

POLITECHNIKA ŚLĄSKA
WYDZIAŁ AUTOMATYKI, ELEKTRONIKI I INFORMATYKI
Instytut Automatyki
Zakład Pomiarów i Systemów Sterowania
Kierunek: Automatyka i Robotyka
Specjalność: Automatyka

PRACA DYPLOMOWA
MAGISTERSKA

Paweł Ciuła

PROJEKT MODERNIZACYJNY NAPĘDU URZĄDZENIA
DO TRANSPORTU KOKSU ODPADOWEGO

Nr albumu:
130939

Promotor:
Dr inż. Józef Wiora

Gliwice, Listopad 2008

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP	6
1.1. Pojęcie koksu i jego zastosowanie	6
1.2. Bateria koksownicza	8
1.3. Elewator	10
1.4. Przepad	12
2. CEL I ZAKRES PRACY	13
2.1 Cel pracy	13
2.2 Zakres	13
3. BUDOWA I OPIS DZIAŁANIA ELEWATORA	15
3.1. Budowa	15
3.2. Opis działania	16
4. ZAOBSERWOWANE PROBLEMY	18
4.1. Rozpoznane problemy natury systemowe	18
4.2. Rozpoznane problemy natury obiektowej	19
5. PROPOZYCJE ROZWIĄZAŃ	21
5.1. Rozwiązania systemowe	21
5.2. Rozwiązania obiektowe	24
6. DOBÓR ELEMENTÓW	30
6.1. Kryteria doboru elementów systemu	30
6.2. Proponowane modele	40
7. PROJEKT WYKONAWCZY	43
7.1. Zasilanie oraz zabezpieczenia sieci elektrycznej	43
7.2. Obwody sterownicze	45
7.3. Komunikacja	51
7.4. Program sterownika PLC	53
7.5. Wizualizacja	55
7.6. Zabezpieczenia i sygnalizacje	61
7.7. Alarmy i diagnostyka	65
7.8. Szafy montażowe	69
8. TESTY	72
8.1. Uruchomienie – rozruchowe testy weryfikacyjne	72
8.2. Testy skuteczności rozwiązań obiektowych	75

9. WNIOSKI	76
9.1. Spostrzeżenia i wnioski cząstkowe	76
9.2. Podsumowanie	77
10. LITERATURA	78
11. ZAŁĄCZNIKI	79
11.1. Załącznik 1	79
11.2. Załącznik 2	79
11.3. Załącznik 3	80
11.4. Załącznik 4	81

SPIS RYSUNKÓW, SCHEMATÓW, WYKRESÓW I TABEL

Rysunek 1: Gotowy koks	7
(źródło: pl.wikipedia.org)	
Rysunek 2: Koks po wypchnięciu z komory	7
(fotografia autora wykonana za zgodą przedstawiciela zakładu)	
Rysunek 3: Otwarte drzwi komory i wypycharka	9
(źródło: pl.wikipedia.org)	
Rysunek 4: Strop baterii i wóz zasypowy	9
(fotografia autora wykonana za zgodą przedstawiciela zakładu)	
Rysunek 5: Dolny zbiornik elewatora i skip (po lewej)	10
(fotografia autora wykonana za zgodą przedstawiciela zakładu)	
Rysunek 6: Szyb elewatora – widok z góry. Po lewej skip, po prawej górny zbiornik ...	11
(fotografia autora wykonana za zgodą przedstawiciela zakładu)	
Rysunek 7: Napęd elewatora na wieży węgla (a - silnik, b - hamulec, c - przekładnia) ..	11
(fotografia autora wykonana za zgodą przedstawiciela zakładu)	
Rysunek 8: Krata na ganku mistrzowskim (wlot dolnego zbiornika)	12
(fotografia autora wykonana za zgodą przedstawiciela zakładu)	
Rysunek 9: Elementy budowy i uwarunkowania technologiczne elewatora	17
Rysunek 10: Dolny zbiornik i urządzenia poprawiające jego drożność	26
Rysunek 11: Detekcja napełnienia przy pomocy sondy skipu	27
Rysunek 12: Pomiar drogi za pomocą czujników zbliżeniowych na bębnie	28
Rysunek 13: Pomiar drogi za pomocą enkodera i dwóch czujników zbliżeniowych	29
Rysunek 14: Sterownik programowalny OCS100	40
(źródło: www.horner-apg.net)	
Rysunek 15: Napęd Unidrive SP	41
(źródło: www.apator-control.katowice.pl)	
Rysunek 16: Enkoder inkrementalny GI332	41
(źródło: www.casp.pl)	
Rysunek 17: Czujnik indukcyjny IT30NBMPSL4	41
(źródło: www.casp.pl)	
Rysunek 18: Komputer przemysłowy Primergy RX200	42
(źródło: www.fujitsu-siemens.com.pl)	
Rysunek 19: Okna narzędziowe wizualizacji	55
Rysunek 20: Okno logowania	56

Rysunek 21: Okno główne "PRACA"	58
Rysunek 22: Panel operatorski OCS100	59
Rysunek 23: Przykład ekranu wyświetlanego na panelu podczas pracy	59
Rysunek 24: Rozmieszczenie elementów skrzynki sterowania lokalnego	61
Rysunek 25: Zabezpieczenia	65
Rysunek 26: Ekran alarmowy panelu sterownika	66
Rysunek 27: Okno główne „ALARMY”	67
Rysunek 28: Okno główne „DIAGNOSTYKA”	69
Rysunek 29: Szafa sterownicza	70
Rysunek 30: Szafa komputerowa	71
Schemat 1: Zasilanie i zabezpieczenia sieci elektrycznej	44
Schemat 2: Kontrola faz zasilających obwód siłowy	45
Schemat 3: Wejściowy obwód sterowniczy	46
Schemat 4: Połączenia modułu wejść dyskretnych sterownika	47
Schemat 5: Połączenia modułu wyjść dyskretnych sterownika	48
Schemat 6: Wyjściowy obwód sterowniczy	49
Schemat 7: Połączenia listwy zaciskowej napędu	50
Schemat 8: Uproszczony schemat zasilania i połączeń elementów systemu	52
Schemat 9: Schemat blokowy programu sterującego	53
Wykres 1: Sekwencja sterująca wibratorem (zielony), odbijakiem (niebieski) i pulsatorem (czerwony)	62
Tabela 1: Lista alarmów	68
Tabela 2: Pomiar maksimum i minimum zakresu drogi	73
Tabela 3: Pomiar czasu jazdy w jednym cyklu	74
Tabela 4: Rejestry MCB tworzące polecenie Modbus	80
Tabela 5: Komendy Modbus (MCB2)	80
Tabela 6: Typy pamięci w sterowniku (MCB5)	80

1. WSTĘP

W celu lepszej analizy zagadnień projektu modernizacji tytułowego urządzenia przedstawionego w dalszych rozdziałach konieczne jest przybliżenie kilku zasadniczych pojęć dotyczących specyfiki procesu technologicznego produkcji koksu. Mając nakreślony obraz sytuacji, możliwe będzie głębsze zrozumienie genezy poruszanych problemów oraz charakterystycznych sposobów realizacji przedstawianych rozwiązań.

1.1. Pojęcie koksu i jego zastosowanie

Produkcja koksu to proces skomplikowany i wymagający. Ma on na celu usunięcie z węgla zanieczyszczeń, dzięki czemu staje się paliwem znacznie wydajniejszym i czystszy niż tradycyjny węgiel kamienny, przez co zyskał dużą popularność przy opalaniu wielkich pieców hutniczych czy kotłów grzewczych. Koksowanie węgla polega na beztlenowym wyprażaniu go w temperaturze 1200°C przez czas ok. 16 godzin, w którym to uwalniane są gazy (głównie gaz koksowniczy - surowy, który po oczyszczeniu w wydziale węglpochodnych służy jako opał), ciecze (woda amoniakalna), smoła oraz benzol, będące ubocznymi, aczkolwiek również wykorzystywanymi produktami tego procesu. Gotowy koks (Rysunek 1) zawiera ponad 90% czystego pierwiastka węgla, charakteryzuje go wysoka kaloryczność i spokojne spalanie, dzięki czemu może być rzadziej uzupełniany w porównaniu do pozostałych paliw opałowych [4].

Według oficjalnych źródeł Zakłady Koksownicze „Przyjaźń” Sp. z o.o. w Dąbrowie Górniczej produkują ponad 3 miliony ton koksu rocznie, w 2007 roku ich przychód wyniósł 1,8 miliarda złotych [5], dlatego obecnie główny nacisk kładzie się w nich na niezawodność maszyn i urządzeń, inwestując ogromne pieniądze w automatyzację produkcji, a co za tym idzie minimalizację wpływu czynnika błędu ludzkiego oraz zwiększenie komfortu i bezpieczeństwa pracy załogi ruchu ciągłego. Wytwarzanie koksu musi odbywać się 24 godziny na dobę, 365 dni w roku. Każdy dłuższy postój spowodowany czy to awarią technologiczną, czy wypadkiem przy pracy jest sytuacją silnie stresogenną dla wszystkich pracowników. W skrajnych przypadkach może prowadzić do nieodwracalnych w skutkach konsekwencji, a nawet całkowitej utraty mocy produkcyjnej, nie wspominając nawet finansowych ogromnych strat finansowych z tego tytułu. Dlatego mając na uwadze powagę sytuacji, trudne warunki oraz liczne zagrożenia charakterystyczne dla tego typu przedsięwzięć wymagane jest zastosowanie nowoczesnych i przemysłowych rozwiązań mogących sprostać ciężkim wymaganiom specyfiki zakładu.



Rysunek 9: Gotowy koks (źródło: pl.wikipedia.org)



Rysunek 10: Koks po wypchnięciu z komory (fotografia autora wykonana za zgodą przedstawiciela zakładu)

1.2. Bateria koksownicza

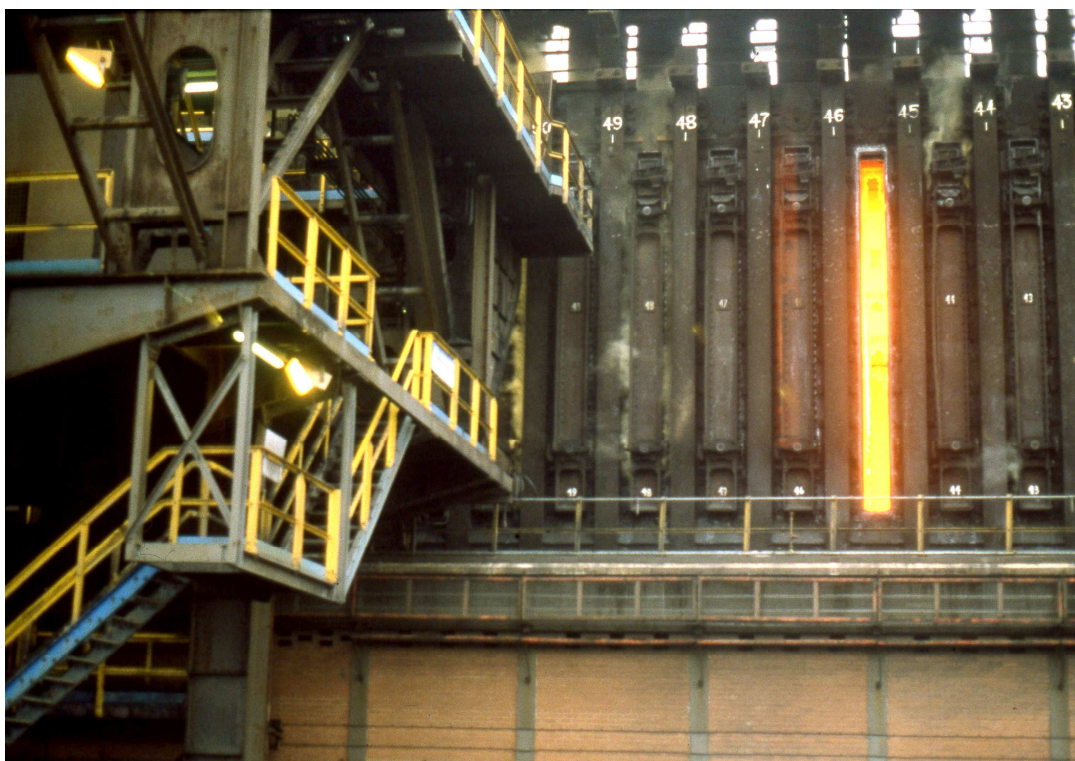
Najważniejszą częścią koksowni są baterie koksownicze. Bateria jest to zespół komór (pieców) oddzielonych od siebie ścianami grzewczymi. Komory, w których wyprażany jest koks, połączone są ze sobą instalacjami odbieralnika gazu surowego i hydroinżekcji¹, natomiast ściany grzewcze – instalacjami gazu opałowego oraz kanału dymowego. Po obydwu stronach baterii, u podnóża komór, znajduje się ganek mistrzowski, wzdłuż którego pracuje przenośnik zgrzeblowy. Na każdą baterię przypada jedna wieża węgla wraz z elewatozem, komin, dyszownia (spełniająca funkcję „centrum dowodzenia i monitoringu”) oraz zespół 4 wozów piecowych obsługujących komory, czyli wypycharka (Rysunek 3), wóz zasypowy (Rysunek 4), wóz przelotowy i wóz gaśniczy (Rysunek 2).

Gdy komora jest gotowa do wypchnięcia, kłapa na rurze wznosnej jest otwierana za pomocą siłowników znajdujących się na wozie zasypowym poruszającym się po stropie. W tym samym czasie wypycharka i wóz przelotowy zostają ustawione po przeciwnych stronach komory w celu odryglowania i zdjęcia drzwi po obydwu stronach. Podczas zdejmowania drzwi często zdarza się, że niewielka ilość płonącego koksu wysypuje się z komory na ganek mistrzowski, który po zgaszeniu zostaje skierowany na przenośnik zgrzeblowy. Po otwarciu komory następuje sekwencja czyszczenia drzwi, w której to za pomocą specjalnego mechanizmu noży usuwana jest z ich krawędzi wewnętrznych smoła grafitowa nagromadzona w trakcie koksowania. Wypycharka posiada na dole specjalny zbiornik, do którego trafia odcięta smoła, natomiast po stronie „przelotu” spada ona na ganek. Po wypchnięciu komory, przed jej zamknięciem następuje jeszcze czyszczenie ram - specjalny czyszczak (również z nożami) umieszczony na obu wozach wjeżdża w ramę, w którą wstawione będą drzwi i usuwa z nich smołę, aby komora była szczelna. Smoła ta spada na ganek po obydwu stronach baterii. Po założeniu i zaryglowaniu drzwi komora jest zamknięta i gotowa do ponownego zasypania.

Wóz zasypowy posiada trzy zbiorniki, które napełniane są mieszanką węglową ze zbiorników namiarowych umieszczonych na wieży węgla. Po nawęgleniu zostaje on ustawiony na komorze, która będzie zasypywana, gdzie stoi już wypycharka. Węgiel wsypywany jest do komory od góry poprzez 3 otwory. Podczas zasypu na wypycharce uruchamiany jest mechanizm wyrównujący, którego głównym elementem jest drąg wyrównawczy, poruszający się wzdłuż napełnianej komory w jej górnej części. Mechanizm

1 *Hydroinżekcja* to proces natrysku wnętrza zasypywanej komory wodą amoniakalną po stronie wypycharki. Woda opadając wypiera do góry uwalniając się gaz surowy do odbieralnika. Ogranicza to eksplozję gazu w momencie otwarcia drzwiczek dla drąga wyrównawczego i tłumi płomień ognia podczas wyrównywania komory.

ten ma za zadanie zniwelowanie stożków powstałych od otworów zasypowych i równomierne rozłożenie wsadu. Nadmiar mieszanki węglowej wyciągany podczas wyrównywania trafia poprzez zsuwnię do zbiornika węgla przepadowego wypycharki umieszczonego pod drgiem wyrównawczym.



Rysunek 11: Otwarte drzwi komory i wypycharka (źródło: pl.wikipedia.org)



Rysunek 12: Strop baterii i wóz zasypowy (fotografia autora wykonana za zgodą przedstawiciela zakładu)

1.3. Elewator

Po całkowitym zapełnieniu zbiornika węgla przepadowego wypycharki, czyli co kilkanaście wypchnięć komór, zbiorniki węgla i smoły umieszczone na wypycharce muszą zostać opróżnione. Do tego celu służy elewator znajdujący się na początku baterii. Węgiel i smoła zrzucane są do dolnego zbiornika elewatora (Rysunek 5). Trafia tam również wszystko to, co znalazło się na ganku mistrzowskim – poprzez sieć przenośników zgrzeblowych, na które operator porządkowy, tzw. „drzwiowy” za pomocą łopaty i miotły nagarnia powstałe przy wypychu komór odpady.

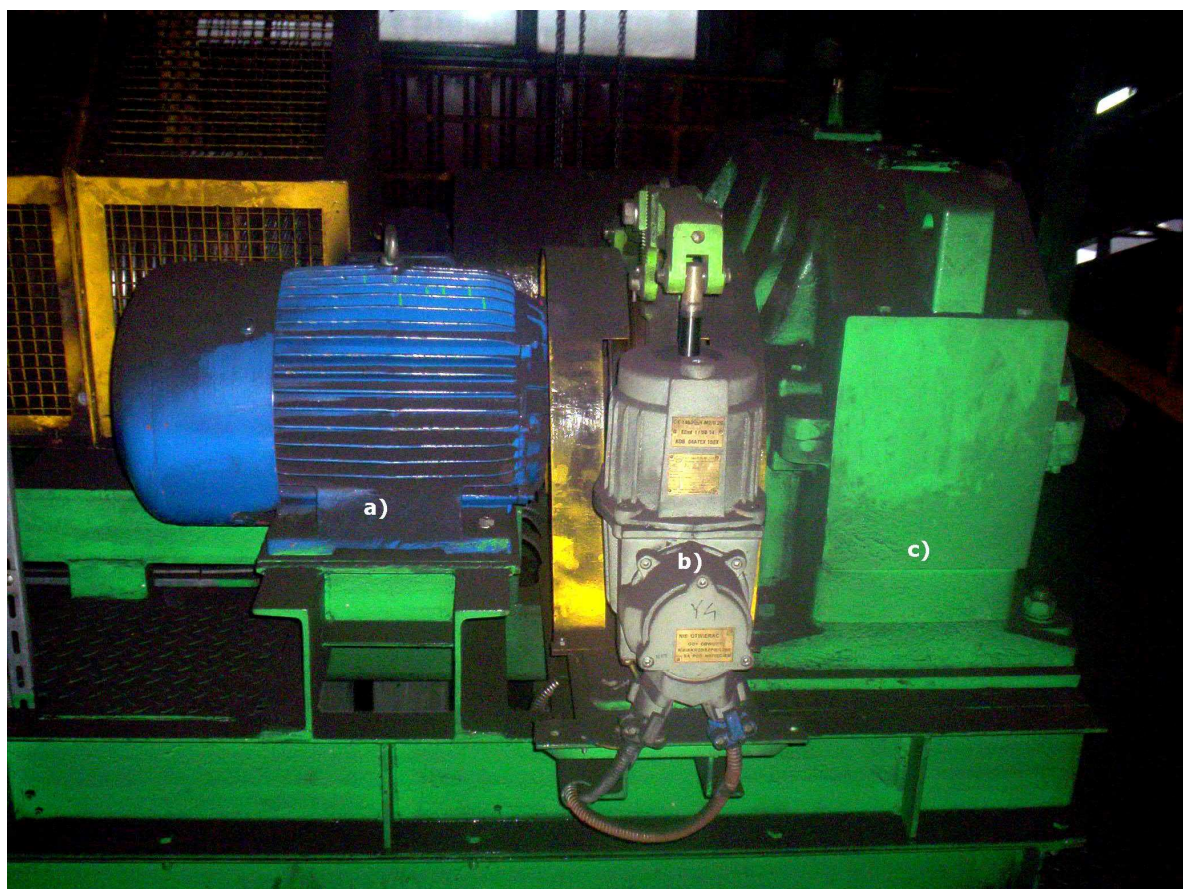
Niestety baterie koksownicze nie są zbyt przyjazne środowisku, a to głównie za sprawą emisji pyłów do atmosfery. W zależności od pogody, a w szczególności od siły wiatru, zapylenie może mieć zasięg nawet do 50 kilometrów od baterii, co sprawia, że okoliczne miasta są na nie narażone. Nowoczesne standardy, normy europejskie oraz certyfikaty jakości zobowiązują koksownię do stosowania technologii mających na celu ochronę środowiska, zwłaszcza w zakresie emisji pyłów. Z tego powodu nowoczesna bateria koksownicza wyposażona jest w bardzo rozbudowane instalacje odpylania, a także sieci odkurzaczy przemysłowych „Wieland”, które w znacznym stopniu pozwalają zmniejszyć niepożądany, negatywny wpływ na sąsiadujący z nią ekosystem. Z punktu widzenia opracowywanego projektu istotne jest to, że pył zaabsorbowany przez instalacje, poprzez zbiornik celkowy, a następnie przenośnik ślimakowy również trafia do dolnego zbiornika elewatora.



Rysunek 13: Dolny zbiornik elewatora i skip (po lewej)
(fotografia autora wykonana za zgodą przedstawiciela zakładu)



Rysunek 14: Szyb elewatora – widok z góry (po lewej skip, po prawej górny zbiornik)
(fotografia autora wykonana za zgodą przedstawiciela zakładu)

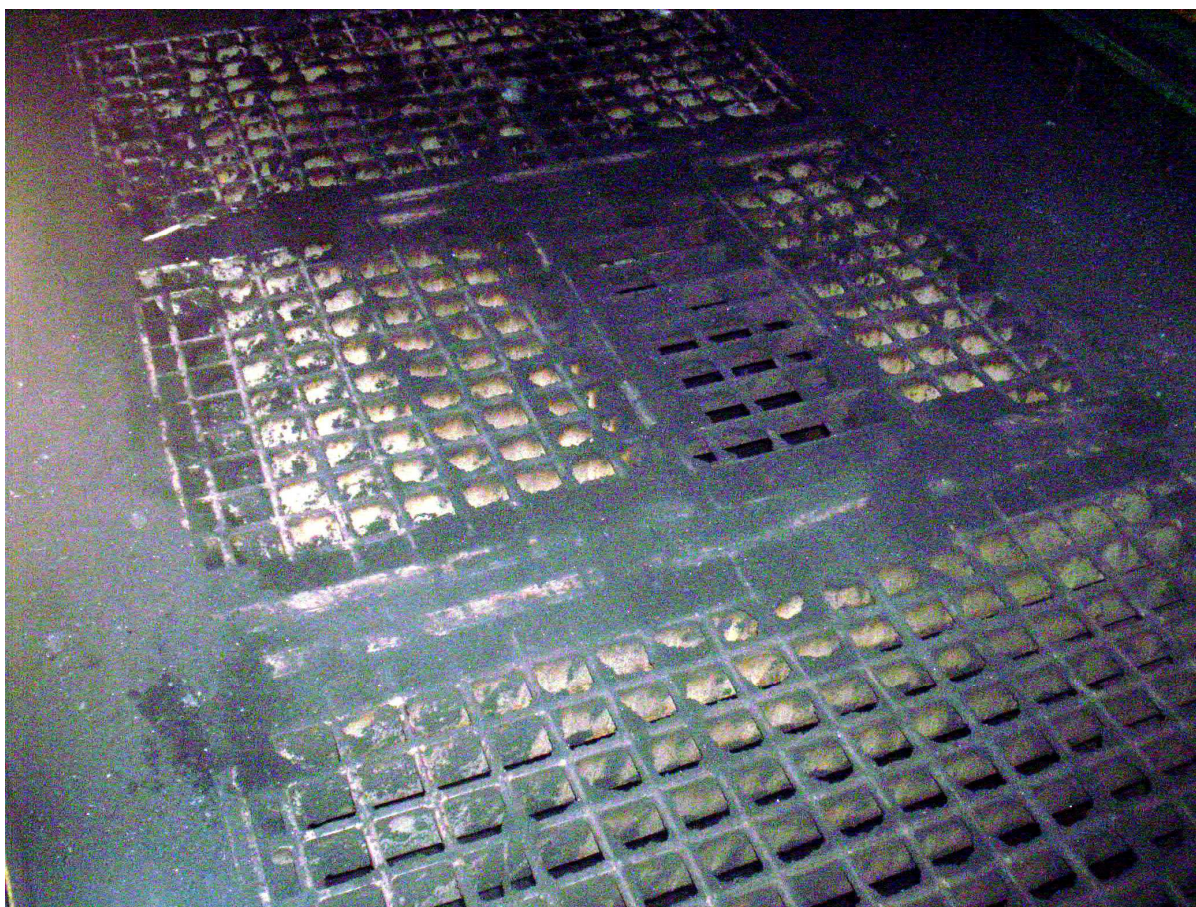


Rysunek 15: Napęd elewatora na wieży węgla (a – silnik, b – hamulec, c – przekładnia)
(fotografia autora wykonana za zgodą przedstawiciela zakładu)

1.4. Przepad

Elewator spełnia ważną, głównie porządkową rolę w procesie produkcyjnym koksu. Materiał, czyli mieszaninę koksu, mieszanki węglowej, smoły oraz pyłu węglowego i koksowego (krótko określany mianem „przepadu”) jest ponownie zawracany do procesu. Mamy zatem tutaj do czynienia ze swoistą recykлизacją. Górny zbiornik elewatora (Rysunek 6) stanowi dodatkowy zbiornik namiarowy dla wozu zasypowego, z którego co jakiś czas ładowany jest zbiornik wozu. Następnie przepad jest wsypywany do komory razem z normalną mieszanką węglową. Należałoby w tym momencie wspomnieć, że przepad nie jest traktowany jako surowiec do produkcji koksu, główna jego część ulega utylizacji. Ma on jednak pozytywny wpływ na rozkład temperatur i jakość wyprażonego wsadu.

Awaria, w sensie unieruchomienia elewatora stanowi poważną przeszkodę dla procesu, uniemożliwiając prawidłowe funkcjonowanie baterii, a na dłuższą metę może doprowadzić do zatrzymania produkcji. Z tego powodu ważne jest, aby modernizacja tego urządzenia, będąca przedmiotem niniejszej pracy, pozwoliła maksymalnie zwiększyć jego niezawodność.



Rysunek 16: Krata na ganku mistrzowskim (wlot dolnego zbiornika)
(fotografia autora wykonana za zgodą przedstawiciela zakładu)

2. CEL I ZAKRES PRACY

2.1. Cel

Celem pracy jest modernizacja napędu przenośnika skipowego.

Obecnie istniejący system, w którym zastosowano sterownik programowalny „WES” z uszkodzonym portem szeregowym, 4 wyłączniki krańcowe oraz opory rozruchowe do sterowania prędkością obrotową silnika jest przestarzały, zawodny, bardzo często ulega awariom, ponadto nie daje żadnej możliwości zdalnego monitorowania i kontroli pracy urządzenia.

Podczas przygotowywania projektu zostały omówione, zebrane i uwzględnione uwagi pracowników utrzymania ruchu elektrycznego oraz pracowników obsługi mających na co dzień bezpośredni kontakt z urządzeniem.

2.2. Zakres

Zakres pracy obejmuje:

- budowę urządzenia,
- opis działania,
- zapoznanie się z problemami występującymi podczas użytkowania,
- rozwiązania mające na celu usprawnienie działania urządzenia,
- dobór kluczowych elementów nowego systemu,
- projekt wykonawczy,
- testy weryfikacyjne skuteczności rozwiązań systemowych,
- wnioski.

Po zapoznaniu się z budową, zasadą działania, słabymi punktami, a także problemami w warunkach użytkowych urządzenia proponuje się rozwiązania obiektywne ulepszające jego działanie oraz umożliwiające wprowadzenie nowego systemu sterowania i zdalnego nadzoru.

Z góry zakłada się zastąpienie uszkodzonego sterownika „WES” nowym sterownikiem programowalnym, który będzie nadrzędnie realizował zadanie sterowania, a także komunikacji z innymi urządzeniami, jak również zastąpienie oporów rozruchowych przemiennikiem częstotliwości bezpośrednio sterującym silnikiem.

Następnie przeprowadza się analizę kryteriów doboru pozostałych nowych elementów

systemu, ewentualnie wykorzystanie istniejących, po czym wskazuje proponowane urządzenia.

Kolejną część stanowi projekt wykonawczy, przy czym aspekty technologiczne zastosowanych rozwiązań obiektowych zostały w nim ograniczone do niezbędnego minimum lub całkowicie pominięte, ponieważ nie są one istotne z punktu widzenia samego systemu sterowania. Na koniec, na podstawie doświadczeń i testów wykonanych na obiekcie wyciągane są wnioski końcowe.

Badania na terenie Koksowni „Przyjaźń” w Dąbrowie Górniczej w znacznej części przeprowadzone zostały w trakcie odbywanych tam przez autora dwutygodniowych praktyk studenckich w okresie od 14.VII.2006 r. do 4.VIII.2006 r., a w pozostałej części już podczas pracy zawodowej w zakładowym wydziale AKP² na stanowisku „Specjalista – Automatyk”.

2 AKP – Aparatura Kontrolno-Pomiarowa

3. BUDOWA I OPIS DZIAŁANIA ELEWATORA

Do poprawnego przeprowadzenia modernizacji napędu niezbędna jest znajomość konstrukcji urządzenia, zasady działania oraz jego przeznaczenia. Prezentowane na Rysunku 9 założenia technologiczne determinują sposób napędzania maszyny, który pozostaje niezmienny, ale dzięki dokładnej wiedzy z tego zakresu możliwe będzie dostosowanie projektu do specyfiki i warunków pracy elewatora pod kątem optymalizacji i niezawodności. Zalecane jest, aby modernizacja napędu nastąpiła po wcześniejszym remoncie części mechanicznych urządzenia.

3.1. Budowa

Pomijając elementy systemu sterowania, w budowie elewatora możemy wyróżnić następujące elementy (Rysunek 9):

- a) przenośnik kubelkowy** (Rysunek 5 i 6), inaczej: *wyciągnik skipowy, skip, wózek, kubetek*. Jest to ruchomy zbiornik posiadający kółka umożliwiające poruszanie się wzdłuż szyn prowadniczych. W swojej górnej części posiada ruchome ramię, do którego przymocowana jest lina.
- b) szyny prowadnicze** – stalowa konstrukcja czterech równoległych szyn stanowiących swego rodzaju szynę wymuszającą trajektorię poruszania się przenośnika, kształtem przypominającą rozprostowaną literę „S”.
- c) dolny zbiornik przepadu** (Rysunek 5) – o pojemności ok. 7 m³. W swej dolnej części posiada kołnierz, który umożliwia samoczynne napełnianie przenośnika.
- d) górny zbiornik przepadu** (Rysunek 6) – o pojemności ok 13 m³. Jest to dodatkowy (trzynasty) zbiornik namiarowy umieszczony w wieży węglowej umożliwiający załadunek swojej zawartości na wóz zasypowy.
- e) silnik** (Rysunek 7a) – elektryczny silnik trójfazowy prądu zmiennego o mocy 16,5 kW.
- f) hamulec elektromechaniczny ze zwalniakiem** (luzownikiem) o mocy 0,5 kW (Rysunek 7b), umieszczony na wale silnika, ograniczający jego wybieg po zatrzymaniu oraz zapobiegający cofaniu pod obciążeniem.
- g) przekładnia mechaniczna** (Rysunek 7c) o przełożeniu zmniejszającym prędkość kątową bębna względem prędkości kątowej silnika.
- h) bęben wraz z liną** o średnicy 0,6 m, z charakterystycznymi rowkami, dzięki którym zwoje liny układają się obok siebie.

W wyżej wymienione elementy nie ingeruje się, tzn. stanowią one obiekt, dla którego należy zaprojektować nowy system sterowania.

3.2. Opis działania

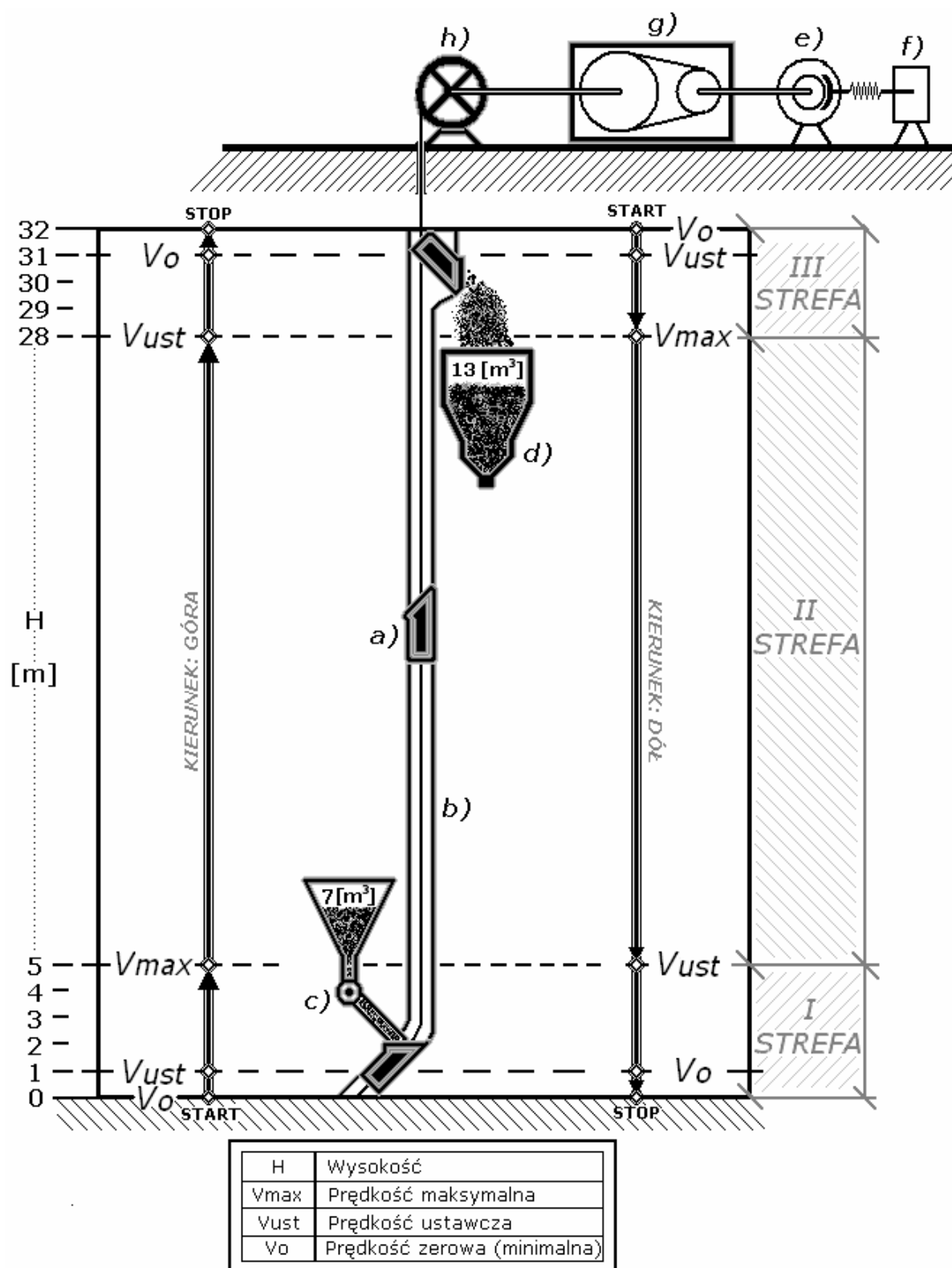
Za pomocą skipu transportuje się przepad z dolnego zbiornika do górnego zbiornika przepadowego umieszczonego w wieży węglowej. Silnik poprzez przekładnię napędza bęben, na który, w zależności od kierunku obrotów silnika, nawijana lub rozwijana jest lina połączona z wózkiem, powodując jego podnoszenie lub opuszczanie. Bęben połączony jest dodatkowo z wyłącznikiem wrzecionowym, co stanowi zabezpieczenie przed zerwaniem lub nadmiernym rozwinięciem liny. Szyny prowadnicze ściśle wytyczają drogę poruszania się przenośnika – nie wisi on swobodnie na linie tylko porusza się w szybie, wzdłuż którego rozmieszczone są cztery wyłączniki krańcowe określające położenie – dwa skrajne oraz dwa przed zakrętami. Po zatrzymaniu silnika na jego wale zaciskają się szczęki hamulca, co praktycznie eliminuje wybieg. Zapobiega to również opadaniu i obracaniu silnika w przeciwnym kierunku pod wpływem ciężaru, gdy zatrzymany zostanie pełny wózek.

Napełnianie oraz opróżnianie skipu następuje samoczynnie. Gdy przenośnik zbliża się do dolnego krańca szybu, zahacza o mechanizm kołnierza dolnego zbiornika przepadowego. W miarę poruszania się w dół ciągnie jego koniec opuszczając go w taki sposób, że w momencie zatrzymania się kołnierz usytuowany jest w jednej osi z gardzielą zbiornika. Dzięki utworzonemu w ten sposób tunelu zawartość zbiornika wysypuje się do wózka. Po załadowaniu kubelka do pełna przepad blokuje się w gardzieli i kołnierzu uniemożliwiając przepełnienie i rozsypanie nadmiaru. Skip ruszając do góry wypycha koniec kołnierza ku górze, załamując powstały tunel, co uniemożliwia dalsze opróżnianie się zbiornika. Przeciwwaga będąca częścią kołnierza zapobiega jego opuszczeniu pod wpływem własnej siły ciężaru.

Z uwagi na specyfikę konstrukcji szybu oraz szyn prowadniczych wózek w początkowej fazie porusza się w pierwszej strefie z niską prędkością. Po dotarciu do prostoliniowej części szybu drugiej strefy przyspiesza i zwalnia w trzeciej strefie przed drugim zakrętem w górnej części szybu. W momencie, gdy osiągnie górne położenie skrajne zatrzymuje się, jednak nadal ciągnąca go za ramię lina i specyficzne zagięcie szyn powodują jego obrót i wysypanie swojej zawartości do górnego zbiornika. Po opróżnieniu kubelków wraca na dół celem kolejnego załadunku. Jest to jeden pełny cykl pracy.

W zbiornikach dolnym i górnym znajdują się sondy informujące o poziomie wypełnienia, górny zbiornik ma pojemność opowiadającą szesnastu cyklom pracy wózka,

ponadto posiada czujnik na wylocie dający informację, że jest opróżniany przez wóz zasypowy.



Rysunek 9: Elementy budowy i uwarunkowania technologiczne elevatora

4. ZAOBSERWOWANE PROBLEMY

Po dogłębnym zapoznaniu się z budową i działaniem elewatora oraz korzystając z możliwości prześledzenia w ruchu ciągłym pracy w starym systemie sterowania wyodrębniono szereg mankamentów oraz newralgicznych punktów, które rozdzielono na dwie odrębne płaszczyzny. Część z nich została zasugerowana przez pracowników obsługujących urządzenie, a także przez osoby wykonujące prace serwisowe lub konserwacyjne na obiekcie.

4.1. Rozpoznane problemy natury systemowej

a) Brak szczegółowych danych o stanie skipu, jego dokładnym położeniu, liczbie wykonanych przejazdów, itd. Jedynym źródłem informacji są lampki na skrzynce sterowniczej określające kierunek jazdy oraz sygnalizujące dolne i górne skrajne położenie wózka. Jest to niewystarczające do sprawnej i efektywnej pracy. W dodatku odczyt stanu, w jakim znajduje się przenośnik wymaga przebywania operatora w bezpośrednim sąsiedztwie skrzynki.

b) Brak możliwości zdalnego sterowania z poziomu dyszowni, co znacznie usprawniłoby działanie elewatora, gdyż obecnie operator zmuszony jest co chwilę opuszczać stanowisko pracy, a nie zawsze jest to możliwe ze względu na inne obowiązki. Taka dorywcza obsługa powoduje znaczne przestoje, a w sytuacjach awaryjnych stwarza konieczność umieszczenia przy skrzynce sterowniczej dodatkowego pracownika.

c) Brak alarmów, które umożliwiłyby sprawniejsze diagnozowanie awarii lub innych nieprawidłowości oraz szybsze reagowanie odpowiednich służb w celu ich usunięcia. Brakuje również zapisu zdarzeń, czy też przebiegów historycznych, co uniemożliwia sprawdzenie poprawności działania urządzenia w przeszłości. Potrzebę taką zasygnalizował kierownik baterii, który chciałby mieć rzetelne informacje na temat pracy skipu podczas jego (np. weekendowej) nieobecności.

d) Brak informacji o stanie skipu i możliwości sterowania nim z poziomu szczytu wieży węglowej. W razie stwierdzonych nieprawidłowości lub awarii w systemie i podjęcia niezbędnych działań serwisowych, w większości przypadków konieczne jest udanie się

na sam szczyt wieży węgla, gdyż tam właśnie znajdują się kluczowe urządzenia oraz szafy elektryczne. Podczas czynności naprawczych bardzo często konieczne jest wysterowanie wózka (w dół, w górę, stop) jak również odczyt danych o jego stanie. W obecnej sytuacji osoba z utrzymania ruchu zmuszona jest komunikować się z operatorem znajdującym się na dole za pomocą radiotelefonu lub telefonu komórkowego, wydając mu odpowiednie polecenia i pytając o wskazania. Problem polega na tym, że na górnym poziomie wieży panuje ogromny hałas, ponieważ znajduje się tam wiele pracujących silników o bardzo dużych mocach, napędzających różnego rodzaju urządzenia, jak chociażby taśmociągi. Nawet dla dwóch osób stojących obok siebie, rozmowa głosowa jest bardzo uciążliwa a podczas transportu węgla na wieżę i załączonych przez to dodatkowych maszynach huk ją wręcz uniemożliwia. Istnieje możliwość forsowania wyjść sterownika czy mostkowania przekaźników, jednak takie praktyki są niebezpieczne i dlatego niezalecane, gdyż może to prowadzić do wypadków lub zniszczenia sprzętu.

4.2. Rozpoznane problemy natury obiektowej

a) Zakleszczanie się przepadu w gardzieli dolnego zbiornika, zwłaszcza przy deszczowej pogodzie. Z uwagi na znaczne zwężenie średnicy przelotowej bardzo często zdarza się, że w gardzieli tworzy się klin uniemożliwiający załadunek kubełka. Jest to najbardziej uciążliwy problem, ponieważ operator zmuszony jest używać siły fizycznej, uderzając mocno młotem w gardziel zbiornika, a także od góry przebijać go kilkukrotnie za pomocą długiego pręta. Generuje to dodatkowe, zdecydowanie najdłuższe ze wszystkich opóźnienia pomiędzy cyklami.

b) Jazda do góry pustym lub nie w pełni zapełnionym kubełkiem, co pośrednio związane jest z poprzednią przypadłością. Obecnie wygląda to tak, że zanim operator załączy na skrzynce jazdę do góry musi upewnić się, że wózek jest napełniony, aby nie wykonać przypadkiem pustego cyklu. Niestety nie zawsze jest to widoczne od razu i czasami wymaga od obsługującego podjęcia dodatkowych czynności. Na domiar złego, w nocy lub w przypadku niedostatecznej widoczności spowodowanej np. złą pogodą, niezbędne staje się użycie latarki, co jest kłopotliwe (w przypadku jej braku, uszkodzenia, czy choćby braku baterii).

c) Omijanie wyłączników krańcowych podczas jazdy (szczególnie w dół), a przez to w efekcie zafałszowanie rzeczywistej pozycji przenośnika w szybie i zły dobór prędkości

jazdy w danym miejscu. Dotyczy to szczególnie zakrętów, przed którymi wózek powinien znacznie zwolnić. Prowadnice (szyny) są już silnie wyeksploatowane, w wielu miejscach pokrzywione, zabrudzone i przyrdzewiałe, podczas przełączania oporów silnika występują silne szarpnięcia, w dodatku warunki panujące na obiekcie potęgują trudności, z którymi zмага się jadący skip. Ominięcie krzywki wyłącznika krańcowego przed zakrętem powoduje dalej postępujące niszczenie prowadnic, gdy zbyt mocno rozpędzony wózek stara się pokonać łuk krzywiąc szyny. W najgorszym wypadku kubełek potrafi się wykoleić z prowadnic i zablokować w szybie, stwarzając ogromne zagrożenie, jak i zwiększenie czasu przestoju potrzebnego na przywrócenie go z powrotem do ruchu. Ominięcie krzywki wyłączników umieszczonych na krańcach szybu powoduje zadziałanie wyłącznika wrzecionowego i unieruchomienie napędu do czasu pojawienia się elektryka ze służby utrzymania ruchu. Po przybyciu na miejsce ma on jeszcze do pokonania ok. 35 m w górę po schodach (czyli odpowiednik 11 – 12 pięter w bloku mieszkalnym). Przekłada się to na kolejne minuty postoju i jest uciążliwe dla elektryków ze słabą kondycją. Na szczęście omijanie skrajnych krańcówek zdarza się rzadko i najczęściej oczyszczenie ich z błota, a także usunięcie mechanicznych przeszkód w ich pobliżu zapobiega częstemu powtarzaniu się tego zjawiska. Nie mniej stanowi ono istotną i uciążliwą część problemu z wyłącznikami krańcowymi. Sporadycznie zdarzają się awarie wymagające ich wymiany, gdyż nie są to urządzenia szczególnie trwałe i odporne na ciężkie warunki.

5. PROPOZYCJE ROZWIĄZAŃ

Nowy system sterowania powinien być zaprojektowany z uwzględnieniem powyższych zastrzeżeń, uwag oraz potrzeb dla zachowania maksymalnej niezawodności i funkcjonalności. Niektóre z prezentowanych rozwiązań obiektowych mają charakter czysto technologiczny i wydawać by się mogło, że nie dotyczą napędu urządzenia, mają jednak niebagatelny wpływ na skuteczność systemu i pośrednio poprawiają efektywność funkcjonowania napędu.

5.1. Rozwiązania systemowe

a) Aby umożliwić obsłudze zdalny podgląd na elewator niezbędne będzie umieszczenie w dyszowni urządzenia oferującego szczegółowe informacje o obiekcie, ponieważ dotychczas stosowane lampki kontrolne sygnalizowały jedynie podstawowe stany pracy i stosunkowo niewiele można było się na ich podstawie dowiedzieć. Poza tym odczyt danych przedstawionych jako kolorowe, mrugające kontrolki jest skomplikowany i możliwy tylko dla wtajemniczonych operatorów, którzy powinni dokładnie wiedzieć co dana lampka oznacza i jak zależy od zaistniałej sytuacji, w której znajduje się maszyna. Obecny postęp techniczny umożliwia projektantom systemów większą swobodę w doborze narzędzi potrzebnych do przedstawienia procesów przemysłowych w sposób prosty, przejrzysty i jednoznaczny, na czym najbardziej zyskuje użytkownik, który nie musi już wyęczać swojej wyobraźni, aby poprawnie zinterpretować docierające do niego informacje. Dzięki nowoczesnym urządzeniom wielofunkcyjnym ma on przed oczami jasny obraz tego, co dzieje się z obsługiwaną przez niego maszyną, a to powoduje, że wykonywana praca staje się prostsza i przyjemniejsza. Jednym z obecnie dostępnych typów takich urządzeń są panele operatorskie, łączące w sobie funkcjonalność na poziomie komputera i małe rozmiary, dzięki czemu stały się bardzo popularne wszędzie tam, gdzie z różnych względów niemożliwe jest umieszczenie zwykłego komputera, czy nawet laptopa. Najprostsze panele operatorskie oferują najczęściej skromny wyświetlacz ciekłokrystaliczny, mogący wyświetlać kilka do kilkunastu znaków tekstowych oraz interfejs składający się z kilku przycisków. Najnowocześniejsze modele czołowych producentów wyposażone są już w pokaźne ekrany LCD potrafiące wyświetlać grafikę komputerową o wysokiej rozdzielczości, z matrycą dotykową jako interfejsem użytkownika oraz wieloma innymi rozwiązaniami, jak np. system operacyjny Windows CE dostępny w panelu Simatic Multi Panel firmy Siemens,

umożliwiający uruchamianie wszelkich aplikacji pracujących w tym środowisku. Panel programuje się z komputera, przy użyciu dedykowanych narzędzi i gotową aplikację ładuje do pamięci wewnętrznej urządzenia, następnie łączy się go ze sterownikiem w celu wymiany danych za pośrednictwem odpowiedniego protokołu (jak np. ProfiBus). Mimo wielu zalet tak zestawionego systemu sterowania i dużej popularności podobnych rozwiązań na terenie zakładu wykorzystanie panelu operatorskiego w tym konkretnym przypadku byłoby bezpodstawne, gdyż nie istnieją przesłanki wskazujące, że jest on jedynym dostępnym rozwiązaniem możliwym do zainstalowania w pomieszczeniu dyszowni. Z głównych przeciwwskazań, oprócz wysokich kosztów zakupu dobrej klasy panelu można by wymienić chociażby problem z doбором odpowiedniego sprzętu, gdyż dany panel najczęściej jest kompatybilny jedynie ze ściśle określoną listą sterowników programowalnych, lub co najwyżej obsługujących ten sam protokół komunikacyjny. Niestety taka polityka koncernów produkujących urządzenia automatyki skutecznie ogranicza możliwość swobodnej, optymalnej konfiguracji systemu dostosowanego do konkretnych potrzeb. Z tego powodu, w tym przypadku o wiele rozsądniejszym rozwiązaniem wydaje się umieszczenie komputera klasy PC, na którym zainstalowana będzie aplikacja wizualizacyjna wraz z niezbędnym programem zapewniającym usługę serwera wymiany danych ze sterownikiem. Na ekranie komputera widoczna będzie animacja obrazująca przebieg pracy urządzenia, jak również wyświetlane będą wszelkie niezbędne jak i pomocnicze dane o stanie urządzenia. Ponadto zaimplementowane zostaną narzędzia dodatkowe, dzięki którym możliwe będzie wykorzystanie wielu nowych, zaawansowanych funkcji systemu znacznie ułatwiających pracę operatora. Ładne i przejrzyste wykonanie całości sprawi, że obsługa aplikacji będzie miała charakter intuicyjny i nie sprawi żadnych problemów pracownikowi, który nawet przy pierwszym kontakcie z programem, po kilku minutach będzie mógł w pełni wykorzystać jego wszystkie możliwości. Warty podkreślenia jest również fakt, iż przemysłowy komputer PC może także służyć jako pomocne narzędzie do innych celów, co nie jest bez znaczenia i na pewno przemawia na korzyść takiego rozwiązania. Z powodów wymienionych w kolejnym podpunkcie, skrzynka sterownicza pozostanie w dotychczasowym miejscu i pod względem informacyjnym w zasadzie nic się nie zmieni. Będzie dodatkowo można zobaczyć czy sterowanie odbywa się zdalnie czy lokalnie na podstawie pozycji stacyjki, która zostanie w niej umieszczona.

b) Sterowanie będzie odbywać się dwojako - zdalnie lub lokalnie, przy czym niemożliwe będzie korzystanie z obu tych trybów jednocześnie. Wyboru trybu dokonuje się za pomocą wyżej wspomnianej stacyjki poprzez przekręcenie kluczyka, który będzie w posiadaniu

określonej grupy osób. Po wybraniu zdalnego sterowania kontrolę nad urządzeniem sprawuje operator komputera w dyszowni za pomocą omawianego wcześniej oprogramowania. Do wyboru będzie miał on dwa tryby: ręczny oraz automatyczny. Tryb ręczny, w którym to sam będzie musiał każdorazowo uruchamiać jazdę wózka zarówno do dołu jak i do góry, daje możliwość pełnej kontroli nad skipem pozwalając swobodnie zatrzymywać i uruchamiać jazdę w obydwu kierunkach, kiedy tylko zajdzie taka potrzeba. W trybie automatycznym jazda odbywa się samoczynnie – według ustalonego algorytmu i jest całkowicie bezobsługowa. Przed rozpoczęciem kolejnych cykli następuje 10-sekundowa sygnalizacja uprzedzająca, po czym przenośnik rusza do góry. Po dojechaniu do końca szybu i opróżnieniu następuje kolejna 5-sekundowa sygnalizacja uprzedzająca, a po niej jazda w dół. Po wykonaniu 16-ego cyklu wózek traci zezwolenie, zatrzymuje się na dole i czeka na opróżnienie górnego zbiornika w wieży węgla. Załączenie lub wyłączenie trybu automatycznego, w sytuacji, gdy kubełek nie znajduje się w dolnej pozycji wyjściowej, powoduje uruchomienie specjalnej procedury zjazdu w dół i wyświetlenie stosownego komunikatu informującego o tym fakcie. Z tego powodu należy pamiętać, że w trybie automatycznym niezwłoczne przerwanie jazdy możliwe jest tylko poprzez zatrzymanie awaryjne za pomocą przycisku bezpieczeństwa. Wózek również zatrzyma się natychmiastowo w przypadku wystąpienia alarmu, po jego potwierdzeniu normalnie kontynuując pracę, o ile nie był on spowodowany występującą nadal awarią sprzętową uniemożliwiającą dalszą jazdę. Podczas zdalnego sterowania przyciski na skrzynce są nieaktywne, za wyjątkiem wyłącznika bezpieczeństwa, naciśnięcie go wywoła stosowny alarm informujący obsługę o wyłączeniu awaryjnym przy jego pomocy. Analogicznie przy sterowaniu lokalnym nie ma możliwości kontroli nad skipem z poziomu dyszowni, wyjątek stanowi tu również wyłącznik bezpieczeństwa w programie sterującym. Lokalne zadawanie odbywa się za pomocą przycisków „Góra” i „Dół” umieszczonych na skrzynce sterowniczej w dolnej części szybu i umożliwia pracę urządzenia w szczególnych przypadkach takich jak, np. awaria komputera czy prace remontowe, przy czym nie wyklucza to wcale możliwości zdalnego podglądu na sytuację skipu.

c) W sterowniku zaimplementowane zostaną algorytmy monitorujące odpowiednie sygnały i na ich podstawie rejestrowały zdarzenia istotne dla użytkownika, powiadamiając go w formie komunikatu alarmowego. Dotyczyć one mają niepokojących sytuacji występujących na obiekcie, których stwierdzenie, ze względów bezpieczeństwa, powinno bezzwłocznie zatrzymać pracę. W ten sposób operator ma od razu pierwsze wskazówki, gdzie należy szukać problemu i w razie takiej potrzeby będzie wiedział, które służby należy powiadomić o tym

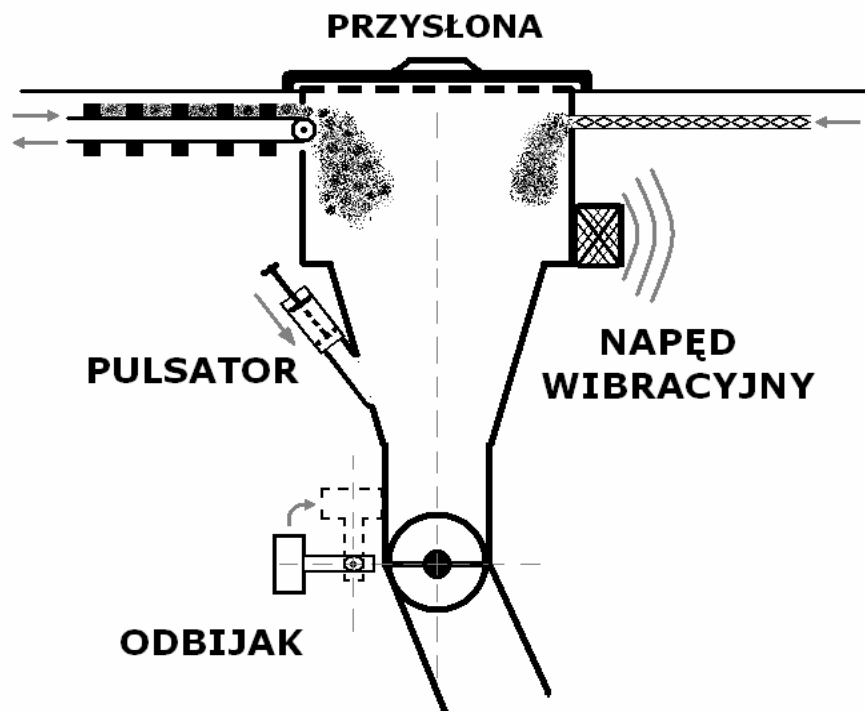
fakcie. Dzięki temu nie będzie konieczności sprawdzania po kolei całego systemu szukając błędów i znacznie szybciej uda się przywrócić pełną sprawność urządzenia. Po usunięciu przyczyny alarmu, trzeba będzie ją potwierdzić, czyli zasygnalizować, że została przyjęta do wiadomości, aby dalej normalnie kontynuować pracę. Potwierdzenie alarmu w przypadku nadal występującego problemu spowoduje kolejne jego wygenerowanie i brak możliwości jazdy. W programie sterującym alarmy będą zapisywane w liście, wraz z niezbędnymi informacjami, jak data, godzina, itp. Dzięki zastosowaniu logowania użytkowników w systemie i różnych poziomów uprawnień, operatorzy będą mogli potwierdzać alarmy, natomiast kasowanie ich z listy będzie możliwe tylko dla osób z wyższym poziomem dostępu, jak np. kierownik czy administrator. W ten sposób będą mieli oni rzetelne informacje o tym, co działo się podczas ich nieobecności.

d) Na górnym poziomie wieży węgla dodana zostanie trzecia możliwość sterowania jazdą w trybie lokalnym, jako alternatywa dla skrzynki sterowniczej na dole. Będą tam również widoczne informacje o stanie skipu, niezależnie od aktualnego trybu. Umożliwi to obsłudze serwisowej pracującej u góry efektywniejsze działania i uwolni od uciążliwej konieczności komunikowania się z obsługą na dole. Fizycznie, może również być to skrzynka sterownicza, bardzo podobna do tej znajdującej się na dole i oferująca podobny zestaw przycisków oraz wskaźników. Ewentualnie mógłby być to jakiś mały panel operatorski, wyświetlający podstawowe, najważniejsze z tego punktu widzenia informacje i umożliwiające wydawanie niezbędnych poleceń pracy do urządzenia. Dokładny zakres udostępnionych danych i kontroli w tym punkcie oraz sposób ich realizacji zależy od późniejszego doboru sprzętu i niejako będzie jednym z argumentów podczas podejmowania decyzji.

5.2. Rozwiązania obiektowe

a) Przyczyną komplikacji jest niewątpliwie kształt dolnego zbiornika, jego ściany zwężają się pod zbyt dużym kątem na krótkim odcinku przechodząc w gardziel, stosunkowo długą i wąską. W celu poprawy drożności należałoby odpowiednio zmienić konstrukcję zbiornika, stosując co najmniej jedną pionową ściankę oraz łagodniejsze, ale za to dłuższe zwężenie, co zdecydowanie poprawiłoby przepustowość gardzieli. Niestety tak daleko idące zmiany konstrukcyjne wymagałyby gruntownej przebudowy dolnej części elewatora, w tym mechanizmu nawęglania, dlatego też uznane zostały za zbyt pracochłonne. Trzeba więc zastanowić się nad rozwiązaniami mniej radykalnymi, za to możliwymi do wprowadzenia. Na początek należy zakryć wlot dolnego zbiornika, który znajduje się na poziomie ganku

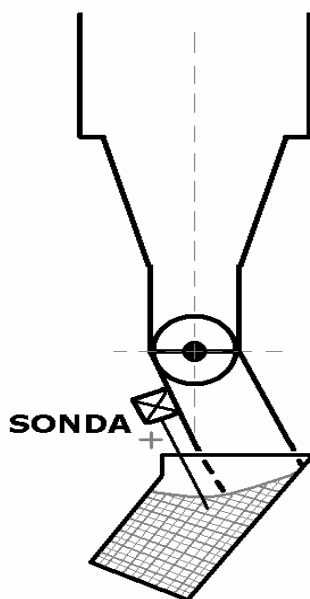
mistrzowskiego. W tym celu należy wykonać przysłonę z blachy w kształcie prostokąta wyposażoną w uchwyty pozwalające w łatwy i szybki sposób demontować ją podczas opróżniania zbiorników wypycharki na elewatorze. Należy zauważyć, iż w czasie tej czynności jeden z operatorów schodzi na ganek, aby otworzyć kratę na wlocie zbiornika dolnego (Rysunek 8), a następnie nadzoruje całą procedurę oraz usuwa rozsypane resztki dla utrzymania porządku. Zatem drobna czynność, polegająca na zdjęciu przysłony z kraty nie będzie stanowić istotnego obciążenia dla załogi, a przyniesie wiele korzyści. Główną zaletą tego rozwiązania jest jego prostota i łatwość wykonania. Obfite opady deszczu powodowały, że nagromadzony przepad stawał się bardziej kleisty i zbijał się w jedną całość, co utrudniało jego porcjowanie. Takie prowizoryczne zadaszenie zbiornika pomoże zmniejszyć ten efekt i pozwoli zachować większą sypkość jego zawartości. Oczywiście, przysłona nie rozwiązuje definitywnie problemu wilgoci, a stanowi jedynie mały dodatek, bo w trakcie ulewy przepad dociera do elewatora mokry, poza tym blokowanie się wylotu zdarza się również przy ładnej pogodzie. Zasadniczym sposobem na poradzenie sobie z tą przypadłością będzie wyposażenie zbiornika w trzy urządzenia spotykane na pozostałych zbiornikach wieży węglowej, a także na wozie zasypowym, tj. odbijak, pulsator oraz napęd wibracyjny (Rysunek 10). Odbijak to pokaźny młot, który wyzwalany impulsem elektrycznym, będzie uderzał w newralgiczny punkt gardzieli od zewnętrznej strony, podobnie jak robili to wcześniej operatorzy własnoręcznie. Pulsator to pneumatyczna armatka zasilana powietrzem technologicznym z instalacji baterii, które gromadzone jest w niej pod wysokim ciśnieniem. Na skutek sygnału (również elektrycznego) następuje kierunkowy wystrzał powietrza o dużej sile, po czym przez następne 3-4 sekundy następuje ponowne jej naładowanie sprężonym powietrzem technologicznym. Instalacja pulsatora wymaga zrobienia w ścianie zbiornika otworu i umieszczenie w nim tulei z armatką nieco powyżej gardzieli, nakierowaną na wylot pod kątem od góry, w taki sposób, aby kierunek wystrzału znajdował się relatywnie w osi pionowej. Napęd wibracyjny w czasie swej pracy ma za zadanie wprawiać zbiornik w drgania o wysokiej częstotliwości, zwiększając tym przepustowość wąskiego gardła wylotu. Montaż takiego wibratora jest dość kłopotliwy i wymaga kilku przeróbek konstrukcyjnych mocowań zbiornika – nie może być to tak jak dotychczas sztywne przytwierdzenie, gdyż wibracje miałyby destrukcyjny wpływ na pobliskie ściany i mury (widoczne częściowo na Rysunku 5), które z czasem zaczęłyby pękać.



Rysunek 10: Dolny zbiornik i urządzenia poprawiające jego drożność

b) Z uwagi na fakt ciągłego poruszania się wózka, instalacja w nim jakiegokolwiek czujnika wypełnienia nastrocza wiele wątpliwości. Głównie dotyczą one przewodów zasilania oraz sygnału, które musiałyby być jakoś doprowadzone do kubelka. Można by zastanowić się nad użyciem czujnika wykorzystującego bezprzewodowe techniki przesyłania sygnału, jak chociażby drogą radiową, jednak takie rozwiązanie w tym przypadku wymagało by własnego źródła zasilania co w zasadzie dyskwalifikuje to rozumowanie. Nie bez znaczenia jest też wątpliwa skuteczność i odporność na uciążliwe warunki panujące na obiekcie, dlatego instalowanie takiego urządzenia nie miałoby większego sensu. Do problemu należało więc podejść od innej strony, wykorzystując mechanizm kołnierza służącego do załadunku wózka. Na jego końcu można by zainstalować, np. czujnik ultradźwiękowy wykrywający obecność przepadu w skipe, niestety o ile sprawdza się on doskonale w pomiarach dotyczących cieczy, to w przypadku niejednorodnej mieszaniny węglowej, o nieregularnej powierzchni i dość nieprzewidywalnym ułożeniu w kubelku spisuje znacznie gorzej i jest bardzo podatny na przekłamania. Istnieje jeszcze inny, znacznie prostszy sposób detekcji napełnienia skipu przedstawiony na Rysunku 11 - za pomocą sondy, wykorzystując przewodność węgla, podobnie jak w przypadku sond do pomiaru poziomów w zbiornikach spotykanych najczęściej na baterii. Do gardzieli dolnego zbiornika zamontowana zostanie sonda, której zadaniem będzie wykrywanie, czy przenośnik został napełniony. Sonda ta ma postać prostego pręta o długości ok. 1 m i przymocowana będzie równolegle do osi gardzieli wylotowej, stanowiąc jej przedłużenie. Zasada działania takiej sondy jest bardzo prosta. Do jednego

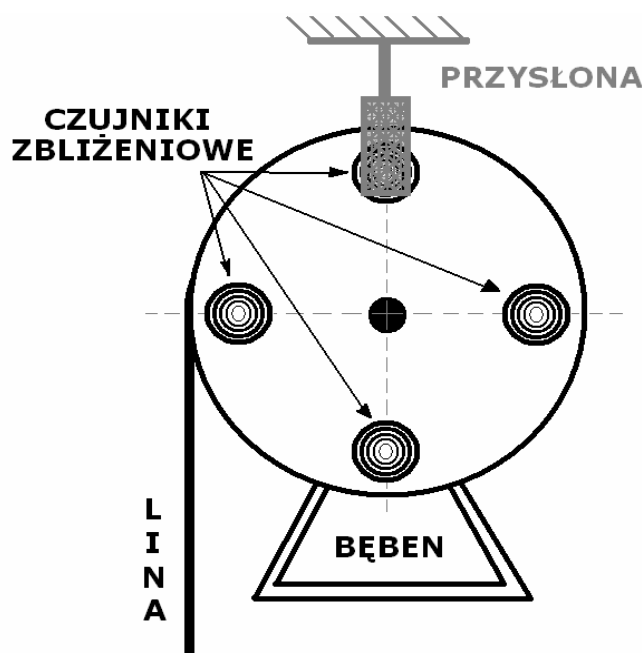
(górnego) końca cały czas podawane jest stałe napięcie 24 V. W czasie nawęglania jej drugi koniec znajduje się wewnątrz kubełka, w jego górnej części, nie dotykając żadnej ze ścian, ani innych elementów – mniej więcej na poziomie pełnego załadunku. Gdy skip zostanie napełniony, koniec pręta zanurzy się w przepadzie powodując zwarcie poprzez węgiel do metalowej konstrukcji i wywołując w ten sposób przepływ prądu. Dzięki temu uzyskuje się sygnał, że przenośnik jest pełny i może wyruszać do góry. Informacja ta będzie widoczna dla operatora na ekranie komputera, a także uwzględniona w automatycznym trybie pracy.



Rysunek 11: Detekcja napelnienia przy pomocy sondy skipu

c) Wyłączniki krańcowe można zastąpić czujnikami zbliżeniowymi, które są elementami powszechnie wykorzystywanymi w układach automatyki przemysłowej do detekcji obiektów. W zależności od obiektu, jaki ma być wykrywany dobiera się odpowiedni typ czujnika zbliżeniowego reagujący na określone własności (rodzaj materiału, kolor itp.). Niestety takie rozwiązanie, poza zwiększeniem niezawodności nie wniosłoby zbyt wiele do systemu – określanie położenia na długości 32 m przy pomocy czterech czujników daje zbyt wąski obraz sytuacji. Zwiększenie ich liczby, np. do ośmiu sztuk poprawiłoby w pewnym stopniu dokładność, jednak nadal nie był by to pomiar precyzyjny. Kolejnym wyjściem może być umieszczenie takiego czujnika na bębnie z liną oraz zamocowaniu w jego pobliżu sztywno przytwierdzonej przysłony tak, aby obracający się wraz z bębniem czujnik wykrywał jej obecność (Rysunek 12). Stosując odpowiedni algorytm zliczania powstałych w ten sposób impulsów i przeliczeniu ich na drogę traktować można by to jako pomiar wysokości, jednak nadal niezbyt dokładny. Przy zastosowaniu jednego czujnika oznaczałoby to dokładność pomiaru drogi odpowiadającej pełnemu obrotowi bębna, przy zastosowaniu dwóch czujników

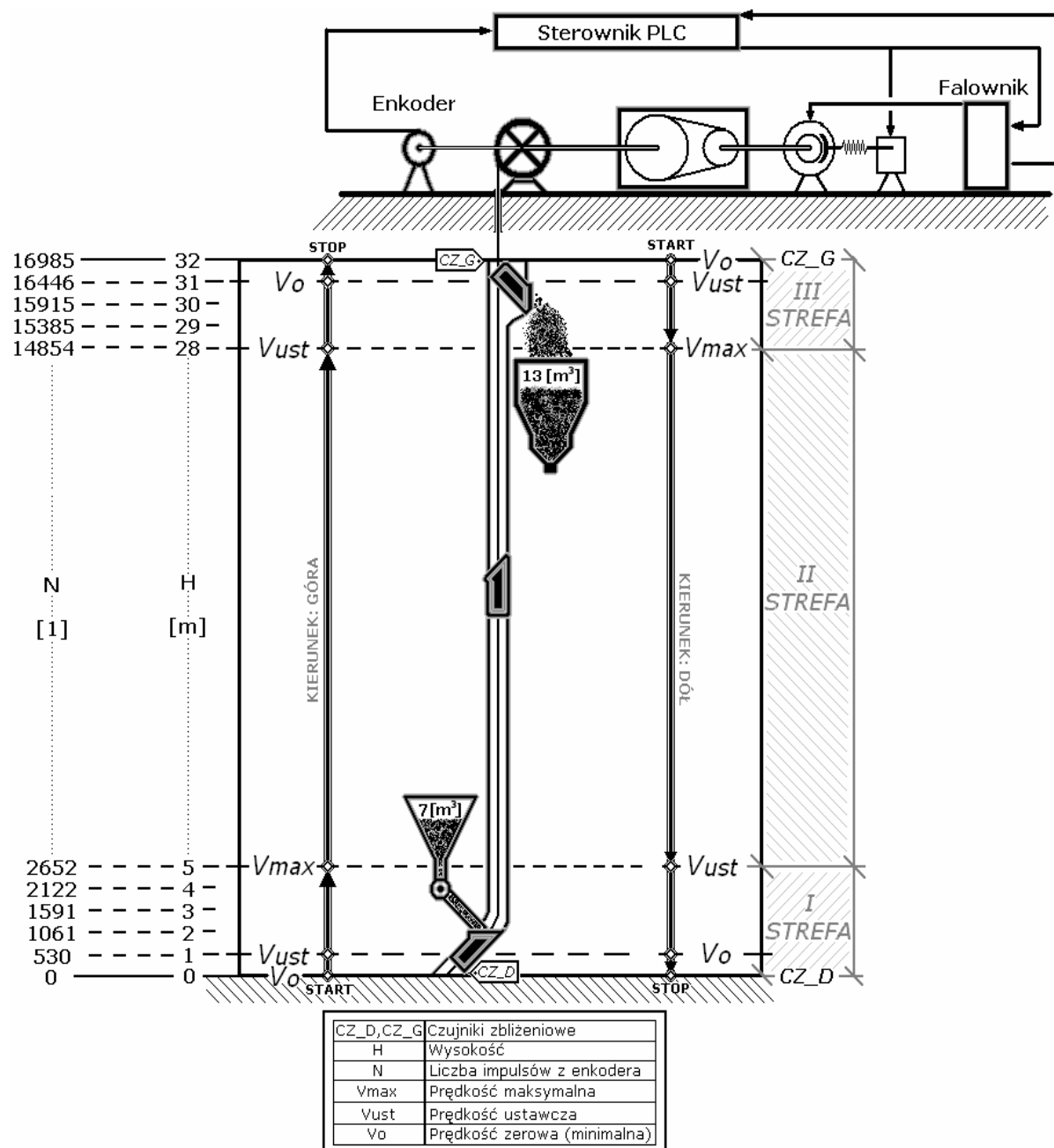
– połowie obrotu, a przy czterech - $\frac{1}{4}$ obrotu, itd. Ponadto dochodzi kwestia skrajnych położeń zatrzymania oraz punktów zwalniania i przyspieszania, które musiałyby odpowiadać wielokrotności rozdzielczości pomiaru, co pociągałoby za sobą konieczność umieszczenia wielu czujników na obwodzie bębna.



Rysunek 12: Pomiar drogi za pomocą czujników zbliżeniowych na bębnie

Główną wadą obu tych rozwiązań jest brak informacji o położeniu pomiędzy czujnikami, stąd takie podejście zdecydowanie mija się z celem, chociażby ze względu na koszty zakupu dużej ilości tych urządzeń. Rozsądną alternatywą dla umieszczenia wielu czujników czy to wzdłuż szybu czy na obwodzie bębna jest zastosowanie enkodera, czyli urządzenia do przetwarzania położenia kąтового. Jest to znana i sprawdzona metoda pomiarów drogi, dająca dużą dokładność i niezawodność [1]. W zależności od konstrukcji maszyny i uwarunkowań technologicznych wałek enkodera łączy się z elementem obrotowym, w tym przypadku z bębniem nawijającym linę bezpośrednio lub poprzez koła zębate z łańcuchem, co zapobiega poślizgom i przez to zafałszowaniu pomiaru. Obracający się wraz z bębniem enkoder generuje impuls elektryczny w momencie obrotu o swoją jednostkową wartość obrotu (np. 1 stopień) co przekłada się na przebycie jednostkowej wartości drogi. Dobierając odpowiednio wysoką rozdzielczość (impulsację) można uzyskać bardzo precyzyjny, pewny pomiar położenia z pożądaną dokładnością. Dla zapewnienia jeszcze większej niezawodności i bezpieczeństwa, a także dla potrzeb diagnostycznych w połączeniu z enkoderem zastosowane zostaną dwa czujniki zbliżeniowe w położeniach skrajnych – górnym i dolnym. Będą one miały za zadanie nadrzędnie wywoływać zatrzymanie silnika, podczas ich zadziałania wartość drogi zmierzonej porównywana będzie z jej wartością

oczekiwaną pod kątem przekroczenia założonej tolerancji błędu, którego nigdy nie można wykluczyć, nawet w przypadku zastosowania najdokładniejszych urządzeń pomiarowych. Przewagę ostatniego z proponowanych rozwiązań nad poprzednimi dwoma potęguje fakt, iż koszt takiego enkodera odpowiada mniej więcej kosztom trzech czujników zblizeniowych, w zależności od producenta i konkretnych typów urządzeń.



Rysunek 13: Pomiar drogi za pomocą enkodera i dwóch czujników zblizeniowych

6. DOBÓR ELEMENTÓW

Skuteczność i niezawodność systemu zależy przede wszystkim od elementów go tworzących. Prawidłowa selekcja spośród dostępnych na rynku urządzeń umożliwi optymalne wykorzystanie potencjału zmodernizowanego obiektu. Niestety realia przemysłowe sprawiają, że nie w każdym przypadku istnieje pełna dowolność wyboru producenta sprzętu, z uwagi na wieloletnią współpracę zakładu z dostawcami oraz preferencyjne warunki handlowe, stąd też w kwestii doboru sterownika należało ograniczyć się do oferty z góry narzuconego dystrybutora. Falownik także powinien pochodzić od konkretnie wskazanego producenta.

6.1. Kryteria doboru elementów systemu

a) sterownik

W trakcie studiów na specjalności „Automatyka” można było zapoznać się z większością dostępnych obecnie sterowników programowalnych. Laboratoria pozwalały zaznajomić się z charakterystycznymi właściwościami kontrolerów poszczególnych producentów, narzędziami służącymi do ich programowania, jak również poćwiczyć w praktyce pracę z tymi urządzeniami na przykładzie prostych programów. Daje to przyszłym inżynierom szeroki pogląd na obraz rynku oraz możliwość porównania konkurencyjnych ofert pod kątem użyteczności i przydatności w konkretnych zastosowaniach przemysłowych. Na podstawie tej wiedzy można by stwierdzić, że sterowniki wszystkich koncernów generalnie oferują zbliżony zasób możliwości, zarówno konfiguracyjnych jak i programistycznych. Występujące pomiędzy nimi różnice mają na ogół charakter szczegółowy (np. sposób adresowania zmiennych), ewentualnie mają różny zakres obsługi protokołów komunikacyjnych. Porównywać można by także dostarczane z nimi oprogramowanie narzędziowe pod względem obsługi poszczególnych języków programowania, zaimplementowanych funkcji zaawansowanych, komunikacji z użytkownikiem oraz szeroko pojętego interfejsu, czyli wygody podczas codziennej pracy [1]. Nie bez znaczenia jest też kwestia posiadania wymaganych licencji dla tego oprogramowania – darmowe, w pełni wartościowe aplikacje to niestety rzadkość. W większości przypadków ogólnie dostępne są demonstracyjne wersje, w różny sposób ograniczone (np. czasowo) i dla uzyskania pełnej funkcjonalności konieczne jest wykupienie odpowiedniego prawa do użytkowania programu. Wymagania stawiane sterownikowi programowalnemu na potrzeby niniejszego projektu nie są zbyt szczególne. Powinien on posiadać zasilacz 24 V, jednostkę centralną o niekoniecznie olbrzymiej mocy obliczeniowej

i gigantycznych zasobach pamięci operacyjnej, za to najlepiej posiadającą port szeregowy do komunikacji lub w przypadku jego braku, możliwość zainstalowania odpowiedniego modułu z takim portem. Ponadto sterownik musi mieć moduł szybkiego licznika, a także moduły wejść oraz wyjść dwustanowych 24 V. Jak widać konfiguracja sterownika jest dosyć typowa, a wręcz skromna i śmiało można by powiedzieć, że nie ma chyba na świecie producenta PLC, który nie posiadałby w ofercie urządzenia w przedstawionej powyżej specyfikacji. Z uwagi na odgórne zalecenie należało skupić się na ofercie firmy „ASTOR” Sp. z o.o. zajmującej się dystrybucją różnego rodzaju rozwiązań dla automatyki. Jej najpopularniejszym produktem jest kontroler PAC RX3i firmy GE Fanuc. To bardzo uniwersalne urządzenie, ze względu na szerokie możliwości wyboru modułów posiadających wiele powszechnie stosowanych standardów złącz dla układów wejść/wyjść oraz obsługę większości dostępnych protokołów komunikacyjnych, takich jak Ethernet, Modbus, Profibus czy DeviceNet. Szybka magistrala oparta na PCI skutecznie podnosi wydajność systemu, co jest bardzo istotne w przypadku najbardziej wymagających aplikacji. Dzięki równoczesnemu zastosowaniu magistrali szeregowej w jednej kasie bazowej użytkownik ma możliwość zastosowania modułów przeznaczonych dla jego poprzednika, tj. sterownika GE Fanuc serii 90-30, który przez lata ugruntował sobie mocną pozycję w światowym przemyśle. RX3i może posiadać procesor Pentium 300 lub 1000 MHz oraz do 64 MB pamięci na program oraz dokumentację (w formacie Word, Excel, PDF, CAD, itp.), co pozwala dostosować go do stopnia skomplikowania aplikacji. Z oferowanych ciekawostek należałoby również wymienić możliwość wymiany modułów „na ruch”, tzn. bez potrzeby wyłączenia urządzenia, a nawet zatrzymywania wykonywania programu oraz możliwość połączenia dwóch kontrolerów RX3i tworząc redundantny układ gorącej rezerwacji („Hot Stand-By:”) w technologii Max-ON. Jest to bardzo ciekawa propozycja dla krytycznych systemów wymagających dodatkowej niezawodności. W codziennej pracy automatyka na terenie koksowni można spotkać wiele takich rozwiązań, gdyż kontrolery te w zasadzie zdominowały zakładowe systemy sterowania, dzięki czemu Koksownia „Przyjaźń” stała się największym odbiorcą tego typu sprzętu w Europie. Warto również wspomnieć, że z tych powodów zakład ufundował dla pracowników (w tym także autora) kurs w autoryzowanym centrum szkoleniowym GE Fanuc pt. „Podstawy obsługi technicznej kontrolerów PACSystem RX3i” przeprowadzany również za pośrednictwem firmy „ASTOR” (Załącznik 1). Mimo tych wszystkich argumentów wykorzystanie w projekcie prezentowanego sterownika wydaje się być rozwiązaniem nieco na wyrost, głównie z uwagi na koszty urządzenia, którego ogromny potencjał nie byłby w znacznym stopniu wykorzystany. Szczególnie, że przeglądając ofertę sterowników można napotkać równie interesującą, z punktu widzenia tego projektu

rozsądniejszą i bardziej optymalną propozycję, a mianowicie sterownik OCS firmy Hörner Electric, która swojego czasu została przejęta przez koncern General Electric i stała się częścią marki GE Fanuc. Zatem ogólne zasady programowania tych urządzeń są niemalże identyczne jak w przypadku kontrolerów RX3i, oba sterowniki mają nawet te same zmienne systemowe o tych samych adresach. Najważniejszą zaletą sterowników serii OCS i jednocześnie ich cechą charakterystyczną wyróżniającą je spośród konkurencji jest zintegrowanie w kasecie zasilacza, jednostki centralnej i panelu operatorskiego. W zależności od potrzeb można wybierać spośród 3 typów różniących się wielkością kasety, wielkością panelu oraz mocą obliczeniową procesora (OCS100, OCS200, OCS300) i wielkością pamięci, przy czym im większy panel tym lepszy procesor, więcej pamięci i możliwość zainstalowania większej liczby modułów w kasecie. Ich lista może nie jest aż tak imponująca jak w poprzednim przypadku, powinna jednak spokojnie zaspokoić wymagania szerokiej rzeszy użytkowników i umożliwia dostosowanie OCS'a do wymagań systemu, również tego omawianego w niniejszej pracy. Bardzo korzystnie wygląda sprawa oprogramowania narzędziowego „CScape” (np. w wersji 8.52), które jest proste, przejrzyste i sprawia, że programowanie tego sterownika staje się intuicyjne. Na uwagę zasługuje rozbudowany system pomocy, który okazuje się bardzo pożyteczny. Oprogramowanie „CScape” umożliwia w sobie obsługę panelów tekstowych i pozwala sprawnie zarządzać treścią na wyświetlaczu. Najmniejsza odmiana może wyświetlać dwie linijki tekstu po 20 znaków oraz posiada 16 klawiszy, z czego 10 funkcyjnych do swobodnego zaprogramowania. Taki sterownik z panelem operatorskim jak najbardziej może być rozwiązaniem, o którym mowa w punkcie 5.1 d. Kolejnym plusem produktu Hörner'a jest jego konkurencyjna cena, nawet kilkukrotnie niższa od ceny RX3i. W dodatku oprogramowanie „CScape” jest całkowicie darmowe, w przeciwieństwie do „Proficy Machine Edition” (GE Fanuc) wymagającego wykupienia bardzo kosztownej licencji. Z powyższych względów sterownik z serii OCS100 wydaje się być idealnym wyborem dla celów projektu zmodernizowanego systemu.

b) falownik

Falowniki 3-fazowe zasilane są z sieci trójfazowej i na wyjściu generują napięcie 3x400 V. Każdy napęd elektryczny zawierający energoelektroniczne urządzenia do sterowania silnikiem charakteryzuje [6]:

- zakres regulacji parametrów wyjściowych,
- sprawność energetyczna napędu,
- oddziaływanie napędu na sieć zasilającą i środowisko,
- zgodność napędu z wymogami kompatybilności elektromagnetycznej,
- możliwość automatyzacji i diagnostyki układu.

Z uwagi na odgórne założenie dotyczące zastosowania falownika jego wybór polegał na doborze parametrów napędu do zastosowanego silnika w porozumieniu z przedstawicielem służb elektrycznych, gdyż większość aspektów obsługi napędów falownikowych leży w ich zakresie obowiązków. Projekt automatyki dotyczy napędu od strony sterowania nim, natomiast sfera połączenia falownik-silnik leży w gestii elektryków. Na podstawie „Podręcznika Użytkownika Unidrive SP” firmy „Aparator Control” [3] wspólnie dokonano selekcji. Podstawowym kryterium wyboru jest moc znamionowa napędu, ze względu na nią falowniki występują w 3 rozmiarach:

- rozmiar 1 dla napędów od 0,75 kW do 4 kW,
- rozmiar 2 dla napędów od 5,5 kW do 11 kW,
- rozmiar 3 dla napędów od 15 kW do 22 kW.

W grupie urządzeń zasilanych napięciem 400 V należało wybrać model o mocy znamionowej jak najbardziej zbliżonej do mocy silnika (16,5 kW), ewentualnie minimalnie wyższej. Wymagania te spełnia model SP 3402, którego moc znamionowa wynosi 18,5 kW. Uzgodniono, że zastosowany będzie układ stałomomentowy pracujący w otwartej pętli w trybie wektorowym. Elektrycy zasugerowali także konieczność zastosowania dodatkowego osprzętu, takiego jak zewnętrzny filtr EMC dla utrzymania wymogów kompatybilności elektromagnetycznej oraz dodatkowy rezystor hamowania odbierający ciepło wytwarzane w napędzie podczas hamowania silnika. Jak zaznaczono w instrukcji urządzenia te są niezbędne przy tak silnym napędzie. Ustalono również, że napęd zostanie zainstalowany przez nich w stanie gotowości wraz z niezbędną parametryzacją oraz zabezpieczeniami, a także szafą, w której ma się znajdować, gdyż należy to do ich kompetencji. Otrzymano polecenie, aby w ramach tego projektu skoncentrować się na sterowaniu, które odbywać się ma poprzez zaciski sterujące. Napęd zostanie skonfigurowany w ten sposób, że na zaciski 26 i 27 podawane mają być polecenia pracy w danym kierunku. Zacisk 28 służyć ma do wyboru prędkości (1 – prędkość maksymalna V_{max} , 0 – prędkość zerowa V_0), natomiast zacisk 29 służy do wyboru prędkości ustawczej (1 – prędkość ustawcza, 0 – prędkość wybrana za pomocą zacisku 28). Ponadto dla systemu automatyki dostępny będzie zacisk 31 służący do aktywacji napędu (funkcja nadrzędnej blokady) oraz zacisk 41 sygnalizujący, że napęd jest sprawny (tzw. gotowość elektryczna). Pozostałe zaciski oraz ich połączenia nie są istotne z punktu widzenia tego projektu i zostaną odpowiednio przygotowane do pracy.

c) enkoder

Enkodery są to urządzenia pozwalające na przetwarzanie położenia kąтового. Ich charakterystyczną wielkością określającą dokładność pomiaru jest impulsacja, czyli liczba impulsów na pełen obrót [7]. Przykładowo, enkoder o impulsacji 100 imp/obr wygeneruje

na wyjściu impuls przy obrocie osi wałka o każde $360/100 = 3,6^\circ$. Ze względu na sygnał uzyskiwany na ich wyjściu możemy wyróżnić:

- przetworniki obrotowo-impulsowe (enkodery inkrementalne)
- przetworniki obrotowo-kodowe (enkodery absolutne)

Przetworniki obrotowo-impulsowe są urządzeniami obrotowymi stosowanymi w układach gdzie występuje określona zależność między obrotem a inną wielkością fizyczną, jak np. droga lub prędkość. Podczas obrotu generują one podwójny ciąg impulsów przesuniętych względem siebie o 90° . Pozwala to rozróżnić kierunek obrotu wałka. Na każdy obrót osi enkodera na wyjściu pojawia się ściśle określona ilość impulsów, zależna od wspomnianej wcześniej impulsacji. Podłączając na wyjściu standardowe liczniki impulsów można tworzyć układy pomiarowe długości, prędkości obrotowej przy jednostronnym kierunku obrotów. Stosując liczniki z wejściem kwadraturowym możliwe staje się liczenie długości z rozróżnieniem kierunków [7]. Enkoder inkrementalny podłączony do wejścia modułu szybkiego licznika w sterowniku skonfigurowanego jako dwukierunkowy licznik dodając - odejmując obracając się w danym kierunku generuje impulsy w odpowiednim kanale (A) i wysyła je razem z sygnałem markera (M), dając w ten sposób polecenie do modułu, aby zliczane impulsy były sumowane w rejestrze skojarzonym z licznikiem. Analogicznie obracając się w kierunku przeciwnym generuje impulsy w kanale (B) również wysyłane z sygnałem markera (M), co dla modułu rozumiane jest jako polecenie odejmowania zliczanych impulsów we wspomnianym wyżej rejestrze licznika.

Przetworniki obrotowo-kodowe jedno lub wieloobrotowe zamiast impulsów wystawiają na wyjściu zakodowaną wartość położenia kąтового (najczęściej w kodzie Gray'a lub BCD). Zatem nie wymagają podłączenia ich do licznika. Enkodery absolutne stosuje się w układach pozycjonowania i w tym przypadku ich użycie nie byłoby zbyt trafne, choć teoretycznie jak najbardziej możliwe do realizacji.

Na rynku istnieje kilku producentów enkoderów, więc możliwości wyboru jest wiele. Konkurencyjne oferty poza ceną różnią się głównie jakością produktu oraz gamą dostępnych impulsacji. Wartość tego parametru ma kluczowe znaczenie dla dokładności pomiaru drogi, dlatego nie powinna być zbyt mała.

$$L=3200[m]$$

$$d=0,600[m]$$

$$O=\pi \cdot d=3,14 \cdot 0,600=\underline{1,884[m]}$$

$$n=\frac{L}{O}=\frac{3200}{1,884}=\underline{16985}$$

L - pełny dystans do przebycia;

d - średnica bębna;

O - obwód bębna, czyli droga przebyta po jednym obrocie;

n - liczba obrotów bębna potrzebnych do pokonania pełnego dystansu;

Zatem przyjmując impulsację enkodera równą 1000 impulsów na obrót otrzymuje się wartość 16985 zliczonych impulsów po przebyciu całego odcinka drogi. Oznacza to, że impuls generowany będzie co każde $0,36^\circ$ obrotu bębna.

$$l_{\min} = \frac{32}{16985} = 0,001884 \text{ [m]} = \underline{1,884 \text{ [mm]}}$$

$l_{\min}$ – minimalna wartość zmierzonego odcinka drogi, odpowiadająca jednemu impulsowi;

Realizację pomiaru drogi skipu z dokładnością do niespełna 2 mm można uznać za bardzo dokładną i w tym przypadku zdecydowanie wystarczającą, dlatego nie ma potrzeby zastosowania impulsacji wyższej niż 1000 dla użytego w projekcie enkodera inkrementalnego. Należy podkreślić również, że wartość ta jest typowa i bardzo popularna wśród dostępnych na rynku urządzeń.

d) czujniki

Czujniki zbliżeniowe służą do precyzyjnego określania położenia ruchomych części maszyn i urządzeń, odpowiednio dobrane charakteryzują się dużą pewnością działania i niezawodnością w trudnych warunkach środowiskowych jak nadmierne zapylenie, wilgotność itp. [7].

Istnieje wiele rodzajów czujników zbliżeniowych różniących się zasadą działania. Czujniki magnetyczne wykrywają pojawienie się w ich okolicy pola magnetycznego pochodzącego np. od magnesu trwałego, pojemnościowe służą między innymi do pomiarów poziomu cieczy w zbiorniku, również przez ściankę lub do wykrywania elementów ze szkła, drewna czy tworzyw sztucznych. Optyczne czujniki zbliżeniowe swoje działanie opierają na zasadzie wysyłania wiązki promieni świetlnych przez nadajnik i odbieraniu jej przez odbiornik. Czujniki te reagują na obiekty, które przecinają wiązkę światła pomiędzy nadajnikiem a odbiornikiem lub na wiązkę odbitą od obiektu. Ze względu na warunki panujące na obiekcie zastosowanie czujników optycznych akurat w tym przypadku nie byłoby dobrym rozwiązaniem, ponieważ unoszący się pył zakłócał by wiązkę świetlną powodując zafałszowanie wskazania. Poza tym fotodetektor bardzo szybko uległ by zabrudzeniu, co spowodowałoby ciągły sygnał obecności przenośnika. Z powyższych względów najbardziej optymalne wydają się być zbliżeniowe czujniki indukcyjne, ponieważ reagują one

na wprowadzenie metalu w ich strefę działania. Odpowiednio zainstalowane na początku i na końcu szybu będą sygnalizować, gdy skip znajdzie się w skrajnych położeniach.

W zasadzie każdy producent czujników zbliżeniowych posiada w swojej ofercie czujniki indukcyjne, ponieważ jest to najbardziej popularny typ tych urządzeń. Na terenie koksowni bardzo często można spotkać je w różnego rodzaju zastosowaniach zarówno na ruchomych mechanizmach maszyn piecowych (przykładem może być wypycharka, która posiada ich w sumie prawie 50 sztuk) jak również na elementach stacjonarnych instalacji, takich jak np. kłapy czy zasuw typu „Otwórz-Zamknij”. Zbliżeńiówki mają opinię urządzeń praktycznie niezawodnych, przez co zyskały sobie zaufanie projektantów i stopniowo wyparły stosowane wcześniej wyłączniki krańcowe spotykane jeszcze sporadycznie na starszych obiektach. Do najbardziej popularnych producentów zaliczyć można marki takie jak Turck, Omron, czy Siemens.

Główną cechą charakterystyczną indukcyjnych czujników zbliżeniowych jest ich nominalna strefa działania, czyli odległość podawana w milimetrach w jakiej powinien znaleźć się obiekt, aby czujnik wykrył i zasygnalizował jego obecność. Modele o najmniejszym zasięgu (do 1 mm) stosuje się raczej w bardzo małych, precyzyjnych instalacjach, gdzie kluczowym czynnikiem jest oszczędność przestrzeni oraz całkowita masa urządzenia. Z uwagi na brak takich ograniczeń oraz uwarunkowania konstrukcyjne elewatora w niniejszym projekcie należy użyć czujników o możliwie jak największym zasięgu. Poszczególne egzemplarze różnią się jeszcze typem obudowy (kostkowa lub cylindryczna), stopniem ochrony IP, polaryzacją (PNP lub NPN), logiką wyjściową (NO lub NC), napięciem zasilającym oraz materiałem czoła. Ciekawostką wśród akcesoriów dedykowanych dla czujników zbliżeniowych mogą być specjalne uchwyty montażowe, ułatwiające ich zamocowanie na obiekcie oraz posiadające możliwość regulacji w pewnym zakresie.

e) komputer

Przez ostatnie lata wraz z coraz szybszym rozwojem technicznym można było zaobserwować stopniową komputeryzację otaczającego świata. Dziś komputery stały się wszechobecne i trudno jest znaleźć dziedzinę życia, w której nie znalazły bezpośredniego, czy też pośredniego zastosowania, przejmując od ludzi znaczną część obowiązków, dając oszczędności czasu czy nakładu pracy maksymalizując jednocześnie efektywność i wygodę. Dla wielu są one niezbędnym narzędziem, a zarazem źródłem informacji i rozrywki. Naturalne jest więc, że z czasem stały się podstawą światowego przemysłu, współczesne systemy sterowania i automatyki opierają się na komputerach i nie mogły by bez nich istnieć, zarówno poczynając od sfery projektowania i wdrażania, poprzez pracę właściwą, a na końcowym interfejsie kończąc. Wraz z ewolucją tych urządzeń i ciągle pojawiającymi się

nowymi odmianami, nazwa „komputer” zaczęła nabierać coraz szerszego znaczenia. Dla komputerów stosowanych w procesach technologicznych zaczęto używać określenia „komputery przemysłowe”, które na dzień dzisiejszy oznacza kilka grup urządzeń. Niektórzy nazywają tak sterowniki programowalne PLC, jeszcze inni panele operatorskie zapewne dlatego, że są to urządzenia mikroprocesorowe spełniające funkcje powszechnie rozumianego komputera. Osobną grupę stanowią przemysłowe komputery osobiste (PC) bardzo często nazywane również serwerami, z uwagi na bardzo popularne stosowanie ich w tej dziedzinie. Generalnie są to tradycyjne komputery osobiste o większej mocy obliczeniowej i ogólnej wydajności, a także znacznie wyższej stabilności i niezawodności, dlatego idealnie nadają się do profesjonalnych zastosowań w trudnych warunkach, w których zwykły, domowy PC nie byłby w stanie poprawnie pracować i bardzo szybko uległby awarii. Komputery przemysłowe swoją pozycję zawdzięczają wyjątkowej obudowie, komponentom najwyższej klasy, wbudowanemu wyposażeniu, jak, np. dodatkowe wentylatory nadmiarowe, czy zasilacz nadmiarowy oraz zaimplementowanym zaawansowanym funkcjom, jak tworzenie kopii lustrzanych dysków i pamięci, ECC (Error Code Checking) czy możliwości podłączania i odłączania napędów podczas pracy (Hot Plug).

Komputery przemysłowe klasy PC zasadniczo można podzielić na wolnostojące (Tower) oraz przeznaczone do montażu w stelażu (Rack). Pierwsza grupa bardzo przypomina tradycyjne komputery spotykane w domach, szkołach, itp. Wyróżnia je nietypowa obudowa znacznie lepszej jakości zapewniająca zwiększoną ochronę znajdujących się wewnątrz niej podzespołów. Dzięki podwyższonej szczelności, a także zaawansowanym rozwiązaniom wentylacji komputery te charakteryzują się niezawodnością i odpornością na trudne warunki otoczenia. Z uwagi na bezawaryjność najczęściej pełnią one funkcję serwerów sieciowych w większych przedsiębiorstwach, czasem także używa się ich normalnie jako stacje robocze w przypadkach ponadstandardowych wymagań w stosunku do komputera. Przemysłowe komputery stelażowe przeznaczone są do zastosowań w przemyśle i do obsługi centrów przetwarzania danych. Wyglądem nie przypominają spotykanych na co dzień komputerów osobistych, ich kształt bardziej przypomina odtwarzacz kina domowego. Umieszcza się je w stelażu 19" i zamyka w szafie, takiej jak często spotykane szafy sterownicze czy elektryczne. Dzięki temu uzyskuje się jeszcze lepszą ochronę przed czynnikami zewnętrznymi, co umożliwia działanie w szczególnie trudnych warunkach, których komputery wolnostojące nie są w stanie sprostać. Niecodzienny kształt oraz ogólnie mniejsze wymiary obudowy to efekt dążenia do jak najbardziej efektywnego wykorzystania przestrzeni, ponieważ w tym przypadku jest ona bardzo cenna, co określane jest często jako stosunek wydajności na jednostkę wysokości (1U). Takie rozwiązanie ma dodatkową zaletę,

a mianowicie uniemożliwia niepożądany dostęp do urządzenia, ponieważ zazwyczaj szafa zamknięta jest na klucz i może być otwarta tylko przez osobę do tego upoważnioną. Korzystanie z komputera przeważnie odbywa się podobnie jak w przypadku terminali i realizowane jest za pomocą specjalnego modułu oddalającego umieszczanego w miejscu pracy operatora, do którego podłącza się monitor, klawiaturę i urządzenie wskazujące (mysz lub trackball) uzyskując w ten sposób maksymalne bezpieczeństwo i ochronę danych.

Nie da się ukryć, że warunki panujące na koksowni, a szczególnie na baterii koksowniczej są wyjątkowo uciążliwe nie tylko dla ludzi, lecz także dla wszelkiego rodzaju urządzeń elektronicznych. Wysoka temperatura (szczególnie latem), unoszący się w powietrzu pył oraz różne dymy i gazy potrafią dokuczyć nawet w zamkniętych pomieszczeniach wewnątrz baterii, a nawet poza nią. Do tego dochodzą ciągłe drgania i wibracje powodowane przez poruszające się wielotonowe maszyny piecowe. Kolejnym niekorzystnym czynnikiem mającym negatywny wpływ na elektronikę są stosunkowo silne zakłócenia w trójfazowej sieci zasilającej 400 V, gdzie przebiegi napięcia poszczególnych faz są odkształcone i różnią się od sinusoidy. Często występują silne spadki napięcia zasilającego ~230 V czasem doprowadzając do wyłączenia niektórych odbiorników prądu. To wszystko przemawia jednoznacznie za koniecznością użycia w systemie komputera przemysłowego, który powoli staje się standardem w instalacjach i sieciach obiektów technologicznych. Normalne komputery osobiste można spotkać co najwyżej w biurach i pokojach budynku administracji, natomiast dla wymagań bezpośredniej produkcji potrzebne są rozwiązania pewne i bezawaryjne. Dla zapewnienia maksymalnej niezawodności serwer stelażowy wraz z urządzeniem podtrzymującym zasilanie (UPS) należy umieścić w klimatyzowanej szafie wyposażonej w filtry przeciwpylowe.

Wybór wizualizacji przy użyciu komputera oznacza, że będzie ona wykonana w środowisku Wonderware InTouch 9.5, podobnie jak wszystkie pozostałe aplikacje tego typu na obiektach Koksowni „Przyjaźń”. Taka standaryzacja jest korzystna dla pracowników odpowiedzialnych za administrację systemów, którzy obsługują wiele obiektów i dzięki ujednoliceniu środowiska posiadanie odpowiedniego oprogramowania oraz jego znajomość nie stanowi problemu, ponieważ służby te (w tym autor) odbyły szkolenie w Autoryzowanym Centrum Szkoleniowym Wonderware pt. „Kurs Obsługi i Programowania Systemu Wizualizacyjnego Wonderware InTouch 9.5 cz. I: Tworzenie i Serwisowanie Aplikacji” (Załącznik 2). Wspólna platforma systemowa w całym zakładzie niesie ze sobą dodatkowe korzyści, tj. możliwość prostszej i sprawniejszej, ewentualnej integracji ich do większego systemu nadrzędnego w przyszłości, a także uproszczone formalności związane z licencjami – dla potrzeb tego projektu wystarczy tylko jeden egzemplarz stanowiskowej licencji

użytkownika InTouch Runtime.

Wonderware InTouch jest przemysłowym zestawem oprogramowania zaprojektowanym w celu wizualizacji oraz kontroli procesów produkcyjnych, w pełni zgodnym z wytycznymi dla systemów klasy SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) oraz HMI (Human-Machine-Interface). Oferuje łatwe w użyciu i intuicyjne środowisko do tworzenia bardzo ciekawych aplikacji wizualizacyjnych umożliwiając szybkie projektowanie, testowanie oraz wdrażanie interfejsów udostępniających użytkownikom dane bezpośrednio z systemów sterownia i produkcji. Cechą charakterystyczną InTouch'a jest jego otwartość i elastyczność, co daje możliwość dostosowania aplikacji do aktualnych potrzeb przy całkowitym zachowaniu połączeń z urządzeniami oraz systemami spotykanymi w przemyśle. Opiera się on na nowatorskiej technologii ArchestrA, która jest zaawansowaną architekturą z zakresu automatyki przemysłowej i informatyki, stworzoną w celu przedłużenia cyklu życia systemów istniejących od lat w przedsiębiorstwie, dzięki zastosowaniu najnowszych technologii informatycznych i otwartości na inne, działające już systemy automatyki (także innych producentów). Należy podkreślić, że ArchestrA nie jest kolejnym oprogramowaniem, czy też linią produktów, lecz zestawem usług instalowanym w systemie operacyjnym pozwalającym na integrację aplikacji przemysłowych działających na platformach Microsoftu. ArchestrA pozwala także na łatwiejsze tworzenie aplikacji, które dzięki niej mogą być budowane z istniejących elementów, bez konieczności programowania od podstaw. Nowo powstające aplikacje mogą być tworzone poprzez proste przekonfigurowanie już istniejących. Dzięki architekturze ArchestrA twórcy aplikacji mogą skupić się na efektywnym przelaniu swojego doświadczenia branżowego w budowany system, zamiast skupiać się nad stroną techniczną rozwiązań [8].

W skład pakietu Wonderware InTouch wchodzi następujące składniki:

- *InTouch Runtime (WindowViewer)* – pozwala na uruchomienie i korzystanie z zaprojektowanej, gotowej aplikacji
- *InTouch Development (WindowMaker)* – umożliwia projektowanie i tworzenie nowych aplikacji wizualizacyjnych
- *SPC Pro* – moduł dodatkowy służący do obsługi statystycznej kontroli procesu
- *Recipe Manager* – moduł dodatkowy służący do tworzenia i obsługi receptur
- *SQL Access* - moduł dodatkowy służący do obsługi wymiany informacji z bazami danych
- *HistData* – program umożliwiający dostęp do danych historycznych zapisanych w plikach *.lgh
- *Alarm DB Logger* – program służący do konfiguracji i gromadzenia zdarzeń i alarmów w bazie danych Microsoft SQL Server oraz MSDE,

a także wiele innych dodatków jak np. *Symbol Factory* (2000 gotowych obiektów graficznych), *Demo Applications* (aplikacje demonstracyjne), czy *Alarm Printer* (drukowanie alarmów).

Wonderware InTouch umożliwia połączenie prawie z każdym sterownikiem i urządzeniem stosowanym w przemyśle, a jego aplikacje mogą bez żadnych ograniczeń komunikować się przez sieć z innymi programami i aplikacjami, dlatego stał się najpopularniejszym pakietem wizualizacyjnym na świecie – obecnie na całym świecie pracuje ponad 200 000 aplikacji stworzonych w tym środowisku [8].

W celu umożliwienia poprawnej komunikacji pomiędzy wizualizacją a sterownikiem programowalnym konieczne jest użycie dodatkowego programu z grupy DAServers, czyli DASMBSerial. Aplikacja ta zapewnia usługę serwera wymiany danych ze sterownikiem za pośrednictwem portu szeregowego przy użyciu protokołu Modbus RTU, a następnie udostępnia je dla wizualizacji InTouch za pośrednictwem protokołu DDE lub SuiteLink. Grupa programów DAServers udostępniona jest bezpłatnie w przypadku zakupu licencji poczynając od Runtime z ograniczeniem do 128 zmiennych wzwyż.

6.2. Proponowane modele

a) Sterownik programowalny: **HE500OCS100** (Rysunek 14)

(Hörner Electric)

- moduł szybkiego licznika: HSC601 (1 MHz),
- moduł wejść dyskretnych: DIM410 (32),
- moduł wyjść dyskretnych: DQM406 (32),
- zasilanie: 10–30 VDC (obciążenie 160 mA),
- stopień ochrony: IP65,
- temperatura pracy: od 0 do +50 °C,
- port szeregowy: RS-232,
- pamięć: 64 kB (logika) / 64 kB (ekrany).



Rysunek 14: Sterownik programowalny OCS100

(źródło: www.horner-apg.net)

b) Przekształtnik częstotliwości: Unidrive SP 3402 (Rysunek 15)

(Apator Control)

- zewnętrzny filtr EMC: 4200 – 6305,
- zewnętrzny rezystor hamowania: min. 18 Ω ,
- moc znamionowa: 18,5 kW,
- maksymalny ciągły prąd wyjściowy: 40 A,
- zasilanie: 380 – 480 V,
- stopień ochrony: IP54,
- temperatura pracy: od 0 do 50 °C,
- masa: 15 kg.



Rysunek 15: Napęd Unidrive SP

(źródło: www.apator-control.katowice.pl)

c) Enkoder inkrementalny: GI332 (Rysunek 16)

(Ivo)

- impulsacja: 1000,
- sygnał wyjściowy: A,B,M,
- częstotliwość graniczna: 150 kHz,
- zasilanie: 4,75 – 30 VDC,
- stopień ochrony: IP54,
- temperatura pracy: od -25 do 85 °C.



Rysunek 16: Enkoder inkrementalny GI332

(źródło: www.casp.pl)

d) Zbliżeniowy czujnik indukcyjny: IT30NBMPSL4 (Rysunek 17)

(Sensopart)

- strefa działania: 40 mm,
- funkcja wyjścia: NO (styk normalnie otwarty),
- polaryzacja: PNP,
- obudowa: cylindryczna M30 (stal nierdzewna ABS),
- zasilanie: 10 – 30 VDC (prąd obciążenia 200 mA),
- stopień ochrony: IP67,
- temperatura pracy: od -25 do +70 °C.



Rysunek 17: Czujnik indukcyjny IT30NBMPSL4

(źródło: www.casp.pl)

e) Komputer przemysłowy: Primergy RX200s3 (Rysunek 18)
(Fujitsu-Siemens)



Rysunek 28: Komputer przemysłowy Primergy RX200
(źródło: www.fujitsu-siemens.com.pl)

- rozmiar obudowy: 1U,
- płyta główna: D2300, chipset Intel 5000P,
- procesor: Dual-Core Intel Xeon 5050 (3.0GHz), 2x2MB L2 Cache,
- pamięć: 2GB (2x1GB) DDR667, PC2-5300F ECC, SDDC,
- dysk twardy: 2x HDD U320 73GB SAS, RAID 0, 10000 rpm, 3,5",
- napęd DVD: DVD-RW DL/DVD-RAM ATAPI,
- karta sieciowa: 2x 1000Mbit/s Ethernet, BroadCom 5715,
- zasilacz: Power Supply Module 650W (hot plug),
- UPS: Powerware PW 9120-1000VA,
- wentylatory: Fans upgrade kit hot-plug redundant,
- monitor: NOEVO X-19AV (19" TFT LCD),
- klawiatura: KBPC SX USA standard keyboard,
- mysz: Trackball Logitech TrackMan Wheel,
- akcesoria: Komplet oddalenia monitora, klawiatury i myszy (20m),
- oprogramowanie: Windows 2003 Server PL, Wonderware InTouch View 9.5, DASMBSerial

7. PROJEKT WYKONAWCZY

Projekt zawiera wszystkie niezbędne informacje, schematy elektryczne, połączenia sygnałowe oraz pliki programów wymagane do wdrożenia zmodernizowanego systemu sterowania napędem przenośnika skipowego. Ponadto umieszczone zostały w nim dodatkowe opisy programu sterującego, wizualizacji, algorytmów sterowania i zabezpieczeń w trybie pracy automatycznej, sygnalizacji alarmowej oraz systemowej diagnostyki urządzeń.

7.1. Zasilanie oraz zabezpieczenia sieci elektrycznej

a) Główny obwód zasilania z sieci RST 400 V (Schemat 1 - kolor czarny)

Obwód siłowy 400 V zasilany jest z trójfazowej sieci czteroprzewodowej (L1,L2,L3 - fazy oraz PEN – przewód neutralno–ochronny) poprzez rozłącznik bezpiecznikowy (RB) stanowiący główne zabezpieczenie sieci elektrycznej. Obwód zasilą napęd poprzez zewnętrzny filtr EMC, który wymagany jest dla zachowania kompatybilności elektromagnetycznej. W obwodzie zewnętrznego rezystora hamowania (R_H) napędu zastosowano zabezpieczenie przeciążeniowe zgodnie z zaleceniami producenta urządzenia [3]. Silnik zasilany i sterowany jest bezpośrednio z napędu przy użyciu sygnałów U,V,W. Oprócz napędu i silnika obwód silnoprądowy zasilą także luzownik zwalniaka hamulca napędu (ZH) załączany (luzowany) stycznikiem zwalniaka napędu (SZN) i zabezpieczony nadprądowym wyłącznikiem termicznym posiadającym wbudowany diagnostyczny styk jego zadziałania w razie przeciążenia. W obwodzie trójfazowym zasilania dla celów diagnostycznych zastosowano kontrolę faz zasilających.

b) Separowany obwód zasilania 230 VAC z transformatora (Schemat 1 - kolor czerwony)

Fazy L1 i L3 podane zostały na transformator 400/230 V znajdujący się w rozdzielni elektrycznej, stanowiący odseparowane źródło napięcia zmiennego 230 V (zaciski L i N), które doprowadzone będzie do szafy sterowniczej.. Separacja przy pomocy transformatora zabezpiecza główne zasilanie trójfazowe przed skutkami ewentualnego zwarcia w obwodzie ~230 V [2], który zasilac będzie wszystkie odbiorniki prądu zmiennego, w tym również układ podtrzymania energii UPS oraz stabilizowane źródło napięcia stałego.

c) Źródło napięcia stałego 24 VDC z zasilacza stabilizowanego (Schemat 1 - kolor niebieski)

Zasilacz stabilizowany znajdujący się w szafie sterowniczej zasilany jest z obwodu prądu zmiennego 230 V poprzez odpowiednie dla tego napięcia bezpieczniki (B1,B2). Stanowi on źródło napięcia stałego 24 V (zaciski + i -) dla obwodów sterowniczych, w tym

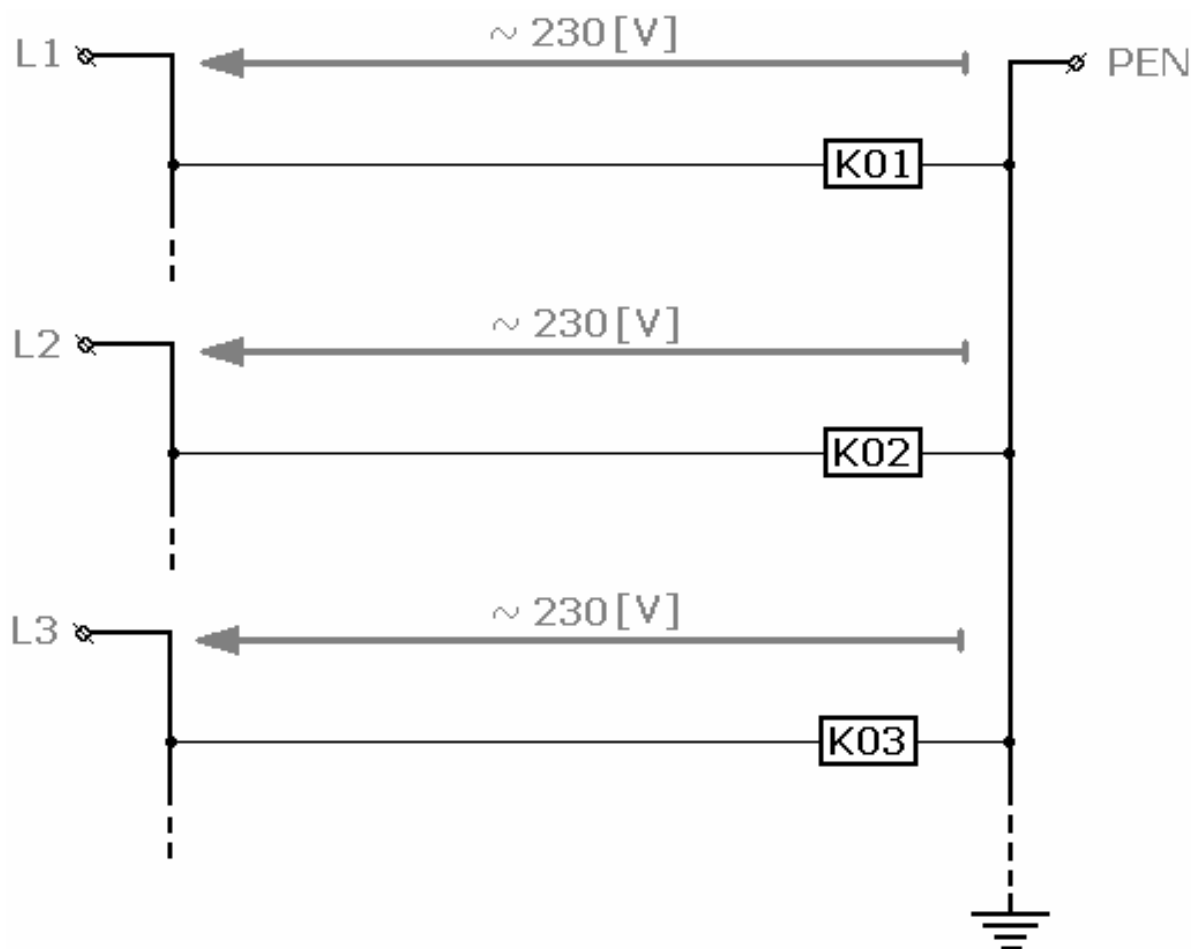
Legenda:

RB	Rozłącznik Bezpiecznikowy
B1, B2	Bezpieczniki ~220 [V]
RH	Rezystor Hamowania
WT	Wyłącznik Termiczny
SZN	Stycznik Zwalniaka Napędu
ZH	Zwalniak Hamulca (Napędu)

44

7.2. Obwody sterownicze

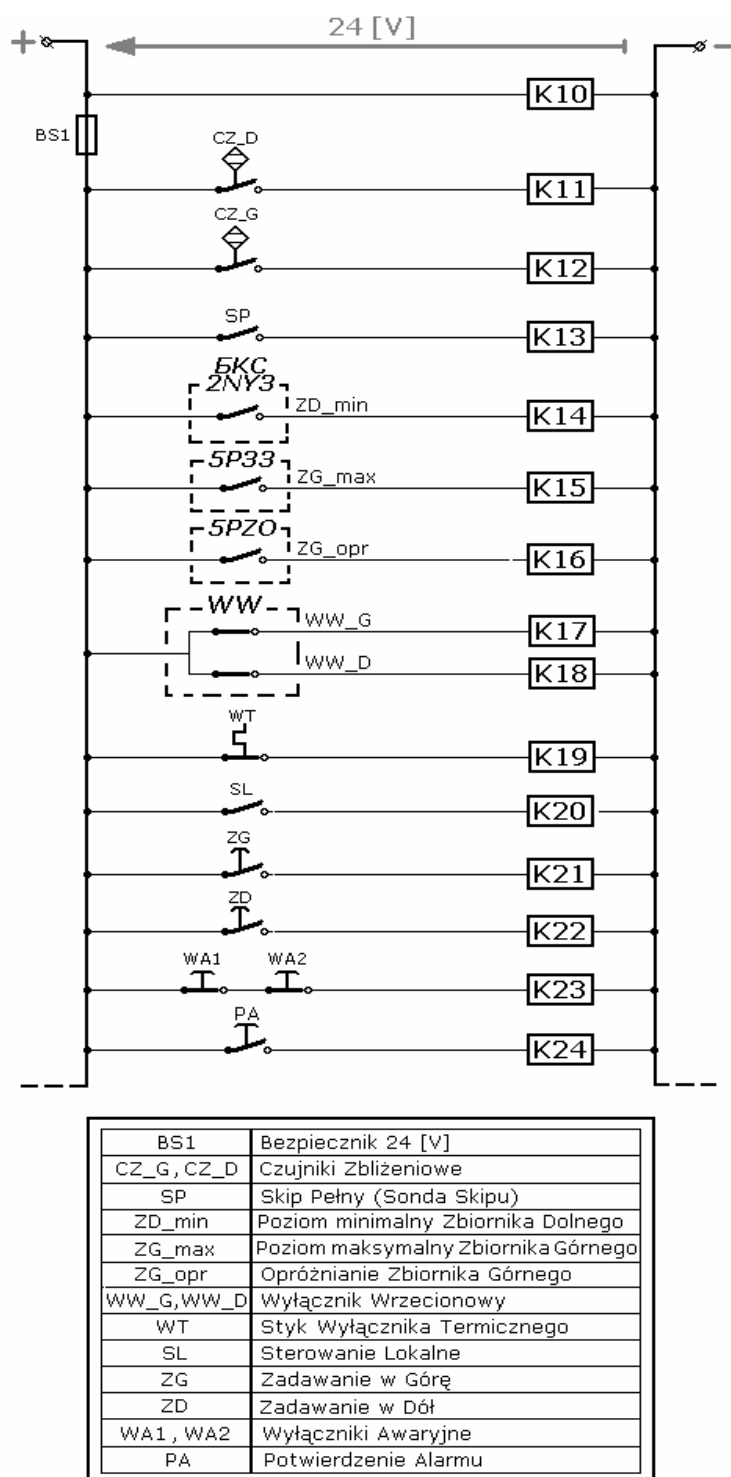
a) kontrola faz trójfazowej sieci zasilającej (Schemat 2)



Schemat 11: Kontrola faz zasilających obwód siłowy

Dla celów diagnostyki trójfazowej sieci zasilającej napięcie każdej z trzech faz (L1,L2,L3) podawane jest na cewki specjalnych przekaźników przejściowych 230 / 24 V (K01,K02,K03). W przypadku zaniku napięcia na którejkolwiek fazie, podłączona do niej cewka przekaźnika przestanie być w stanie wzbudzenia i rozłączy styk połączony z wejściem sterownika. Zastosowanie podtrzymania źródła zasilania napięcia zmiennego 230 V za pomocą urządzenia UPS zapobiega natychmiastowemu wyłączeniu obwodów sterowniczych, dzięki czemu uzyskuje się przydatne informacje o braku zasilania poszczególnych rozróżnieniem poszczególnych faz, co umożliwia szybsze rozpoznanie problemu i podjęcie odpowiednich działań w celu usunięcia usterki.

b) połączenia urządzeń wejściowych z przekaźnikami (Schemat 3)

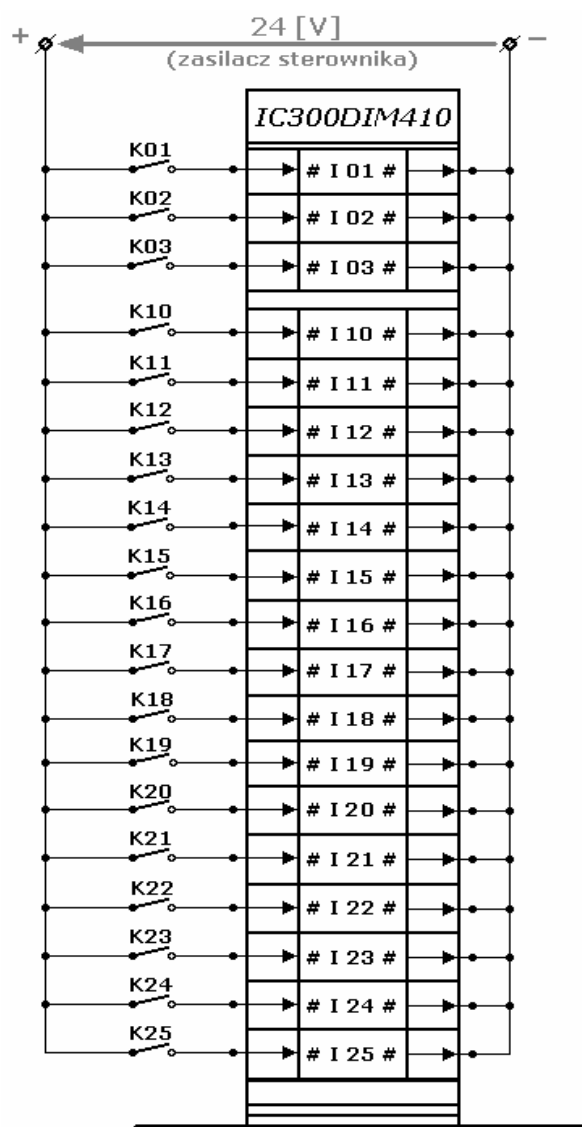


Schemat 12: Wejściowy obwód sterowniczy

Przełącznik K10 służy do kontroli źródła napięcia sterowniczego 24 V na zasadzie analogicznej do kontroli faz, dlatego jego cewka zasilana jest poza bezpiecznikiem BS1. Czujniki zbliżeniowe podłączone są do przekaźników K11 (dolny) i K12 (górny). K13 to sygnał napełnienia z sondy skipu, podobnie jak poziom minimalny dolnego zbiornika (K14) oraz maksymalny zbiornika górnego (K15). Przełącznik K16 odpowiada za sygnał otwartych klap, czyli opróżnienia górnego zbiornika. Wyłącznik wrzecionowy stanowi

nadrzędne zabezpieczenie i działa w logice odwrotnej, podczas normalnej pracy powoduje wzbudzenie podłączonych do niego cewek. Dopiero, gdy wózek znajdzie się w awaryjnym położeniu górnym (K17) lub dolnym (K18), które zostały odpowiednio ustawione (punkt 7.6c) dany sygnał ustaje wraz z bezpośrednim elektrycznym rozłączeniem silnika. K19 połączony jest ze wspomnianym wcześniej stykiem zadziałania nadprądowego wyłącznika termicznego w obwodzie zwalniaka napędu, który również działa w logice odwrotnej. Przekręcenie kluczyka w stacyjce umieszczonej na dolnej skrzynce sterowniczej do pozycji sterowania lokalnego spowoduje zadziałanie przekaźnika K20, podobnie jak naciśnięcie przycisku zadawania jazdy w górę K21, a w dół – K22. Cewka przekaźnika K23 pozostaje w stanie wzbudzenia dopóki nie zostanie rozłączona wyłącznikiem bezpieczeństwa ze skrzynki, bądź umieszczonym bezpośrednio przy silniku. Do przekaźnika K24 podłączony jest przycisk potwierdzenia alarmu na skrzynce sterowania miejscowego.

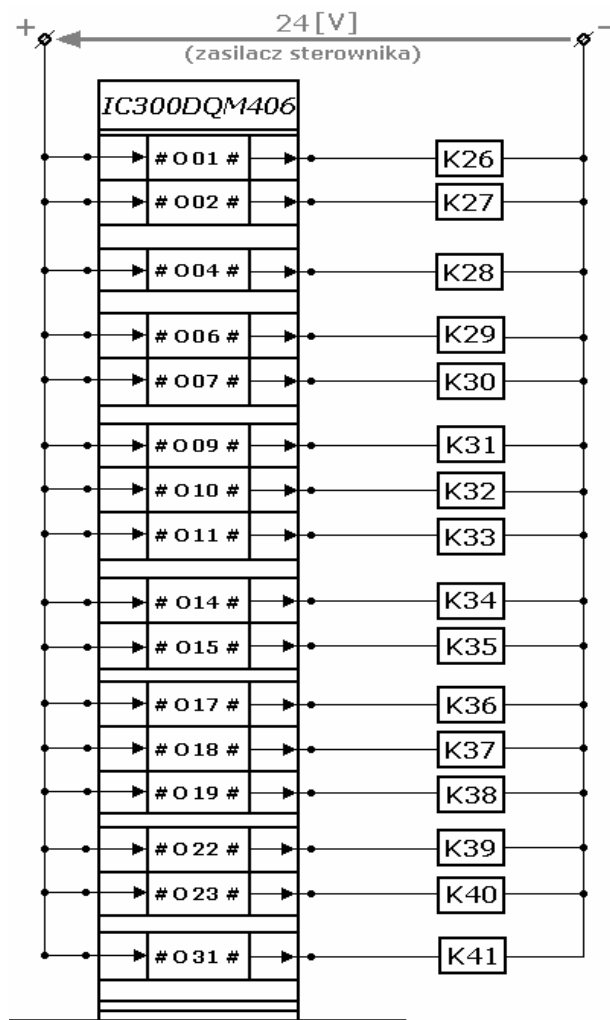
c) połączenia modułu wejść sterownika (Schemat 4)



Schemat 13: Połączenia modułu wejść dyskretnych sterownika

Styki wszystkich przekaźników omówionych do tej pory, a także styk przekaźnika K25 dającego sygnał gotowości elektrycznej falownika zasilane są w obwodzie modułu wejściowego sterownika OCS. Działanie (wzbudzenie) cewki danego przekaźnika powoduje zamknięcie jego syku połączonego z danym wejściem w module i w rezultacie aktywację tego wejścia. Na tych danych w dużej mierze opiera się program sterujący.

d) połączenia modułu wyjść sterownika (Schemat 5)

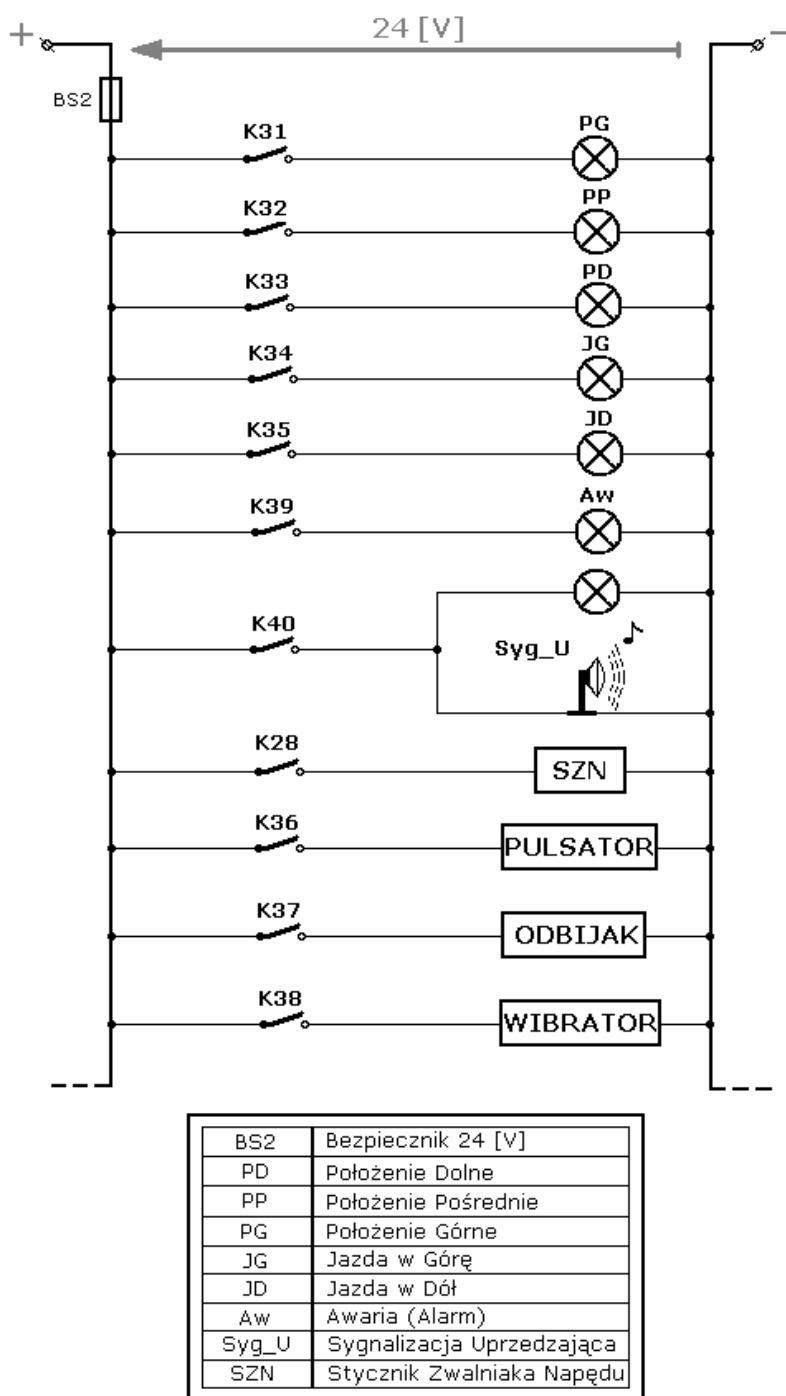


Schemat 14: Połączenia modułu wyjść dyskretnych sterownika

Efektom wykonywania logiki pętli programowej na module wyjść dwustanowychysterowane zostają sygnały wyjściowe, zgodnie z zaprogramowanym algorytmem. Wyjścia sterownika połączone są z cewkami przekaźników pośredniczących. Wyjścia 1 i 2 (K26 i K27) to sygnały poleceń jazdy w górę i w dół. Wyjście 4 (K28) to zwolnienie hamulca umieszczonego na wale silnika. Wyjście 6 (K29) to sygnał wyboru prędkości pomiędzy maksymalną (stan wysoki) a minimalną (stan niski), natomiast wyjście 7 (K30) w stanie wysokim oznacza wybór pośredniej prędkości ustawczej. Wyjścia 9 (K31), 10 (K32) i 11 (K33) to kolejno sygnał skipu w położeniu górnym, pośrednim oraz dolnym. Wyjścia 14 (K34) i 15 (K35) sygnalizują pracę (jazdę) odpowiednio w górę oraz w dół. Wyjście

17 (K36) to polecenie zadziałania pulsatora, 18 (K37) – odbijaka, natomiast 19 (K38) to sygnał sterujący wibratora umieszczonego na dolnym zbiorniku przepadu. Wyjście 22 (K39) sygnalizuje występowanie aktywnego alarmu i brak możliwości jazdy, a wyjście 23 (K40) to sygnał uprzedzający (ostrzegawczy). Wyjście 31 (K41) służy do aktywacji napędu (funkcja nadrzędnej blokady bezpieczeństwa falownika) – sygnał ten musi być podany na zacisk 31 listwy zaciskowej napędu, ponieważ bez niego polecenia pracy nie przyniosą efektu i silnik nie ruszy.

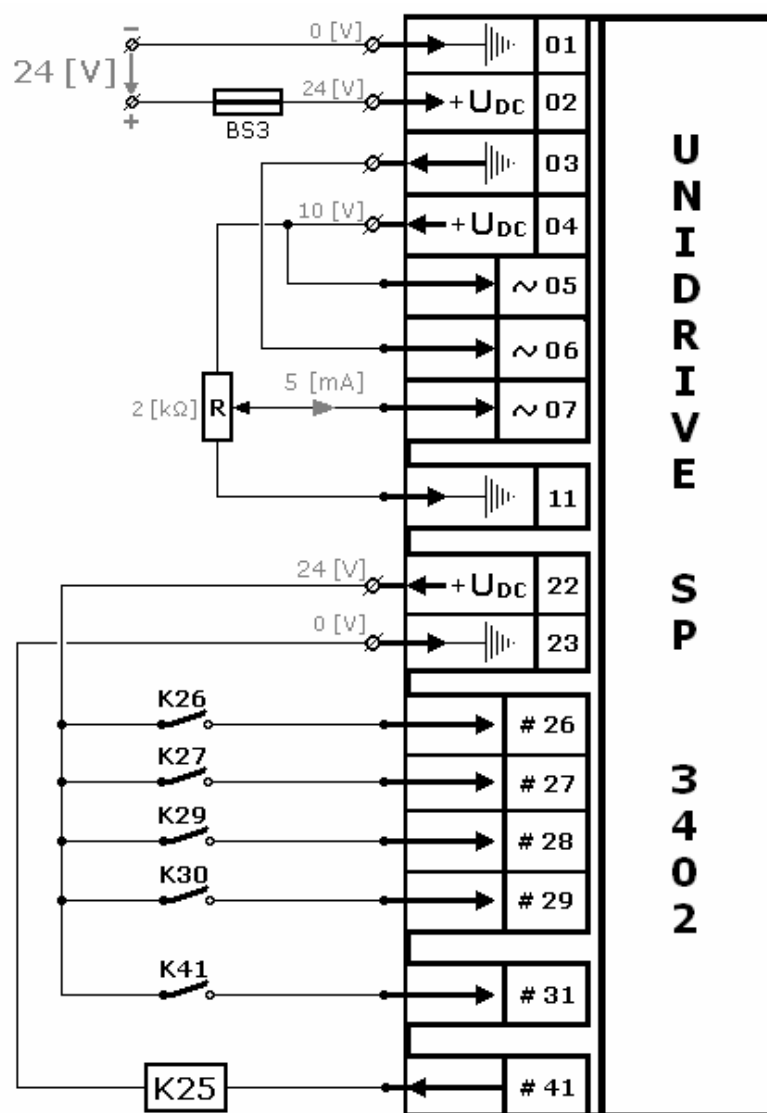
e) połączenia przekaźników pośredniczących z urządzeniami wyjściowymi (Schemat 6)



Schemat 15: Wyjściowy obwód sterowniczy

Część ze styków przekaźników pośredniczących służy do załączania urządzeń wyjściowych. Obwód ten zasilany jest ze źródła napięcia sterowniczego 24 V (zaciski + i -) poprzez bezpiecznik BS2. Styk przekaźnika 31 powoduje załączenie lampki sygnalizującej położenie górne wózka (PG). Styk przekaźnika 32 załącza lampkę położenia pośredniego (PP), natomiast 33 – położenia dolnego (PD). Styki przekaźników 34 i 35 załączają kontrolki informujące o tym, że przenośnik jest w ruchu, czyli jazda w górę (JG) i jazda w dół (JD). Lampka AW załączana stykiem przekaźnika nr 39 sygnalizuje występowanie aktywnego alarmu w systemie. Wszystkie te lampki kontrolne znajdują się na skrzynce sterowania lokalnego. Styk przekaźnika 40 odpowiada za sygnalizację uprzedzającą, zarówno świetlną jak i dźwiękową, znajdującą się w pobliżu dolnego zbiornika przepadu. Przekaznik 28 służy do sterowania stycznikiem zwalniaka napędu, natomiast styki przekaźników 36, 37 i 38 dają sygnały załączenia dla pulsatora, odbijaka oraz wibratora na zbiorniku dolnym.

f) połączenia panelu sterującego falownika (Schemat 7)



Schemat 16: Połączenia listwy zaciskowej napędu

Zaciski 1 i 2 służą do podłączenia dodatkowego, zewnętrznego źródła zasilania 24 VDC dla obwodu sterowniczego napędu, dlatego wprowadzone na nie zostało napięcie sterownicze 24 V z zasilacza stabilizowanego poprzez bezpiecznik BS3. Zacisk 3 to masa analogowa, natomiast zacisk nr 4 to wyjście napięciowe +10 V zasilania sygnałów analogowych do zadawania prędkości. Zaciski 5 i 6 służą do nastawiania prędkości nr 1 za pomocą różnicowego sygnału napięciowego, jednak istnieje możliwość użycia standardowego sygnału napięciowego 0 – 10 V, w tym celu należy podać go na wejście nieodwracające (zacisk 5), a wejście odwracające (zacisk 6) należy połączyć z zaciskiem nr 3. Napięcie 10 V podane na zacisk 5 oznacza, że prędkość zadana nr 1 to prędkość maksymalna. Zacisk 7 to programowo konfigurowalne wejście napięciowe (0 – 10 V) lub prądowe (4 – 20 mA) służące do nastawiania prędkości nr 2. Sygnał prądowy o natężeniu 5 mA oznacza, że prędkość zadana nr 2 jest prędkością pseudo-minimalną (wcześniej nazywana także prędkością zerową). Zacisk 11 to wspólna masa dla sygnałów analogowych. Zacisk 22 to wyjście napięciowe +24 V do zasilania obwodu sterowniczego, a 23 to masa cyfrowa. Zaciski 26 i 27 to wejścia cyfrowe załączające pracę napędu w górę i w dół, aktywowane stykami przekaźników K26 oraz K27. Zacisk 28 to wejście służące do wyboru prędkości zadanej, połączone ze stykiem przekaźnika K29, natomiast zacisk 29 (styk K30) to wejście wybierające prędkość ustawczą, czyli zdefiniowaną programowo w napędzie. Zacisk 31 to wejście aktywujące napęd omawiane wcześniej i załączane stykiem przekaźnika K41. Zacisk 41 to wyjście sygnalizujące gotowość elektryczną falownika połączone do cewki przekaźnika K25.

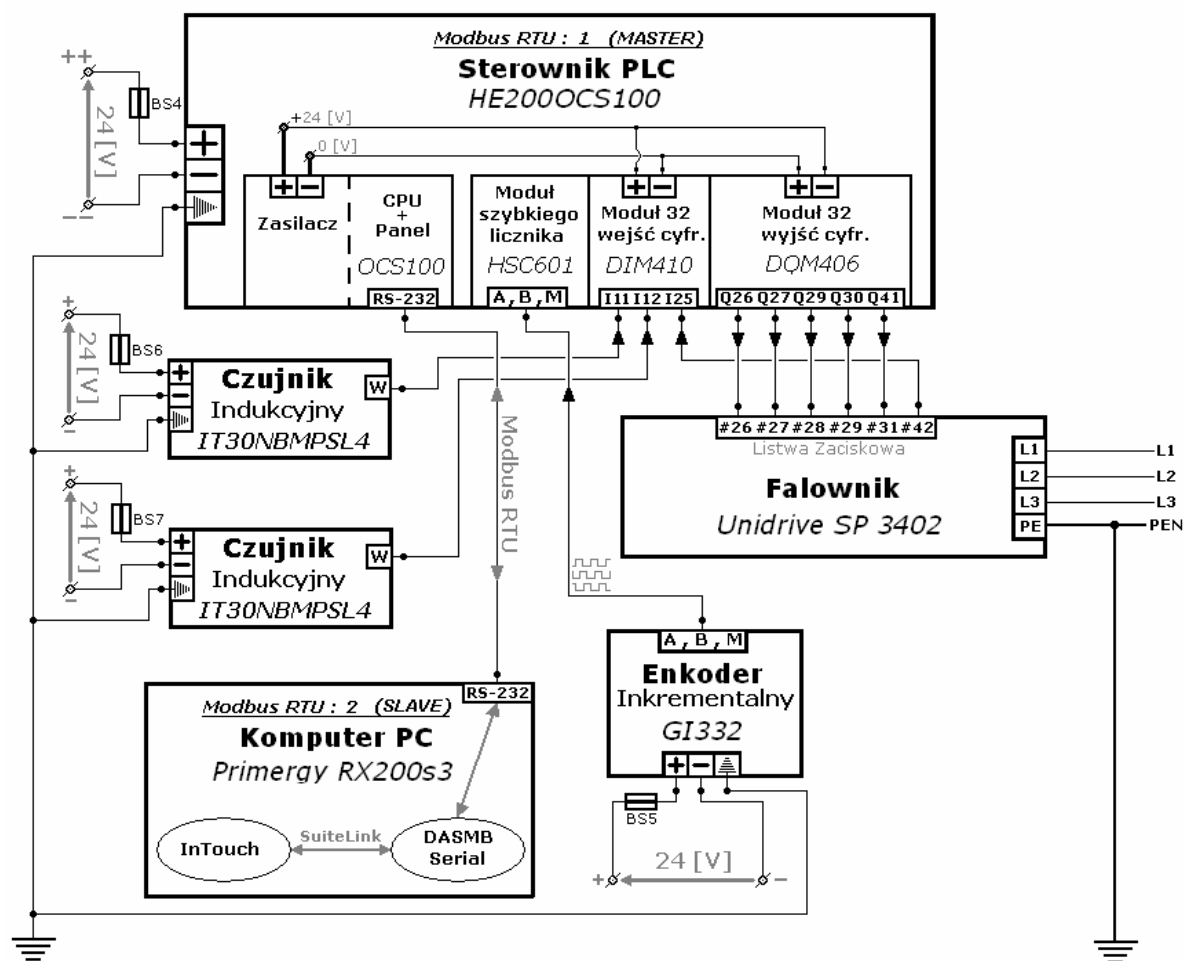
7.3. Komunikacja

a) połączenia pomiędzy poszczególnymi elementami systemu i ich zasilanie (Schemat 8)

Przedstawione poniżej połączenia pomiędzy nowymi urządzeniami systemu automatyki mają na celu zobrazowanie sposobu przepływu sygnałów, dlatego elementy pośredniczące (przekaźniki, listwy zaciskowe) zostały w nich pominięte. Struktura zasilania również ma charakter uproszczony i nie obejmuje dokładnych połączeń kablowych.

Indukcyjne czujniki zbliżeniowe oraz enkoder inkrementalny zasilane są stałym napięciem 24 V z zasilacza stabilizowanego poprzez bezpieczniki BS5, BS6 i BS7, natomiast sterownik OCS zasilany jest ze źródła napięcia sterowniczego 24 V z podtrzymaniem akumulatorowym poprzez bezpiecznik BS4. Pełni on nadrzędną rolę w systemie, zbierając informacje między innymi z czujników, enkodera, falownika, a także z komputera PC (wejścia z programu wizualizacji) za pomocą protokołu komunikacji szeregowej Modbus RTU. Na podstawie zaprogramowanego w swojej pamięci algorytmu przy pomocy

wyjść cyfrowych steruje między innymi napędem poprzez listwę zaciskową oraz wysyła dane dla wizualizacji na komputerze PC.



Schemat 17: Uproszczony schemat zasilania i połączeń elementów systemu

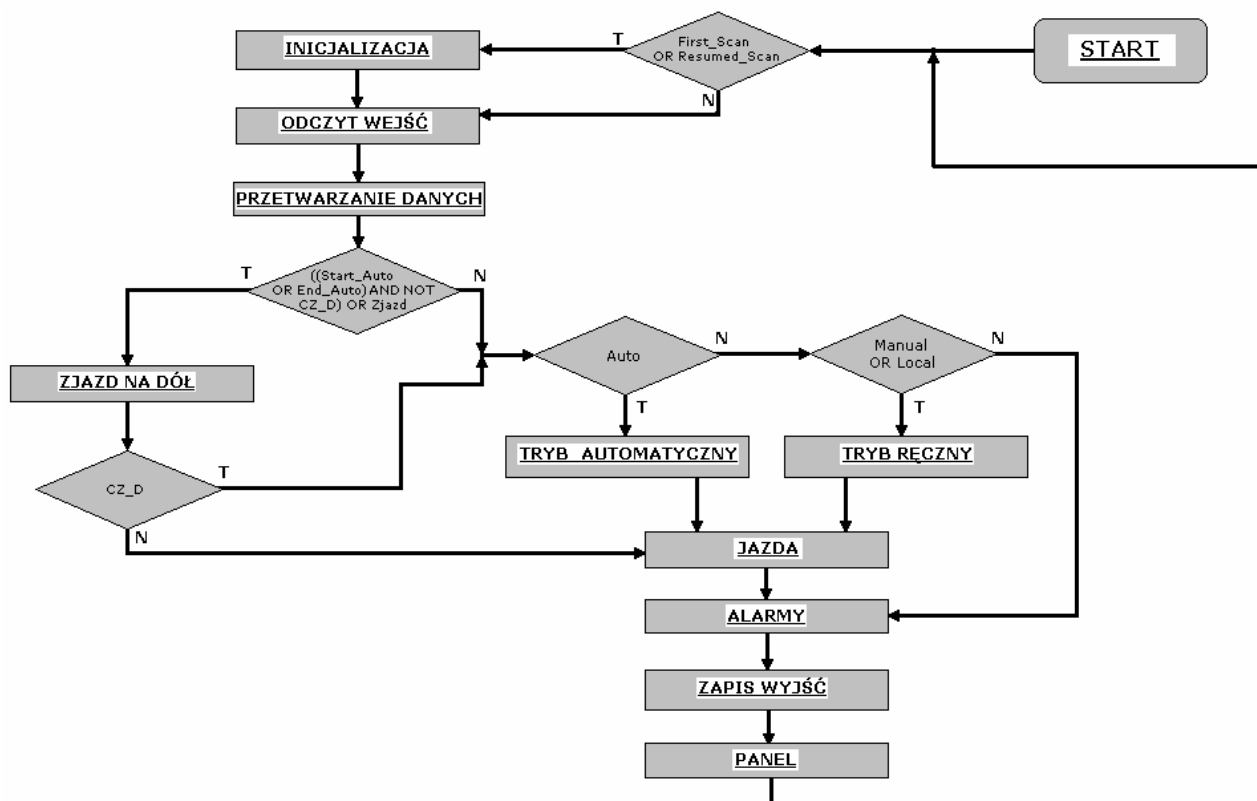
b) komunikacja szeregową Modbus RTU

Komunikacja szeregową Modbus RTU opiera się na zasadzie: Master – Slave. Urządzenie nadrzędne Master ma za zadanie wysyłać polecenia, natomiast urządzenia podrzędne Slave (może być ich teoretycznie do 246 w obrębie jednej sieci) odpowiadają. Polecenie Modbus wysyłane przez urządzenie nadrzędne, czyli w tym przypadku sterownik OCS to ciąg 6 słów (rejestrów) o kolejnych adresach z zapisanymi w nich wartościami, w skrócie określane jako MCB (Message Control Block). Wartości poszczególnych rejestrów MCB są ściśle określone i ich ustawianie musi być zapewnione w ramach logiki programu sterującego, tak samo jak wyzwalanie rozsyłania poleceń (tzw. „Trigger”)³. W Załączniku 3 umieszczono tabele wyjaśniające znaczenie poszczególnych rejestrów wchodzących w skład MCB oraz ich wartości [9].

³ *Trigger* (z ang.) oznacza spust i jest to jedno z wejść bloku komunikacyjnego Modbus Master. Rozesłanie polecenia wyzwalane jest zboczem narastającym, czyli przejściem zmiennej skojarzonej z tym wejściem ze stanu niskiego w stan wysoki.

7.4. Program sterownika PLC

a) schemat blokowy działania programu (Schemat 9)



Schemat 18: Schemat blokowy programu sterującego

Zmienne użyte na schemacie w warunkach przejścia do kolejnych podprogramów:

- *First_Scan* – zmienna systemowa %S0001 pełniąca funkcję znacznika pierwszego cyklu wykonywania programu od momentu przejścia sterownika w tryb pracy.
- *Resumed_Scan* – zmienna systemowa %S0010 pełniąca funkcję znacznika pierwszego cyklu po utracie i przywróceniu zasilania sterownika.
- *Start_Auto* – zmienna pomocnicza oznaczająca załączenie trybu automatycznego, czyli przejście zmiennej „Auto” ze stanu niskiego do wysokiego (zbocze narastające).
- *End_Auto* – zmienna pomocnicza oznaczająca wyłączenie trybu automatycznego, czyli przejście zmiennej „Auto” ze stanu wysokiego do niskiego (zbocze opadające).
- *CZ_D* – zmienna skojarzona z wejściem %I11, czyli sygnałem dolnego czujnika zbliżeniowego.
- *Zjazd* – zmienna sygnalizująca procedurę zjazdu do dolnej pozycji wyjściowej.
- *Auto* – zmienna oznaczająca tryb automatyczny wybrany przez operatora.
- *Manual* – zmienna oznaczająca tryb ręczny wybrany przez operatora.
- *Local* – zmienna oznaczająca sterowanie ze skrzynki lokalnej.

Funkcje i działanie podprogramów wywoływanych w programie głównym:

- *INICJALIZACJA* – podprogram wykonywany jest tylko jeden raz podczas pierwszego cyklu lub po przywróceniu zasilania sterownika, w celu zadania stałych dla całego programu, parametryzacji oraz otwarcia portu szeregowego dla komunikacji, a także sprawdzenia obwodów wejść/wyjść za pomocą zmiennej systemowej „IO_OK” (%S0006).
- *ODCZYT WEJŚĆ* – odczyt wejść z programu wizualizacyjnego (komunikacja Modbus RTU).
- *PRZETWARZANIE DANYCH* – obróbka danych wejściowych na potrzeby programu, jak np. zdefiniowanie pomocniczych zmiennych sygnalizujących zbocza sygnałów, skalowanie, zliczanie cykli pracy, obliczanie rzeczywistej prędkości jazdy, czy wypracowanie sygnału zezwolenia na jazdę.
- *ZJAZD NA DÓŁ* – podprogram realizujący procedurę zjazdu na sam dół w przypadku załączenia lub wyłączenia trybu automatycznego, gdy skip nie znajduje się w dolnej pozycji wyjściowej.
- *TRYB AUTOMATYCZNY* – algorytm pracy w trybie automatycznym związany z wypracowaniem sygnałów załączeń jazdy w górę i w dół, obsługi urządzeń umieszczonych na dolnym zbiorniku, sygnalizacji uprzedzającej, itd.
- *TRYB RĘCZNY* – praca w trybie ręcznym lub lokalnym.
- *JAZDA* – podprogram mający na celu sterowanie prędkością na podstawie wartości z enkodera, zatrzymanie w pozycjach krańcowych i sterowanie zwalnianiem hamulca.
- *ALARMY* – kontrola prawidłowości pracy, wypracowanie na podstawie sygnałów stanów alarmowych, sygnalizacja i potwierdzenie alarmów.
- *ZAPIS WYJŚĆ* – wysłanie danych wyjściowych do programu wizualizacyjnego.
- *PANEL* – wyświetlanie danych na wbudowanym wyświetlaczu panelu operatorskiego OCS.

Zatrzymanie wykonywania pętli programu możliwe jest jedynie za pomocą specjalnej kombinacji klawiszy panelu operatorskiego: F1 + F2 + ↑ (strzałka w górę).

b) program w języku drabinkowym LD

Kodu źródłowy programu sterownika OCS to plik z rozszerzeniem *.csp, który ładuje się do pamięci kontrolera za pomocą programu CScape wykorzystując port szeregowy ze złączem w standardzie RS-232. Zawiera on konfigurację, program w języku drabinkowym wraz z komentarzami, wartości początkowe zmiennych (setpoints) oraz utworzone ekrany, które wyświetlane będą na panelu operatorskim.

Dodatkowe typy plików programu CScape to:

- *.cpj – zapisany projekt CScape, dzięki któremu szybciej i prościej można zarządzać dużymi

sieciami sterowników, dla każdego z nich przypisując osobny plik z kodem źródłowym (*.csp).

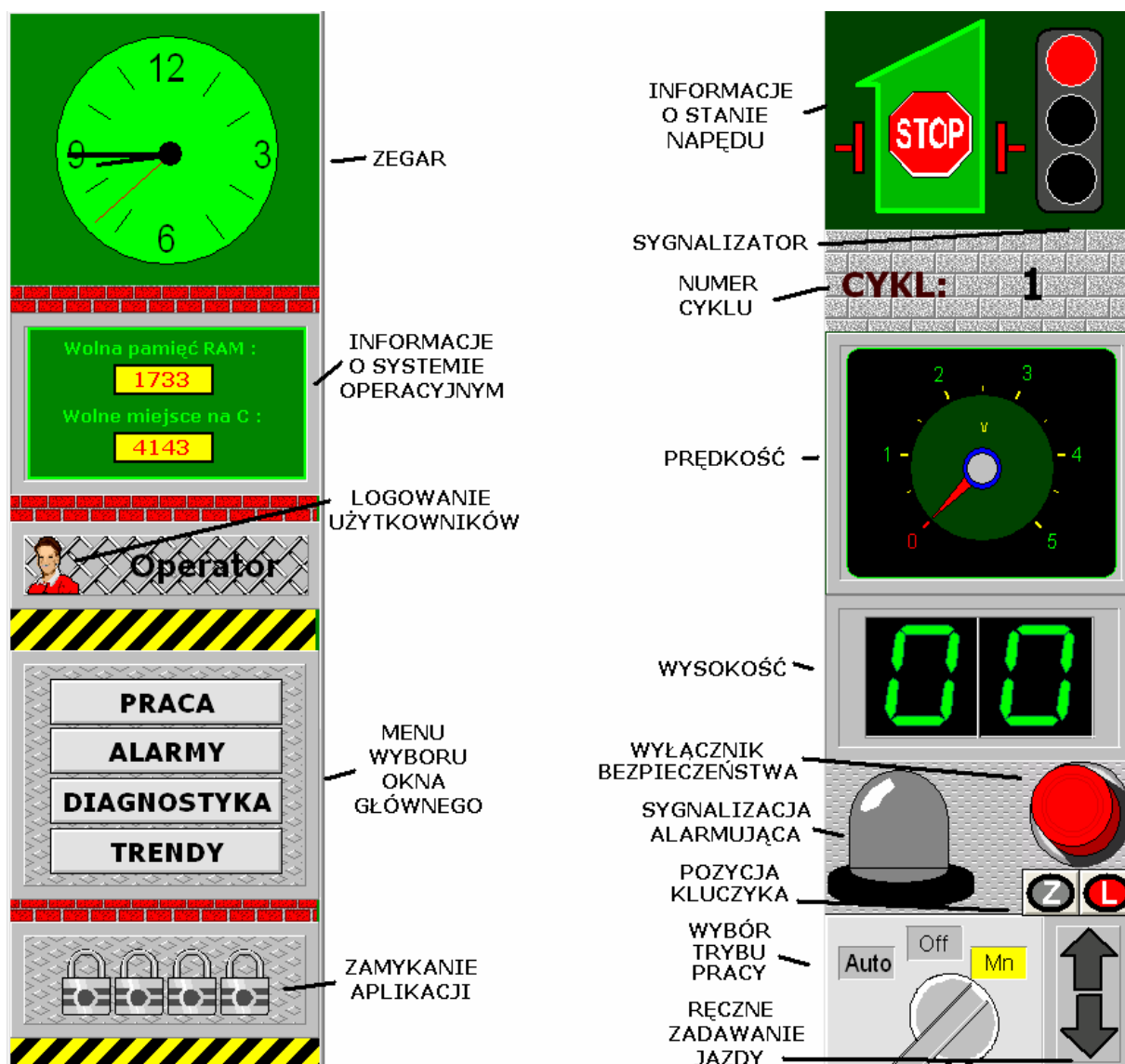
-.*csw – zapisana tabela podglądu danych w sterowniku (Data Watch), przydatna do monitorowania pracy i podczas debugowania programu.

W Załączniku 4 znajduje się płyta CD, na której znaleźć można pliki programu sterującego oraz darmową, w pełni funkcjonalną wersję instalacyjną aplikacji CScape 8.52.

7.5. Wizualizacja

a) zdalne środowisku InTouch 9.5

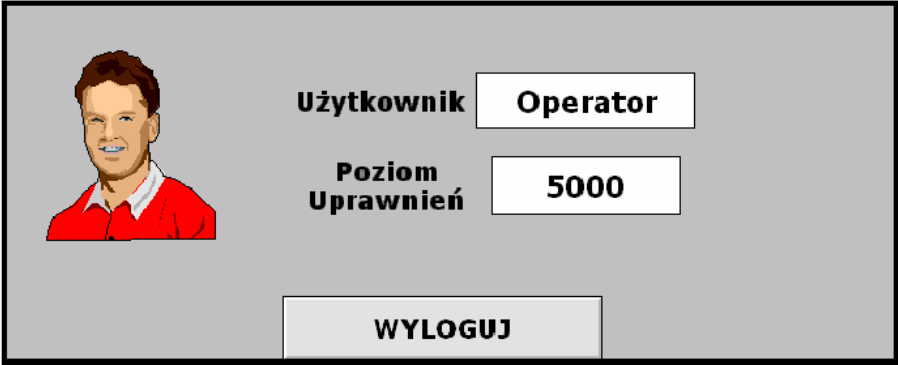
Podczas pracy z wizualizacją po bokach ekranu zawsze widoczne są dwa okna informacyjno-kontrolne, które cały czas dostarczają najistotniejsze dane na temat przenośnika, a także pozwalają poruszać się po aplikacji.



Rysunek 19: Okna narzędziowe wizualizacji

Okno po lewej stronie to okno systemowe. Zawiera ono m.in. zegar, okno informujące o stanie zapasów pamięci dla systemu operacyjnego zainstalowanego na serwerze oraz menu wyboru okna głównego pojawiającego się po środku ekranu. Naciśnięcie przycisku powoduje wywołanie jednego z czterech okien głównych programu. Piątym podobnym oknem, jednak rzadziej używanym jest okno logowania, dostępne pod ikoną portretu człowieka obok wyświetlanej nazwy aktualnego użytkownika.

Zalogowany użytkownik :



Zaloguj:

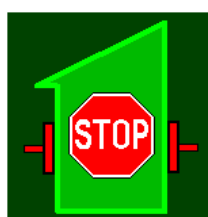


Rysunek 20: Okno logowania

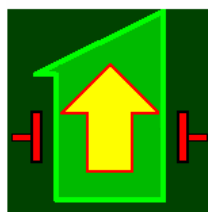
Przedstawione powyżej na Rysunku 20 okno wyświetla szczegółowe informacje na temat osoby zalogowanej w systemie, umożliwia wylogowanie oraz zalogowanie kolejnego użytkownika, przy pomocy przycisków w dolnej części ekranu. Po wprowadzeniu prawidłowego hasła dla danej nazwy użytkownika w polu „Poziom Uprawnień” pojawia się liczba z zakresu od 1 do 9999, nadana przez Administratora każdemu użytkownikowi, im większa tym ma on większe prawa dostępowe. Przykładowo użytkownik zalogowany jako operator z poziomem 5000 ma możliwość sterowania skipem oraz potwierdzania alarmów, jednak niektóre funkcje dostępne są tylko dla użytkowników z wyższym poziomem dostępu, jak np. zamykanie aplikacji, czy kasowanie alarmów z listy. Dlatego w przypadku posiadania niedostatecznych uprawnień w miejscu przycisku zobaczyć można ikony kłódek, co oznacza brak możliwości wykonania operacji.

Okno narzędziowe widoczne z prawej strony ekranu (Rysunek 19) jest oknem kontrolnym przenośnika skipowego. Jest to podstawowe źródło informacji na temat obiektu, a

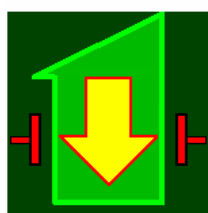
także kontroli nad urządzeniem pod warunkiem sterowania zdalnego wybranego kluczykiem na skrzynce. Sterowanie pracą skipu dostępne jest tylko po zalogowaniu się w systemie użytkownika posiadającego co najmniej operatorskie prawa dostępu, dzięki czemu ma możliwość wyboru tryb automatycznego, ręcznego lub wyłączenia maszyny. W trybie ręcznym kierunek jazdy zadaje się przyciskami symbolizującymi strzałki w górę i w dół. Nad nimi znajduje się kontrolka wyświetlająca pozycję kluczyka w stacyjce skrzynki sterowania miejscowego (L – sterowanie lokalne ze skrzynki, Z – sterowanie zdalne z komputera) oraz awaryjny wyłącznik bezpieczeństwa, a po lewej duża lampka sygnalizacji alarmującej, która omówiona zostanie w punkcie 7.7a. Powyżej znajduje się wyświetlacz dwucyfrowy, na którym odczytać można wysokość w metrach, a nad nim symboliczny prędkościomierz (5 – prędkość maksymalna, 3 prędkość ustawcza, 1 – prędkość minimalna). Nad prędkościomierzem wyświetlany jest numer cyklu, natomiast na samej górze prezentowane są dane o stanie napędu jazdy i sygnalizator, który omówiony zostanie w punkcie 7.6b. Miniatura kubelka informuje o aktualnym kierunku jazdy lub postoju oraz o pozycji zwalniaka hamulca.



- Wózek stoi w miejscu, napęd nie pracuje, zwalniak nieaktywny (hamulec zaciśnięty).



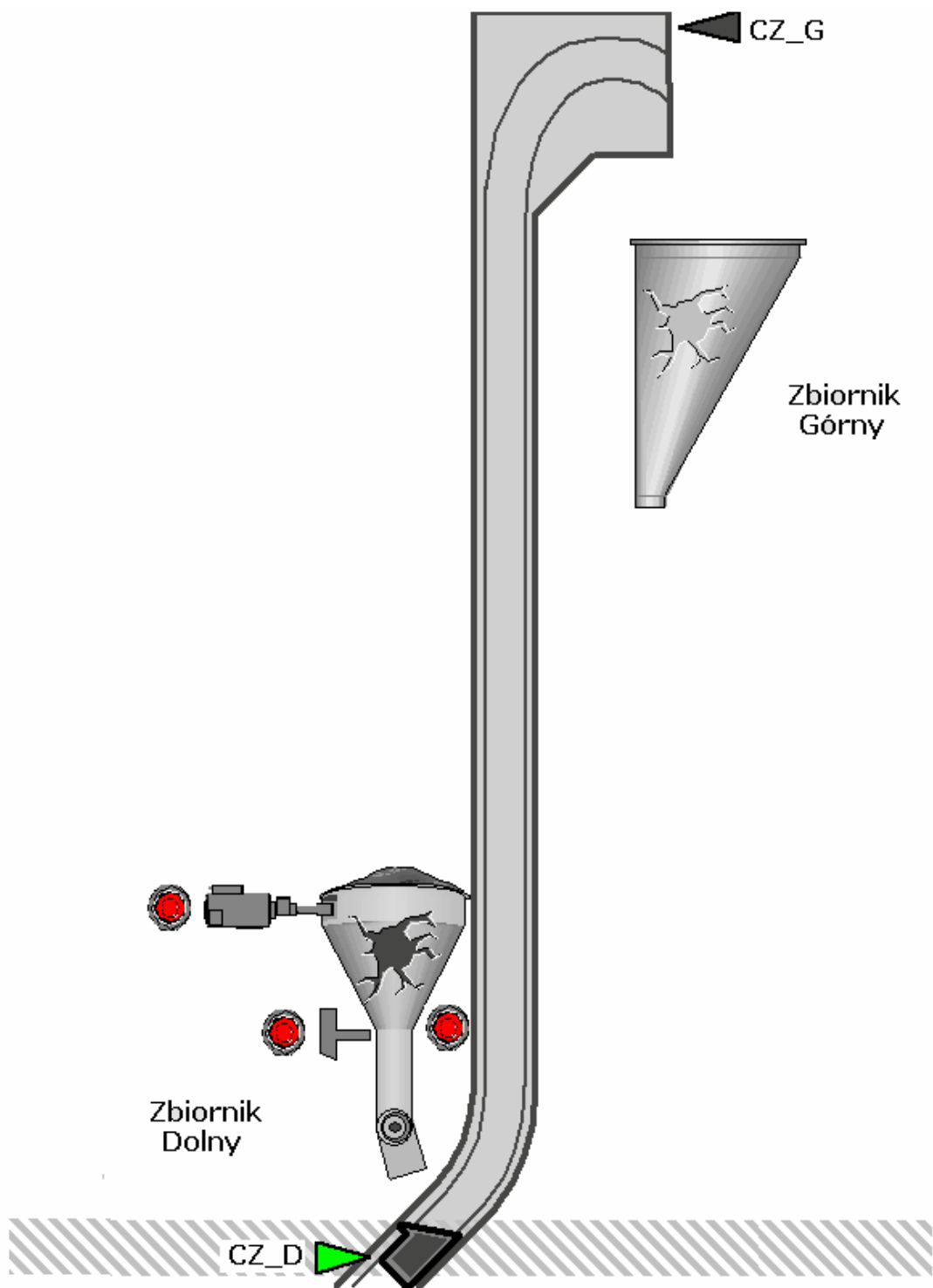
- Wózek porusza się w kierunku górnym, napęd pracuje, zwalniak aktywny (hamulec poluzowany).



- Wózek porusza się w kierunku dolnym, napęd pracuje, zwalniak aktywny (hamulec poluzowany).

Jak wspomniano wcześniej okno systemowe daje możliwość wyboru okna głównego za pomocą czterech przycisków. Okno zatytułowane „TRENDY” umożliwia oglądanie przebiegów czasowych wielkości takich jak wysokość, prędkość, czy praca zwalniaka hamulca. Okna „DIAGNOSTYKA” i „ALARMY” zostaną opisane w dalszej części projektu w Punkcie 7.7 przy okazji omawiania alarmów i diagnostyki systemu. Okno „PRACA” jest to okno główne z animacją ilustrującą obiekt elewatora wraz ze zbiornikiem górnym i dolnym oraz pulsatorem, odbijakiem oraz wibratorem, którego pracę sygnalizuje zmiana koloru

zbiornika na czerwony. Przyciski widoczne na Rysunku 21 widoczne są jedynie w trybie ręcznym i służą do kontroli nad tymi trzema urządzeniami.



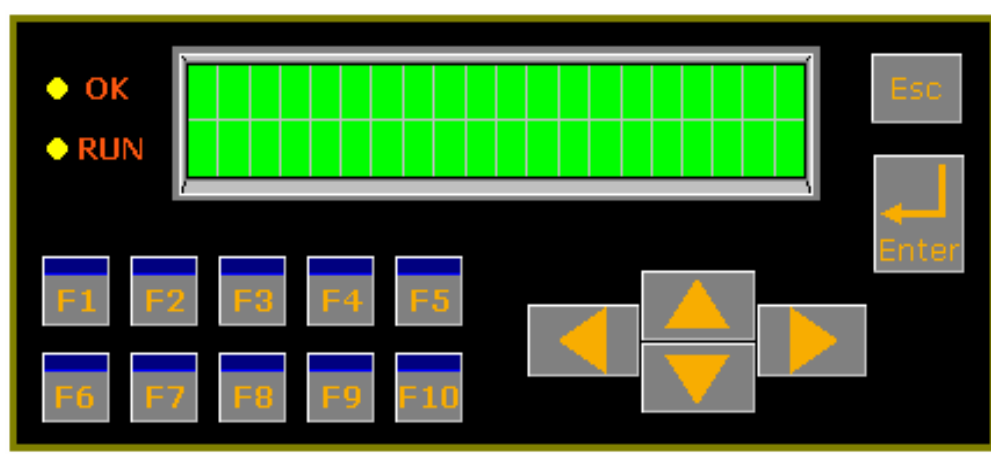
Rysunek 21: Okno główne "PRACA"

Zbiorniki sygnalizują swoje napełnienie za pomocą charakterystycznego symbolu dziury, ma ona ciemny kolor, gdy zbiornik jest pełny (sygnał z sondy minimum zbiornika dolnego na wejściu %I14 i sondy maksimum zbiornika górnego na wejściu %I15), widać też mieszankę w jego górnej części. Opróżnianie górnego zbiornika (sygnał na wejściu %I16) sygnalizowane jest animacją sypiącego się węgla z jego wylotu.

W Załączniku 4 na płycie CD znajdują się pliki aplikacji wizualizacyjnej oraz próbna wersja instalacyjna środowiska InTouch 9.5.

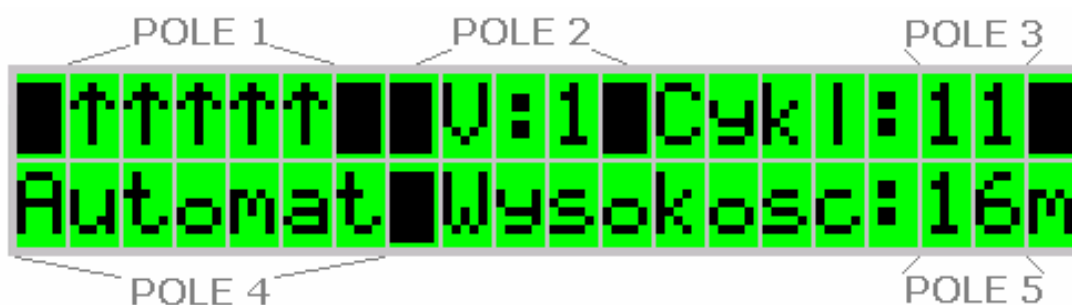
b) panel operatorski sterownika

Kontroler OCS100 wyposażony jest we wbudowany panel operatorski (Rysunek 22) posiadający wyświetlacz LCD mogący jednorazowo wyświetlać dwa wiersze po 20 znaków tekstowych oraz 16 klawiszy (4 kursory kierunkowe, enter, esc i 10 klawiszy funkcyjnych dowolnie konfigurowalnych w programie sterującym).



Rysunek 22: Panel operatorski OCS100

40 znaków dostępnych w ramach jednego ekranu można w dowolny sposób wykorzystać na tekst statyczny, wyświetlanie wartości zmiennych z pamięci sterownika, a także pole do wprowadzania danych. Na wszystkie wyświetlane ekrany przeznaczona jest łącznie 64 kB pamięci operacyjnej, czyli dokładnie tyle samo, co na logikę programu sterującego.



Rysunek 23: Przykład ekranu wyświetlanego na panelu podczas pracy

Podczas normalnej pracy systemu (brak aktywnych, niepotwierdzonych alarmów) na wyświetlaczu ciekłokrystalicznym panelu operatorskiego OCS100 widoczne są następujące informacje (Rysunek 23):

- POLE 1: Stan napędu jazdy.

	- Jazda do góry z zadaną maksymalną prędkością
	- Jazda do góry z zadaną prędkością ustawczą
	- Jazda do góry z zadaną prędkością
	- Jazda w dół z zadaną minimalną prędkością
	- Jazda w dół z zadaną prędkością ustawczą
	- Jazda w dół z zadaną maksymalną prędkością
	- Zatrzymanie w górnym położeniu skrajnym
	- Zatrzymanie w dolnym położeniu skrajnym
	- Zatrzymanie w położeniu pośrednim

- POLE 2: Rzeczywista prędkość jazdy.

- POLE 3: Numer cyklu (liczba całkowita w zakresie od 1 do 16).

- POLE 4: Tryb pracy

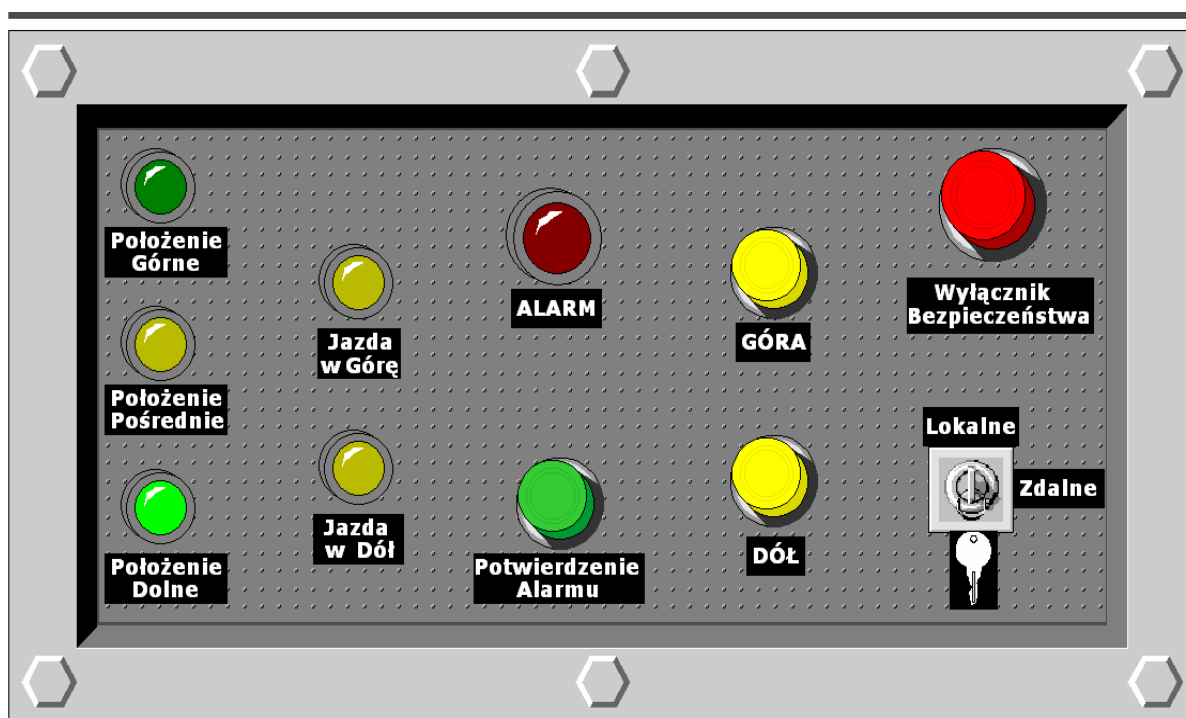
	- Tryb Automatyczny
	- Tryb Ręczny
	- Tryb Lokalny

- POLE 5: Wysokość (liczba całkowita w zakresie od 0 do 32).

Podczas sterowania lokalnego możliwe jest także kontrolowanie pracy wyciągnica skipowego za pomocą następujących klawiszy funkcyjnych panelu operatorskiego (Punkt 5.1d) widocznych na Rysunku 22:

- F1 – Jazda w górę,
- F6 – Jazda w dół,
- F2 – Następny aktywny alarm,
- F7 – Poprzedni aktywny alarm,
- F3 – Potwierdzenie alarmu,
- F8 – Kasowanie Alarmu,
- F10 – Wyłączenie Awaryjne.

c) kontrolki na skrzynce sterowania lokalnego (Rysunek 24)



Rysunek 24: Rozmieszczenie elementów skrzynki sterowania lokalnego

7.6. Zabezpieczenia i sygnalizacje

a) zezwolenie na pracę wózka

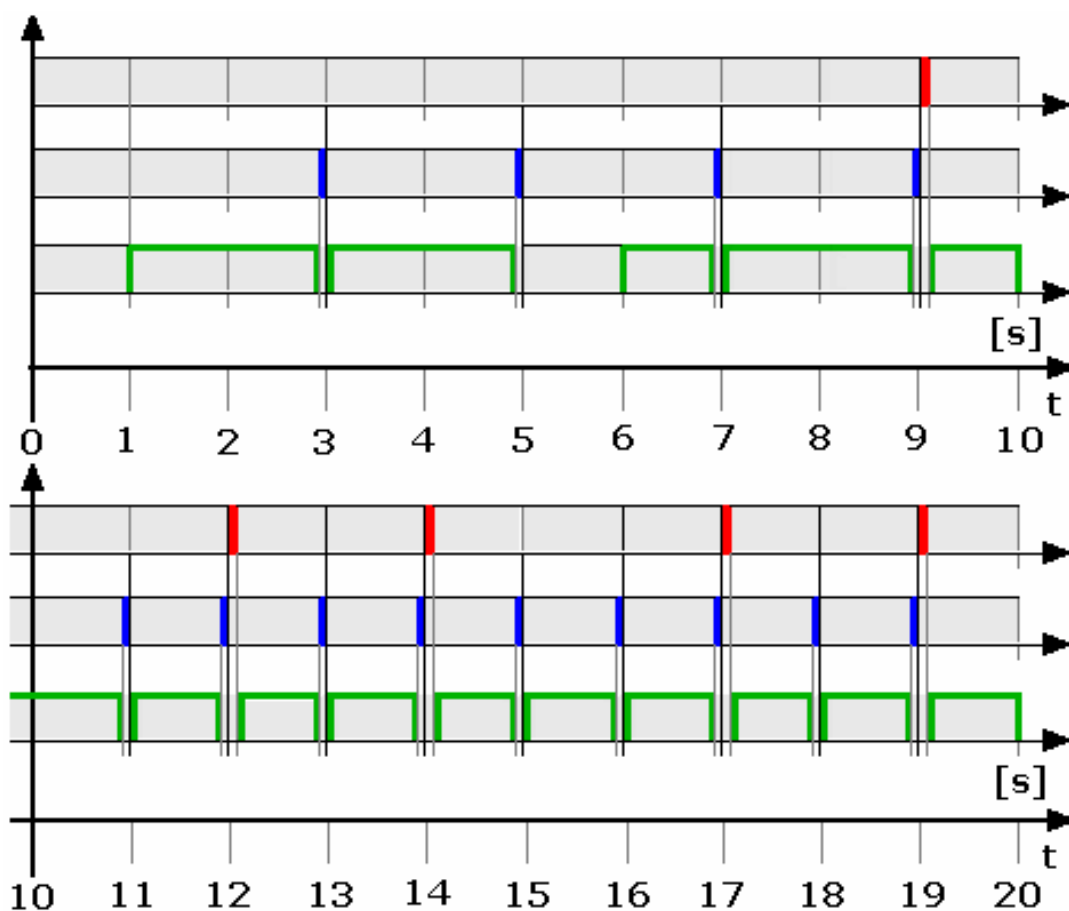
Aby zapobiec wykonywaniu niepotrzebnych, „pustych” cykli zastosowano sygnał zezwolenia na pracę skipu. Jest to szereg warunków, które muszą zostać spełnione, by przenośnik mógł rozpocząć jazdę w trybie automatycznym.

- zbiornik dolny nie jest pusty (sygnał z sondy minimum),
- zbiornik górny nie jest pełny (brak sygnału z sondy maksimum),

- skip został napełniony (sygnał z sondy skipu),
- nie przekroczono maksymalnej liczby szesnastu cykli bez opróżnienia górnego zbiornika.

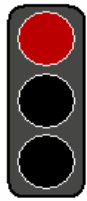
b) sygnalizacja uprzedzająca

Sygnalizacja uprzedzająca to algorytm zaimplementowany tylko w trybie automatycznym mający za zadanie przede wszystkim ostrzec osoby znajdujące się na ganku mistrzowskim w sąsiedztwie elewatora o obecności wózka pod zbiornikiem, dlatego w tym czasie sygnalizator świetlny oraz dźwiękowy umieszczone nad kratą zbiornika emitują przerywany sygnał o częstotliwości 1 Hz. Jeżeli brak zezwolenia w trybie automatycznym spowodowany jest jedynie brakiem sygnału napełnienia z sondy skipu sygnalizacja uprzedzająca rozpoczyna się normalnie i w trakcie jej trwania wykonywana jest sekwencja sterująca wibratorem, odbijakiem oraz pulsatorem do czasu nawęglania przerośnika. Jeśli uda się to przed upływem 10 sekund algorytm przerywa sterowanie tymi urządzeniami, sygnalizacja kończy się po 10 sekundach i kubełek rusza do góry. W przypadku, gdy po upływie tego czasu nie udało się napełnić przerośnika (brak sygnału z sondy skipu) algorytm wchodzi w drugą (intensywniejszą) fazę nawęglania przedłużając sygnalizację uprzedzającą o kolejne 10 sekund (Wykres 1). Jeżeli po tym czasie wózek nadal nie jest pełny, generowany jest alarm nr 3: „Brak zezwolenia”.

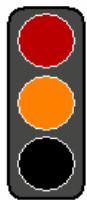


Wykres 2: Sekwencja sterująca wibratorem (zielony), odbijakiem (niebieski) i pulsatorem (czerwony)

Zezwolenie na jazdę wskazywane jest zielonym światłem na sygnalizatorze, z wyjątkiem trwającej wciąż sygnalizacji uprzedzającej – wtedy na sygnalizatorze świeci się tylko informujące o niej światło pomarańczowe. Brak zezwolenia na jazdę sygnalizowany jest światłem czerwonym.



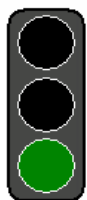
- Brak zezwolenia na pracę,



- Brak zezwolenia na pracę spowodowany jedynie brakiem sygnału napełnienia z sondy skipu, aktywna sygnalizacja uprzedzająca i sekwencja nawęglania,



- Zezwolenie na pracę, jednak nadal trwa sygnalizacja uprzedzająca, po jej zakończeniu przenośnik może ruszać do góry, sekwencja nawęglania nieaktywna,



- Zezwolenie na pracę w automatyce, skip może ruszać do góry.

Aktywną sygnalizację uprzedzającą można poznać także po lampce sygnalizacji alarmującej migającej bez napisu „ALARM” z częstotliwością 1 Hz.

c) Zliczanie cykli

Algorytm zliczania cykli opiera się na wyłącznikach zbliżeniowych, a dokładnie na zboczach sygnałów od nich pochodzących i działa w 3 następujących etapach:

- Etap 1 – na początku każdego cyklu skip rusza do góry i wyjeżdża poza zasięg dolnego czujnika zbliżeniowego, którego opadające zbocze sygnału powoduje zatrzaśnięcie pomocniczej zmiennej (np. marker1).
- Etap 2 – dojeżdżając do górnego końca wózek wjeżdża w zasięg górnego czujnika zbliżeniowego, którego narastające zbocze sygnału powoduje zatrzaśnięcie zmiennej pomocniczej (np. marker2). W tym momencie, jeśli spełniony jest warunek iloczynu logicznego zmiennych marker1 i marker2 oznacza to, że kubełek opróżnił swoją zawartość, jednak nie jest to jeszcze pełny cykl pracy.

- Etap 3 – po powrocie na dół przenośnik wjeżdża w zasięg dolnego czujnika zbliżeniowego, którego narastające zbocze jest impulsem do sprawdzenia warunku iloczynu logicznego zmiennych marker1 i marker2, którego spełnienie powoduje inkrementację wartości rejestru %R3 zawierającego numer aktualnego cyklu. Bez względu na wynik wspomnianego iloczynu logicznego, podczas wjazdu w pole działania czujnika dolnego (zbocze narastające) następuje wyzorowanie obydwu markerów.

Zastosowana metoda zlicza tylko faktyczne, pełne cykle, w dodatku działa w każdym trybie pracy i jest odporna na wszelkie, mylące manewry wykonywane skipem.

d) Kontrola wskazań enkodera w pozycjach skrajnych (Rysunek 25 – kolor szary)

Jak wcześniej zaznaczono w Punkcie 5.2c, za zatrzymywanie przenośnika w skrajnym położeniu górnym i dolnym odpowiedzialne będą indukcyjne czujniki zbliżeniowe. W momencie zatrzymania zliczone impulsy enkodera porównywane będą z wartością oczekiwaną, czyli 16985 dla górnego końca i 0 dla dolnego końca szybu, a następnie wartości te zostaną wpisane do rejestru liczby impulsów za pomocą bitów „Clear” lub „Pre-set” dostępnych w module szybkiego licznika. Najprawdopodobniej na podstawie testów rozruchowych analitycznie wyznaczona wartość oczekiwana liczby zliczonych impulsów w górnym położeniu skorygowana zostanie na zmierzoną wartość rzeczywistą. Wyznaczone także zostaną granice maksymalnego dopuszczalnego błędu, których przekroczenie wygeneruje alarm nr 7: „Błąd enkodera”.

e) Przekroczenie pozycji skrajnych (Rysunek 25 – kolor pomarańczowy)

Dodatkowo zaimplementowane zostanie zabezpieczenie programowe na wypadek, gdyby z jakichkolwiek względów czujnik nie wykrył obecności wózka i nie zatrzymał go w pozycji skrajnej. Podczas testów rozruchowych dla górnego i dolnego końca szybu ustanowiona zostanie wartość progowa liczby zliczonych impulsów enkodera, której przekroczenie spowoduje natychmiastowe wyłączenie jazdy i wygenerowanie alarmu nr 9: „Przekroczone położenie”. Po potwierdzeniu alarmu nastąpi samoczynny powrót z prędkością minimalną do dozwolonego zakresu pracy.

f) Skrajne położenia awaryjne - wyłącznik wrzecionowy (Rysunek 25 – kolor czerwony)

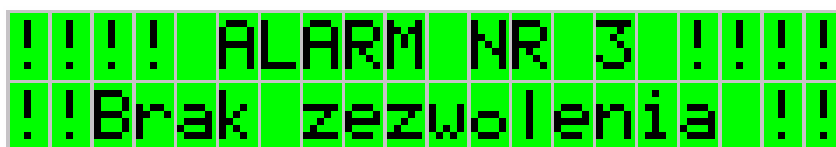
Wyłącznik wrzecionowy używany jest do kontroli położenia przy przeniesieniu ruchu obrotowego. Wałek wyłącznika połączony jest z przekładnią maszyny i po odliczeniu odpowiedniej ilości obrotów wałka, krzywka wyłącznika rozwiera styk elektryczny powodując zatrzymanie silnika we wcześniej zdefiniowanym położeniu. Zastosowany w starym systemie sterowania wyłącznik wrzecionowy posiada możliwość ustawienia dwóch

Dobór odpowiednich wartości dla dolnej i górnej nastawy wyłącznika wrzecionowego zostanie ściśle określony podczas testów rozruchowych.



a) sygnalizacja alarmująca

65



Rysunek 26: Ekran alarmowy panelu sterownika

Aplikacja wizualizacyjna posiada najbardziej rozbudowaną sygnalizację alarmową. Okno główne „ALARMY” (Rysunek 27) zawiera szczegółową listę aktywnych oraz potwierdzonych alarmów. Poza tym w oknie kontrolnym po prawej stronie ekranu zawsze widoczna jest lampka sygnalizacji alarmującej:



- Brak aktywnych alarmów, lista alarmów jest pusta,



- Wystąpienie co najmniej jednego aktywnego alarmu, w celu uzyskania szczegółów i potwierdzenia należy przejść do listy alarmów w oknie głównym „ALARMY”,



- Brak aktywnych alarmów, na liście alarmów znajduje się jednak co najmniej jeden wcześniej potwierdzony alarm.

Lampka sygnalizacji alarmującej ponadto pulsuje pomarańczowym światłem z częstotliwością 1 Hz w trakcie trwania sygnalizacji uprzedzającej oraz z częstotliwością 3 Hz w trakcie trwania procedury zjazdu do dolnej pozycji wyjściowej podczas załączenia lub wyłączenia trybu automatycznego. W obu tych przypadkach na lampce nie pojawia się napis „ALARM”, dlatego też emitowane przez nią przerywane sygnały świetlne nie powinny być kojarzone z występowaniem alarmu.

b) potwierdzenie i kasowanie alarmów

Aktywny alarm powoduje przerwanie pracy niezależnie od wybranego trybu i jej kontynuacja jest możliwa po potwierdzeniu alarmu, pod warunkiem, że przyczyna jego wystąpienia została usunięta, a to nie każdym przypadku jest konieczne lub możliwe. Przykładowo alarm nr 11 oznaczający przekroczenie maksymalnego czasu trwania jazdy w automatyce, po potwierdzeniu na pewno nie zostanie wygenerowany drugi raz w tym samym cyklu. Nie oznacza to jednak wcale, że można go lekceważyć i zalecane jest sprawdzenie powodów wystąpienia tego alarmu.

W sterowaniu lokalnym potwierdzanie alarmu możliwe jest ze skrzynki na dole

Z poziomu wizualizacji, potwierdzania alarmów dokonuje się w oknie głównym „ALARMY” przyciskiem „POTWIERDZENIE” znajdującym się pod listą alarmów, na której widoczne są wraz ze szczegółami wszystkie aktywne (czerwone) oraz potwierdzone, lecz nie skasowane (czarne) alarmy (Rysunek 27). Potwierdzanie alarmów w tym miejscu możliwe jest tylko w sterowaniu zdalnym i pod warunkiem posiadania poziomu uprawnień operatora. Kasowanie potwierdzonych alarmów z listy przyciskiem „KASOWANIE” możliwe jest tylko dla użytkowników z wyższymi uprawnieniami i jest niezależne od pozycji kluczyka w stacji.

[illegible]

67

c) komunikaty alarmowe

Listę wszystkich alarmów zdefiniowanych w systemie przedstawia Tabela 1:

Nr	Komunikat	Przyczyna
1	Brak fazy 400 V	- brak sygnału kontroli fazy zasilającej L1 (%I1), - brak sygnału kontroli fazy zasilającej L2 (%I2), - brak sygnału kontroli fazy zasilającej L3 (%I3),
2	Brak napięcia 24 V	- brak sygnału kontroli napięcia sterowniczego (%I10),
3	Brak zezwolenia	- brak sygnału sondy skipu (%I13) - brak sygnału poziomu minimalnego dolnego zbiornika(%I14), - sygnał poziomu maksymalnego górnego zbiornika(%I15), - przekroczona liczba cykli (%R3),
4	Wyłącznik awaryjny	- wciśnięty przycisk bezpieczeństwa na skrzynce lokalnej WA1, lub przy silniku WA2 (%I23), - wciśnięty wyłącznik awaryjny na wizualizacji (%M7), - wciśnięty klawisz F10 na panelu operatorskim OCS (%K10),
5	Wyłącznik termiczny	- zadziałanie zabezpieczenia termicznego (%I19),
6	Napęd niegotowy	- brak sygnału gotowości elektrycznej falownika (%I25),
7	Błąd enkodera	- przekroczone dozwolone odchylenie liczby impulsów od wartości oczekiwanej w położeniu skrajnym przy zatrzymaniu sygnałem z czujnika zbliżeniowego (%R1),
8	Błąd krańcówek	- sygnał z wyłącznika zbliżeniowego dolnego (%I11) i górnego (%I12) jednocześnie
9	Przekroczone położenie	- przekroczony próg maksymalnej lub minimalnej dopuszczalnej wartości położenia podczas jazdy (%R1),
10	Położenie awaryjne	- brak sygnału z wyłącznika wrzecionowego, czyli skrajne położenie awaryjne górne (%I17) lub dolne (%I18),
11	Przekroczony czas	- przekroczenie założonego maksymalnego czasu cyklu od rozpoczęcia jazdy w górę do momentu zatrzymania na dole

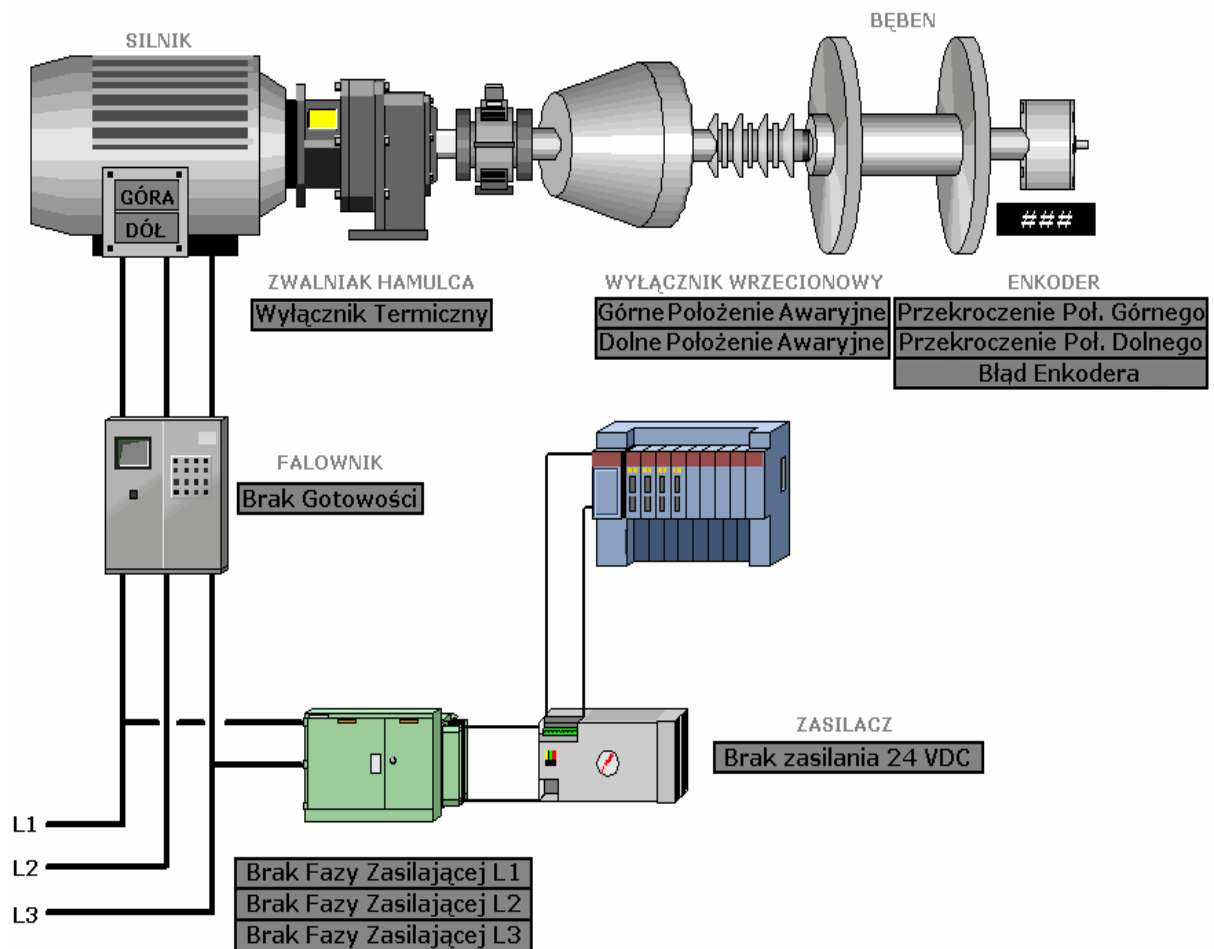
Tabela 4: Lista alarmów

Alarm 11 „Przekroczony czas” oraz Alarm 3 „Brak zezwolenia” mogą występować jedynie w zdalnym trybie automatycznym.

d) diagnostyka

Okno główne „DIAGNOSTYKA” (Rysunek 28) bywa bardzo przydatne do kontroli poprawności działania systemu i uzyskania dodatkowych informacji, szczególnie w przypadku wystąpienia alarmu.

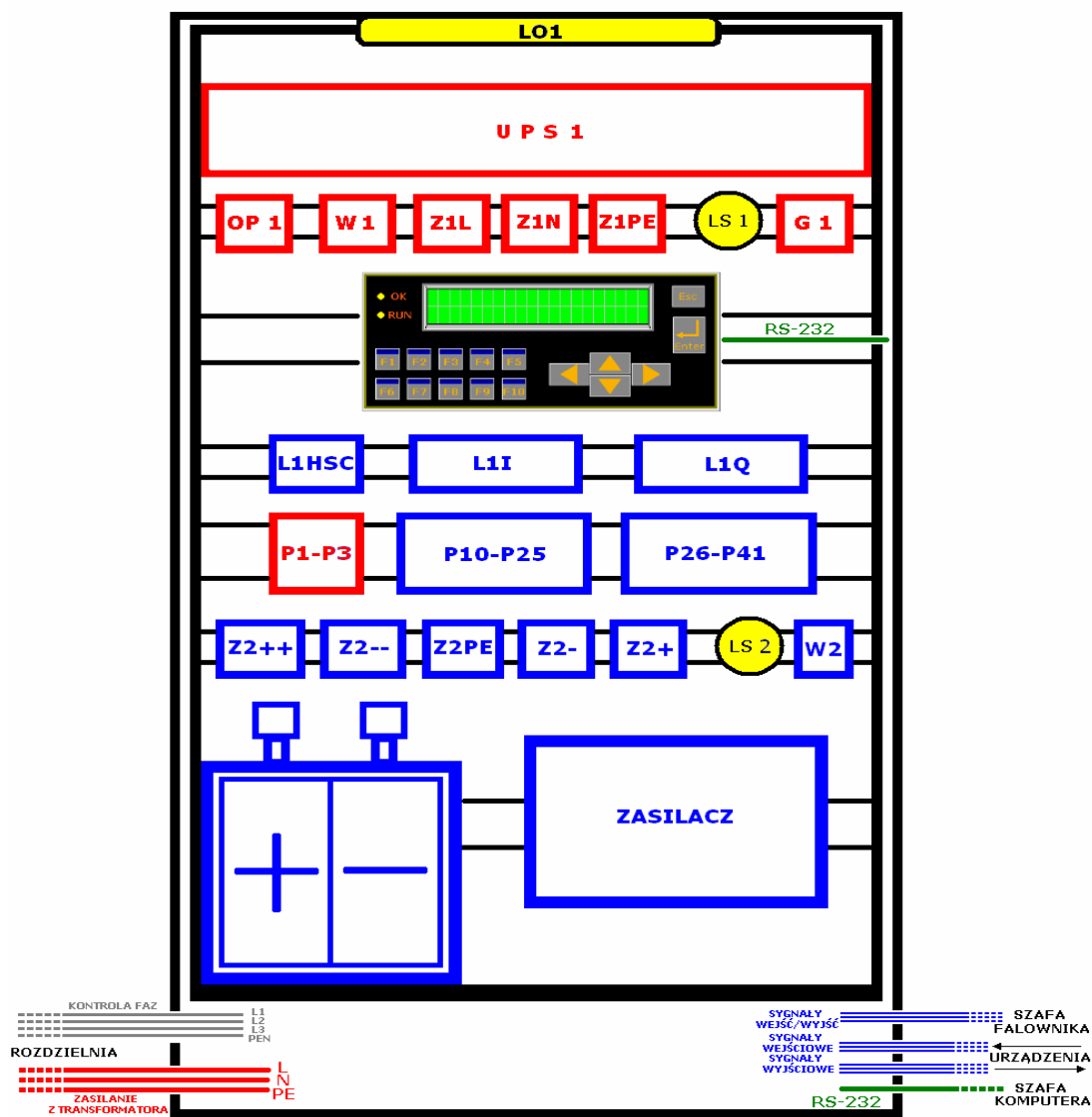
Przykładowo, w razie alarmu nr 1 „Brak fazy 400 V” można sprawdzić, o którą fazę dokładnie chodzi, czy może o wszystkie, co sugerowałoby w pierwszej kolejności sprawdzić główny rozłącznik bezpiecznikowy (RB – Schemat 1).



Rysunek 28: Okno główne „DIAGNOSTYKA”

7.8. Szafy montażowe

a) rozmieszczenie elementów szafy sterowniczej (Rysunek 29)



Rysunek 29: Szafa sterownicza

LO1 – Lampka oświetleniowa (230 V),

OP1 – Ochronnik przepięciowy,

W1 – Wyłącznik (230 V),

Z1L – Listwa zasilania L (230 V),

Z1N – Listwa zasilania N (230 V),

Z1PE – Listwa zasilania PE (uziemienie) (230 V),

LS1 – Lampka sygnalizacyjna (230 V),

G1 – Gniazdko (230 V),

L1HSC – Listwa przyłączeniowa modułu licznika,

L1I – Listwa przyłączeniowa modułu wejść dyskretnych,

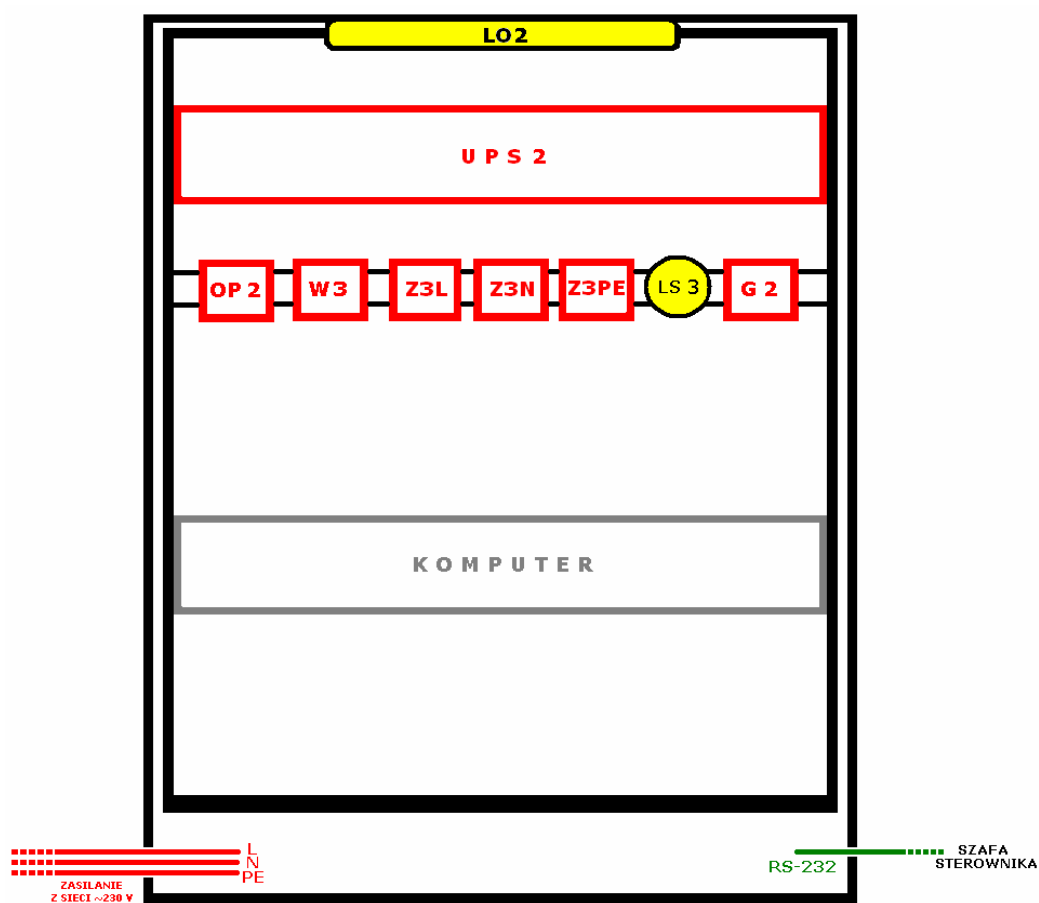
L1Q – Listwa przyłączeniowa modułu wyjść dyskretnych,

P1 – P3 – Przekładniki przejściowe 230 / 24 V,

P10 – P25 – Przekładniki wejściowe,

P26 – P41 – Przekładniki wyjściowe,
 Z2++ – Listwa zasilania z podtrzymaniem bateryjnym ++ (24 V),
 Z2-- – Listwa zasilania z podtrzymaniem bateryjnym -- (24 V),
 Z2PE – Listwa zasilania PE (uziemienie) (24 V),
 Z2- – Listwa zasilania - (24 V),
 Z2+ – Listwa zasilania + (24 V),
 LS2 – Lampka sygnalizacyjna (24 V),
 W2 – Wyłącznik (24 V).

b) rozmieszczenie elementów szafy komputerowej (Rysunek 30)



Rysunek 30: Szafa komputerowa

LO2 – Lampka oświetleniowa (230 V),
 OP2 – Ochronnik przepięciowy,
 W3 – Wyłącznik (230 V),
 Z3L – Listwa zasilania L (230 V),
 Z3N – Listwa zasilania N (230 V),
 Z3PE – Listwa zasilania PE (uziemienie) (230 V),
 LS3 – Lampka sygnalizacyjna (230 V),
 G2 – Gniazdko (230 V),

8. TESTY

Montaż niezbędnych urządzeń, ich parametryzacja, wykonanie wszystkich połączeń kablowych oraz załadowanie wymaganego oprogramowania nie oznacza wcale, że po załączeniu zasilania system od razu będzie gotowy do rozpoczęcia pracy automatycznej. Gdy wszystko jest już na swoim miejscu i działa poprawnie, przychodzi czas na ostatni etap wdrażania projektu, czyli próby i testowanie. Jest to warunek konieczny do zapewnienia długotrwałej, poprawnej pracy obiektu. Obserwacje podczas przeprowadzania prób i testów są podstawowym źródłem informacji potrzebnych do naniesienia poprawek, skorygowania wstępnych, mniej lub bardziej celnie oszacowanych nastaw i wielkości nominalnych. Należy podkreślić, że takie korekty i zmiany w systemie są normalną procedurą i nie oznaczają wcale niedociągnięć, czy błędów w fazie projektowania, a raczej wynikają bardziej z różnicy pomiędzy teorią a praktyką przemysłową. Na podstawie testów przeprowadzonych podczas uruchomienia obiektu kalibruje się zabezpieczenia oraz określa wartości zadane i oczekiwane.

8.1. Uruchomienie – rozruchowe testy weryfikacyjne

a) wartość oczekiwana liczby zliczonych impulsów w górnym położeniu skrajnym

Celem tej serii testów jest określenie rzeczywistej wartości maksymalnej liczby impulsów w górnym położeniu skrajnym, która analitycznie wyznaczona została jako 16985 na podstawie danych znalezionych w dokumentacji obiektu. Badanie to pozwoli ocenić dokładność i powtarzalność pomiaru drogi metodą zliczania impulsów enkodera, dzięki czemu będzie można wyznaczyć wartość oczekiwaną maksimum dozwolonego zakresu położenia i maksymalny dopuszczalny błąd, czyli różnicę między wartością oczekiwaną a rzeczywistą wartością zmierzoną.

Eksperyment składał się z 10 prób, w każdej rejestrowano wartość licznika dla górnego oraz dolnego położenia skrajnego po powrocie. Podane w Tabeli 2 wyniki są wartościami przybliżonymi, ponieważ dla większości prób ostatnia cyfra oscylowała w granicach ± 1 i każde, nawet najdrobniejsze drgnięcie liny można było zobaczyć w postaci skokowych zmian liczby impulsów.

Nr próby	Wartość rejestru %R1 w położeniu górnym	Wartość rejestru %R1 w położeniu dolnym
1	17059	1
2	17060	2
3	17059	1
4	17058	0
5	17057	-1
6	17057	0
7	17056	-1
8	17056	0
9	17057	1
10	17058	1

Tabela 5: Pomiar maksimum i minimum zakresu drogi

Z uwagi na fakt, że w dolnym położeniu rejestr licznika będzie zerowany („Clear”), dla obliczenia średniej wartości oczekiwanej w położeniu górnym wpisywanej do rejestru licznika („Pre-set”) wykonane zostaną dla różnicy wskazań między górną a dolną wartością zmierzona (dla pierwszego pomiaru: $17059 - 1 = 17058$, itd.).

$$\overline{N}_{MAX} = \frac{17058+17058+17058+17058+17058+17057+17057+17056+17056+17057}{10} \approx \underline{17057}$$

Na podstawie tego doświadczenia i uzyskanych w nim wyników przyjęto wartość maksymalnego dopuszczalnego błędu $E_{MAX} = 5$, czyli wartości N_{MAX} z zakresu od 17052 do 17062 podczas zatrzymania w górnym położeniu i od -5 do 5 w dolnym będą uznawane za prawidłowe.

b) progi przekroczenia położenia skrajnego i kalibracja wyłącznika wrzecionowego

W razie ewentualnego przekroczenia dolnego położenia oceniono, że wózek może bezpiecznie przejechać ok. 20 cm, po czym zatrzyma go mechanizm nawęglający dolnego zbiornika i jeśli nie nastąpi wyłączenie silnika lina zacznie się luzować. Podobnie jest w górnym końcu szybu, z tą różnicą, że jeśli nie nastąpiłoby zatrzymanie nawijania liny na bęben, napęd mógłby zostać przeciążony, a w najgorszym przypadku lina mogłaby się zerwać, co mogłoby być ekstremalnie niebezpieczne. Dlatego należy zapewnić zabezpieczenia na wypadek przekroczenia dopuszczalnego zakresu położenia:

- przekroczenie położenia skrajnych (zabezpieczenie programowe) - wartość progowa wynosić będzie wartość odpowiadającą 10 cm poza położeniami skrajnymi:

$$\frac{32}{17057} = \frac{0,1}{x} \Rightarrow x = \frac{1705,7}{32} \approx \underline{53} \quad - \quad \text{liczba impulsów odpowiadająca 10 cm drogi;}$$

Górna wartość progowa blokady programowej wynosić będzie 17110, natomiast dolna -53.

- położenia awaryjne - wyłącznik wrzecionowy skalibrowany zostanie tak, aby zatrzymanie nastąpiło 15 cm po przekroczeniu położenia skrajnego, czyli 5 cm po przekroczeniu wartości progowej. Górne położenie awaryjne będzie odpowiadać 17137 impulsów enkodera, natomiast dolne -80.

c) nominalny czas cyklu

Seria pięciu testów ma na celu określenie nominalnego czasu jazdy w jednym cyklu. Dokonano pięciokrotnego pomiaru czasu w sterowniku, odpowiednio modyfikując program sterujący tak, aby zliczanie czasu rozpoczynało się po opuszczeniu dolnego czujnika zbliżeniowego (zbocze opadające), następnie zostało zatrzymane po wjeździe na górny czujnik zbliżeniowy (zbocze narastające) i ponownie aktywowane przy jego opuszczeniu do momentu zatrzymania w dolnej pozycji wyjściowej. Uzyskane wyniki zaprezentowane zostały w Tabeli 3.

Nr próby	Zmierzony czas [s]
1	199,23
2	199,22
3	199,23
4	199,25
5	199,24

Tabela 6: Pomiar czasu jazdy w jednym cyklu

$$\bar{t}_{MAX} = \frac{199,23 + 199,22 + 199,23 + 199,25 + 199,24}{5} = \frac{996,17}{5} = \underline{199,234}$$

Maksymalny dopuszczalny czas jazdy w jednym cyklu wynosić będzie $t_{MAX} = 200$ s.

8.2. Testy skuteczności rozwiązań obiektowych

a) pulsator, odbijak i wibrator

Zbadano skuteczność rozwiązań obiektowych zamontowanych na dolnym zbiorniku przepadu służących do wspomagania napełniania skipu. Test polegał na jednokrotnym użyciu poszczególnych urządzeń w momencie, gdy kubełek nie napełnił się samoczynnie.

- pulsator – skuteczność ok. 10% (1 na 10 prób),
- odbijak – skuteczność ok. 30% (3 na 10 prób),
- wibrator – skuteczność ok. 80% (8 na 10 prób),

Następnie zbadano całkowitą skuteczność wielokrotnego użycia wszystkich trzech rozwiązań w czasie do 20 s maksymalnie. Zanotowano skuteczność na poziomie 90 %, czyli 9 na 10 prób zakończonych sukcesem. Na podstawie obserwacji poczynionych w trakcie trwania eksperymentu określono optymalną sekwencję nawęglania skipu (Wykres 1).

b) sonda skipu

Na podstawie 50 prób wyznaczono skuteczność pomiaru napełnienia przenośnika za pomocą sondy skipu, która wynosi ok. 96 %.

9. WNIOSKI

9.1. Spostrzeżenia i wnioski cząstkowe

- Rzeczywista wartość zmierzonej drogi w górnym końcu szybu jest bardzo zbliżona do wartości wyznaczonej analitycznie na podstawie danych konstrukcyjnych obiektu. Niewielka różnica wynosząca ok. 14 cm wynikać może z faktu, iż trajektoria poruszania się skipu nie jest prostoliniowa i podczas pomiaru drogi do dokumentacji mogły wystąpić problemy z precyzyjnym wyznaczeniem promieni krzywizn zakrętów. Poza tym oba końce szybu posiadają pewien zapas odległości i trudno stwierdzić jednoznacznie granice zmierzonego odcinka, którego długość podano w dokumentacji.
- Zastosowane zabezpieczenia przed nadmiernym, destrukcyjnym przekroczeniem zakresu, w którym powinien poruszać się przenośnik mają charakter dwupoziomowy. Pierwszy poziom – programowy, oparty jest na wskazaniach enkodera i ma na celu zatrzymanie jazdy wózka w przypadku, gdy nie stanie się to za sprawą sygnału z czujnika zbliżeniowego. Drugi to poziom sprzętowy, czyli wykorzystanie zastosowanego wcześniej wyłącznika wrzecionowego. Jego zadaniem będzie detekcja położenia awaryjnego skipu, czyli na granicy bezpiecznego zakresu pracy i zatrzymanie silnika, na wypadek, gdyby czujnik zbliżeniowy i enkoder zawiodły jednocześnie. Taka hipotetyczna sytuacja wydaje się być bardzo mało prawdopodobna, jednak jej wystąpienie jest teoretycznie możliwe, stąd to dodatkowe, nadrzędne zabezpieczenie.
- Zbadanie skuteczności zastosowanych urządzeń wspomagających proces napełniania skipu przyniosło, poza konkretnymi wynikami poszczególnych rozwiązań, wiele dodatkowych korzyści. Obserwacje poczynione podczas testów były podstawą do implementacji optymalnego algorytmu nawęglania podczas pracy automatycznej. Najbardziej skuteczne okazało się zastosowanie napędu wibracyjnego. W zestawieniu najsłabiej wypadł pulsator, który sam w sobie niewiele pomaga na zaklinowany w gardzieli zbiornika przepad. Nie oznacza to jednak, że jest bezużyteczny. Czasami zdarza się, że sonda poziomu minimalnego dolnego zbiornika obkleja się mieszanką i wskazuje jego napełnienie, mimo, że faktycznie zbiornik jest pusty. Wystrzał pulsatora powoduje oczyszczenie pręta sondy i w rezultacie ujawnia prawdziwą przyczynę kłopotów z napełnieniem przenośnika.
- Skuteczność sondy skipu na poziomie 96% można uznać za satysfakcjonującą. Dwie na pięćdziesiąt obserwowanych prób zakończyło się niepowodzeniem, tzn. kubełek został napełniony, jednak sonda nie wskazywała tego faktu. Powodem tego zafałszowania bywają

np. większe bryły smoły w przepadzie, które akurat znajdują się w miejscu zanurzenia pręta – nie przewodzą one prądu tak dobrze jak węgiel i powodują przerwę w obwodzie sondy. Na szczęście zjawisko to występuje bardzo rzadko i dotyczy także sond poziomów umieszczonych w zbiornikach, nie stanowi to jednak większego problemu na szeroką skalę.

9.2. Podsumowanie

W pracy przedstawiono kompleksowy projekt modernizacyjny napędu przenośnika skipowego z zastosowaniem sterownika programowalnego, napędu falownikowego i wizualizacją pracy urządzenia na komputerze klasy PC przy użyciu oprogramowania typu SCADA. W kolejnych rozdziałach zaprezentowano i omówiono poszczególne etapy projektowania systemu sterowania, przedstawiono specyfikę uciążliwego środowiska pracy oraz uwarunkowania technologiczne obiektu będącego integralną częścią baterii koksowniczej, przez co wymagającego od autora szerszej znajomości problematyki procesu produkcyjnego koksu, odpowiedniego podejścia i toku rozumowania wpasowanego w realia przemysłowe zakładu. Wskazane zostały mechanizmy podejmowania decyzji, przeanalizowano również aspekty ekonomiczne przedsięwzięcia, optymalizując je pod kątem funkcjonalności i niezawodności.

Należy pamiętać, że początki projektu sięgają połowy 2006 roku, więc zastosowane w nim elementy, jak na tamten okres czasu, uznać można za nowoczesne i odzwierciedlające trendy ówczesnie panujące w automatyce. Delikatnym wyjątkiem może tu być zastosowanie komunikacji szeregowej, która została właściwie wyparta przez sieć Ethernet i oparte na niej protokoły wymiany danych. Uzasadnieniem takiego wyboru jest fakt, iż w bezpośrednim otoczeniu nie istniała żadna sieć, w ramach której zarówno sterownik jak i komputer mógłby funkcjonować. Na dzień dzisiejszy, czyli koniec 2008 roku, wymienione w projekcie produkty tj. sterownik OCS czy InTouch 9.5 posiadają już swoich „następców”, czyli sterowniki firmy Horner serii XLt z kolorowym, graficznym wyświetlaczem oraz głośno promowany, potężniejszy i jeszcze bardziej efektywny Wonderware InTouch 10.

Podsumowując, należy podkreślić dodatkowo dwie cechy i umiejętności mocno pożądane u osoby projektującej podobne systemy. Chodzi tu mianowicie o umiejętność rozmowy, a przede wszystkim słuchania osób na co dzień pracujących z urządzeniem, których opinie, sugestie i rady bywają bardzo pomocne oraz umiejętność kooperacji z innymi służbami, bez których wdrożenie projektu było by znacznie utrudnione i bardziej pracochłonne.

10. LITERATURA

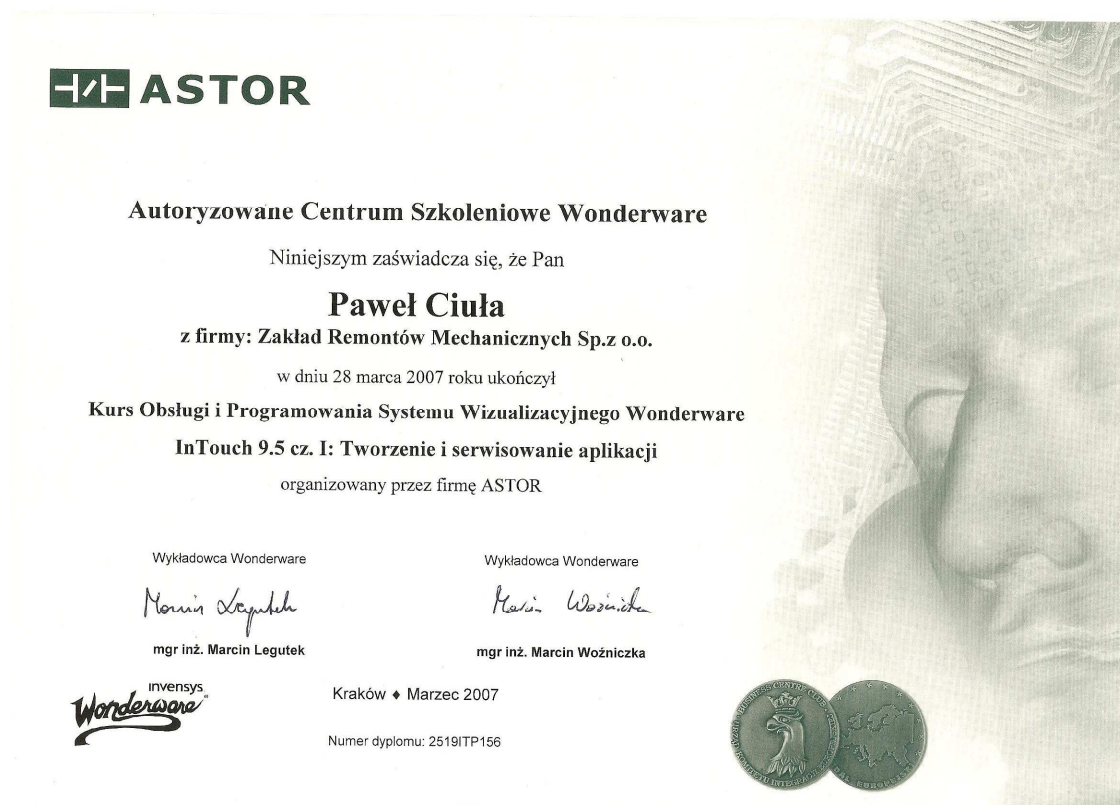
- [1] „Programowanie sterowników przemysłowych” – Jerzy Kasprzyk,
Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2005, Wydanie 1.
- [2] „Urządzenia elektro-energetyczne” – Henryk Markiewicz, Konstanty Wołkowiński,
Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1985, Wydanie 4 uzupełnione.
- [3] „Unidrive SP Podręcznik Użytkownika Rozmiar 1 do 3”,
Control Techniques Drives Limited, Sierpień 2003, Wydanie 7.
- [4] pl.wikipedia.org
- [5] www.przyjazn.com.pl
- [6] www.napedy.ppp.pl
- [7] www.casp.pl
- [8] www.astor.com.pl
- [9] pomoc programu CScape 8.52.

11. ZAŁĄCZNIKI

11.1. Załącznik 1



11.2. Załącznik 2



11.3. Załącznik 3

W tabeli zamieszczono wyjaśnienie funkcji kolejnych rejestrów MCB (Message Control Block) komunikacji szeregowej Modbus RTU [9]:

%R	Funkcja	Wyjaśnienie
1	Slave Id	Adres urządzenia podrzędnego z zakresu 0 - 247, do którego kierowane jest polecenie (0 – wszystkie)
2	Slave Command	Komenda (ID) Modbus (Tabela 5)
3	Slave Offset	Numer zmiennej w urządzeniu podrzędnym, do której odnosi się komenda pomniejszony o 1. Np. dla odczytu wejścia offset = 0 oznacza wejście 1, offset = 20 oznacza wejście 21, itd.
4	Data Length	Ilość kolejnych po sobie zmiennych, do których odnosi się komenda (maksymalnie 2000 bitów lub 125 słów)
5	Controller Memory Type	Rodzaj (Id) zmiennej w pamięci sterownika (Tabela 6)
6	Controller Memory Offset	Numer zmiennej w sterowniku, do której odnosi się komenda pomniejszony o 1

Tabela 4: Rejestry MCB tworzące polecenie Modbus

Komenda	ID	Typ zmiennych
Read Coil Status	1	Boolean
Read Input Status	2	Boolean
Read Holding Register	3	Word
Read Input Register	4	Word
Force Single Coil	5	Boolean
Preset Single Register	6	Word
Read Exception Status	7	Boolean
Loop-Back Diagnostics	8	Word
Force Multiple Coils	15	Boolean
Preset Multiple Registers	16	Word
Get Slave Address	65	Word

Tabela 5: Komendy Modbus (MCB2)

Zakres	Id	Typ
%SR	2	word
%AIG	4	word
%AQG	6	word
%R	8	word
%AI	10	word
%AQ	12	word
%S	24	boolean
%K	26	boolean
%IG	66	boolean
%QG	68	boolean
%I	70	boolean
%Q	72	boolean
%T	74	boolean
%M	76	boolean

Tabela 6: Typy pamięci w sterowniku (MCB5)

11.4. Załącznik 4

Płyta CD-R zawierająca pliki programu sterującego, wersję instalacyjną darmowego oprogramowania CScape 8.52, pliki aplikacji wizualizacyjnej oraz wersję instalacyjną pakietu InTouch 9.5.