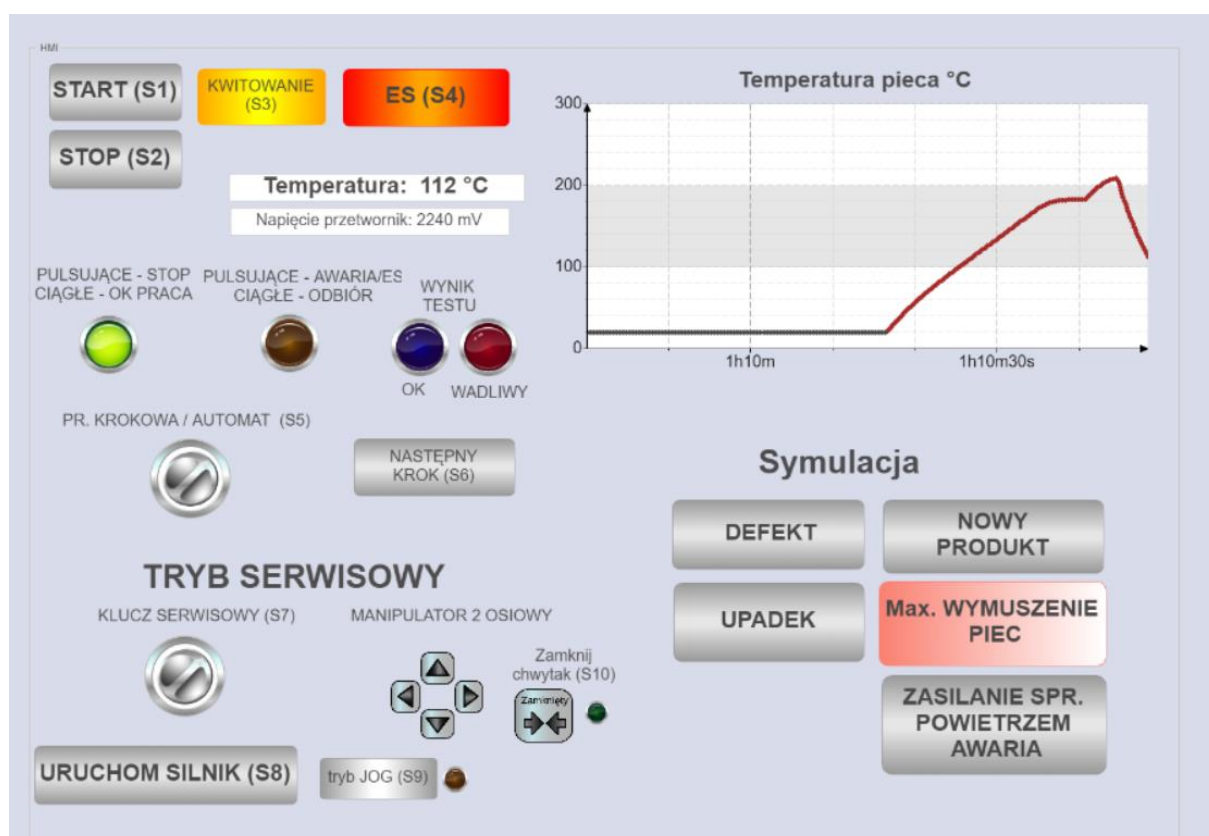
Chwytnik pneumatyczny

PODSUMOWANIE PROJEKTU

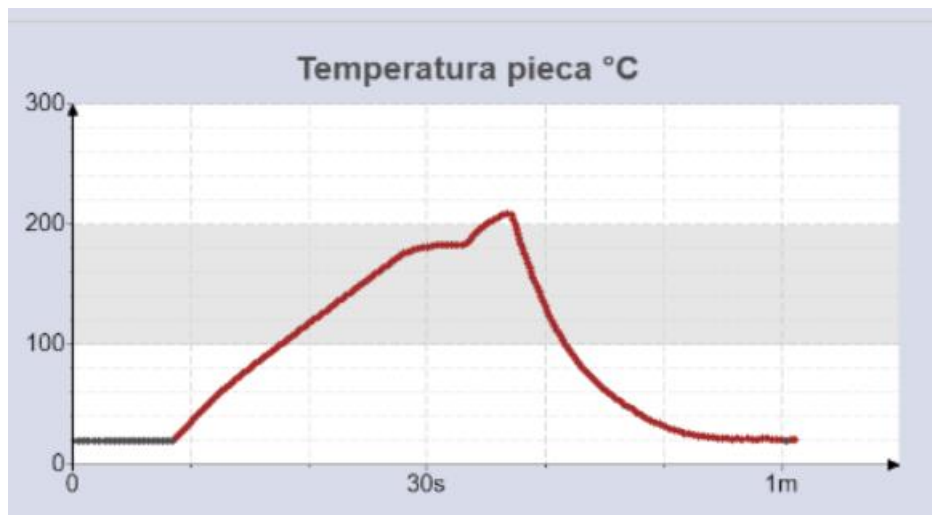
Wizualizacja



PANEL HMI z przyciskami do symulacji sytuacji awaryjnych



Pisząc algorytm sterujący piecem próbowałem odwzorować taki przebieg. Początkowo temperatura narasta w przybliżeniu liniowo, a chłodzenie jest swobodne (w rzeczywistości chłodzenie jest wydłużone).



Dla uproszczenia przyjąłem, że model pieca w mojej symulacji to obiekt 1 rzędu, bez opóźnień. Po kilku testach w Matlabie zamieniłem metodą ZOH transmitancję ciągłą na dyskretną i napisałem równanie różnicowe obiektu. Całość została ujęta w postaci bloku funkcyjnego **MODEL_PIEC_MM**

Program spełnia wszystkie założone funkcjonalności, ponadto posiada zabezpieczenie w postaci timeoutów. Dzięki temu gdy pewna część sekwencji programu nie działa prawidłowo, szybko jest zwracany błąd, a po zalogowaniu do sterownika można zlokalizować miejsce i możliwą przyczynę awarii..

Wykonanie: codesys, grafiki affinity photo, model matematyczny pieca – matlab, model 3D – solidworks

W załączniku do prezentacji, sprawozdania z wykonania projektu dołączam także archiwum z kodem programu.

Poniżej zamieszczam schemat elektryczny oraz wykaz najważniejszych komponentów elektrycznych, które można by było wykorzystać budując rzeczywistą maszynę

Wykaz wybranych użytych komponentów elektrycznych					
L.p.	Rodzaj	Producent/sklep	Model	Szt.	Uwagi
1	Czujniki indukcyjne NO	Balluff	BES M12MD-PSC80F-S04G	13	Czujniki połozenia paletkii i poz. Siłowników
2	Czujniki do siłowników NO	Balluff	BMF 235K-HMPS-C-3-P0-S49-00,3	4	
3	Sterownik serwonapedu	Wobit	FD124S-LB-000	3	Serwonapedy osi
4	Serwonaped	Wobit	SMC80S-0075	3	
5	Chwytnak pneumatyczny	Schunk	PHL 32-080	1	Elektropneumatyka
6	Stoper pneumatyczny	Soco system	typ A60	2	
7	Siłownik stoperów DFSP	FESTO	DFSP-16-10-DS-PA	2	
8	Zawór pneumatyczny 3/2 NC, sterowany cewką monostabilny (sprężyna powrotna)	SMC	VT307-5G1-01f	3	
9	Sterownik PLC Siemens S7-1200 14 we binarnych 24VDC 10 WYJŚĆ BINARNYCH 24VDC 2 WEJSCIA ANALOGOWE 0-10V	SIEMENS	SIMATIC S7-1200, CPU 1214C DC/DC/RLY		Sterownik PLC: CPU + Moduły dodatkowe
10	MODUŁ WEJŚĆ BINARNYCH - 1 16 WEJŚĆ BINARNYCH 24VDC	SIEMENS	SM 1221 DI16	1	
11	MODUŁ WEJŚĆ BINARNYCH - 2 8 WEJŚĆ BINARNYCH 24VDC	SIEMENS	SM 1221 DI8	1	
12	MODUŁ WYJŚĆ BINARNYCH 16 WYJŚĆ BINARNYCH 24VDC	SIEMENS	SM 1222 DO16	1	
13	MODUŁ WYJŚĆ ANALOGOWYCH SM 1232 AO2	SIEMENS	SM 1232 AO2	1	
14	Softstart Eaton dla silników, moc 1,5kW 4A Sterowanie : 24VDC/VAC Napięcie robocze to 230...400VAC.	EATON	134847 DS7-340SX004N0-N	1	Napęd przenośnika rolkowego
15	motoreduktor walcowo stożkowy, silnik 3 Fazowy. 0,55 kW	SEW EUROPE	KF19DRN80MK4	1	
16	Wyłącznik silnikowy	EATON	PKZM0-4-EA 3P 1,5kW 2,5-4A 189901	1	
17	Czujnik temperatury bezkontaktowy THW18-5x10 Bezkontaktowy czujnik temperatury. Mocowanie Gwint M18, do 500°C. Sygnał 0~10V.	TMCON (sklep TERMIPOL)	THW18-5x10	1	Urządzenia pieca
18	Przełącznik regulator półprzew. SSR 10A/280V 0-10V	Maxwell Automation	MS-1VD2210B 0-10V / AC 10A 280VAC	1	
19	Promiennik podczerwieni 650W	SELF A grzejnictwo elektryczne	T-FSR 650W	1	
20	Lampka zielona 24VDC	Elstat	KONT-16F-24-G	1	Sygnalizatory , "lampki"
21	Lampka żółta 24VDC	Elstat	KONT-16E-24-Y	1	
22	Lampka czerwona 24VDC	Elstat	KONT-16E-24-R	1	
23	Lampka niebieska 24VDC	Elstat	KONT-16E-24-BL	1	
24	Łącznik pokrętny bistabilny CZARNY NO piórkowy	Schneider Electric	XB7ND21	1	Przyciski
25	Przełącznik stabilny; kluczyk wyciągany w pozycji "0"; styk NO; pozycje 0-1	Elstat	PS-XK-B2	1	
26	Przycisk awaryjny grzybkowy, bezpieczeństwa, odblokowanie przez obrót	Elstat	PS-XG-R-B1	1	
27	Przycisk monostabilny styki NO, białe	sklep 24VDC.PL	H2P1W1A	10	
28	Przycisk monostabilny styki NO, żółty	sklep 24VDC.PL	H2P1Y1AA	1	Zasilacz do PLC i obwodów 24VDC Zabezpieczenie naprądowe Zasilacz do serwonapedów Stycznik - silnik przenośnika Rozłącznik główny zaisłania
29	Zasilacz 100-240VAC/24VDC	Weidmuetler	PRO ECO 480W 24V 20A 1469510000	1	
30	Wyłącznik nadprądowy	Hager	MBN320E	1	
31	Zasilacz : 90-264VAC / 48VDC	Sklepfałowniki.pl	Delta LYTE II DRL -48V240W1EN	1	
32	Stycznik mocy 9A 4kW cewka 24V DC 3NO	Schneider Electric	LC1D09BD	1	
33	Rozłącznik izolacyjny wyłącznik główny 40A 3P	Hager	SBN340	1	



Tel.

Ilość stron 7

