



AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
im. Stanisława Staszica w Krakowie
Wydział Elektrotechniki, Automatyki,
Informatyki i Inżynierii Biomedycznej.
Katedra Energoelektroniki i Automatyki
Systemów Przetwarzania Energii

ROZPRAWA DOKTORSKA

OPTYMALIZACJA ZABEZPIECZEŃ STOSOWANYCH W SYSTEMIE STEROWANIA MASZINY WYCIĄGOWEJ WSPÓŁPRACUJĄCEJ Z AGREGATEM HYDRAULICZNYM UKŁADU HAMULCOWEGO

mgr inż. Tomasz Karpiel

Promotor pracy:

Prof. dr hab. inż. Stanisław Piróg

Promotor pomocniczy:

Dr inż. Tomasz Siostrzonek

Kraków 2020

Mojej Rodzinie

Pragnę złożyć serdeczne
podziękowanie mojemu Promotorowi –
Panu Profesorowi Stanisławowi Pirógowi
i Promotorowi pomocniczemu Panu Dr
inż. Tomaszowi Siostrzonkowi za
zaangażowanie, profesjonalizm, wsparcie
i pomoc naukową podczas pisania
niniejszej pracy.

Składam również serdeczne
podziękowania wszystkim moim
współpracownikom, którzy przyczynili
się do powstania niniejszej rozprawy,
w trakcie wielu wspólnych prac i dyskusji
naukowych.

Autor

Streszczenie

Podstawowym elementem górniczych wyciągów szybowych są maszyny wyciągowe. Obwód bezpieczeństwa maszyny wyciągowej to jeden z najważniejszych elementów składowych, zapewniający wysoki poziom bezpieczeństwa. Od jego niezawodności zależy bezpieczeństwo transportowanej załogi lub ładunku. W stanach awaryjnych po zadziałaniu obwodu bezpieczeństwa, powinno nastąpić odcięcie dopływu energii do silnika napędowego maszyny wyciągowej i zainicjowanie działania hamulców, które są odpowiedzialne za zmniejszenie prędkości i w efekcie zatrzymanie wyciągu. Odłączenia dopływu energii do silnika napędu maszyny wyciągowej, podczas hamowania bezpieczeństwa, jest realizowane poprzez blokowanie impulsów sterowniczych przekształtnika. W starszych rozwiązaniach: w przypadku maszyn z napędem indukcyjnym – poprzez wyłączenie pola rozdzielni zasilającego silnik napędowy, a w maszynach z układem Leonarda – odwzbudzenie prądnicy sterującej (WLO).

Obwód bezpieczeństwa jest zbudowany z elementów, których stan włączenia lub wyłączenia jest uzależniony od stanu pracy poszczególnych urządzeń i układów instalacji wyciągowej. Jeszcze kilka lat temu obwód bezpieczeństwa tworzony był jako fizyczne zestawienie elementów stykowych. Obecnie stosuje się układy mikroprocesorowe, służące również do sterowania i regulacji, które są częścią urządzeń swobodnie programowalnych nazywanych sterownikami.

Badania przeprowadzone na potrzeby tej dysertacji wykazały, że warunki pracy badanego zabezpieczenia pozwalają na zakwalifikowanie go, jako tzw. elementu z samokontrolą. Zostało to zweryfikowane w praktyce, podczas pracy maszyny wyciągowej, co przedstawiają dołączone rejestracje. Praca wszystkich układów i zabezpieczeń jest kontrolowana każdorazowo podczas włączenia obwodu bezpieczeństwa. Usterka, bądź nieprawidłowe działanie, któregoś z zabezpieczeń, powoduje zablokowanie maszyny.

W pracy wykazano, że wprowadzenie procedur samokontroli jest rozwiązaniem najlepszym zarówno pod względem technicznym jak i ekonomicznym, przy jednoczesnym zachowaniu wysokiego poziomu bezpieczeństwa i pewności ruchowej. Eliminowane jest również ryzyko związane z możliwością uszkodzenia badanego elementu podczas prób.

W rozprawie zaproponowano optymalizację obwodu bezpieczeństwa, stosując kryterium maksymalizacji bezpieczeństwa, przy jednoczesnej minimalizacji czasu postoju przeznaczonego na wymagane badania i kontrole. Dzięki temu zwiększył się efektywny czas pracy maszyny, a co za tym idzie, poprawiona została wydajność urządzenia wyciągowego przy zachowaniu pełnej sprawności zabezpieczeń.

Przedstawione procedury, mogą być wykorzystywane:

- przy opracowywaniu instrukcji przeprowadzania badań obwodu bezpieczeństwa przez Kierownika Działu Energomechanicznego (osoba odpowiedzialna za opracowanie instrukcji) każdej maszyny wyciągowej,
- przez zespoły zajmujące się projektowaniem zabezpieczeń maszyn wyciągowych,
- właściwe organy nadzoru górniczego przy dopuszczaniu maszyn wyciągowych do ruchu

z zachowaniem wybranego kryterium, przy najbardziej korzystnych rozwiązaniach technicznych.

Abstract

Hoisting machines are the basic element of mining shaft hoists. The hoist machine safety circuit is one of the most important components, ensuring a high level of safety. The safety of the transported crew or cargo depends on its reliability. In an emergency, after the safety circuit is triggered, the energy supply to the winding machine's driving motor should be cut off and braking process, which is responsible for reducing the speed and, as a result, stopping the lift, initiated. The power supply to the winding machine drive is disconnected during safety braking by blocking the converter control pulses. In older solutions: for machines with induction drive - by switching off the switchgear field supplying the drive motor, and for machines with Leonard system - de-excitation of the control generator (WLO).

The safety circuit consists of elements which on or off state depends on the operating status of individual devices and exhaust systems. Only a few years ago, the safety circuit was created as a physical combination of contact elements. Currently, microprocessor systems which are used for control and regulation are also used. They are part of freely programmable devices called controllers.

Research conducted for the purposes of this dissertation has shown that the working conditions of the tested safeguard allow it to be classified as so-called element with self-control. This has been verified, as illustrated by the attached registrations, in practice during winding machine operation. The operation of all systems and protections is monitored each time the safety circuit is switched on. A fault or malfunction of any of the safety devices causes machine blockage.

The study showed that the introduction of self-control procedures, while maintaining a high level of safety and reliability, is the best solution, both technically and economically aspects. The risk associated with the possibility of damage to the tested element during tests is also eliminated.

The dissertation proposed optimization of the safety circuit, using the criterion of maximizing safety, while minimizing the downtime spent on the required tests and inspections. Thanks to this approach, the effective working time of the machine has increased, and thus, the efficiency of the lifting device has been improved while maintaining full efficiency of security.

The presented procedures can be used:

- when developing instructions for carrying out safety circuit tests by the Manager of the Energy and Mechanics Department (person responsible for developing the instructions) for each winding machine,
- by teams involved in the design of winding machine safeguards,
- mining supervision authorities during approval of hoisting machines maintaining the selected criterion, with the most favorable technical solutions.

Spis treści

1. Wstęp	1
2. Podstawy prawne regulujące pracę maszyn wyciągowych górniczych wyciągów szybowych	17
2.1. Górnicze wyciągi szybowe.....	17
2.2. Przeprowadzanie kontroli i badań górniczego wyciągu szybowego	21
2.3. Bezpieczeństwo pracy wyciągu szybowego.....	25
2.4. Zabezpieczenia i kontrole maszyn wyciągowych	25
3. Zabezpieczenia maszyn wyciągowych związanych z pracą hamulca.....	28
3.1. Wstęp.....	28
3.2. Zabezpieczenie górniczego wyciągu szybowego	29
3.3. Zabezpieczenia w układach hamulcowych	29
3.4. Hamulce pneumatyczne	30
3.5. Hamulce tarczowe	34
3.5.1. Układy hamulcowe hydrauliczne typu ASEA	37
3.5.2. Układ hamulcowy hydrauliczny typu Bosch	39
4. Badania elementów obwodu bezpieczeństwa maszyny wyciągowej odpowiedzialnych za pracę agregatu hydraulicznego układu hamulcowego maszyny wyciągowej w celu optymalizacji procesu kontroli.....	43
4.1. Zasada działania badanego układu hamulcowego.....	43
4.1.1. Układ hamulcowy	43
4.1.2. Ogólna charakterystyka.....	46
4.1.2.1. Zespół przygotowania oleju	47
4.1.2.2. Układ hamulca podczas hamowania manewrowego	47
4.1.2.3. Układu hamulca podczas hamowania bezpieczeństwa	49
4.1.2.3.1. Hamowanie bezpieczeństwa z nastawianymi elektrycznie siłami hamującymi	51
4.1.2.3.2. Hamowanie bezpieczeństwa z nastawianymi mechanicznie siłami hamującymi	52
4.1.3. Włączenie obwodu bezpieczeństwa	53
4.2. Zabezpieczenia maszyny wyciągowej.....	54
4.2.1. Główny obwód bezpieczeństwa.....	54
4.2.2. Obwód bezpieczeństwa hamulca OBH	58
4.3. Badania elementów obwodu bezpieczeństwa hamulca.....	60
4.3.1. KDHM – kontrola drążka hamulca DH	60
4.3.1.1. Opis obiektu	60
4.3.1.2. Metoda badania	60

4.3.1.3.	Wynik badania	61
4.3.1.4.	Wnioski	62
4.3.2.	KPS – kontrola czujników ciśnienia PS, PS1	63
4.3.2.1.	Opis obiektu	63
4.3.2.2.	Metoda badania	64
4.3.2.3.	Wynik badania	65
4.3.2.4.	Wnioski	66
4.3.3.	KKDB1, KKDB2 – kontrola położenia organu sterującego zaworu DB1(2)	67
4.3.3.1.	Opis obiektu	67
4.3.3.2.	Metoda badania	68
4.3.3.3.	Wynik badania	69
4.3.3.4.	Wnioski	72
4.3.4.	KKDM – kontrola położenia organu sterującego zaworu DM	72
4.3.4.1.	Opis obiektu	72
4.3.4.2.	Metoda badania	73
4.3.4.3.	Wynik badania	74
4.3.4.4.	Wnioski	76
4.3.5.	KKDS1, KKDS2 – kontrola sterowania zaworów wyboru ciśnienia resztkowego DS1(2)	76
4.3.5.1.	Opis obiektu	76
4.3.5.2.	Metoda badania	77
4.3.5.3.	Wynik badania	78
4.3.5.4.	Wnioski	81
4.3.6.	KC_DS1, KC_DS2 – kontrola drożności spływu oraz nastaw ciśnienia resztkowego.	81
4.3.6.1.	Opis obiektu	81
4.3.6.2.	Metoda badania	82
4.3.6.3.	Wynik badania	83
4.3.6.4.	Wnioski	86
4.3.7.	KRC2_RP2 – kontrola prawidłowego działania zaworów RC2 i RP2	86
4.3.7.1.	Opis obiektu	86
4.3.7.2.	Metoda badania	87
4.3.7.3.	Wynik badania	88
4.3.7.4.	Wnioski	90
4.3.8.	KPH – kontrola pracy hamulca	90
4.3.8.1.	Opis obiektu	90

4.3.8.2.	Metoda badania	91
4.3.8.3.	Wynik badania	92
4.3.8.4.	Wnioski	94
4.3.9.	KKDO1 – kontrola styczników zaworu DO1	94
4.3.9.1.	Opis obiektu	94
4.3.9.2.	Metoda badania	95
4.3.9.3.	Wynik badania	96
4.3.9.4.	Wnioski	98
4.3.10.	KDO1 – kontrola zaworu DO1	98
4.3.10.1.	Opis obiektu	98
4.3.10.2.	Metoda badania	99
4.3.10.3.	Wynik badania	100
4.3.10.4.	Wnioski	102
4.3.11.	KKDO – kontrola położenia organu sterującego zaworu DO.....	102
4.3.11.1.	Opis obiektu	102
4.3.11.2.	Metoda badania	103
4.3.11.3.	Wynik badania	104
4.3.11.4.	Wnioski	106
4.3.12.	KFALLOW – kontrola poprawności pracy falownika zasilania silnika pompy agregatu hamulcowego.....	106
4.3.12.1.	Opis obiektu	106
4.3.12.2.	Metoda badania	107
4.3.12.3.	Wynik badania	108
4.3.12.4.	Wnioski	110
4.3.13.	KWP – kontrola wyboru agregatu hamulcowego	110
4.3.13.1.	Opis obiektu	110
4.3.13.2.	Metoda badania	111
4.3.13.3.	Wynik badania	112
4.3.13.4.	Wnioski	114
4.3.14.	KOBM – kontrola odhamowania zablokowanej maszyny	114
4.3.14.1.	Opis obiektu	114
4.3.14.2.	Metoda badania	115
4.3.14.3.	Wynik badania	116
4.3.14.4.	Wnioski	118
4.3.15.	KRC1_RP1 – kontrola prawidłowego działania zaworów RC1 i RP1	118
4.3.15.1.	Opis obiektu	118

4.3.15.2.	Metoda badania	119
4.3.15.3.	Wynik badania	120
4.3.15.4.	Wnioski	122
5.	Wnioski	123
6.	Literatura	129
7.	Załączniki:	
7.1.	Załącznik A: Rysunek 4-1: Schemat sterowania układu hamulcowego – agregatu AH1	
7.2.	Załącznik B: Rysunek 4-2: Schemat połączenia agregatów z siłownikami wraz z przełącznicą agregatów ZPA1, ZPA2 oraz zespołem awaryjnego zatrzymania maszyny wyciągowej A50-1	
7.3.	Załącznik C: Oznaczenia do schematów układu hamulcowego	
7.4.	Załącznik D: Historia KWK Brzeszcze	

1. Wstęp

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Energii z 2017 roku w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych, obwód bezpieczeństwa maszyny wyciągowej to jeden z najważniejszych elementów składowych górniczego wyciągu szybowego. Od jego niezawodności i prawidłowej konstrukcji zależy bezpieczeństwo transportowanej załogi lub ładunku. Ilość elementów tego obwodu jest duża, szczególnie w maszynach z cyfrowymi regulatorami jazdy, a każdy z elementów podlega ciągłej kontroli.

Obwód bezpieczeństwa jest zbudowany z elementów, których stan włączenia lub wyłączenia jest uzależniony od stanu pracy poszczególnych urządzeń i układów instalacji wyciągowej. Jeszcze kilka lat temu obwód bezpieczeństwa tworzony był jako fizyczne zestawienie elementów stykowych. Obecnie stosuje się układy mikroprocesorowe, służące również do sterowania i regulacji, które są częścią urządzeń swobodnie programowalnych nazywanych sterownikami (ang. PLC – Programmable Logic Controller) [4], [19], [40], [62],[63], [64],[72], [76], [83], [85].

Po zadziałaniu jednego z elementów obwodu bezpieczeństwa następuje hamowanie układu maszyny wyciągowej – hamowanie bezpieczeństwa. Zgodnie z [70], hamowanie bezpieczeństwa powinno nastąpić w przypadku:

1. zaniku napięć zasilających maszynę wyciągową,
2. przekroczenia granicy prądowej przeciążalności silnika napędowego występującej w normalnych warunkach pracy,
3. przejazdu wyłączników krańcowych,
4. zadziałania zabezpieczeń przed niesprawnym działaniem hamulca,
5. spadku prądu wzbudzenia silnika napędu DC o 10% od wartości znamionowej,
6. zadziałania czujnika kontroli prędkości obrotowej przetwornic w maszynach wyciągowych z układem Leonarda,
7. zadziałania zabezpieczeń przed przekroczeniem prędkości,
8. nieskutecznego awaryjnego zatrzymania maszyny wyciągowej za pomocą jej napędu,
9. zaniku stanu załączenia rodzaju pracy maszyny wyciągowej w czasie jazdy,
10. zaniku stanu załączenia rodzaju sterowania maszyny wyciągowej w czasie jazdy,

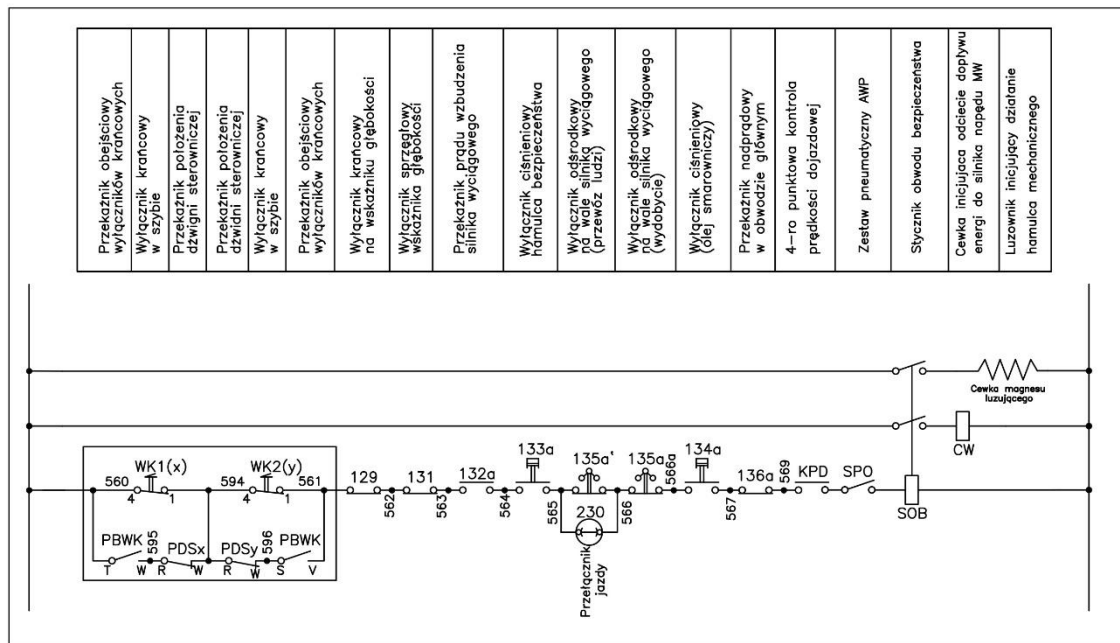
11. zadziałania zabezpieczeń napędu,
12. niewyłączenia stycznika, włączającego hamowanie generatorowe silnika asynchronicznego, w odpowiedniej odległości od poziomu końcowego,
13. odhamowania maszyny wyciągowej w stanie jej zablokowania,
14. niezamierzonego hamowania lub odhamowania maszyny wyciągowej,
15. zadziałania elementów kontroli pracy nadajników sygnału proporcjonalnego do prędkości jazdy w układzie regulacji prędkości,
16. przerywania ciągłości napędu elementów odwzorowania drogi jazdy;
17. zadziałania zabezpieczeń przeciwko nadmiernemu rozsynchronizowaniu cyfrowego układu regulacji prędkości;
18. ruchu maszyny wyciągowej w kierunku przeciwnym do zadanego przy sterowaniu automatycznym.

Elementem wykonawczym, uruchamiającym hamowanie bezpieczeństwa w hamulcach pneumatycznych, jest luzownik lub elektromagnes, w nowszych rozwiązaniach: elektrozawór. W hamulcach hydraulicznych, pozbawienie zasilania elektrozaworu wywołuje spadek ciśnienia w siłownikach i rozpoczęcie procesu hamowania [80].

Odlączenia dopływu energii do silnika napędu maszyny wyciągowej, podczas hamowania bezpieczeństwa, jest realizowane poprzez blokowanie impulsów sterowniczych przekształtnika. W starszych rozwiązaniach: w przypadku maszyn z napędem indukcyjnym – wyłączenie pola rozdzielni zasilającego silnik napędowy, w maszynach z silnikiem prądu stałego – odwzbudzenie prądnicy sterującej (WLO) [73].

Na rysunku 1-1 pokazano przykładowy obwód bezpieczeństwa maszyny w wykonaniu stykowym. W szeregowym połączeniu elementów stykowych znajdują się m.in.: wyłączniki krańcowe WK i PDSx/y z wyłącznikami obejściowymi, wyłącznik kontroli ciśnienia sprężonego powietrza 129, wyłącznik kontroli ciśnienia oleju smarowniczego 131, wyłączniki odśrodkowe przetwornicy 132a, kontroli prędkości ciągnięcia urobku i jazdy ludzi o numerach 135a, 135a', przekaźnik nadprądowy 136a, kontroli prędkości KPD, łącznik awaryjnego otwarcia zaworu SPO [80].

Elementem wykonawczym jest cewka magnesu luzującego (luzownik) zasilana poprzez stycznik SOB. Wraz z hamulcem bezpieczeństwa zostaje również odłączony stycznik CW, którego wyłączenie spowoduje odcięcie energii od silnika napędowego.



Rysunek 1-1: Zasada działania fizycznego obwodu bezpieczeństwa

„Z przedstawionego przykładu wynika, że w wykonaniu stykowym obwód bezpieczeństwa reaguje prawidłowo, o ile przynajmniej jeden z elementów przekątnikowo-stycznikowych wykrywa nieprawidłowy stan pracy przypisanego im segmentu funkcjonalnego maszyny wyciągowej” [80].

Obecnie elementy obwodu bezpieczeństwa są kontrolowane wielokrotnie, co powoduje dodatkowe przerwy w pracy urządzenia. Zakres kontroli jest zależny od rodzaju przeprowadzanej rewizji (tygodniowe – wykonywane raz w tygodniu i analogicznie: sześciotygodniowe, półroczne i roczne).

Takie podejście do zagadnienia kontroli poszczególnych elementów nie jest uzasadnione z technicznego i ekonomicznego punktu widzenia i nie wpływa na poprawę bezpieczeństwa pracy wyciągu. Dlatego proponowane wprowadzenie procedur samokontroli może okazać się rozwiązaniem najlepszym zarówno pod względem technicznym jak i ekonomicznym, przy jednoczesnym zachowaniu wysokiego poziomu bezpieczeństwa i pewności ruchowej.

Maszyny wyciągowe są podstawowym środkiem transportu pionowego w kopalniach głębinowych. Dzięki nim możliwe jest przemieszczanie się załogi pomiędzy powierzchnią a dołem kopalni, dostarczanie materiałów potrzebnych do wydobywania, jak również transportowanie urobku na powierzchnię.

Czas, w którym maszyna nie wykonuje swoich zadań przekłada się na określone skutki ekonomiczne. Najbardziej oczywiste to straty z tytułu niewyciągniętego urobku.

W celu zobrazowania czasu pracy i czasu trwania kontroli maszyny, na rysunkach 1-3 do 1-12 zostały przedstawione rejestracje cykli pracy maszyny wyciągowej skipowej, losowo wybranych 8-godzinnych zmian pracy. Został do tego celu wykorzystany cyfrowy aparat rejestrujący AR-3c. Zgodnie z obowiązującymi przepisami [70], maszyny wyciągowe powinny być wyposażone w aparaty rejestrujące, które powinny rejestrować co najmniej:

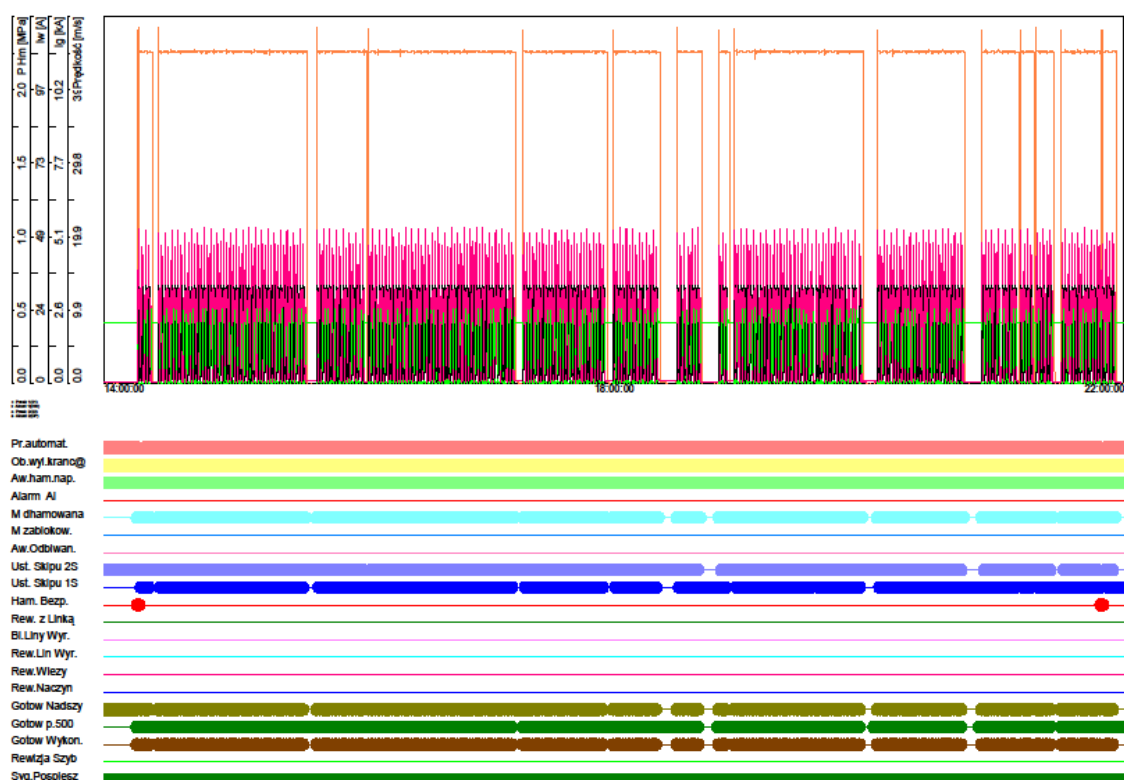
1. łącznie w funkcji czasu: sygnały, stany i przebiegi ruchowe (np. przebieg prędkości),
2. sygnały akustyczne za pośrednictwem przetworników elektroakustycznych:
 - nadane sygnały jednoudzerzeniowe - wykonawcze i porozumiewawcze,
 - nadane sygnały alarmowe,
 - nadane sygnały gotowości pomocniczych stanowisk sygnałowych.

Cyfrowy Aparat Rejestrujący AR-3c, przedstawiony na rysunku 1-2, przeznaczony jest do rejestracji przebiegów wielkości fizycznych, charakteryzujących pracę różnych maszyn i urządzeń. Wielkości te, pozyskiwane za pośrednictwem różnorodnych czujników i przetworników przedstawiane są, w zależności od ich charakteru, w postaci wartości elektrycznych analogowych lub dwustanowych. Aparat ten został zaprojektowany do rejestracji wybranych parametrów i stanów pracy górniczych wyciągów szybowych, umożliwiając rejestrację wszystkich wymaganych przepisami sygnałów i wielkości, pochodzących z układów sygnalizacji szybowej i układów sterowania maszyną wyciągową [90].



Rysunek 1-2: Cyfrowy Aparat Rejestrujący AR-3c

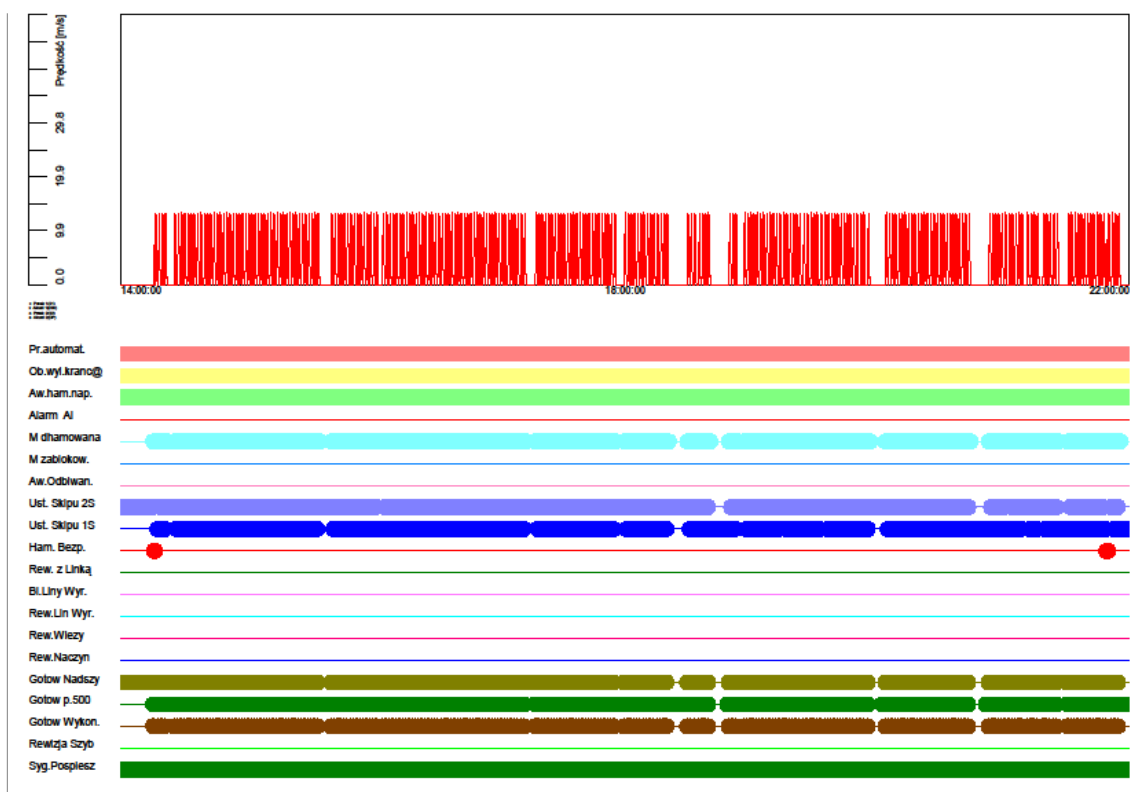
Rejestracje z rysunków 1-3 do 1-7 przedstawiają losowo wybrane 8-godzinne zmiany wydobywcze.



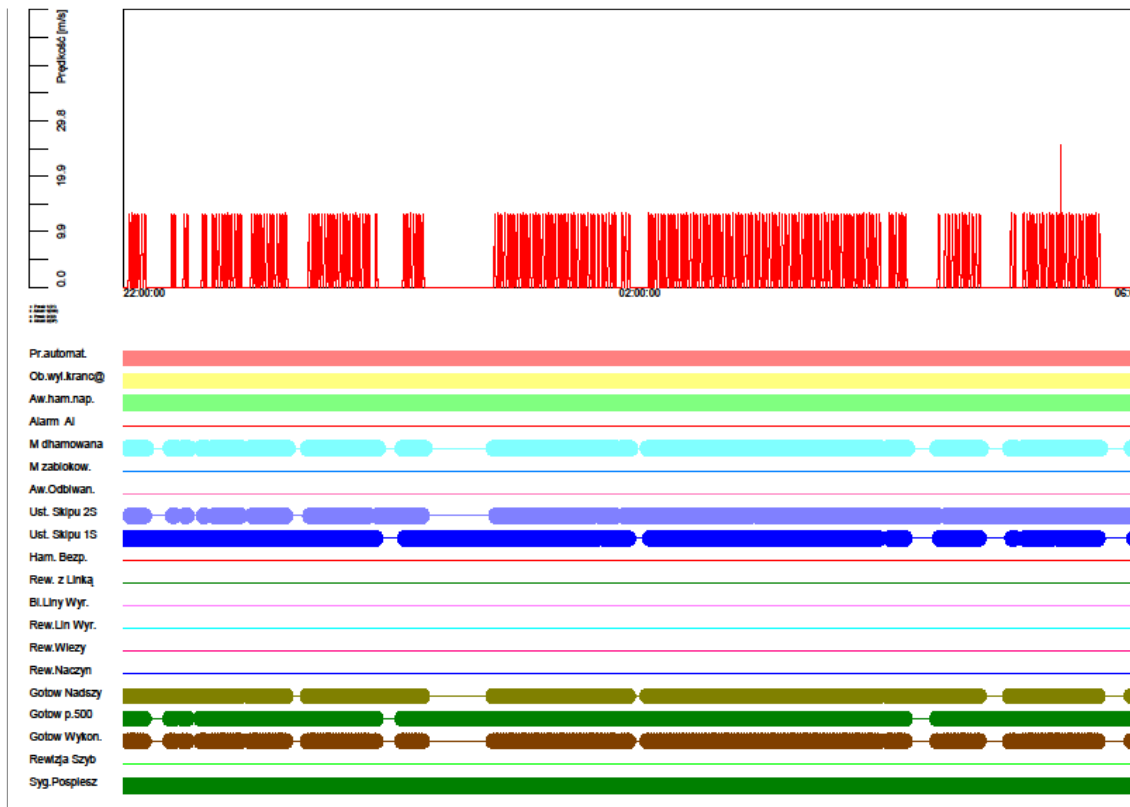
Rysunek 1-3: Rejestracja 1

Rejestracja przedstawia 8-godzinną zmianę wydobywczą, ilość wydobytych skipów: 223. Rejestrowane sygnały binarne przedstawione w dolnej części rysunków. Rejestrowane są następujące sygnały analogowe:

1. natężenie prądu obwodu głównego,
2. natężenie prądu wzbudzenia silnika wyciągowego,
3. ciśnienie w układzie hamulca manewrowego,
4. przebieg prędkości,
5. ciśnienie w układzie hamulca bezpieczeństwa.

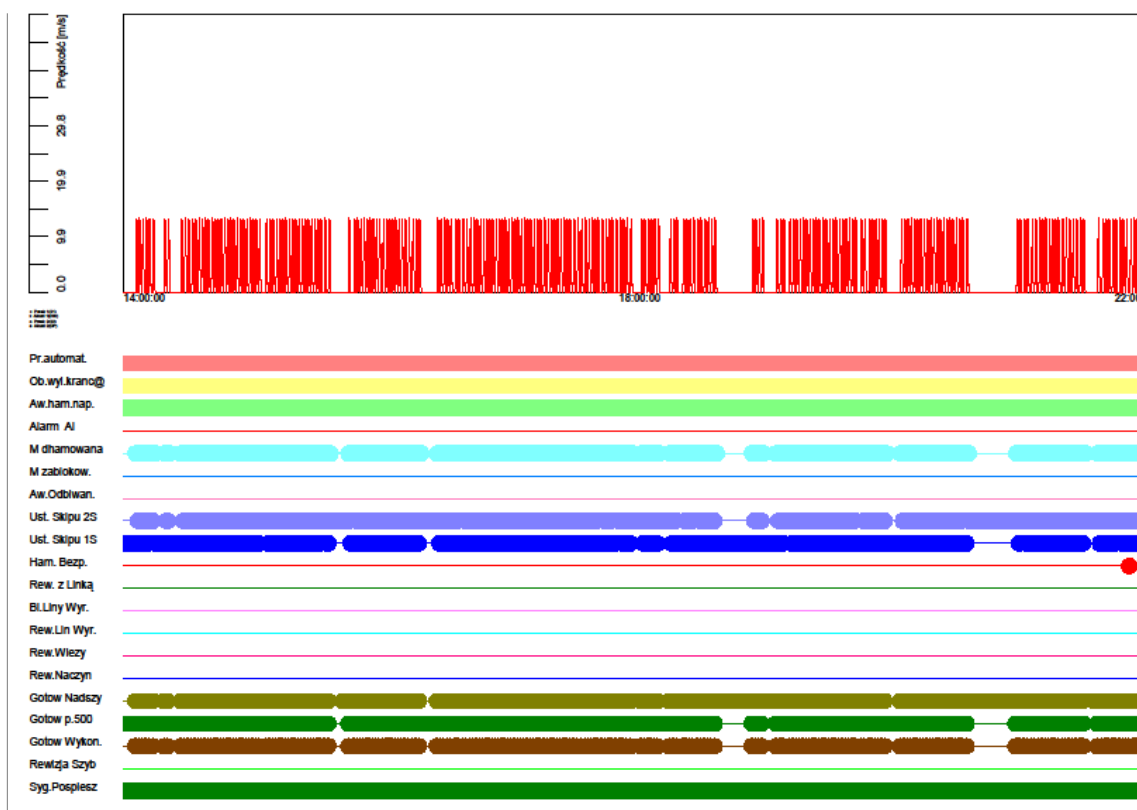


Rysunek 1-4: Rejestracja 3 – zmiana wydobywczą (przedział czasowy z rysunku 1-3. Z rejestrowanych sygnałów analogowych został wyodrębniony przebieg prędkości).



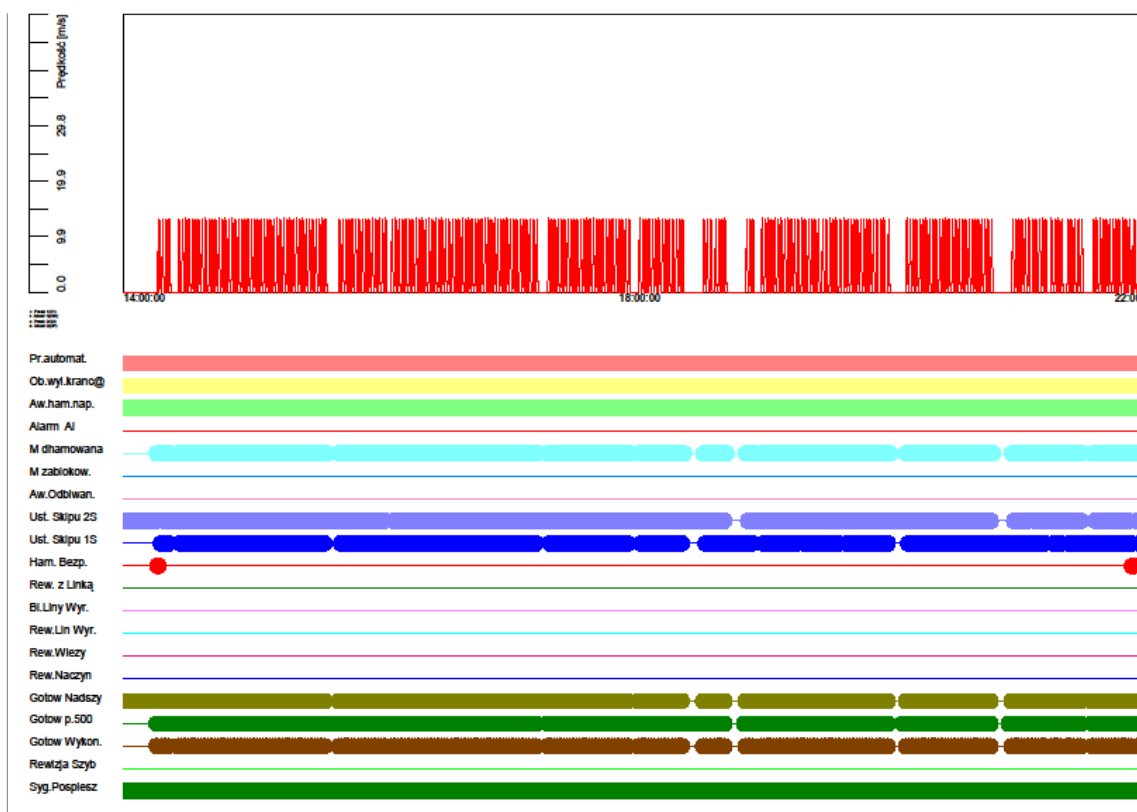
Rysunek 1-5: Rejestracja 4

Rejestracja przedstawia 8-godzinną zmianę wydobywczą, ilość wydobytych skipów: 223



Rysunek 1-6: Rejestracja 5

Rejestracja przedstawia 8-godzinną zmianę wydobywczą, ilość wydobytych skipów: 243

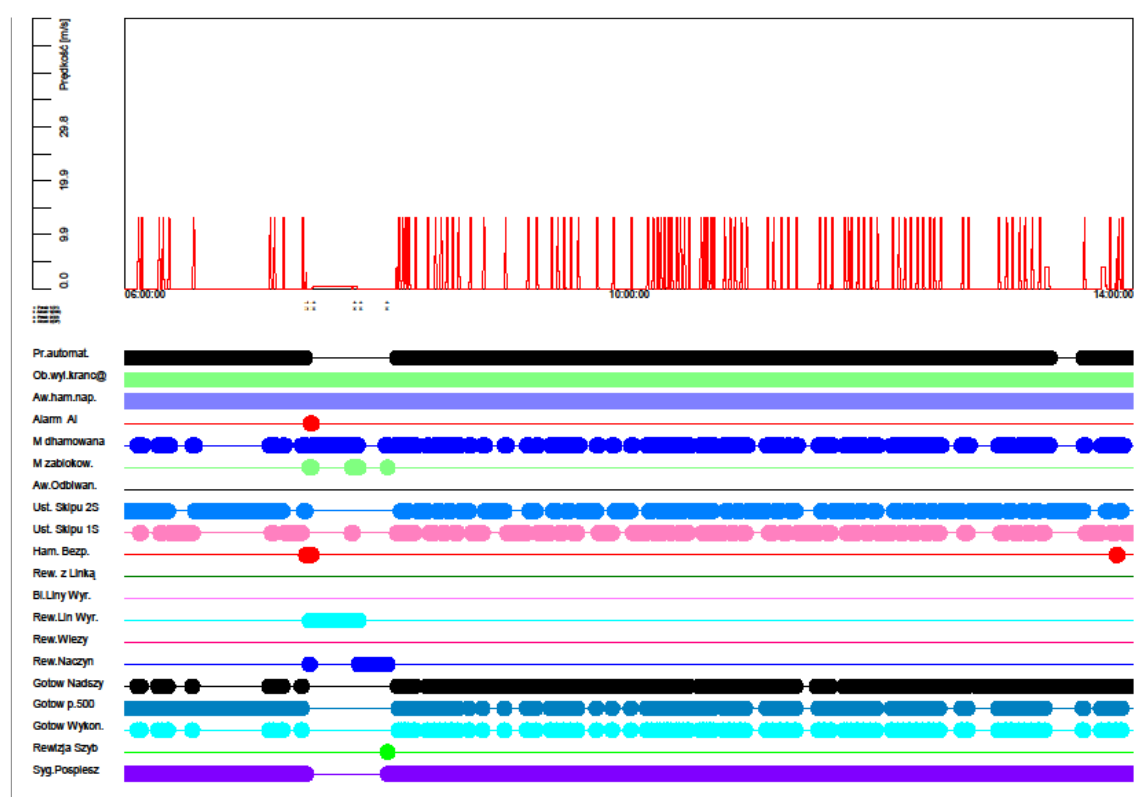


Rysunek 1-7: Rejestracja 6

Rejestracja przedstawia 8-godzinną zmianę wydobywczą, ilość wydobytych skipów: 263

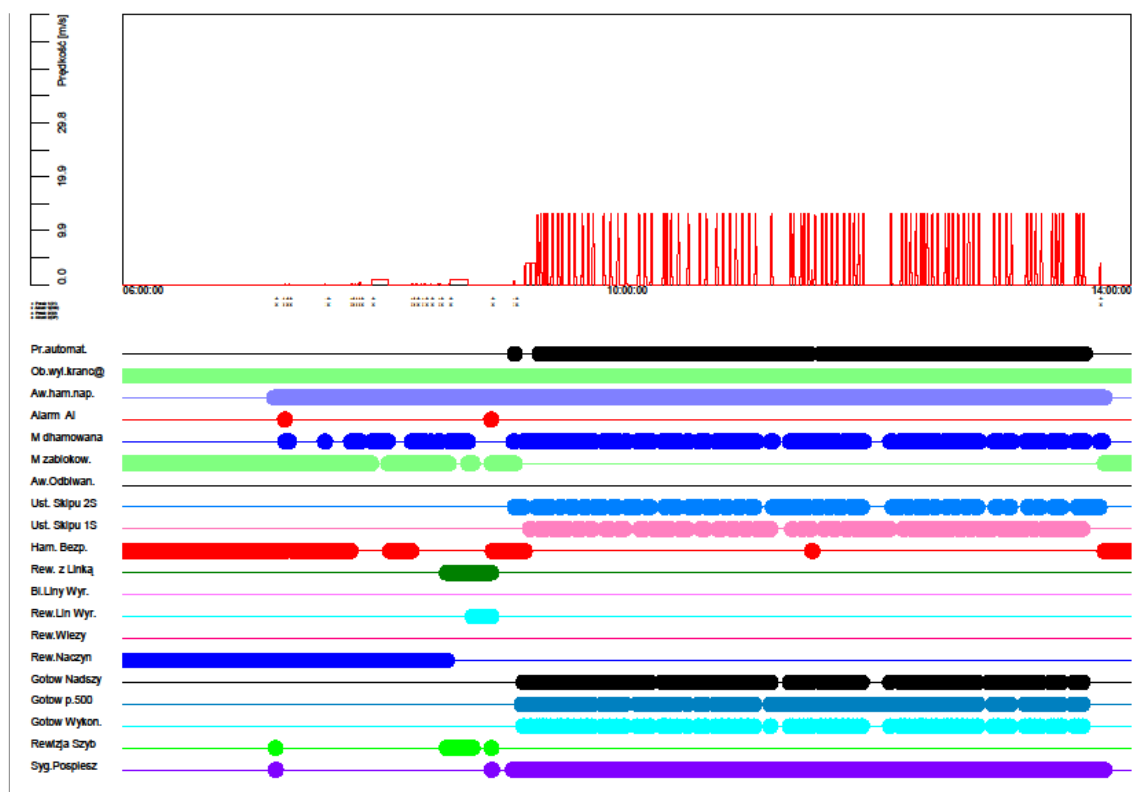
Zgodnie z dokumentacją górniczego wyciągu szybowego, zakładana wydajność to 40 skipów/godzinę. Ładowność skipu jest równa 15 Mg. Oprócz węgla transportuje się również skałę płoną, można przyjąć, że tylko 90% wyciągniętego urobku to czysty węgiel, w tym przypadku to 13,5 Mg, czyli 540 Mg/godzinę. Zgodnie z przedstawionymi wcześniej rejestracjami, średnie wydobycie wynosi: 30 skipów/godzinę, czyli wydajność wynosiła 405 Mg/godzinę.

Na rysunkach od 1-8 do 1-12 zostały przedstawione rejestracje, losowo wybranych kontroli maszyny wyciągowej.



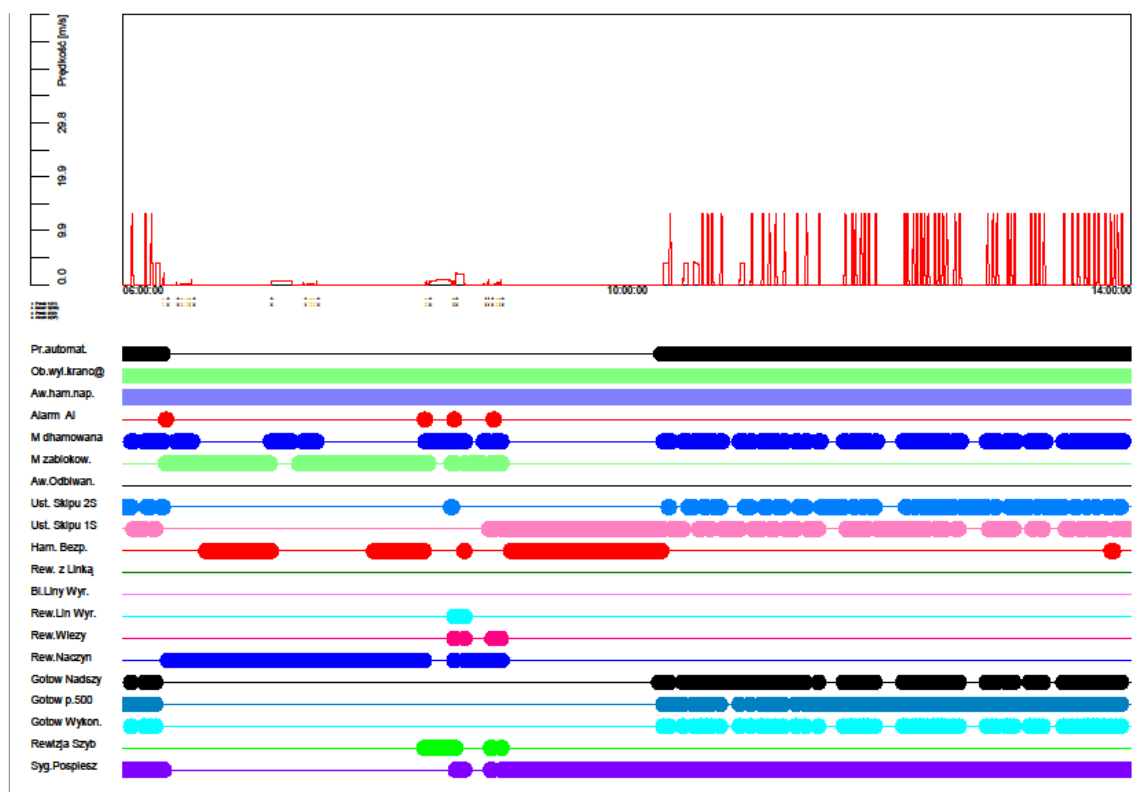
Rysunek 1-8: Rejestracja 7.

Rejestracja przedstawia kontrolę maszyny wyciągowej podczas rewizji T (wykonywana nie rzadziej niż co tydzień), czas wykonywania (postoju maszyny wyciągowej): 2h.



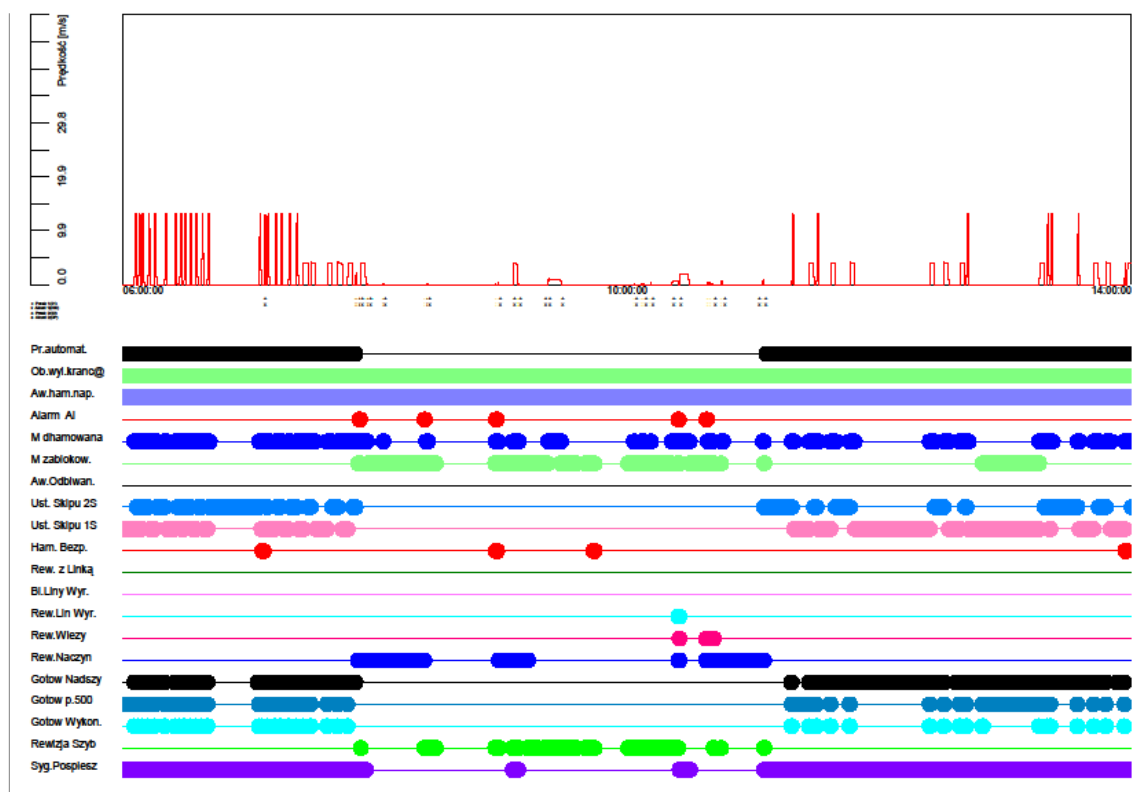
Rysunek 1-9: Rejestracja 8.

Na rysunku 1-9 przedstawiono przebiegi i stany sygnałów podczas rewizji tygodniowej, czas wykonywania (postoju maszyny wyciągowej): 2h 10 minut.



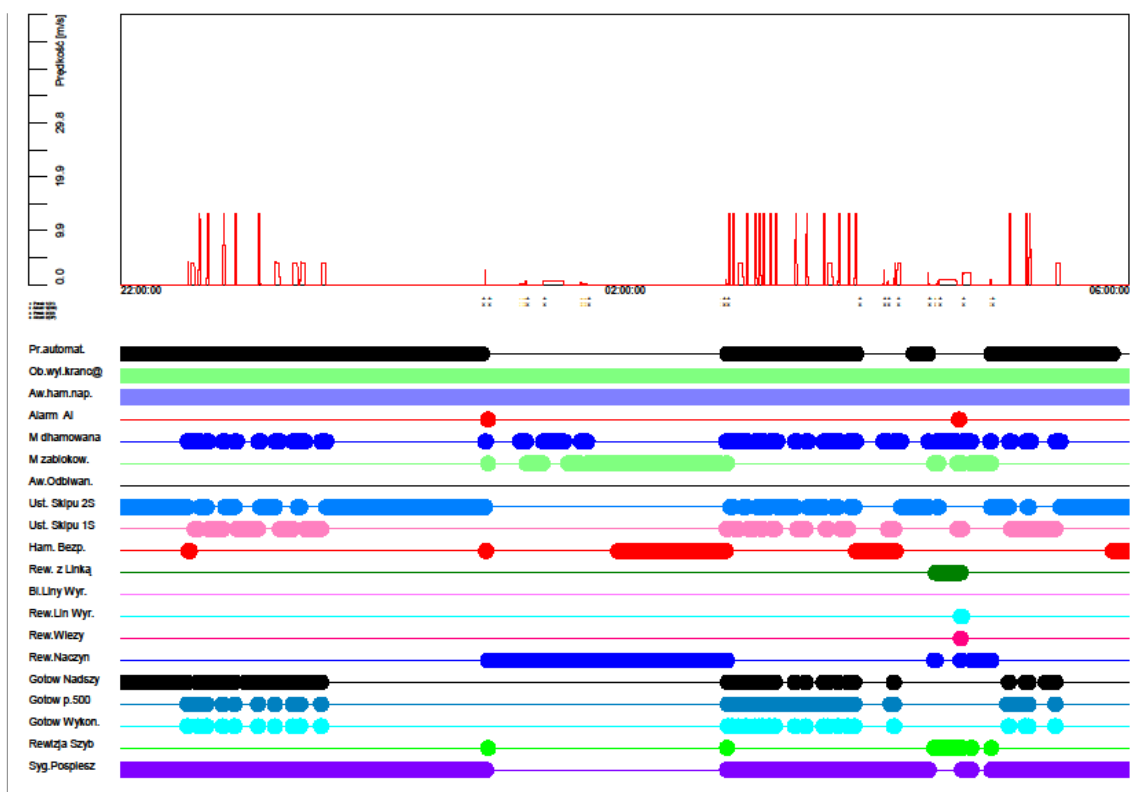
Rysunek 1-10: Rejestracja 9.

Rejestracja przedstawia kontrolę maszyny wyciągowej podczas rewizji sześciotygodniowej (R/8 wykonywanej nie rzadziej niż co 6 tygodni), czas wykonywania (postoiu maszyny wyciągowej): 4h 25 minut.



Rysunek 1-11: Rejestracja 10.

Rejestracja przedstawia kontrolę maszyny wyciągowej podczas rewizji R/8 (wykonywana nie rzadziej niż co 6 tygodni), czas wykonywania (postoju maszyny wyciągowej): 3h 50 minut.



Rysunek 1-12: Rejestracja 11.

Rysunek 1-13 przedstawia zarejestrowane przebiegi podczas kontroli maszyny wyciągowej w czasie rewizji R/2 (wykonywana nie rzadziej niż co 6 miesięcy), czas wykonywania (postoju maszyny wyciągowej): 12 h.

Tabela 1-1: Czas trwania kontroli maszyny wyciągowej w ciągu roku (48 tygodni), na podstawie przedstawianych rejestracji

Rodzaj kontroli	Ilość kontroli w ciągu roku (48 tygodni)	Suma czasu
R (roczna)	1 kontrola, trwająca 3 x 8 godzin	24 godzin
R/2 (półroczna)	1 kontrola 12 godzinna	12 godzin
R/8 (sześciotygodniowa)	8 kontroli 4 godzinnych	32 godziny
T (tygodniowa)	38 kontroli 2 godzinnych	76 godzin
	Suma:	144 godziny

Tabela 1-2: Zestawienie zatrudnionych dodatkowo osób do wykonywania kontroli maszyny wyciągowej

Rodzaj kontroli	Wymagani pracownicy	Ilość osób	Ilość kontroli (rok)
R (roczna)	RZ, KDEM, DEM, OEM, MMW, US.	1 1 2 1 2	1
R/2 (półroczna)	KDEM, DEM, OEM, MMW, US.	1 1 2 1 2	1
R/8 (sześciotygodniowa)	WDEM, OEM, MMW, US.	2 2 1 2	8
T (tygodniowa)	DEM, OEM, MMW, US.	1 1 1 2	38

Legenda:

RZ – rzeczoznawca (firma zewnętrzna),

KDEM – kierownik działu energomechanicznego,

WDEM – uprawniona osoba wyższego dozoru ruchu,

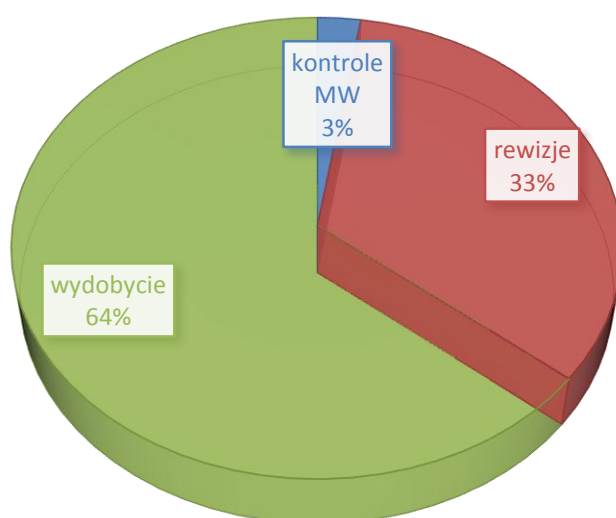
DEM – uprawniona osoba dozoru ruchu,

OEM – osoba upoważniona do prowadzenia rewizji,

MMW – maszynista maszyny wyciągowej,

US – upoważniony sygnalista szybowy.

Postoje, oprócz wynikających z przeprowadzanych kontroli, wynikają również z dobowego harmonogramu prac. Według harmonogramu, czas przeznaczony na ciągnięcie urobku (efektywny czas pracy) to: dwie zmiany robocze (16 godzin) pięć dni w tygodniu. Pozostały czas jest przewidziany na wykonywanie wszystkich rewizji oraz przeprowadzenie napraw wynikających z wykonanych rewizji [rozdział 2.2]. Czas kontroli maszyny wyciągowej 144 godziny/rok, czyli średnio 3 godziny tygodniowo. Średni tygodniowy czas pracy maszyny wyciągowej jest przedstawiony graficznie na rysunku 1-13.



Rysunek 1-13: Średni tygodniowy czas pracy maszyny wyciągowej

Tabela 1-3: Analiza ekonomiczna

Ładowność naczynia skipowego, po uwzględnieniu, że tylko 90% wyciągniętego urobku to czysty węgiel	13,5 Mg
Wydajność maszyny wyciągowej transportującej urobek z poziomu 500m na powierzchnię w czasie jednej godziny	koncesyjnie: 40 skipów na godzinę = 540Mg/godzinę, wartość obecna: 30 skipów na godzinę = 405Mg/godzinę.

Cena węgla (cena węgla według: https://www.money.pl/gielda/wiadomosci/artukul/me-srednia-cena-węgla-kamiennego,136,0,2303624.html ; 21.11.2019r.	317 zł/Mg
Cena wydobytego na powierzchnię węgla w czasie jednej godziny	koncesyjnie: 171 180 zł. wartość obecna: 128 385 zł.
Wydajność maszyny wyciągowej transportującej urobek z poziomu 500m na powierzchnię w czasie jednego tygodnia (bez przerw na wykonywanie kontroli): (5 dni x 2 zmiany 8-godzinne x 40 skipów/ godzinę x 13,5 Mg x cena węgla). (5 dni x 2 zmiany 8-godzinne x 30 skipów/ godzinę x 13,5 Mg x cena węgla).	koncesyjnie: 13 694 400 zł/tydzień, wartość obecna: 10 270 800 zł/tydzień.
Średni czas wykonywania kontroli MW w jednym tygodniu [tabela 1-1]: 144 godziny/48 tygodni.	3 godziny
Strata finansowa, związana z wykonywaniem kontroli maszyny wyciągowej w jednym tygodniu (3 godziny x 40 skipów/ godzinę x 13,5 Mg x cena węgla). (3 godziny x 30 skipów/ godzinę x 13,5 Mg x cena węgla).	koncesyjnie: 513 540 zł. wartość obecna: 385 155 zł.
Strata finansowa, związana z wykonywaniem kontroli maszyny wyciągowej w jednym roku (48 tygodni)	koncesyjnie: 24 649 920 zł. obecnie: 18 487 440 zł.

Przestoje maszyn wyciągowych są związane z awariami lub przeprowadzanymi wymaganymi kontrolami. Optymalnym rozwiązaniem byłoby przeprowadzanie kontroli podczas pracy.

Celem pracy jest opracowanie optymalnych procedur (pod względem technicznym i zgodności z odpowiednimi przepisami) umożliwiających badanie elementów obwodu bezpieczeństwa maszyny wyciągowej odpowiedzialnych za pracę agregatu hydraulicznego układu hamulcowego maszyny wyciągowej.

Zastosowanie ich zmniejszy czas przeznaczony na czynności kontrolne i badania. Dzięki temu zwiększy się czas dyspozycyjny maszyn, a co za tym idzie, poprawiona będzie wydajność urządzenia wyciągowego przy zachowaniu pełnej sprawności zabezpieczeń. Wprowadzenie tych procedur pozwoli zwiększyć poziom bezpieczeństwa i uniknąć pewnych awarii dzięki bieżącej diagnostyce urządzenia. Zwiększenie bezpieczeństwa odbywać się będzie na zasadzie profilaktyki i przewidywania niebezpiecznych sytuacji, które wynikać mogą m.in. z błędu ludzkiego (obecnie czynności kontrolne przeprowadzane są przez obsługę, a wynik jest subiektywną oceną dokonywaną przez pracownika).

Biorąc pod uwagę doświadczenia polskiego przemysłu wydobywczego, najlepszym rozwiązaniem konstrukcyjnym urządzenia jest zapewnienie kontroli jego zabezpieczeń bez udziału człowieka. Znaczy to, że w urządzeniu może zostać przeprowadzona kontrola układów zabezpieczających np. po każdorazowym jego uruchomieniu. Obecnie kontrolę taką prowadzi np. obsługujący maszynę wyciągową lub osoba dozoru. Wykonuje się to w ściśle określony sposób, jednak nigdy nie jest zachowana powtarzalność prób.

Tezy pracy:

1. Wprowadzenie procedur samokontroli pozwoli zoptymalizować efektywny czas pracy maszyny wyciągowej. Zostanie zwiększona wydajność o 3,75 % w skali tygodnia [Tabela 1-1]. W ciągu roku, przy pełnym wydobyciu pozwoli to na zwiększenie zysku o 24 649 920 zł [Tabela 1-3]. Wyliczenia nie uwzględniają wyliczeń strat z tytułu braku materiałów potrzebnych do prowadzenia eksploatacji.
2. Odpowiednie wykonanie zabezpieczeń układu hamulca maszyny wyciągowej, pozwala na przeprowadzenie samokontroli elementów obwodu bezpieczeństwa bez zmniejszenia poziomu bezpieczeństwa urządzenia.

Opisane postępowanie ogranicza się jedynie do jednej części układu maszyny wyciągowej. Nie będzie analizowany układ (obwód bezpieczeństwa) maszyny wyciągowej. Tego typu analizy mogą być prowadzone w dalszych etapach badań, które uwzględnią wzajemne relacje pomiędzy poszczególnymi elementami tego urządzenia.

2. Podstawy prawne regulujące pracę maszyn wyciągowych górniczych wyciągów szybowych

2.1. Górnicze wyciągi szybowe

Rozporządzenie [69] określa warunki prowadzenia ruchu w podziemnych zakładach górniczych w zakresie górniczych wyciągów szybowych, zwanych dalej „wyciągami szybowymi”, przeznaczonych do:

1. jazdy ludzi,
2. ciągnięcia urobku,
3. transportu materiałów i urządzeń,
4. transportu pomocniczego.

Przepis ten dotyczy:

1. czynnych wyciągów szybowych stanowiących stałe urządzenia transportowe w szybach,
2. czynnych wyciągów szybowych pomocniczych w szybach,
3. wyciągów szybowych użytkowanych podczas głębienia oraz zbrojenia szybów,
4. wind frykcyjnych,
5. innego wyposażenia szybów.

Wyciąg szybowy, wraz z urządzeniami pomocniczymi, eksploatuje się w sposób określony w dokumentacji technicznej. Elementy: wyciągu szybowego, urządzeń pomocniczych oraz wyposażenia szybu, mogą być użytkowane tylko przy pełnej sprawności technicznej. Naprawę elementów nośnych wyciągów szybowych można wykonywać dopiero po przeprowadzeniu badań przez właściwego rzeczoznawcę [77].

Pod względem wielkości lub funkcji wyciągi szybowe dzielą się na:

1. duże – o prędkości ruchu większej niż 4 m/s i ciężarze transportowanym większym niż 50 kN;

2. średnie – o prędkości ruchu nie większej niż 4 m/s i nie mniejszej niż 2 m/s i ciężarze transportowanym nie większym niż 50 kN i nie mniejszym niż 20 kN;
3. małe – o prędkości ruchu mniejszej niż 2 m/s i ciężarze transportowanym mniejszym niż 20 kN oraz w których liczba osób w klatce jest nie większa niż 10;
4. pomocnicze:
 - awaryjno-rewizyjne,
 - ratownicze,
 - małe wyciągi materiałowe.

Kierownik ruchu zakładu górniczego dokonuje podziału wyciągów szybowych na klasy intensywności ruchu, zgodnie z następującymi kryteriami:

1. klasa I, w której liczba cykli na dobę przekracza 100,
2. klasa II, w której liczba cykli na dobę nie przekracza 100

— i zapewnia warunki ich kontroli określone w załączniku nr 4 do rozporządzenia [69].

Ruch maszyny wyciągowej nie może być prowadzony, jeżeli hamulce nie zapewniają wymaganej skuteczności działania. Każde ze źródeł sił hamowania maszyny wyciągowej powinno, podczas postoju, zapewniać moment hamujący ze współczynnikiem bezpieczeństwa:

1. 3-krotnym w stosunku do maksymalnej nadwagi statycznej występującej przy jeździe ludzi,
2. 2,5-krotnym w stosunku do maksymalnej nadwagi statycznej występującej w warunkach ciągnięcia urobku i transportu materiałów,
3. 2-krotnym w stosunku do maksymalnego obciążenia statycznego w wyciągach szybowych jednokońcowych [69].

Każde ze źródeł sił hamowania maszyny wyciągowej wyciągu szybowego z przeciwcieżarem powinno, podczas postoju, zapewniać moment hamujący, ze współczynnikiem bezpieczeństwa 3-krotnym w stosunku do maksymalnej nadwagi występującej przy jeździe ludzi oraz w warunkach ciągnięcia urobku i transportu materiału. Hamowanie hamulcem bezpieczeństwa maszyn wyciągowych powinno spowodować opóźnienie, co najmniej $1,5 \text{ m/s}^2$. W maszynach wyciągowych z ciernym sprzężeniem liny, opóźnienie powodowane przez hamulec bezpieczeństwa może być

mniej niż $1,5 \text{ m/s}^2$, ale nie mniej niż $1,2 \text{ m/s}^2$, gdyby opóźnienie $1,5 \text{ m/s}^2$ spowodowało przekroczenie opóźnień krytycznych, wyznaczonych z warunków sprzężenia ciernego. Hamowanie hamulcem bezpieczeństwa, w warunkach podnoszenia nadwagi, nie może odbywać się z opóźnieniem większym niż 5 m/s^2 [69].

Stanowisko sterowania jest wyposażone w urządzenie umożliwiające ręczne, niezależne od innych układów, unieruchomienie maszyny wyciągowej poprzez spowodowanie zaniku ciśnienia hamulcowego.

Maszyny wyciągowe powinny spełniać wymagania związane z obciążeniami ruchowymi występującymi podczas rozruchu, pracy ustalonej, dojazdu, a także w czasie hamowania [3], [22], [39], [52], [65]. Muszą być zabezpieczone przed ich uruchomieniem przez osoby nieupoważnione (poprzez blokadę urządzeń sterowniczych lub zabezpieczeniu pomieszczenia ze stanowiskiem sterowniczym). Hamulec maszyny wyciągowej powinien posiadać zdolność do mechanicznego zatrzymania ruchu maszyny wyciągowej, a także utrzymania jej w spoczynku w założonych warunkach obciążenia [57].

Schemat układu hamulcowego maszyny wyciągowej oraz schemat układu sterowania, zasilania i zabezpieczeń hamulców jest zawarty w dokumentacji górniczego wyciągu szybowego.

Hamulec składa się z następujących zespołów:

1. roboczego, przez który rozumie się szczytki dociskane bezpośrednio lub pośrednio - za pomocą układu przeniesień siłowych - do bieżni hamulcowej;
2. napędowego, przez który rozumie się: siłowniki pneumatyczne lub hydrauliczne, obciążniki,
3. sterowania, przez który rozumie się urządzenie sterujące zespołem napędowym.

Hamulec realizuje dwa podstawowe rodzaje hamowania: manewrowe oraz bezpieczeństwa.

Hamowanie manewrowe polega na regulacji momentu hamującego przez maszynistę lub układ regulacji (przy sterowaniu automatycznym), powodującego zwolnienie ruchu wyciągu lub też jego zatrzymanie.

Hamowanie bezpieczeństwa powinno nastąpić samoczynnie w przypadkach wymagających bezwzględnego, niezwłocznego zatrzymania i unieruchomienia maszyny wyciągowej w możliwie najkrótszym czasie. Przypadki, w których powinno nastąpić, zostały opisane w rozdziale 1.

Rozpoczęcie hamowania bezpieczeństwa następuje z chwilą przełączenia elementów łączeniowych, inicjujących działanie hamulca mechanicznego. Przełączenie dowolnego elementu łączeniowego, inicjującego działanie hamulca mechanicznego, powinno spowodować (zainicjować) odcięcie dopływu energii do silnika napędu maszyny wyciągowej. Ponowne załączenie dopływu energii i przywrócenie stanu gotowości do hamowania bezpieczeństwa powinno być możliwe po usunięciu przyczyn, które spowodowały hamowanie bezpieczeństwa.

„Awaryjne zatrzymanie maszyny wyciągowej za pomocą jej napędu, powinno nastąpić samoczynnie w przypadku zadziałania układu zabezpieczeń, wymagającego zatrzymania tej maszyny, lecz niewymagającego hamowania bezpieczeństwa” [70].

Układ blokowania maszyny wyciągowej powinien uniemożliwiać odhamowanie maszyny wyciągowej i wysterowanie jej napędu po załączeniu blokady;

Blokowanie maszyny wyciągowej powinno nastąpić, co najmniej w następujących przypadkach:

1. zadziałania wymaganych zabezpieczeń,
2. przekroczenia dopuszczalnej wartości zużycia okładzin hamulcowych,
3. podczas korekcji elementów odwzorowania drogi,
4. braku wymaganej synchronizacji elementów odwzorowania drogi,
5. rozłączenia sprzęgieł w układzie przeniesień napędu elementów odwzorowania drogi podczas postoju maszyny wyciągowej,
6. spadku rezystancji izolacji układu zabezpieczeń poniżej dopuszczalnego poziomu,
7. braku zdolności funkcjonalnej lub wyłączenia aparatu rejestrującego [70].

Budowa hamulców zapewnia spełnienie wymagań technicznych określonych rozporządzeniem przez cały okres eksploatacji maszyny wyciągowej. Zespół sterowniczy powinien być tak zbudowany, aby zapewniał:

1. przygotowanie medium zasilającego o odpowiednich parametrach,
2. regulację siły hamowania w pełnym zakresie, z wyjątkiem przypadków, w których dozwolono stosowanie nieregulowanego momentu hamowania manewrowego,
3. niezawodność hamowania bezpieczeństwa równorzędną, co najmniej niezawodności właściwej dla zastosowania dwóch niezależnych od siebie

rozdzielaczy tak połączonych, aby w przypadku niezadziałania jednego z nich nie został zakłócony przebieg hamowania bezpieczeństwa,

4. zasygnalizowanie na stanowisku sterowniczym maszyny wyciągowej niezadziałania któregośkolwiek z rozdzielaczy i uniemożliwienie przywrócenia stanu gotowości hamulca, kontrolę nastaw ciśnień medium zasilającego i kontrolę efektów sterowania [70].

2.2. Przeprowadzanie kontroli i badań górniczego wyciągu szybowego

„Dla niezawodności pracy górniczych wyciągów szybowych oraz dla zapewnienia bezpieczeństwa załóg górniczych podstawowe znaczenie ma wykonywanie kontroli. W ramach kontroli stanu technicznego wyciągu szybowego, poszczególnych elementów, urządzeń współpracujących oraz wyposażenia szybu wykonuje się rewizje i badania. Przez rewizje rozumie się kontrole oparte na wzrokowej ocenie stanu technicznego i funkcjonalności, wykonywane przez kontrolerów oraz osoby dozoru ruchu energomechanicznego. Badania oparte są na wynikach pomiarów wykonywanych za pomocą specjalistycznej aparatury przez rzeczoznawców lub Kierownika Działu Energomechanicznego (KDEM). Zakres i częstotliwość kontroli stanu technicznego, pracującego wyciągu szybowego i jego elementów oraz sposób dokumentowania wyników kontroli, określają odpowiednie przepisy [69]. Pracę wyciągu szybowego organizuje się w taki sposób, aby zapewniony był czas na czynności pomocnicze, w szczególności przeprowadzenie niezbędnych napraw, konserwacji, kontroli wszystkich elementów wyciągu szybowego, urządzeń współpracujących oraz wyposażenia szybu” [69].

Czas trwania czynności pomocniczych, dla każdego wyciągu szybowego, ustala KDEM na podstawie:

- chronometrażu czynności kontrolnych ustalonych szczegółowymi instrukcjami,
- bilansu czasu niezbędnego dla wykonania konserwacji oraz usunięcia bieżących usterek,
- bilansu czasu niezbędnego do wykonania napraw, ujętych w rocznym harmonogramie napraw.

Dla każdego wyciągu szybowego powinien zostać opracowany:

- roczny harmonogram napraw (określa prace związane z planowaną wymianą elementów wyciągu szybowego, urządzeń współpracujących oraz wyposażenia szybu, planowana wymiana elementów powinna wynikać z prognozy ich zużycia),
- dobowy harmonogram pracy, uwzględniający podział czasu przewidzianego na ruch funkcjonalny (wydobycie, jazda ludzi, transport materiałów) oraz naprawy, konserwacje i kontrole [69], [78].

Harmonogramy te opracowuje KDEM, a zatwierdza Kierownik Ruchu Zakładu Górniczego (KRZG). Odstępstwo od dobowego harmonogramu pracy i rocznego harmonogramu napraw wyciągu szybowego wymaga zgody KRZG.

Okresowym kontrolom w górniczym wyciągu szybowym podlegają [69]:

- szyb i jego urządzenia,
- urządzenia przyszybowe,
- wieża szybowa i jej urządzenia,
- koła linowe,
- naczynia wyciągowe,
- łapadła,
- zawieszenia naczyń wyciągowych,
- zawieszenia lin wyrównawczych,
- zawieszenia lin prowadniczych i odbojowych,
- liny nośne,
- liny wyrównawcze,
- liny prowadnicze i odbojowe,
- maszyna wyciągowa,
- urządzenia sygnalizacyjne lub sterowniczo-sygnałowe,
- urządzenia wyciągowe.

Kontrolę przeprowadza (określa załącznik nr 4 do rozporządzenia [69]):

1. OEM — uprawniona osoba do prowadzenia rewizji (osoba wykonująca czynności specjalistyczne w ruchu zakładu górniczego, która ukończyła specjalistyczne przeszkolenie),
2. DEM — uprawniona osoba dozoru ruchu,
3. WDEM — uprawniona osoba wyższego dozoru ruchu,
4. KDEM — kierownik działu energomechanicznego,

5. DEM, WDEM, KDEM: osoby, które posiadają stwierdzone kwalifikacje do wykonywania danych czynności oraz ukończyły specjalistyczne przeszkolenie (powtarzane, co pięć lat).
6. RZ — Uprawniony przez Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego, w drodze decyzji, rzeczoznawca do spraw ruchu zakładu górniczego w odpowiedniej grupie. Wykaz osób, którym nadano uprawnienia rzeczoznawcy do spraw ruchu zakładu górniczego, zamieszcza i aktualizuje w Biuletynie Informacji Publicznej Prezes Wyższego Urzędu Górniczego [77].

Dla każdego wyciągu szybowego powinny być prowadzone następujące dokumenty ruchowe [69]:

- książka okresowych kontroli górniczego wyciągu szybowego,
- książka codziennych przeglądów wyciągu szybowego,
- arkusz rozkładu pęknięć drutów i uszkodzeń liny nośnej,
- wykres narastania liczby pęknięć drutów liny nośnej,
- książka wyciągu szybowego,
- książka napraw szybu i urządzenia wyciągowego.

W „Książce okresowych kontroli górniczego wyciągu szybowego” odpowiedzialna osoba dozoru ruchu powinna odnotowywać daty zabudowania danego elementu. W kolumnie „rodzaj” należy wpisać charakter rewizji lub badania, np. tygodniowe, kwartalne, półroczne, roczne, 3-letnie. Okresowe kontrole, przeprowadzane przy ewentualnym współudziale rzeczoznawcy, powinny być odnotowane w niniejszej książce przez odpowiedzialną osobę dozoru ruchu. Badania specjalistyczne, przeprowadzane przez rzeczoznawców na zlecenie zakładów górniczych, jak np. okresowe badania lin, naczyń, maszyn wyciągowych, powinny być przez nich odnotowywane w „Książce wyciągu szybowego” z równoczesnym stwierdzeniem stanu technicznego badanego elementu i podaniem ewentualnych warunków dalszej jego eksploatacji [77].

W przypadku stwierdzenia w trakcie kontroli nieprawidłowości i braku możliwości ich usunięcia w czasie przeznaczonym na badania, osoba przeprowadzająca badanie wpisuje odpowiednie polecenie. Uwagi o usunięciu stwierdzonych nieprawidłowości należy odnotować w „Książce napraw szybu i urządzenia wyciągowego”. W razie stwierdzenia w czasie codziennej kontroli nieprawidłowości i braku możliwości ich usunięcia, decyzję o sposobie i terminie likwidacji usterki podejmuje osoba dozoru odpowiedzialna w danej chwili za ruch urządzeń wyciągowych, dokonując wpisu

odpowiedniego polecenia w rubryce „Uwagi”. W „Książce codziennych przeglądów górniczego wyciągu szybowego”. Fakt usunięcia nieprawidłowości należy odnotować w „Książce napraw szybu i urządzenia wyciągowego”. Osoba odpowiedzialna za wykonanie polecenia potwierdza jego realizację podpisem i datą.

Zapisy dokonywane w w/w książkach powinny być kontrolowane:

- co najmniej raz w miesiącu przez zastępcę KDEM,
- co najmniej raz na trzy miesiące przez KDEM.

Adnotacje o sprawdzeniu książki należy rejestrować w kolumnie „Uwagi” [79].

Kontrolę stanu technicznego elementów wyciągów szybowych przeprowadza się na podstawie wykonywanych rewizji i badań. Rewizje i badania należy przeprowadzać zgodnie z instrukcją kontroli i oceny stanu technicznego urządzeń wyciągowych oraz tabelami zawierającymi terminy badań urządzeń wyciągowych. Czynności kontrolne przeprowadza się na podstawie instrukcji opracowanej przez kierownika działu energomechanicznego i zatwierdzonej przez kierownika ruchu zakładu górniczego; instrukcja powinna określać:

1. osoby upoważnione do przeprowadzania kontroli,
2. zakres znajomości przepisów i aktów prawnych obowiązujących osoby kontrolujące,
3. zasady techniczno-organizacyjne obejmujące w szczególności:
 - zakres czynności kontrolnych,
 - metody i sposoby kontroli,
 - sposób przekazywania poleceń,
 - kolejność czynności kontrolnych ze wskazaniem na możliwość ich wykonania równocześnie lub bez konieczności unieruchomienia wyciągu szybowego,
 - wyposażenie osób kontrolujących,
 - miejsca lub stanowiska kontrolne [87].

KRZG jest odpowiedzialny za opracowanie instrukcji bezpiecznego wykonywania pracy dla szczególnie niebezpiecznych stanowisk lub miejsc pracy w ruchu zakładu górniczego. Po konsultacji z przedstawicielami pracowników kierownik ruchu zakładu górniczego zatwierdza te instrukcje. Dla maszyn, urządzeń i instalacji KDEM zatwierdza

instrukcję szczegółową przeprowadzania bieżących i okresowych kontroli, w której powinny być ustalone zasady i terminy kontroli, a w szczególności liczbę i wzór ksiąg kontrolnych oraz zakres dokonywania kontroli i zapisów pokontrolnych [87].

Organem nadzoru górniczego pierwszej instancji, w odniesieniu do podziemnych zakładów górniczych właściwym rzeczowo w sprawach: górniczych wyciągów szybowych wraz z obiektami, maszynami i urządzeniami i instalacjami zasilającymi oraz szybów i szybków wraz z wyposażeniem, jest Dyrektor Specjalistycznego Urzędu Górniczego (SUG) [84].

2.3. Bezpieczeństwo pracy wyciągu szybowego

Obowiązujące akty prawne [69], [84] obligują każdego, który zauważy sytuację stwarzającą niebezpieczeństwo dla ludzi lub urządzenia wyciągowe, do zatrzymania ruchu poprzez nadanie sygnału alarmowego. Przepisy również zabraniają pracę maszyny przy wadliwie działających zabezpieczeniach.

2.4. Zabezpieczenia i kontrole maszyn wyciągowych

Maszyny wyciągowe podlegają kontroli przez uprawnione osoby i w terminach określonych w załączniku nr 4 do rozporządzenia [69]. Podczas kontroli tygodniowej maszyny wyciągowej, upoważniona osoba dozoru ruchu energomechanicznego o specjalności mechanicznej oraz upoważniona osoba dozoru ruchu energomechanicznego o specjalności elektrycznej, dokonują kontroli stanu technicznego poszczególnych elementów maszyny wyciągowej, w szczególności:

- 1) linopędni z wałem i umocowaniem,
- 2) umocowania lin w bębnach,
- 3) urządzeń hamulcowych,
- 4) sprzęgła bębna luźnego,
- 5) wskaźników głębokości i prędkości,
- 6) układu regulacji i kontroli prędkości wraz z ich działaniem,
- 7) stanu smarowania części ruchomych [79].

Podczas kontroli wykonywanych, co miesiąc lub co 6 tygodni, upoważniona osoba dozoru wyższego ruchu energomechanicznego dokonuje kontroli stanu technicznego poszczególnych elementów maszyny wyciągowej w zakresie kontroli tygodniowej,

a także przeprowadza próby statyczne i dynamiczne hamulców, w zakresie ustalonym przez kierownika działu energomechanicznego.

„Kierownik działu energomechanicznego przeprowadza, co 6 miesięcy badanie maszyny wyciągowej wraz z obwodami bezpieczeństwa, zabezpieczeniami ruchowymi. W szczególności bada skuteczność działania hamulców, działania układu regulacji i kontroli prędkości oraz skuteczność układów zabezpieczeń i blokad” [69].

Raz na trzy lata rzeczoznawca przeprowadza badanie maszyny wyciągowej, w celu stwierdzenia jej stanu technicznego i stopnia zużycia jej podstawowych elementów, części oraz zespołów. W szczególności bada się:

- 1) wał główny i przekładnię napędu,
- 2) sprzęgło bębna luźnego,
- 3) układ dźwigu hamulców i elementy wyzwajające hamulec,
- 4) układ kontroli oraz regulacji prędkości,
- 5) urządzenia zabezpieczające maszynę,
- 6) elementy wykonawcze i sterujące hamulców,
- 7) maszyny i urządzenia układu napędowego [77], [78].

Do oceny stanu technicznego wału głównego i układu dźwigni hamulcowych wykorzystuje się badania nieniszczące, które raz na trzy lata przeprowadza rzeczoznawca.

„Zabezpieczenie niedomiarowe układu zasilania pneumatycznego lub hydraulicznego hamulca, stanowi zabezpieczenie przed niedopuszczalnym spadkiem ciśnienia zasilania pneumatycznego lub hydraulicznego, uniemożliwiającym uzyskanie wymaganej siły hamowania lub też wymaganej siły odwodzącej. Zabezpieczenia realizuje się, dokonując kontroli ciśnienia zasilania pneumatycznego lub kontroli prawidłowego położenia elementów zespołu roboczego albo napędowego hamulca. W hamulcach z pneumatycznym źródłem siły, kontrola ciśnienia zasilania powinna być sprawdzana na poziomie 90% ciśnienia, wymaganego dla uzyskania siły hamowania manewrowego zgodnej z dokumentacją” [69]. Podczas hamowania bezpieczeństwa, opóźnienia krytyczne nie mogą być przekroczone. W tym celu siła hamująca, w razie potrzeby, może być ograniczona. W układach z pneumatycznym źródłem siły hamowania siłownik może być zasilany ciśnieniem wyprzedzania pneumatycznego, natomiast w siłownikach odwodzących (obciążnik hamulcowy, zespół ściśniętych sprężyn) może być podtrzymywane ciśnienie resztkowe [78].

Kontrola nastaw hamulcowych wykonywana jest w następujący sposób:

1) maszyniści obsługujący maszynę wyciągową oraz nadzorujące osoby dozoru energomechanicznego powinny być zapoznane z nastawami hamulcowymi, wynikającymi z dokumentacji górniczego wyciągu szybowego,

2) dla każdej maszyny wyciągowej, w szczegółowej instrukcji, uwzględnia się sposób przeprowadzania prób, w celu zbadania pewności statycznej i dynamicznej układu hamulcowego, w zależności od warunków lokalnych,

3) przy każdym przekazywaniu maszyny wyciągowej, maszynista przeprowadza próby statyczne hamulca manewrowego oraz sprawdza prawidłowość nastawienia: ciśnienia wyprzedzenia, ciśnienia resztkowego i prawidłowego wskazywania przyrządów pomiarowych,

4) podczas każdej kontroli tygodniowej, miesięcznej i sześciotygodniowej oprócz sprawdzenia nastawów hamulcowych wykonuje się próbę statyczną hamulca bezpieczeństwa,

5) podczas kontroli półrocznych, dodatkowo wykonuje się próby dynamiczne układu hamulcowego maszyny wyciągowej, w celu określenia rzeczywistej pewności dynamicznej w różnych warunkach pracy maszyny wyciągowej i porównania ich z danymi w dokumentacji wyciągu szybowego. Próby dynamiczne hamulców mogą być wykonane wyłącznie pod bezpośrednim nadzorem osób upoważnionych do przeprowadzania tych prób,

6) raz w roku rzeczoznawca przeprowadza kontrolę nastaw hamulcowych przy użyciu rejestrującej aparatury pomiarowej, w obecności kierownika działu energomechanicznego [94].

Układ zabezpieczeń powinien być tak zbudowany, aby elementy górniczego wyciągu szybowego były samoczynnie kontrolowane. Kontrola ta, w przypadku uszkodzenia, nieprawidłowego położenia lub wadliwego funkcjonowania elementu górniczego wyciągu szybowego, stwarzających zagrożenie dla życia lub zdrowia ludzi albo grożących uszkodzeniem lub zniszczeniem górniczego wyciągu szybowego, powinna powodować zadziałanie odpowiednich zabezpieczeń. Zadziałanie układu zabezpieczeń powinno, w zależności od charakteru występującego zagrożenia, spowodować awaryjne zatrzymanie maszyny wyciągowej lub blokowanie maszyny wyciągowej. Awaryjne zatrzymanie może polegać na zahamowaniu maszyny wyciągowej hamulcem mechanicznym (hamowanie bezpieczeństwa) lub na zatrzymaniu maszyny wyciągowej za pomocą jej napędu i hamowania zatrzymującego, działającego

po obniżeniu prędkości do określonej wartości. Zadziałanie zabezpieczenia nie może powodować zmiany załączonego rodzaju pracy i rodzaju sterowania maszyny wyciągowej. Każdy układ zabezpieczeń powinien posiadać zawsze czynny wyłącznik bezpieczeństwa maszyny wyciągowej. Użycie wyłącznika bezpieczeństwa powinno powodować hamowanie bezpieczeństwa w wyniku bezpośredniego przerwania obwodu bezpieczeństwa. Wyłącznik bezpieczeństwa powinien być zainstalowany przy maszynie wyciągowej w zasięgu maszynisty maszyn wyciągowych. Jeżeli stanowisko sterownicze znajduje się poza pomieszczeniem maszyny wyciągowej, przy maszynie wyciągowej powinien być zainstalowany i oznakowany dodatkowy wyłącznik bezpieczeństwa.

Urządzenia zabezpieczające i kontrolujące ruch maszyny wyciągowej powinny być dostosowane do potrzeb i warunków pracy oraz muszą być sprawne i nie mogą być wyłączane lub blokowane [21], [25], [82], [87].

Realizacja zadań związanych z wypełnieniem zapisów aktów prawnych, wymaga zaangażowania dużej liczby pracowników jak i również powoduje dodatkowe postoje na badania i rewizje wyciągu szybowego, co generuje dodatkowe straty finansowe.

3. Zabezpieczenia maszyn wyciągowych związanych z pracą hamulca

3.1. Wstęp

Hamulce maszyny wyciągowej powinny zapewnić ograniczenie prędkości z wymaganym współczynnikiem bezpieczeństwa, zatrzymanie oraz utrzymanie w spoczynku wyciągu szybowego.

Sterowanie procesem hamowania odbywa się ręcznie lub automatycznie (w sposób zaprogramowany, niezależnie od osoby obsługującej maszynę – maszynisty wyciągowego).

W maszynach wyciągowych pracujących z otwartym układem regulacji (bez sprzężeń zwrotnych) w czasie normalnej pracy wyciągu, hamulce służą do zmniejszenia prędkości ruchu wyciągu z odpowiednią intensywnością, aż do zatrzymania. W obecnie stosowanych rozwiązaniach, zmniejszenie prędkości odbywa się poprzez hamowanie napędem. W obu rozwiązaniach po zatrzymaniu hamulce utrzymują wyciąg w stanie spoczynku [20], [68].

W stanach awaryjnych następuje zadziałanie obwodu bezpieczeństwa, którego zadaniem jest odcięcie dopływu energii do silnika napędowego maszyny wyciągowej

i zainicjowanie działania hamulców, które są odpowiedzialne za zmniejszenie prędkości i w efekcie zatrzymanie wyciągu. W rozdziale 2.1 są opisane wymagania, które muszą spełniać hamulce. Wartość siły hamowania wynika z odpowiednich obliczeń projektowych [66].

Hamulce składają się z następujących zespołów:

- roboczego, którym są szczęki dociskane do bieżni hamulcowej,
- napędowego, działającego na zespół roboczy za pomocą siłowników pneumatycznych lub hydraulicznych, obciążników lub zespołu ściśniętych sprężyn,
- sterowniczego, instalacji zasilającej.

3.2. Zabezpieczenie górniczego wyciągu szybowego

Dla całego układu podstawowych zabezpieczeń górniczego wyciągu szybowego elementem wykonawczym jest hamulec bezpieczeństwa opisany w rozdziale 2.1. Każda nieprawidłowość, która mogłaby spowodować awarię wyciągu, powinna być przyczyną natychmiastowego zatrzymania wyciągu. Odbywa się to poprzez elementy zabezpieczające, które z kolei działają na styki elektryczne obwodu bezpieczeństwa.

Każda przerwa w obwodzie bezpieczeństwa, spowodowana zadziałaniem elementu kontrolującego, powoduje odcięcie dopływu energii do elementu wykonawczego i zadziałanie hamulca bezpieczeństwa. W wyniku hamowania bezpieczeństwa, wyciąg zostaje zatrzymany – z opóźnieniem nieprzekraczającym parametrów krytycznych, co pozwala wyeliminować zagrożenie w postaci poślizgu lin nośnych. W stosowanych rozwiązaniach liczba zabezpieczeń jest dużo większa od wymaganej i wzrasta wraz ze stopniem złożoności układu sterowania oraz wymagań obsługi. Oprócz obwodu bezpieczeństwa jest jeszcze obwód blokad maszyny wyciągowej (działają na niego zabezpieczenia, które nie wymagają natychmiastowego zatrzymania wyciągu). Zadziałanie obwodu blokady podczas ruchu napędu wywołuje sygnał alarmowy, po którym maszynista powinien zatrzymać maszynę wyciągową. W stosowanych obecnie maszynach zadziałanie obwodu blokady w czasie jazdy maszyny powoduje awaryjne zatrzymanie maszyny wyciągowej za pomocą jej napędu [80], [92].

3.3. Zabezpieczenia w układach hamulcowych

Do zabezpieczeń mających zapewnić poprawne, niezawodne działanie hamulców należą:

- elementy kontroli pozycyjnej siłowników hamulcowych, kontroli zużycia okładzin, położenia ciężarów i rozdzielaczy sterujących, realizowane są za pomocą łączników elektrycznych lub indukcyjnych,
- elementy kontroli ciśnień medium roboczego dla danego rodzaju pracy, które stanowią zarazem informacja o wielkości sił i momentów hamujących, którą można odczytać ze wskazań manometrycznych.

W części rozwiązań układów hamulcowych pierwszy stopień hamowania bezpieczeństwa (wstępny, niepowodujący poślizgu liny) osiąga się poprzez stałą siłę hamowania, która jest uruchamiana powyżej ustalonej prędkości oraz poza strefami dojazdowymi do poziomów krańcowych. Drugi stopień hamowania, powoduje unieruchomienie wyciągu w warunkach postojowych.

Są stosowane również układy działające w taki sposób, aby uzyskać stałe opóźnienia przy hamowaniu bezpieczeństwa w zależności od prędkości, masy transportowanych materiałów i kierunku jazdy przeciwwagi.

Nastawy ciśnienia i czasowe stanowią obok wielkości obciążnika lub siły ugięcia sprężyn talerzykowych podstawowe dane charakteryzujące układ hamulcowy [49], [57], [58], [59].

3.4. Hamulce pneumatyczne

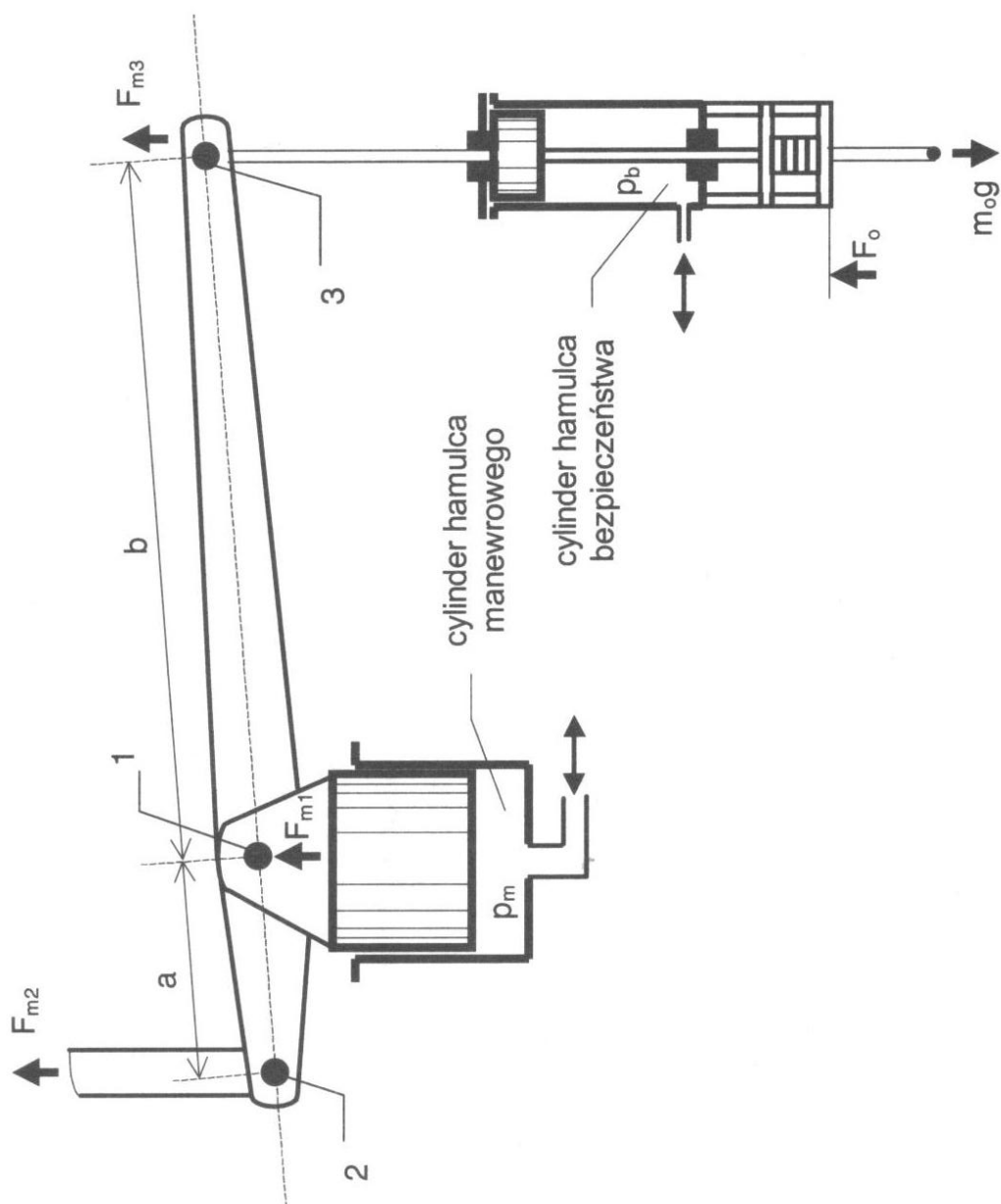
Najbardziej rozpowszechnionym typem hamulca pneumatycznego stosowanego w maszynach wyciągowych jest model zespolonego, szybko działającego napędu hamulcowego SSW (skonstruowany przez firmę Siemens-Schuckert Werke) z tzw. pływającą dźwignią. Cechą charakterystyczną jest zaangażowanie hamulca manewrowego w procesie hamowania bezpieczeństwa. Należy zwrócić uwagę na to, że napędy hamulcowe pneumatyczne dysponują dwoma niezależnymi źródłami siły hamującej; siła naporu sprężonego powietrza i siła ciężkości obciążnika, są to podstawowe czynniki wpływający na niezawodność tych hamulców [8], [9], [43], [45].

Rozwiązanie konstrukcyjne hamulca SSW w uproszczony sposób przedstawiono na rysunku 3-1. „Dwa tłoki, manewrowy i bezpieczeństwa, poruszające się ruchem pionowym w swoich cylindrach, są ze sobą połączone dźwignią, która nie ma stałego

punktu podparcia, natomiast przemieszcza się wraz z tłokami hamowania manewrowego i bezpieczeństwa. Tłok hamowania bezpieczeństwa jest obciążony ciężarem, który w trybie manewrowym jest uniesiony do góry doprowadzonym ciśnieniem sprężonego powietrza pb. Natomiast tłok cylindra manewrowego jest przesuwany w odpowiednie miejsce, proporcjonalnie do położenia dźwigni hamulca manewrowego w pulpicie sterującym operatora, dając regulowaną siłę hamowania. Odhamowanie manewrowe następuje w wyniku obniżenia ciśnienia pm w cylindrze hamowania manewrowego przy uniesionym uprzednio tłoku hamowania bezpieczeństwa ciśnieniem przeciwstawiającym się ciężarowi m_{og} , czyli przy najwyższym położeniu punktu 3. Następuje ruch punktów 1 i 2 w dół, odsuwający szczęki od bieżni poprzez dźwignię hamulcową. Hamowanie jest ruchem w odwrotną stronę i przez regulację ciśnienia następuje przesuwanie szczęk do bieżni i docisk z regulowaną siłą. Wyzwolenie hamowania bezpieczeństwa jest realizowane przez otwarcie otworu upustowego w cylindrze hamowania bezpieczeństwa i przemieszczenie punktu 3 maksymalnie w dół w czasie zależnym od przekroju otworu upustowego. Powoduje to równocześnie obrót dźwigni pływającej wokół punktu 1 i unoszenie punktu 2, a tym samym dociskanie szczęk hamulcowych do bieżni hamującej. Z przedstawionego opisu systemu SSW wynika jego zasadnicza idea, którą jest uzyskanie wzajemnego uzależniania hamowania manewrowego i bezpieczeństwa w wyniku przenoszenia sił obydwu rodzajów hamowania na szczęki hamulcowe jedną dźwignią” [80].

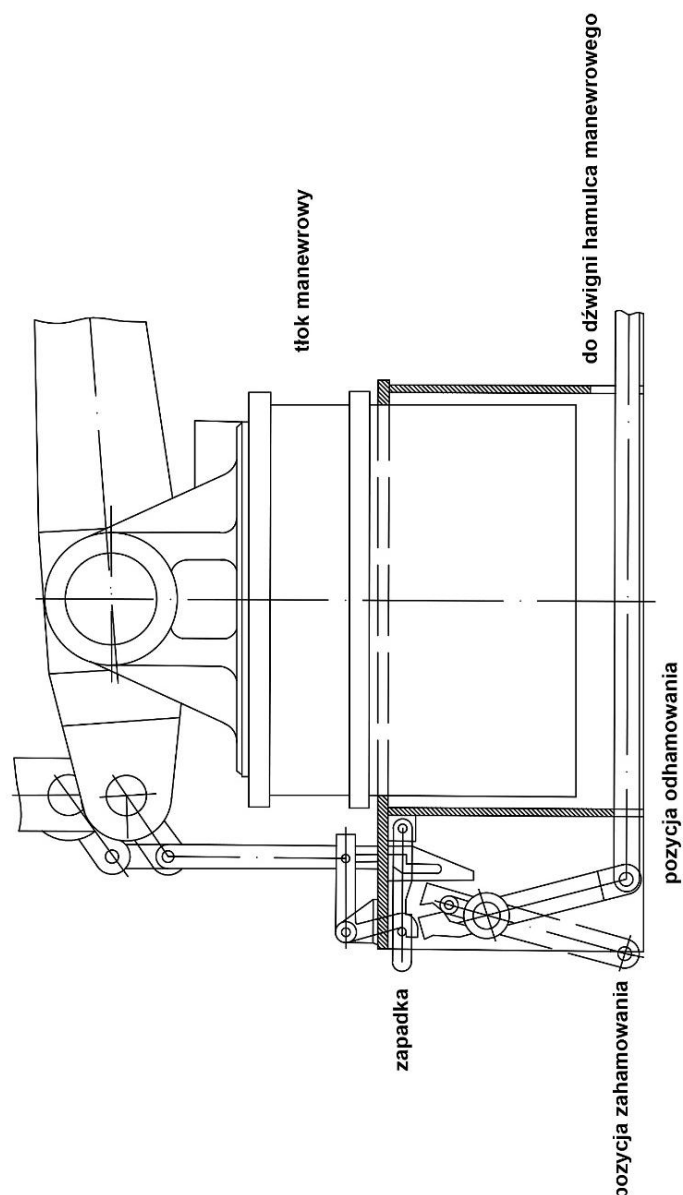
Przykładem stosowania tego układu, są maszyny wyciągowe pracujące w kopalni Brzeszcze w następujących górniczych wyciągach szybowych: Andrzej I, Andrzej II, AIIIw, Andrzej IIIz, Andrzej IV, Andrzej Vw, Andrzej IX [1], [2], [10], [12], [13], [18], [27], [28],[42].

Jednym z pierwszych zastosowanych zabezpieczeń maszyn wyciągowych związanych z pracą hamulca jest blokada mechaniczna hamulca manewrowego. Układ pracuje w napędach hamulcowych SSW. W przypadku nadmiernego zużycia szczęk i wynikającego stąd, zbyt dużego skoku roboczego tłoka manewrowego, zapadka (proporcjonalnie do skoku tłoka manewrowego) opadając blokuje w pozycji zahamowania dźwignię połączoną z ręczną dźwignią hamulca manewrowego.



Rysunek 3-1: Schemat kinematyczny napędu hamulcowego systemu SSW z pływającą dźwignią [80]

Obecnie kontrola wytarcia okładzin w hamulcach szczękowych jest realizowana poprzez łącznik kontrolujący skok roboczy cylindra napędu siłownika hamulcowego, który zwiększa się proporcjonalnie do zużycia okładzin [32], [50], [86], [92]. Rozwiązanie to przedstawiono na rysunku 3-2.



Rysunek 3-2: Ogranicznik skoku SSW

W napędzie hamulcowym firmy SSW zależność pomiędzy położeniem tłoka a wychyleniem dźwigni manewrowej jest realizowana przez zespół sterowania hamulca. W kopalni Brzeszcze stosowane są dwa rozwiązania sterowania systemu hamulcowego SSW:

- regulator Iversen – jest to rozdzielacz trójdrożny z wewnętrznym sprzężeniem zwrotnym,
- zespół sterowania hamulca ZEP-3, siła napędu pneumatycznego hamulca może być regulowana bezstopniowo bądź dwustopniowo, natomiast siła pochodząca od obciążnika – dwustopniowo. Sygnały sterujące są przenoszone na drodze elektrycznej [6], [7], [26], [29], [30], [34], [36], [47], [53], [81].

3.5. Hamulce tarczowe

W hamulcach tarczowych zasada działania i konstrukcja oparta jest na docisku do tarczy hamulcowej pary szczęk, za pomocą siłowników sprężynowo– hydraulicznych.

Podstawowe elementy tworzące system hamulców tarczowych maszyny wyciągowej to:

- a) zespół siłowników hamulcowych,
- b) w pełni redundantny agregat hydrauliczny z zespołem zaworów przełączających,
- c) szafa zasilania, sterowania i zabezpieczeń systemu hamulcowego,
- d) elementy sterownicze i sygnalizacyjne w pulpicie sterowniczym maszyny wyciągowej.

Siłowniki hamulcowe są elementami wykonawczymi hamulców tarczowych. Rozmieszczone są one parami na stojakach, których liczba wynika z obliczeń projektowych. Moment hamujący wywołany jest przez docisk elementów ciernych poszczególnych siłowników do tarczy hamulcowej, zainstalowanej na pobocznicach linopędni. Regulację siły docisku uzyskuje się poprzez zmianę ciśnienia w układzie, co przeciwdziała sile wywołanej przez sprężyny. Przez regulację ciśnienia oleju w cylindrach siłowników w zakresie od p_{min} do p_{max} uzyskuje się regulację momentu hamującego w zakresie od M_{max} do 0 [5], [24], [49].

Na rysunku 3-3 i rysunku 3-4 przedstawiono przekrój siłowników. W stanie spoczynku, przy braku ciśnienia roboczego, sprężyny dociskają okładziny do tarczy, powodując trwałe zahamowanie. Odhamowanie następuje po zwiększeniu ciśnienia oleju. Usytuowanie w jednej osi obydwu tłoków, powoduje docisk do tego samego wycinka tarczy, nie pozwalając na jej miejscowe odkształcenie.

Rozwiązania konstrukcyjne siłowników poszczególnych firm różnią się nieznacznie pomiędzy sobą, jednakże wszystkie wykorzystują napęd sprężynowo – hydrauliczny, czyli posiadają jedno źródło siły hamującej. Łączy się je w zestawy wieloszczękowe, oddziałujące na dwie tarcze hamulcowe (zwielokrotnienie liczby par siłowników), przez co uzyskuje się wysoką niezawodność. Każdy z zestawów jest montowany na sztywnym stojaku przymocowanym do podłoża. Stosowane tarcze mają grubość $30 \div 50$ mm i są połączone śrubami z poboczną pędni linowej. Szczeliny dylatacyjne pomiędzy poszczególnymi częściami tarcz chronią przed ewentualnymi deformacjami tarcz w wyniku zwiększenia temperatury w czasie procesu hamowania.

W hamulcach tarczowych wielkość szczeliny między okładziną szczęki a bieżnią tarczy ma wpływ na odprężanie się sprężyn talerzowych. Zatem nadmierna wielkość szczeliny powoduje spadek efektywnej siły docisku sprężyn. Do prawidłowego działania konieczne jest stałe monitorowanie szczeliny pomiędzy tarczą i okładzinami hamulcowymi. Przy zwiększaniu się jej, w miarę zużycia, powinna być ona korygowana. W tym celu stosuje się układ do pomiaru: luzu szczękowego, zahamowania i maksymalnego zużycia [23], [75].

Każdy siłownik wyposażony jest w układ kontroli realizujący następujące funkcje:

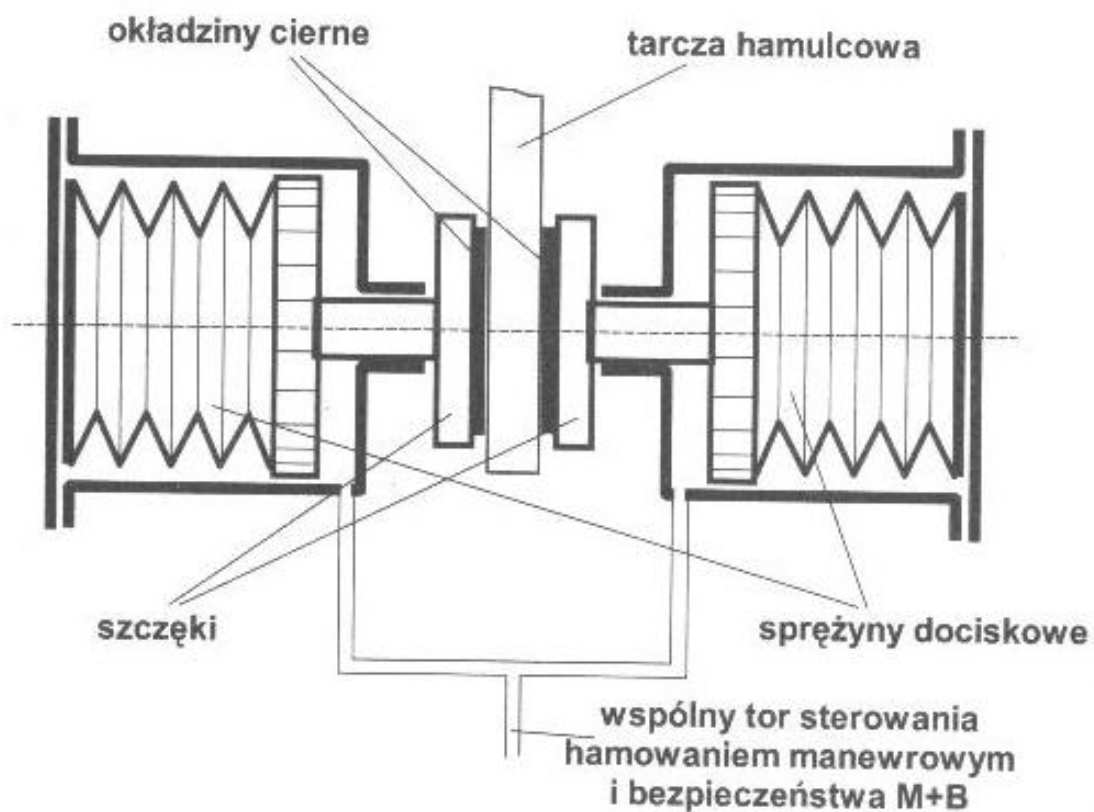
- kontrola wytarcia okładzin hamulcowych siłownika,
- kontrola stanu całkowitego zahamowania,
- kontrola maksymalnego zużycia okładzin siłownika,
- kontrola stanu całkowitego odhamowania.

W celu zapewnienia pełnego rezerwowania, w układzie sterowania hamulców hydraulicznych, stosowane są dwa niezależnie pracujące agregaty hamulcowe. Włączenie do pracy odbywa się poprzez zmianę położenia odpowiedniego zaworu (przełącznicy hydraulicznej).

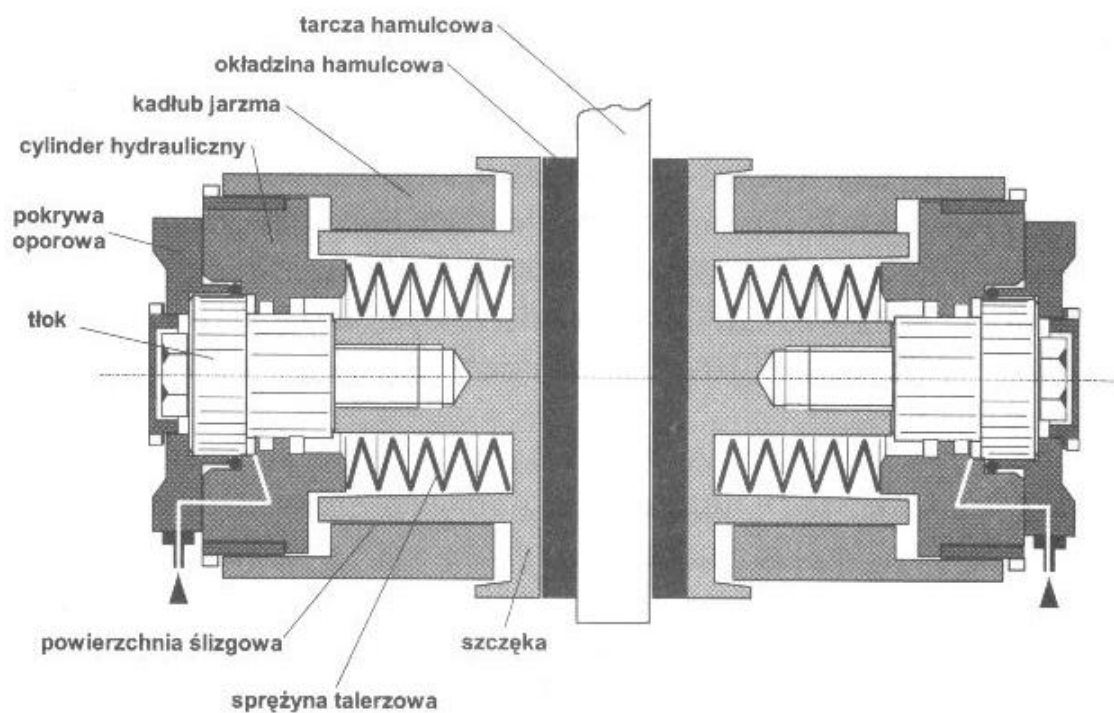
Każdy agregat zawiera elementy hydrauliczne, niezbędne dla wytworzenia i regulacji ciśnienia w cylindrach siłowników hamulcowych tak, aby zapewnić wymaganą wartość momentu hamującego w czasie hamowania manewrowego i bezpieczeństwa. Zawiera on również niezbędne czujniki pomiarowe, określające aktualny stan pracy systemu hamulcowego.

Szafa elektrycznego sterowania hamulca składa się z:

- układu zasilania poszczególnych elementów agregatu oraz układów ich sterowania i kontroli,
- układów elektrycznego sterowania zaworów, pomp i grzejników układu hydraulicznego sterowania systemu hamulcowego,
- układów kontrolnych i zabezpieczających, które zapewniają wymaganą niezawodność pracy systemu hamulcowego [2], [61], [92].



Rysunek 3-3: Przekrój siłowników hamulca tarczowego, z dociskiem sprężynowym i odprowadzeniem hydraulicznymi [80]



Rysunek 3-4: Siłownik BSFG-408 firmy ASEA-Häggglunds [80]

W pulpicie sterowniczym maszyny znajdują się:

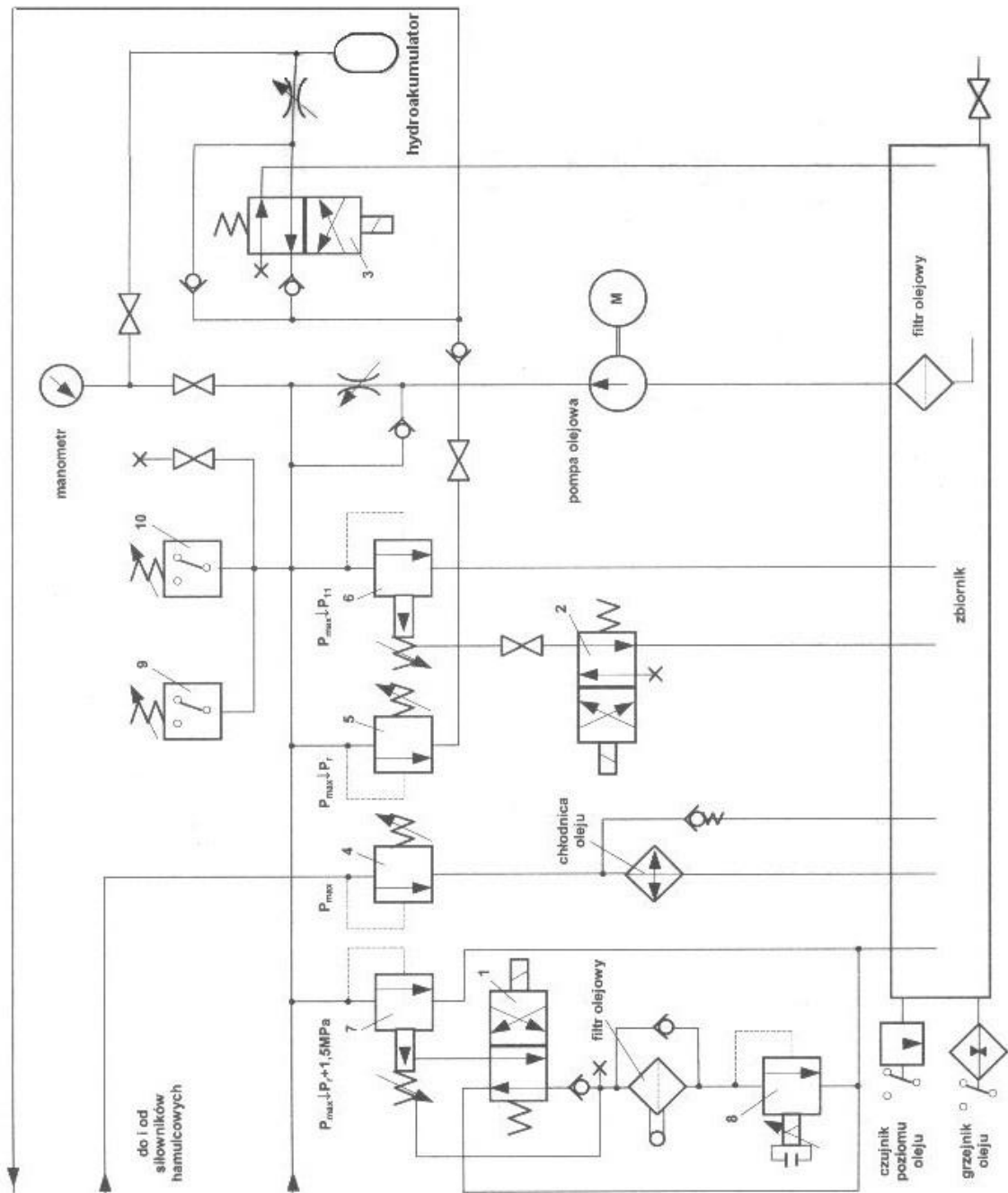
- zadajnik indukcyjny wielkości momentu hamującego przy sterowaniu ręcznym,
- elementy sygnalizacji optycznej stanu pracy i działania zabezpieczeń systemu hamulcowego.

3.5.1. Układy hamulcowe hydrauliczne typu ASEA

Schemat agregatu zasilająco-sterowniczego elektrohydraulicznego firmy Hägglunds-ASEA przedstawiono na rysunku 3-5. Służy on do sterowania wieloelementowymi zespołami hamulców tarczowych, Układ ten pracował w maszynie wyciągowej górniczego wyciągu szybowego szybu Andrzej Vz.

Poszczególne stany pracy agregatu odpowiadają stanomysterowania hamulców i pozwalają na realizację funkcji sterowania maszyną wyciągową:

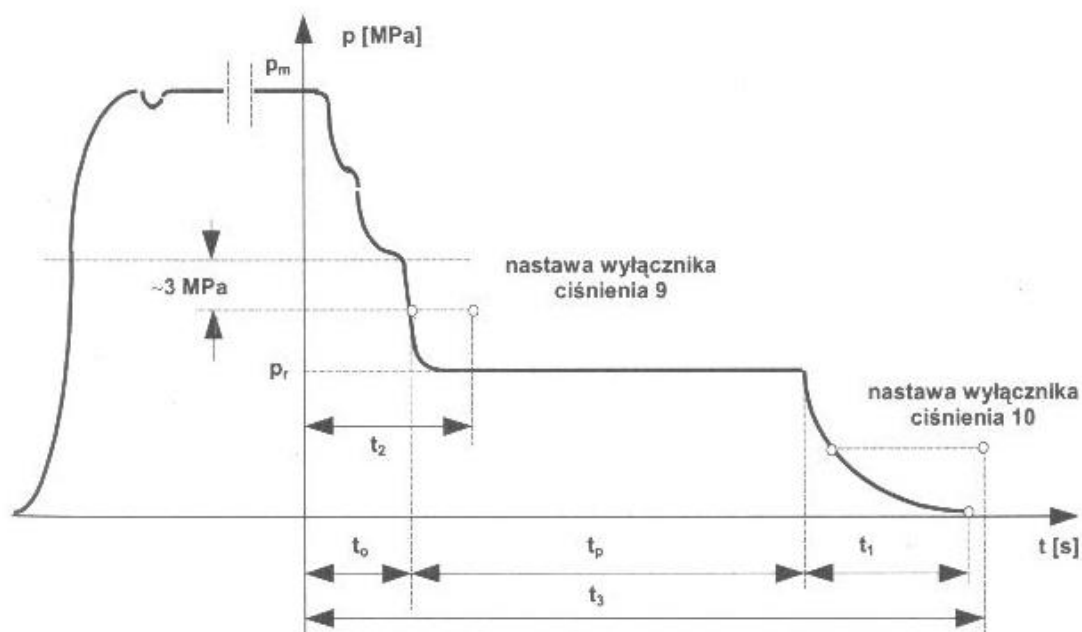
- odhamowanie – ciśnienie w siłownikach ma wtedy wartość maksymalną p_{max} , pompa samoczynnie przełącza się na niską prędkość, rozdzielacze 1, 2, 3 i cewka regulatora 8 są pod napięciem, ograniczniki ciśnienia 6, 7 sąysterowane na wartość maksymalną, spływ oleju do zbiornika odbywa się przez zawór przelewowy 4, utrzymujący maksymalne ciśnienie robocze,
- hamowanie – przestawienie dźwigni na pozycję pełnego zahamowania powoduje przerwę zasilania rozdzielacza 2 i dodatkowy spływ przez przelew 5 zapewnia stan zahamowania, cewki rozdzielaczy pozostają pod napięciem,
- hamowanie bezpieczeństwa – cewki rozdzielaczy 1, 2, 3 oraz regulatora 8 są pozbawione zasilania, silnik pompy zostaje wyłączony, spływ oleju przebiega przez ogranicznik 6 i ogranicznik 7, ponadto otwiera się spływ oleju przez zawór przelewowy 5 do ograniczonego ciśnienia, poprzez rozdzielacz 3 hydroakumulator zostaje podłączony do przewodu zasilania siłowników, pozwalając stabilizować ciśnienie w siłownikach na poziomie resztkowym przez czas przewidziany na zahamowanie wyciągu (regulacji czasu dokonuje się dławikiem).



Rysunek 3-5: Schemat agregatu zasilająco-sterowniczego firmy Hägglunds-ASEA [80]

1,2,3 – rozdzielacze elektromagnetyczne; 4,5 – zawory przelewowe; 6,7 – ograniczniki ciśnienia; 8 – regulator ciśnienia; 9,10 – wyłączniki kontroli ciśnienia

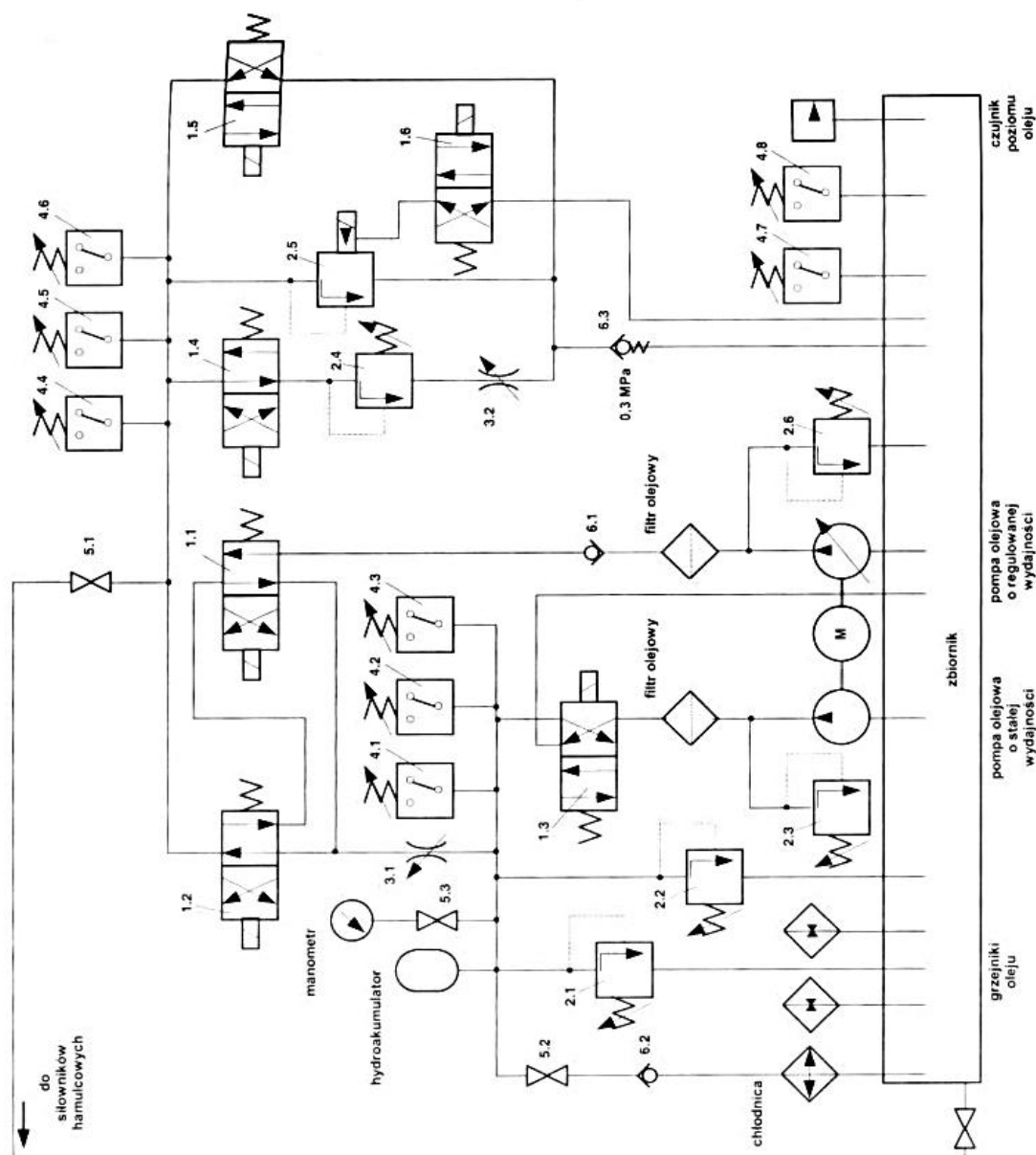
Konstrukcja agregatu elektrohydraulicznego przewiduje kilka dróg sływu oleju, stanowiących połączenie równoległe, stopień gotowości do akcji jest zatem wysoki. Przebieg ciśnienia (I i II stopień wraz z ich kontrolą czasu wystąpienia i działania) podczas hamowania bezpieczeństwa omawianego agregatu przedstawiono na rysunku 3-6 [41], [55], [67], [80], [91], [92].



Rysunek 3-6: Przebieg ciśnienia odwodzenia podczas hamowania bezpieczeństwa układem hamulcowym z agregatem Hägglunds-ASEA [80]

3.5.2. Układ hamulcowy hydrauliczny typu Bosch

Na rysunku 3-7 przedstawiono schemat agregatu zasilająco-sterowniczego firmy Bosch. Układ ten pracuje w maszynie wyciągowej szybu Andrzej VIII. Wyposażony jest w dwie pompy, napędzane jednym silnikiem, z których główna ma zmienną wydajność, pomocnicza – stałą wydajność oraz pompę ręczną. Zbiornik, wraz z chłodnicą i grzałką, stanowi układ zasilania instalacji olejem o stabilizowanej temperaturze. Olej przepływa od pompy głównej przez: filtr, zawór zwrotny 6.1 oraz dwa elektrozawory 1.1 i 1.2 w układzie kaskadowym i zawór 5.1 do jednoprzewodowej sieci siłowników. Odgańlenie przed filtrem prowadzi do zaworu przelewowego 2.6, zabezpieczającego przed wzrostem ciśnienia i spływu do zbiornika. Pompa pomocnicza zasila przez filtr elektrozawór 1.3, prowadzący w stanie beznapięciowym do spływu, a przy wystereowaniu do hydroakumulatora. Gałąź ta, jeśli elektrozawór 1.2 nie ma podanego napięcia, jest połączona z siecią siłowników przez zawór dławiący 3.1.



Rysunek 3-7: Schemat funkcjonalny agregatu elektrohydraulicznego Bosch [80]

1.1÷1.6 – rozdzielacze, 2.1÷2.6 – zawory przelewowe (zawór 2.5 jest regulatorem ciśnienia), 3.1÷3.2 – zawory dławiące, 4.1÷4.8 – wyłączniki ciśnieniowe, 5.1÷5.3 – zawory odcinające, 6.1÷6.3 – zawory zwrotne

Poszczególne stany pracy agregatu odpowiadają stanom hamulców i pozwalają na realizację funkcji sterowania maszyną wyciągową:

- hamowanie bezpieczeństwa – dwa elektrozawory 1.1 i 1.2, połączone kaskadowo dokonują przełączenia ze stanu zasilania siłowników przez pompę do stanu połączenia z zespołem hamowania bezpieczeństwa. Następuje odcięcie zasilania pompy głównej, w siłownikach spada ciśnienie do wartości resztkowej, odpowiadającej nastawie zaworu przelewowego

(hamowanie I stopnia) i jest stabilizowane czasowo dzięki uzupełnianiu strat kosztem hydroakumulatora. Spływ oleju podczas hamowania bezpieczeństwa odbywa się poprzez zawór 2.2, wykonanie prawidłowego hamowania zapewnia regulator ciśnienia 2.5 i zamknięcie rozdzielacza 1.6,

- hamowanie awaryjne bezpieczeństwa – w przypadku zadziałania obwodu bezpieczeństwa następuje hamowanie z pełną siłą, spowolnione w początkowej fazie dławikiem 3.2.

- hamowanie manewrowe ręczne – regulator ciśnienia 2.5 jest sterowany zadajnikiem indukcyjnym, sprzężonym z ręczną dźwignią hamowania manewrowego pulpitu operatorskiego. W celu osiągnięcia pełnego zakresu regulacji ciśnienia, elektrozawór musi być zasilany,

- hamowanie pełną siłą w pobliżu poziomów krańcowych – zawór 1.5 w normalnym hamowaniu bezpieczeństwa działający ze zwłoką czasową w tym wypadku jest udrożniony bezzwłocznie,

- dobieg szczęk – układ przewiduje w krańcowych położeniach wysterowanie zaworu 1.4, co spowoduje spływ oleju przez zawór przelewowy 2.4 i dojście szczęk do bieżni hamulcowej bez istotnej siły docisku,

Zabezpieczenia hamulca maszyny wyciągowej górniczego wyciągu szybowego działające na obwód bezpieczeństwa:

- za niskie ciśnienie oleju w układzie hamowania bezpieczeństwa,
- za wysokie ciśnienie oleju w układzie hamowania bezpieczeństwa,
- uszkodzenie rozdzielaczy Y231, Y232 układu hamowania bezpieczeństwa,
- kontrola zahamowania hamulca,
- kontrola odhamowania hamulca,
- uszkodzenie obwodu regulatora ciśnienia PKY21,
- uszkodzenie zaworu blokującego Y211,
- uszkodzenie czujników kontroli ciśnienia zahamowania,
- nieprawidłowe przełączenie agregatów,
- uszkodzenie zaworu hamowania asekuracyjnego Y27,
- uszkodzenie zaworu pełnego hamowania Y22,
- za wysoka temperatura oleju,

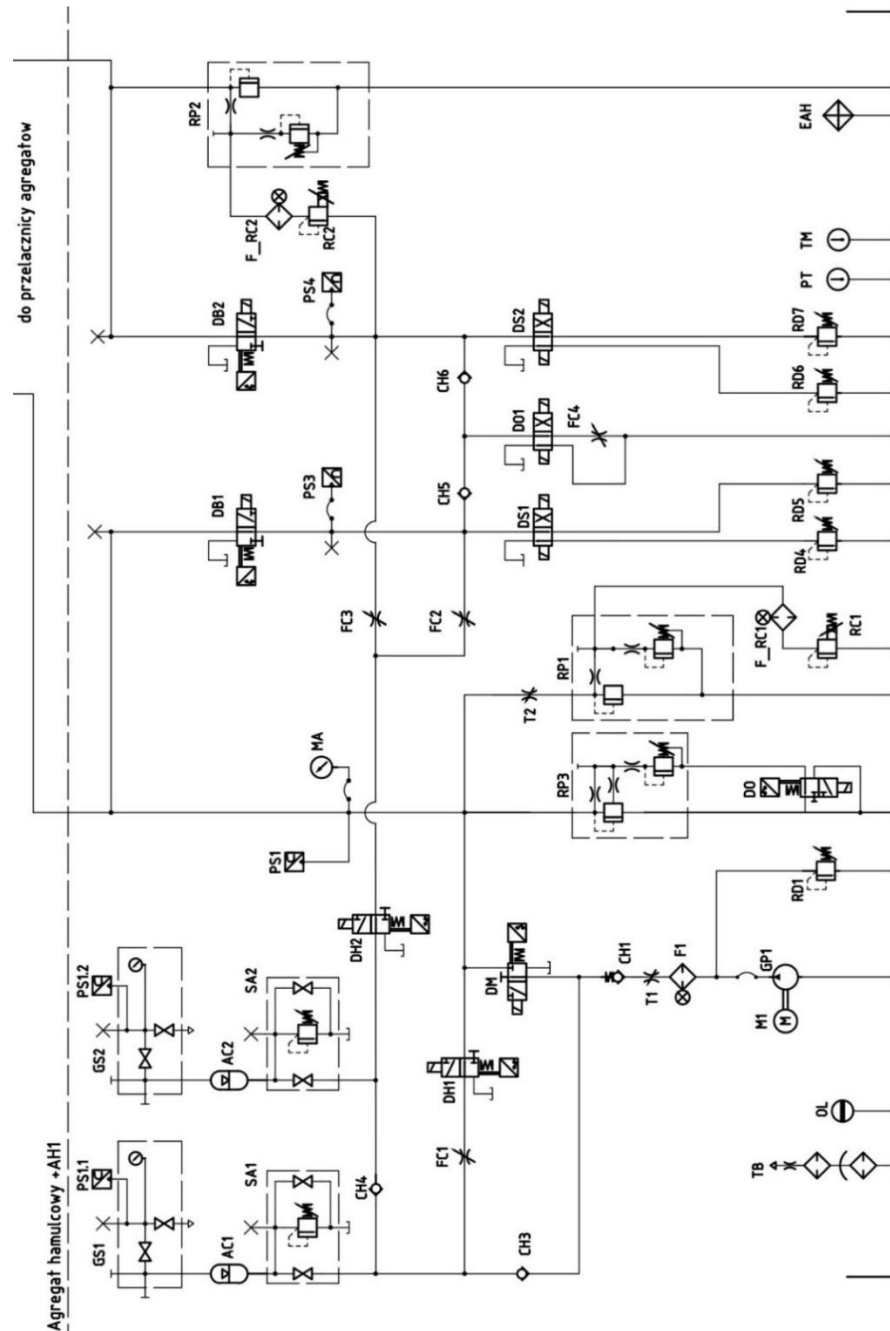
- za niski poziom oleju w zbiorniku,
- zabrudzony filtr lub za gęsty olej,
- uszkodzenie łączników sterowania pełną siłą,
- wyboczenie tarcz hamulcowych,
- maksymalne zużycie okładzin siłowników,
- wytarcie okładziny hamulcowej siłowników

[11], [14], [17], [33], [35], [46], [48], [71], [80].

4. Badania elementów obwodu bezpieczeństwa maszyny wyciągowej odpowiedzialnych za pracę agregatu hydraulicznego układu hamulcowego maszyny wyciągowej w celu optymalizacji procesu kontroli

4.1. Zasada działania badanego układu hamulcowego

4.1.1. Układ hamulcowy

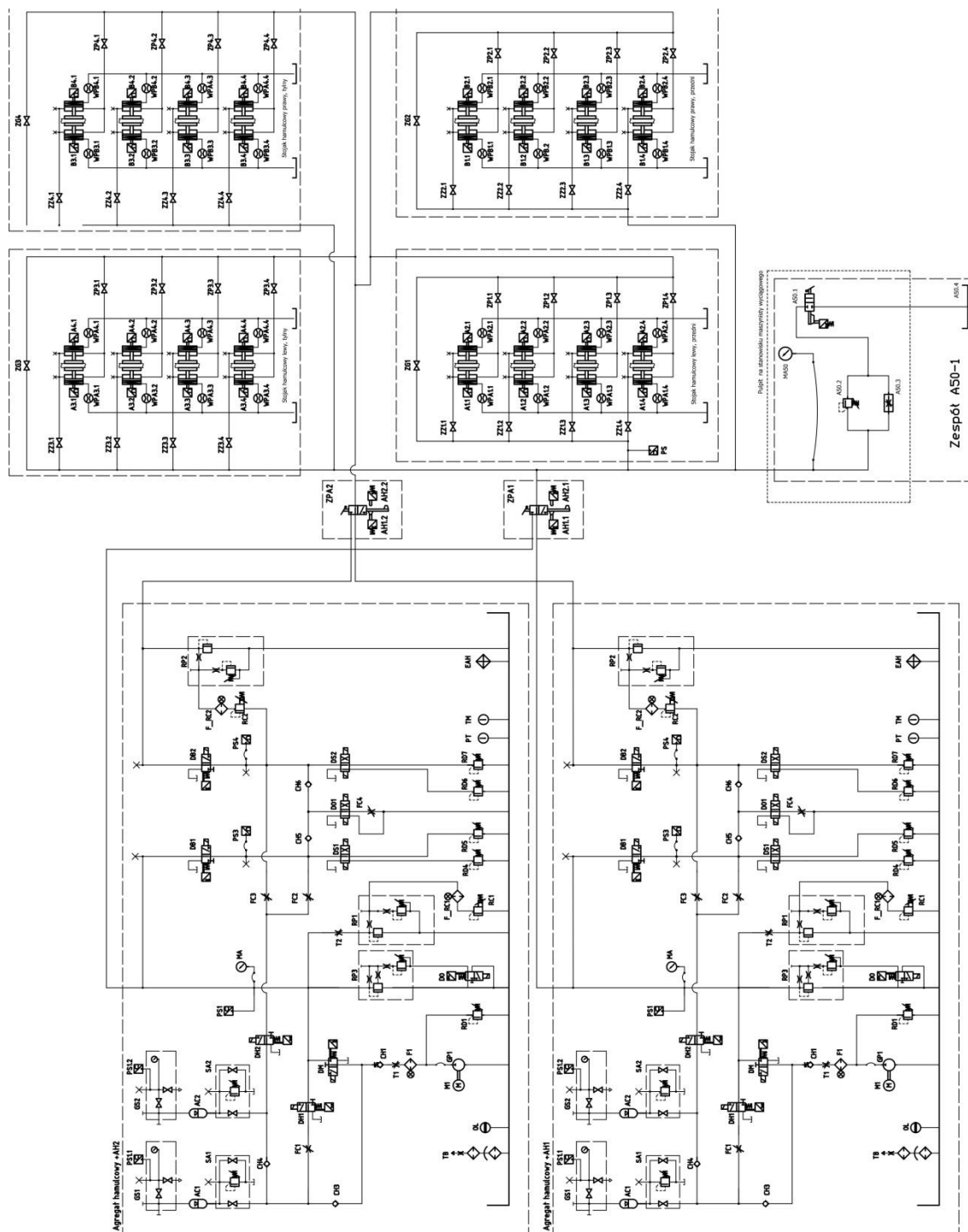


Rysunek 4-1: Schemat sterowania układu hamulcowego – agregatu AH1 [15], (rysunek stanowi również załącznik A)

Oznaczenia:

Agregaty hamulcowe:

M1	Silnik napędowy pompy
GP1	Pompa zębata
F1, F_RC1, F_RC2	Filtr oleju z elektryczną kontrolą zabrudzenia
RD1, RD4 ÷ RD7	Zawór przelewowy bezpośredniego działania
T1, T2	Zawór dławiący
RP1 ÷ RP3	Zawór przelewowy bezpośredniego działania
CH1, CH3 ÷ CH6	Zawory zwrotne
FC1 ÷ FC4	Regulatory przepływu
RC1, RC2	Proporcjonalne regulatory ciśnienia
DB1, DB2, DO, DH1, DH2	Rozdzielacze hydrauliczne
DS1, DS2, DO1, DM	Rozdzielacze hydrauliczne
PS1, PS3, PS4	Przetworniki ciśnienia oleju
MA	Manometr ciśnienia oleju
AC1, AC2	Hydroakumulator pęcherzowy
SA1, SA2	Blok zabezpieczenia strony olejowej hydroakumulatora
GS1, GS2	Blok zabezpieczenia strony gazowej hydroakumulatora
PS1.1, PS1.2	Przetworniki ciśnienia azotu
TB	Filtr zalewowy z filtrem powietrza
PT	Przetwornik temperatury oleju
TM	Termostat temperatury oleju
EAH	Grzałki oleju
OL	Olejowskaz z czujnikiem elektrycznym
Osprzęt:	
ZPA1, ZPA2	Zawory przełączania agregatów
AH1.1 ÷ AH2.2	Czujniki położenia dźwigni zaworów przełączania agregatów
PS	Przetwornik ciśnienia oleju
Stojaki hamulcowe:	
A1.1 ÷ B4.4	Siłowniki hamulcowe
ZG1 ÷ ZG4	Ręczne zwory odcinające
ZZ1.1 ÷ ZZ4.4	
ZP1.1 ÷ ZP4.4	
WPA1.1 ÷ WPA4.4	Optyczne wskaźniki intensywności przecieków technologicznych siłowników
WPB1.1 ÷ WPB4.4	



Rysunek 4-2: Schemat połączenia agregatów z siłownikami wraz z przełącznicą agregatów ZPA1, ZPA2 oraz zespołem awaryjnego zatrzymania maszyny wyciągowej A50-1 [15] (rysunek w większym formacie dołączono w załączniku B).

4.1.2. Ogólna charakterystyka

Funkcje sterowania i zabezpieczeń maszyny wyciągowej są realizowane poprzez dwa niezależnie sterowniki programowalne SM1 i SM2 zabudowane w szafie sterowniczej, które odczytują stany poszczególnych elementów maszyny oraz sterują elementami wykonawczymi.

Na rysunku 4-2 (rysunek stanowi również załącznik B) przedstawiono schemat połączenia agregatów hydraulicznych z siłownikami wraz z przełącznicą agregatów ZPA1, ZPA2 oraz zespołem awaryjnego zatrzymania maszyny wyciągowej A50-1 [15]. Układ hamulcowy maszyny wyciągowej wyposażony jest w 14 par siłowników, zabudowanych na czterech stojakach hamulcowych, działających na dwie tarcze hamulcowe oraz w dwa niezależne agregaty hamulcowe. Wybór czynnego agregatu hamulcowego następuje poprzez, wykonywaną ręcznie, zmianę położenia dwóch zaworów przełączania agregatów. Siła hamująca siłowników hamulcowych generowana jest przez pakiety sprężyn, natomiast ich odwodzenie następuje poprzez zwiększenie ciśnienia oleju zasilającego [Rysunek 3-3]. Zasilanie i sterowanie siłowników hamulca stanowią dwa niezależne agregaty hydrauliczne +AH1 i +AH2, które realizują hamowanie manewrowe w sterowaniu ręcznym i automatycznym oraz hamowanie bezpieczeństwa.

W przypadku braku spływu oleju przez agregaty hydrauliczne, rurociąg zasilający siłowniki jest połączony z zespołem awaryjnego zatrzymania maszyny wyciągowej A50-1. Zespół A50-1 umożliwia awaryjne, ręczne zahamowanie maszyny wyciągowej, poprzez otwarcie dodatkowej niezależnej od agregatów hamulcowych drogi spływu oleju [16].

Do wyboru agregatu zasilania układu hamulcowego służy para ręcznie przestawianych trzydrogowych zaworów kulowych ZPA1, ZPA2, umożliwiającą wybór aktywnego agregatu hamulcowego.

Na rysunku 4-1 [15], (rysunek stanowi również załącznik A) przedstawiono schemat sterowania układu hamulcowego – agregatu AH1. Agregat hydrauliczny zbudowany jest z następujących zespołów funkcjonalnych:

- zespół przygotowania oleju,
- zespół regulacji ciśnienia hamowania manewrowego,
- zespół regulacji ciśnienia w czasie hamowania bezpieczeństwa [56].

4.1.2.1. Zespół przygotowania oleju

Zespół przygotowania oleju, przedstawiony na rysunku 4-1 [15], (rysunek stanowi również załącznik A) zbudowany jest z następujących podzespołów:

- zbiornika oleju o pojemności 270 dm³ [44],
- dwóch elektrycznych grzałek oleju (EAH), umożliwiających podgrzanie oleju, pozwalając na utrzymanie optymalnej temperatury pracy zapewniając stałą, optymalną lepkość oleju,
- elektronicznego przetwornika temperatury PT, pozwalającego na analogowy pomiar temperatury oleju zgromadzonego w zbiorniku umożliwiając odpowiednie sterowanie grzałkami OH celu utrzymania zadanej temperatury pracy oraz wizualną kontrolę poprawności działania układów regulacji temperatury oleju,
- termostatu TM, umożliwiającego zabezpieczenie układu przed nadmiernym wzrostem temperatury w skutek awarii sterowania grzałki oleju odcinając jej zasilanie elektryczne po przekroczeniu określonej temperatury,
- olejowskazu z elektryczną kontrolą zbyt niskiego poziomu oleju OL, umożliwiającego wizualną kontrolę poziomu oleju zgromadzonego w zbiorniku zapewniając jednocześnie elektryczną sygnalizację jego zbyt niskiego stanu. Obniżenie poziomu oleju powoduje wyłączenie obwodu bezpieczeństwa oraz przerwanie obwodu zasilania elektrycznego silnika napędowego pompy [15].

4.1.2.2. Układ hamulca podczas hamowania manewrowego

Do układu zasilania hamulca, przedstawionego na rysunku 4-1 [15], (rysunek stanowi również załącznik A) należą:

- pompa zębata GP1,
- filtr z optyczną i elektryczną kontrolą zabrudzenia F1,
- zawór zwrotnego CH1,
- zawór przelewowego RD1,
- dławik T1.

W agregatach zastosowano pompę zębatą GP1 o stałej wydajności 12,7 cm³/obr napędzaną silnikiem elektrycznym z regulowaną częstotliwościowo prędkością obrotową. Taki rodzaj napędu pozwala na płynną regulację wydajności pompy. Rolą filtra F1 jest przygotowanie oleju poprzez jego oczyszczenie z zanieczyszczeń mechanicznych

mogących doprowadzić do uszkodzenia lub szybszego zużycia elementów hydraulicznych. Filtry są wyposażone w czujnik elektryczny i wskaźnik optyczny zabrudzenia. Zawór zwrotny CH1 pozwala na zasilanie układu hydraulicznego hamulca, zabezpieczając jednocześnie przed wstecznym przepływem medium roboczego przez pompę zębatą. Zawór przelewowy RD1 jest zaworem przelewowym bezpośredniego działania, zabezpieczającym pompę oraz przewody rurowe przed nadmiernym, potencjalnie niebezpiecznym wzrostem ciśnienia w układzie hydraulicznym hamulca, w szczególności w skutek zamknięcia dławika T1 lub uszkodzenia zaworu zwrotnego CH1 lub filtra F1. Dławik T1 pozwala na regulowane dławienie przepływu oleju zasilającego układ hydrauliczny hamulca pozwalając na ograniczenie uderzenia hydraulicznego [89].

Dodatkowo w skład układu zasilania hamulca wchodzi:

- rozdzielacz hydrauliczny DM,
- zawór zwrotny CH3.

Rozdzielacz hydrauliczny DM jest zaworem suwakowym, sterowanym elektrycznie, wyposażonym w elektryczną kontrolę położenia organu sterującego. Przeznaczeniem rozdzielacza hydraulicznego DM jest:

- odcięcie siłowników hamulcowych od zasilania olejem podczas załączania agregatu hydraulicznego do czasu napełnienia hydroakumulatorów,
- przerwanie zasilania olejem siłowników hamulcowych przez pompę zębatą GP1 w chwili przerywania obwodu bezpieczeństwa.

Zawór zwrotny CH3 umożliwia zasilanie olejem układu hamulca podczas hamowania bezpieczeństwa, zabezpieczając hydroakumulatory przed rozładowaniem podczas hamowania manewrowego [44].

Działanie zespołu regulacji ciśnienia w czasie hamowania manewrowego polega na zmianie ciśnienia otwarcia sterowanego hydraulicznie zaworu przelewowego RP1 poprzez wysterowanie odpowiedniego ciśnienia sterującego przez zawór RC1. Zawór RC1 jest zaworem sterowanym elektrycznie poprzez układ sterowania proporcjonalnie do wychylenia drążka hamulcowego (w sterowaniu ręcznym) lub odpowiednio do sygnałów generowanych przez układ sterowania (w sterowaniu automatycznym). Zawór ten jest zaworem normalnie zamkniętym, a obniżenie ciśnienia jego otwarcia realizowane jest poprzez zwiększenie napięcia sygnału sterującego. Zawór dławiący T2 umożliwia

ograniczenie szybkości wypływu oleju z siłowników hamulcowych ograniczając przeregulowania podczas zmiany ciśnienia otwarcia zaworu RP1 [15].

4.1.2.3. Układ hamulca podczas hamowania bezpieczeństwa

Układ zasilania hamulca podczas hamowania bezpieczeństwa, przedstawiony na rysunku 4-1 (rysunek stanowi również załącznik A) jest w pełni redundantny tzn. składa się dwóch niezależnych, identycznych funkcjonalnie układów. Ma to na celu podniesienie niezawodności wysterowania ciśnienia resztkowego w czasie hamowania bezpieczeństwa. Każdy z układów zasilania hamulca w czasie hamowania bezpieczeństwa wykorzystuje:

- hydroakumulator AC1 lub AC2,
- blok zabezpieczenia hydroakumulatora po stronie olejowej SA1 lub SA2,
- blok zabezpieczenia hydroakumulatora po stronie gazowej GA1 lub GA2,
- rozdzielacz hydrauliczny DH1 lub DH2,
- regulatory przepływu FC1, FC2 lub FC3.

Hydroakumulatory AC1 i AC2 stanowią źródło oleju dla utrzymania ciśnienia podczas hamowania bezpieczeństwa. Bloki zabezpieczenia hydroakumulatora po stronie olejowej SA1 i SA2 umożliwiają odcięcie lub opróżnienie hydroakumulatorów AC1 i AC2 dla celów napraw lub konserwacji oraz zabezpieczają hydroakumulatory przed nadmiernym wzrostem ciśnienia oleju. Bloki zabezpieczenia hydroakumulatora po stronie gazowej GA1 i GA2 umożliwiają wizualną i elektryczną kontrolę ciśnienia panującego po stronie gazowej hydroakumulatora oraz uzupełnianie azotu lub opróżnianie części gazowej hydroakumulatora do celów serwisowych. Rozdzielacze hydrauliczne DH1 i DH2 są elektrycznie sterowanymi zaworami suwakowymi, umożliwiającymi:

- odcięcie przepływu oleju pomiędzy hydroakumulatorami AC1 i AC2 a siłownikami hamulcowymi, aby nie nastąpiło ich rozładowanie w czasie hamowania manewrowego,
- zasilanie układu hydraulicznego hamulca przy pomocy hydroakumulatorów AC1 i AC2 w czasie hamowania bezpieczeństwa dla prędkości $V > 1 \text{ m/s}$ [44].

W celu kontroli poprawności działania, każdy z rozdzielaczy DH1 i DH2 wyposażono w elektryczną kontrolę położenia organu sterującego. Regulatory przepływu FC1, FC2, FC3 pozwalają na nastawienie niezależnego od ciśnienia i temperatury, stałego przepływu oleju zasilającego instalację w czasie hamowania bezpieczeństwa.

Celem kontroli poprawności nastaw i wyboru ciśnienia resztkowego, regulatory FC2 i FC3 ustalają w czasie odhamowania manewrowego natężenie przepływu oleju zasilającego.

Zawór zwrotny CH4 w czasie hamowania bezpieczeństwa oddziela od siebie układy uniemożliwiając przepływ oleju z AC2 w kierunku AC1 [15].

Zespół regulacji ciśnienia w czasie hamowania bezpieczeństwa pozwala również na szybkie obniżenie ciśnienia oraz umożliwia całkowite rozładowanie ciśnienia.

Układ szybkiego obniżenia ciśnienia zbudowany jest z:

- sterowanego hydraulicznie zaworu przelewowego RP3,
- rozdzielacza hydraulicznego DO.

Układ szybkiego obniżenia ciśnienia pozwala na szybkie obniżenie ciśnienia w układzie hydraulicznym hamulca zapewniając odpowiednio krótki czas zbliżenia szczęk siłowników do tarczy hamulcowej. W stanie napięciowym rozdzielacza hydraulicznego DO uniemożliwiony jest wypływ oleju przez sterowany hydraulicznie zawór przelewowy RP3. Po przerwaniu zasilania cewki rozdzielacza hydraulicznego DO udrażniane jest przyłącze sterujące Y ustalając ciśnienie otwarcia zaworu RP3 na poziomie nastawy zaworu przelewowego przyłącza Y. Zmiana nastawy tego zaworu przelewowego pozwala na zmianę czasu obniżenia ciśnienia do wartości odpowiadającej 2/3 siły hamującej. W celu kontroli poprawności działania zastosowany zawór DO w wyposażony jest elektryczną, dwustanową kontrolę położenia organu sterującego [44], [89].

Układ całkowitego rozładowania ciśnienia zbudowany jest z:

- dwóch zaworów zwrotnych CH5 i CH6,
- regulatora przepływu FC4,
- elektrozaworu DO1.

Zadaniem układu całkowitego rozładowania ciśnienia jest rozładowanie ciśnienia w instalacji hydraulicznej hamulca celem osiągnięcia pełnej siły hamującej. W zależności od położenia organu sterującego elektrozaworu DO1 obie drogi spływu układu ograniczenia ciśnienia do nastawianych mechanicznie wartości ciśnień resztkowych przyłączone są do zbiornika oleju bezpośrednio lub też za pośrednictwem regulatora

przepływu FC4. W przypadku uprawnienia pełnej siły zawór DO1 przełącza się obniżając do zera ciśnienie w układzie [15].

Układ umożliwia dwa sposoby hamowania bezpieczeństwa:

- z bezstopniowo nastawianą siłą hamującą sygnałem elektrycznym,
- z wyborem jednej z dwóch nastawionych mechanicznie sił hamowania, który służy do hamowania w określonych warunkach oraz asekuruje działanie układu z bezstopniowo nastawianą siłą hamującą.

4.1.2.3.1. Hamowanie bezpieczeństwa z nastawianymi elektrycznie siłami hamującymi

Układ ograniczenia ciśnienia, do bezstopniowo nastawianej elektrycznie wartości ciśnienia resztkowego, przedstawiony na rysunku 4-1 [15], (rysunek stanowi również załącznik A) zbudowany jest ze regulowanego hydraulicznie zaworu przelewowego RP2 sterowanego przez proporcjonalny zawór przelewowy RC2. Proporcjonalny zawór przelewowy RC2 ma budowę umożliwiającą regulację wartości ciśnienia otwarcia za pomocą zmiany wartości napięcia sterującego, przy czym napięcie 10 V odpowiada maksymalnemu ciśnieniu zamknięcia zaworu. Podczas hamowania bezpieczeństwa z bezstopniowo nastawianą sygnałem elektrycznym siłą hamującą proporcjonalny zawór przelewowy RC2 sterowany jest w taki sposób by uzyskać wyznaczone ciśnienie resztkowe, co powoduje takie sameysterowanie ciśnienia otwarcia sterowanego hydraulicznie zaworu przelewowego RP2 [44].

W chwili przerwania obwodu bezpieczeństwa zostaje wyłączona pompa i rozdzielacze hydrauliczne DM i DO. Wyłączenie zasilania cewki rozdzielacza hydraulicznego DM powoduje odcięcie dopływu oleju z układu zasilania hamulca podczas hamowania manewrowego do siłowników, a zasilanie układu odbywa się z układu zasilania hamulca podczas hamowania bezpieczeństwa. Wyłączenie cewki rozdzielacza hydraulicznego DO powoduje ustawienie ciśnienia otwarcia hydraulicznie sterowanego zaworu przelewowego RP3 na poziomie umożliwiającym uzyskanie odpowiednio szybkiego narostu siły hamującej [44], [88].

Sterownik SM2, ustala prąd regulatora RC2 tak, że sterowany hydraulicznie zawór przelewowy RP2 ustala w instalacji hamulca żądane ciśnienie, powodując hamowanie oraz kształtując w początkowej fazie czas narostu siły hamującej. Jednocześnie sterowniki SM1 i SM2 za pomocą czujników ciśnienia PS i PS1 sprawdzają wartość ciśnienia w siłownikach hamulca.

W przypadku braku odpowiedniej reakcji ciśnienia w ciągu 0,3 s od wyłączenia obwodu bezpieczeństwa każdy ze sterowników może wyłączyć zawory DB1, DB2 i wywołać spływ oleju przez zawory RD5, RD7 [15], [56].

4.1.2.3.2. Hamowanie bezpieczeństwa z nastawianymi mechanicznie siłami hamującymi

Układ ograniczenia ciśnienia do nastawianych mechanicznie wartości ciśnień resztkowych, przedstawiony na rysunku 4-1 [15], (rysunek stanowi również załącznik A) składa się z dwóch identycznych funkcjonalnie podukładów, z których każdy zbudowany jest z:

- rozdzielacza hydraulicznego (DB1 lub DB2),
- rozdzielacza hydraulicznego (DS1 lub DS2),
- dwóch zaworów przelewowych (RD4 i RD5 lub RD6 i RD7),
- analogowych przetworników ciśnienia PS3, PS4.

Rozdzielacze hydrauliczne DB1 i DB2 są elektrycznie sterowanymi zaworami suwakowymi typu 3/2, wyposażonymi w elektryczną, dwustanową kontrolę położenia organu sterującego. Po załączeniu obwodu bezpieczeństwa cewki rozdzielaczy hydraulicznych DB1 i DB2 są w stanie napięciowym uniemożliwiając wypływ oleju z siłowników. Przerwanie obwodu powoduje otwarcie rozdzielaczy i wypływ oleju, przy czym rozdzielacz DB1 połączony jest bezpośrednio z rurociągiem zasilającym, a rozdzielacz DB2 z rurociągiem powrotnym siłowników [Rysunek 4-2]. Rozdzielacze hydrauliczne DS1 i DS2 są sterowanymi elektrycznie zaworami suwakowymi typu 4/2, których przesterowanie dokonuje wyboru wartości siły hamującej, umożliwiając przepływ oleju poprzez:

- zawory przelewowe RD4 i RD6 powodując w czasie hamowania bezpieczeństwa ograniczenie ciśnień do wartości ciśnień resztkowych zapewniających większą siłę hamującą,
- zawory przelewowe RD5 i RD7 powodując w czasie hamowania bezpieczeństwa ograniczenie ciśnień do wartości ciśnień resztkowych zapewniających mniejszą siłę hamującą [56].

Podczas hamowania bezpieczeństwa z użyciem układu ograniczenia ciśnienia do nastawianych mechanicznie wartości ciśnień resztkowych zostaje przerwane zasilanie rozdzielaczy hydraulicznych DB1 i DB2 pozwalając na spływ oleju z siłowników hamulcowych i hydroakumulatora AC1.

Jednocześnie obydwa układy ograniczenia ciśnienia do nastawianych mechanicznie wartości ciśnień resztkowych, zasilane są z hydroakumulatora AC2 za pośrednictwem regulatorów przepływu FC2 i FC3.

W celu kontroli poprawności przełączenia rozdzielaczy hydraulicznych DS1 i DS2 oraz nastaw wybranych za ich pomocą zaworów przelewowych RD4 i RD6 lub RD5 i RD7, ustalone w nich wartości ciśnień mierzone są za pomocą analogowych przetworników ciśnienia PS3 i PS4.

Po odhamowaniu hamulca na postawie pomiaru prądu obwodu głównego i napięcia wirnika silnika wyciągowego zostaje zmierzona nadwaga i na jej podstawie zostają wybrane za pomocą rozdzielaczy hydraulicznych DS1 i DS2 drogi spływu oleju poprzez zawory przelewowe o nastawach ciśnienia resztkowego odpowiednich dla większej siły (RD4, RD6) lub mniejszej siły hamowania (RD5, RD7) [44], [56].

4.1.3. Włączenie obwodu bezpieczeństwa

Naciśnięcie przycisku SZOB na pulpicie sterowniczym maszynisty wyciągowego, powoduje włączenie rozdzielaczy hydraulicznych DB1, DB2, DH1 i pompy na pełną prędkość oraz pełne otwarcie zaworów RP1 i RP2 za pomocą elektrycznie sterowanych zaworów RC1 i RC2. Następnie zostaje uruchomiona procedura sprawdzenia drożności zaworów. Na czas trwania procedury występuje blokada odhamowania. Pierwszym etapem procedury jest sprawdzenie wystawienia pełnej siły za pomocą zaworu DO1. Następnie załączane są rozdzielacze hydrauliczne DS1 i DS2 w pozycję „A” i sprawdzana jest drożność zaworów DS1, DS2 oraz zaworów przelewowych RD4, RD6. Kolejnym etapem procedury jest przełączenie rozdzielaczy hydraulicznych DS1 i DS2 w pozycję „B” i sprawdzenie nastaw zaworów RD5, RD7. Po pozytywnym ukończeniu procedury następuje załączenie rozdzielacza DH2 w celu napełnienia hydroakumulatorów. Po napełnieniu hydroakumulatorów następuje załączenie rozdzielacza DM oraz wyłączenie blokady odhamowania, co uprawnia możliwość odhamowania. Zawory RP1 i RP2 pozostają otwarte, a prędkość pompy zostaje obniżona [44].

4.2. Zabezpieczenia maszyny wyciągowej

Zabezpieczenia kontrolujące pracę maszyny wyciągowej wpływają na:

- obwód bezpieczeństwa (inicjują hamowanie bezpieczeństwa hamulcem maszyny),
 - blokowanie załączenia obwodu bezpieczeństwa (uniemożliwiają załączenie głównego obwodu bezpieczeństwa),
 - awaryjne zatrzymanie napędem maszyny (inicjują zatrzymanie wyciągu przez napęd),
 - blokadę maszyny (uniemożliwiają odhamowanie hamulca i uruchomienie napędu),
 - ograniczenie prędkości (uniemożliwiają wzrost prędkości maszyny powyżej 1,0 m/s),
 - sygnalizację ostrzegawczą (sygnalizują stany niezgodności działania z założeniami)
- [56], [60].

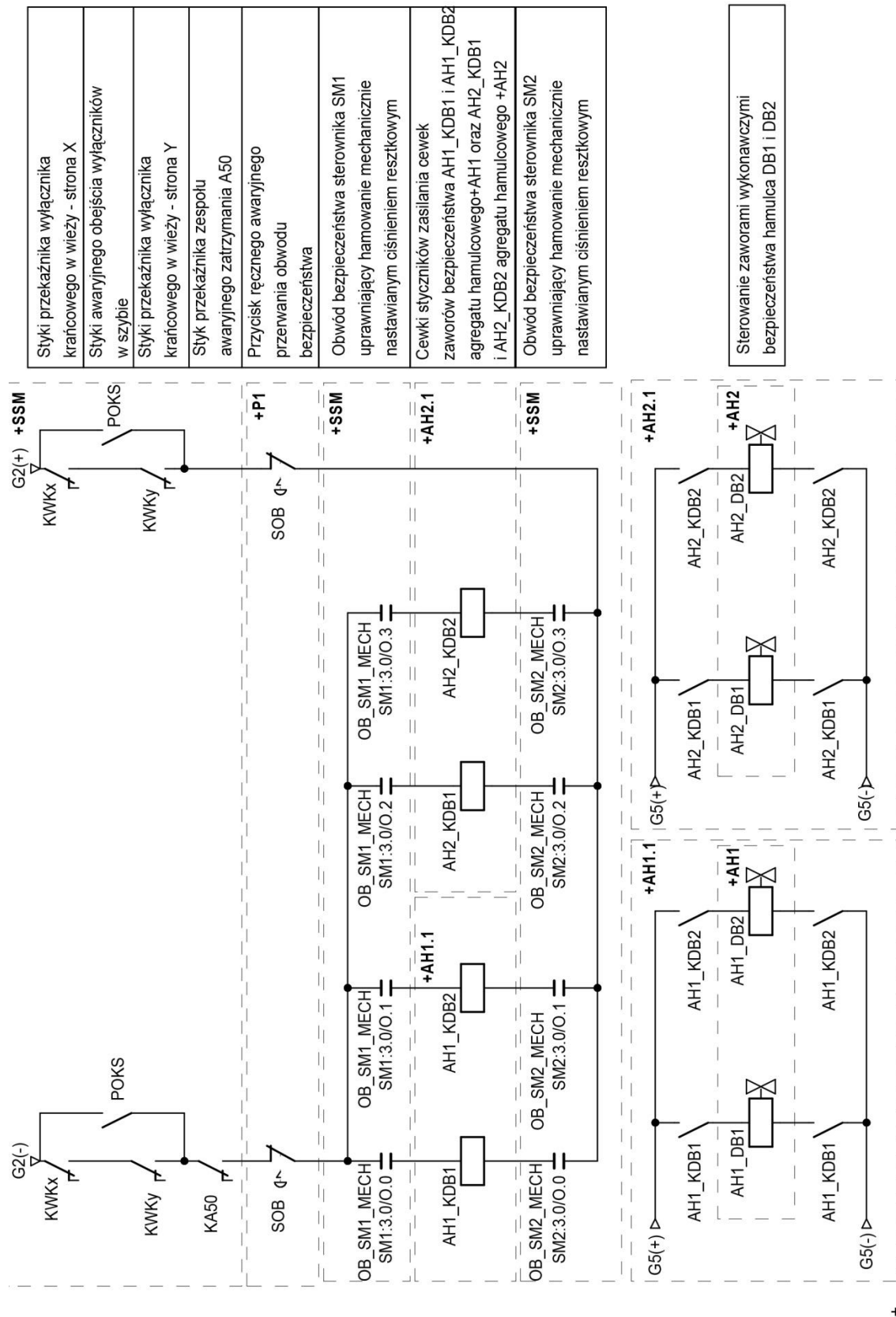
4.2.1. Główny obwód bezpieczeństwa

W rozdziale 3.2 została przedstawiona zasada działania obwodu bezpieczeństwa. „Zabezpieczenia inicjujące hamowanie bezpieczeństwa są zgrupowane w obwodzie bezpieczeństwa każdego sterownika i po zadziałaniu wymagają skasowania. Każdy z sterowników SM1 i SM2 zawiera własny zbiorczy obwód bezpieczeństwa grupujący realizowane w nim zabezpieczenia” [15] [Rysunek 4-4]. Przerwanie obwodu w jednym ze sterowników inicjuje przerwanie głównego obwodu bezpieczeństwa, jest inicjowane poprzez:

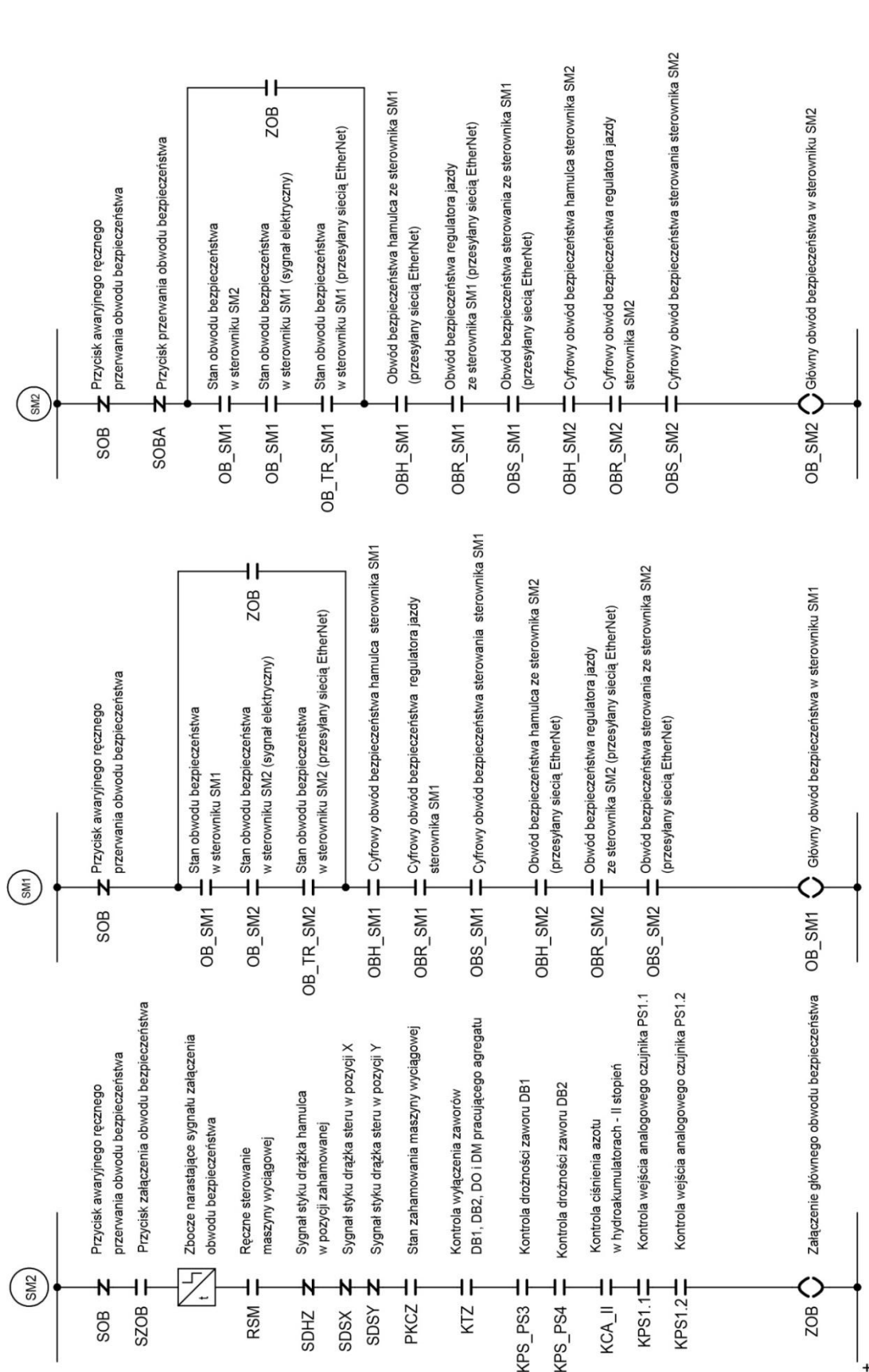
- zadziałania dowolnego z zabezpieczeń zgrupowanych w zbiorczych obwodach bezpieczeństwa hamulca OBH, regulatora jazdy OBR lub sterowania OBS w dowolnym sterowniku SM1 lub SM2,
- naciśnięcia przycisku SOB lub SOBA na stanowisku sterowniczym.

„Przycisk SOB, oprócz przerywania obwodu bezpieczeństwa w sterownikach, przerywa także elektrycznie obwody zasilania cewek zaworów bezpieczeństwa DB1, DB2. Dodatkowo cewki tych zaworów są sterowane jednocześnie stykami wyjściowymi obu sterowników, co pozwala na ich wyłączenie przez każdy sterownik niezależnie od drugiego [Rysunek 4-3]. Sterowniki wykrywają, które z zabezpieczeń jako pierwsze

zadziałało i spowodowało przerwanie obwodu bezpieczeństwa. Stan ten jest widoczny na ekranach systemu wizualizacji, jako pulsowanie tego zabezpieczenia. Stan wyłączenia obwodu bezpieczeństwa OB jest stabilny i pomimo ustąpienia przyczyny jego wystąpienia nie wyłącza się on samoczynnie” [56].



Rysunek 4-3: Stykowy obwód bezpieczeństwa [15]

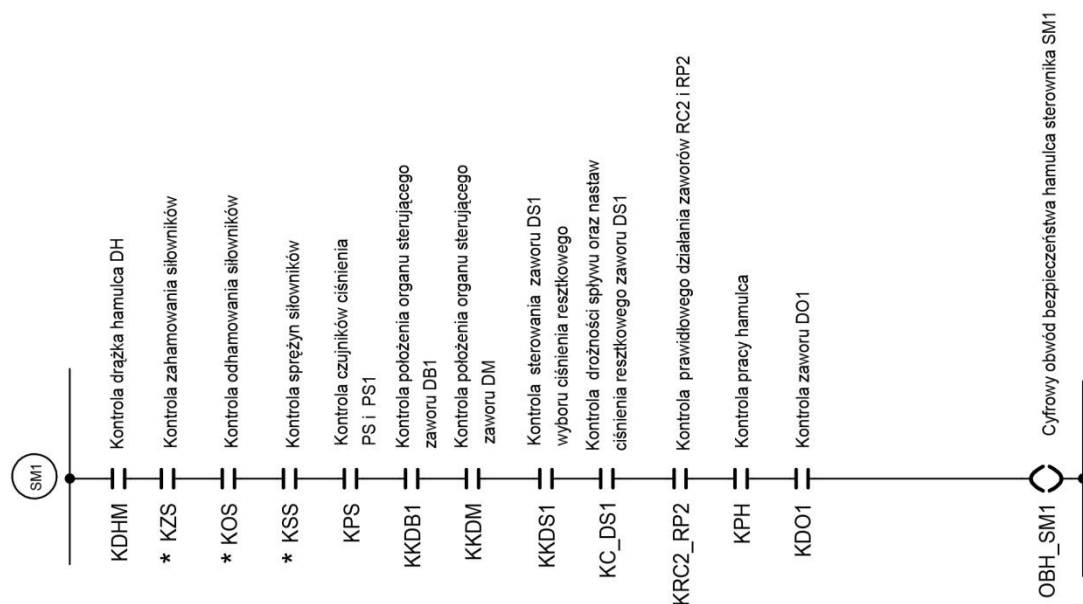


Rysunek 4-4: Główne obwody bezpieczeństwa w ster. SM1 i SM2 oraz obwód załączenia głównego obwodu bezpieczeństwa [15]

4.2.2. Obwód bezpieczeństwa hamulca OBH

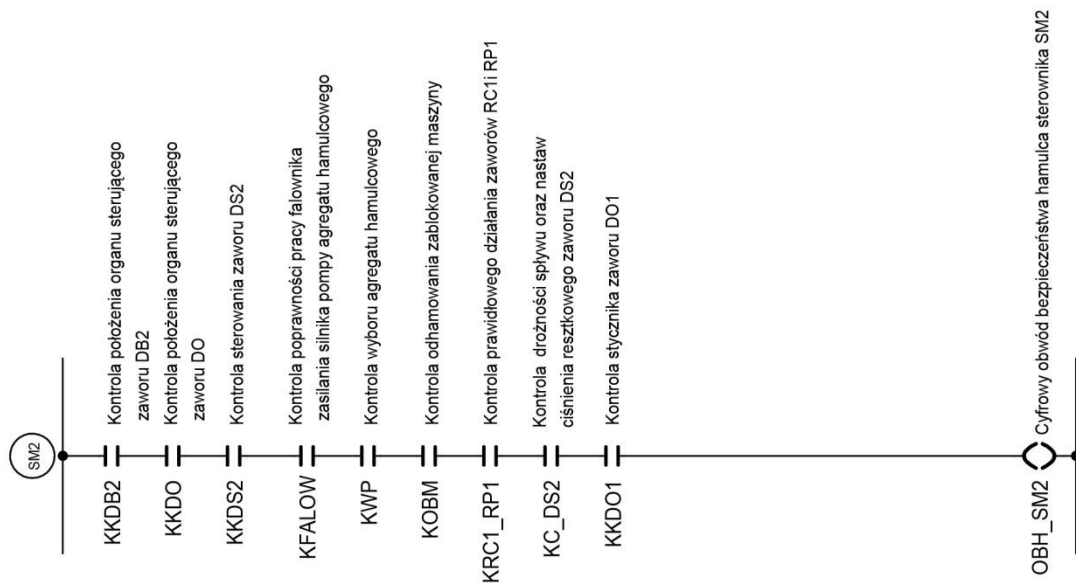
W sterownikach SM1 i SM2 realizowane są następujące zabezpieczenia kontrolujące pracę hamulca i układu sterowania hamulca maszyny wyciągowej [15] [Rysunek 4-5]:

1. KDHM – kontrola drążka hamulca.
2. KZS – kontrola zahamowania siłowników. Zabezpieczenie sprawdza za pomocą czujnika ciśnienia PS1 pracującego agregatu, czy, gdy ciśnienie w siłownikach obniży się do poziomu zahamowania, wszystkie siłowniki zostały zahamowane.
3. KOS – kontrola odhamowania siłowników. Zabezpieczenie sprawdza za pomocą czujnika ciśnienia PS1 pracującego agregatu, czy, gdy ciśnienie w siłownikach wzrośnie do poziomu odhamowania, wszystkie siłowniki zostały odhamowane.
4. KSS – kontrola sprężyn siłowników. Zabezpieczenie sprawdza za pomocą czujnika ciśnienia PS1 pracującego agregatu, czy, gdy ciśnienie w siłownikach narosnie do poziomu kontrolnego siły sprężyn, wszystkie siłowniki pozostają zahamowane.
5. KPS – kontrola czujników ciśnienia PS, PS1.
6. KKDB1, KKDB2, KKDO, KKDM – kontrola zaworów.
7. KKDS1, KKDS2 - kontrola sterowania zaworów wyboru ciśnienia resztkowego.
8. KC_DS1, KC_DS2 – kontrola drożności spływu oraz nastaw ciśnienia resztkowego.
9. KPH – kontrola pracy hamulca.
10. KDO1- kontrola położenia zaworu DO1.
11. KRC2_RP2 - kontrola prawidłowego działania zaworów RC2 i RP2.
12. KRC1_RP1 - kontrola prawidłowego działania zaworów RC1 i RP1.
13. KFALOW – kontrola pracy falownika.
14. KWP - kontrola wyboru agregatu hamulcowego.
15. KOBM - kontrola odhamowania zablokowanej maszyny.
16. KKDO1 - kontrola styczników zaworu DO1.



+

Rysunek 4-5: Cyfrowe obwody bezpieczeństwa hamulca w ster. SM1 i SM2 [15]



* istnieje możliwość warunkowego zablokowania działania zabezpieczeń.

4.3. Badania elementów obwodu bezpieczeństwa hamulca

4.3.1. KDHM – kontrola drążka hamulca DH

4.3.1.1. Opis obiektu

Zabezpieczenie porównuje wielkości ciśnienia w funkcji wychylenia drążka hamulca. Przy awarii kontrolowanego układu, przy braku zabezpieczenia, hamulec mógłby działać niezgodnie z wolą maszynisty wyciągowego w sterowaniu ręcznym lub z układem zadawania w sterowaniu automatycznym. Takie działanie stwarzałoby zagrożenie dla pracujących w szybie ludzi.

Zabezpieczenie KDHM jest zlokalizowane w sterowniku SM1 [Rysunek 4-5], [15], [44].

Ciśnienie w siłownikach hydraulicznych sterowane jest za pośrednictwem proporcjonalnego zaworu przelewowego RC1 i zaworu przelewowego RP1. Zawór RC1 jest zaworem sterowanym elektrycznie poprzez układ sterowania proporcjonalnie do wychylenia drążka hamulcowego w sterowaniu ręcznym lub odpowiednio do sygnałów generowanych przez układ sterowania w sterowaniu automatycznym. Zawór ten jest zaworem normalnie zamkniętym a obniżenie ciśnienia jego otwarcia realizowane jest poprzez zwiększenie napięcia sygnału sterującego. W sterowaniu ręcznym zadana wartość ciśnienia jest proporcjonalna do wartości prądu odczytanej z zadajnika hamulca DH. Działanie zespołu regulacji ciśnienia w czasie hamowania manewrowego, podczas sterowania ręcznego, polega na zmianie ciśnienia otwarcia sterowanego hydraulicznie zaworu przelewowego RP1, poprzez wysterowanie odpowiedniego ciśnienia sterującego przez zawór RC1. Zawór RC1 jest zaworem sterowanym elektrycznie poprzez układ sterowania proporcjonalnie do wychylenia drążka hamulcowego [Rysunek 4-1], [15], [44].

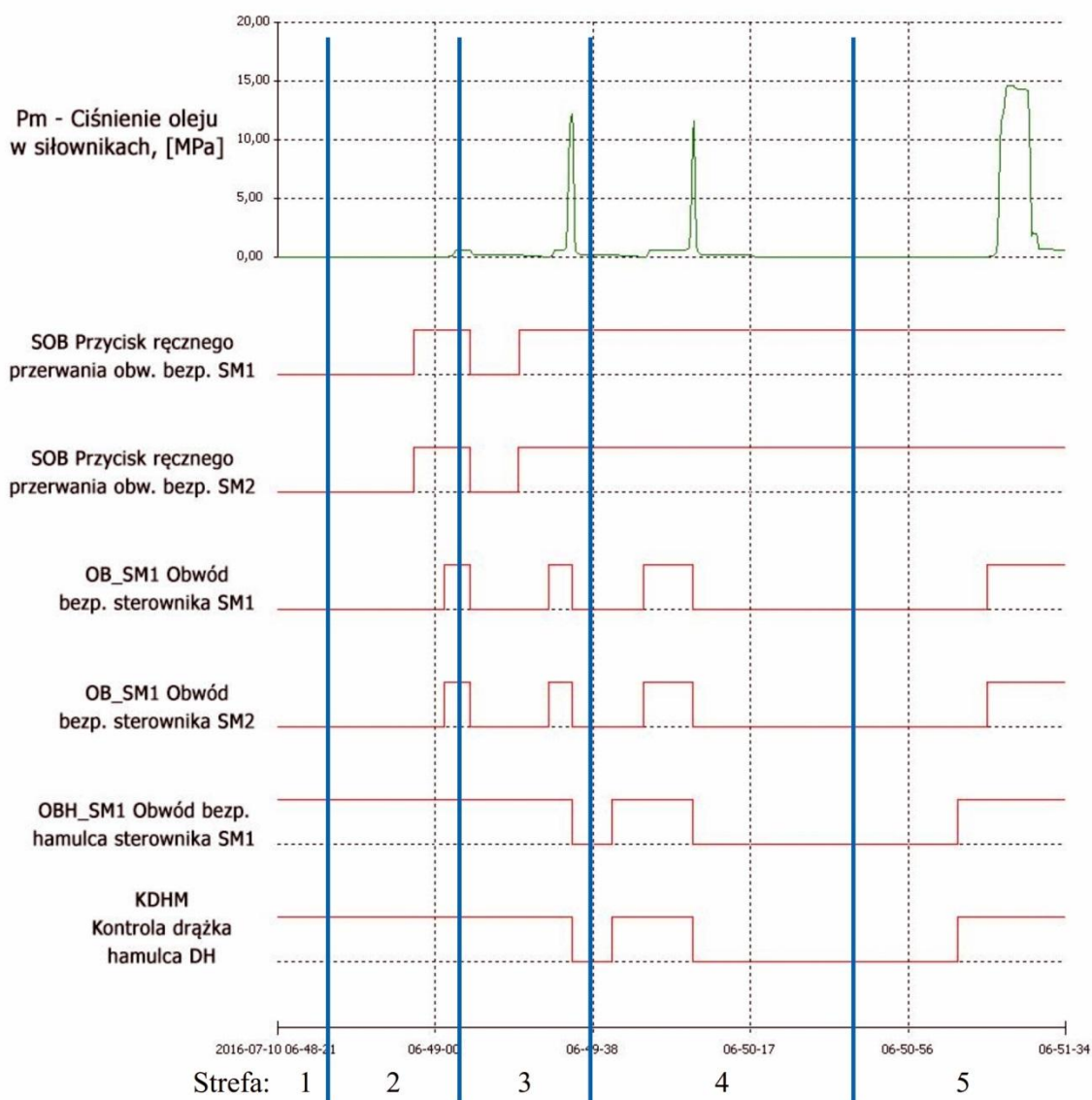
4.3.1.2. Metoda badania

Sposób przeprowadzania symulacji awarii zadajnika drążka hamulca: Wprowadzono błędną wartość odczytywanego przez sterownik prądu zadajnika hamulca w funkcji jego wychylenia (stan „0” dla KDHM w strefie 3. [Rysunek 4-6]), co spowodowało wyłączenie cewki wykonawczej obwodu bezpieczeństwa hamulca sterownika SM1 (stan „0” dla OBH_SM1 w strefie 3 [Rysunek 4-6]), która z kolei wyłączyła obwód bezpieczeństwa, powodując zatrzymanie maszyny (stan „0” dla

OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM2 w strefie 3 [Rysunek 4-6)] [31], [37], [38], [44], [51], [54], [58], [59], [74], [87].

4.3.1.3. Wynik badania

Maszyna wyciągowa szybu „Andrzej V” przedział zachodni



Rysunek 4-6: Rejestracja działania KDHM.

Poszczególne strefy, przedstawione na rysunku 4-6, prezentują wyniki badania:

Strefa 1: kontrola działania obwodu bezpieczeństwa, ręczne przerwanie przyciskiem SOB (stan „0” dla „SOB przycisk ręcznego przerwania obw. bezp. SM1 i SM2 oraz dla OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM2),

Strefa 2: załączenie obwodu bezpieczeństwa przy sprawnie działającym hamulcu i układzie sterowania hamulca maszyny wyciągowej, (stan „1” dla „SOB przycisk ręcznego przerywania obwodu bezpieczeństwa SM1 i SM2 oraz dla OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),

Strefa 3: kontrola działania zabezpieczenia:

- symulacja nieprawidłowego działania kontrolowanego elementu (stan „0” dla DDHM),
- jednoczesne wyłączenie obwodu bezpieczeństwa (stan „0” dla OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),

Strefa 4: próba załączenia obwodu bezpieczeństwa przy niesprawnym badanym zabezpieczeniu

- niesprawny badany element (stan „0” dla KDHM) nie pozwala na załączenie obwodu bezpieczeństwa (stan „0” dla OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),
- maszyna wyciągowa nie jest gotowa do ruchu, zablokowana do czasu usunięcia uszkodzenia.

Strefa 5: przywrócono po próbach układ hamulcowy do pracy, wykonano próbę włączenia obwodu bezpieczeństwa:

- prawidłowo działający badany element (stan „1” dla KDHM),
- załączenie cewki wykonawczej obwodu bezpieczeństwa hamulca sterownika SM1 (stan „1” dla OBH_SM1),
- załączenie cewek obwodu bezpieczeństwa OB_SM1 i OB_SM2 (stan „1” dla OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),
- maszyna wyciągowa jest gotowa do ruchu.

4.3.1.4. Wnioski

Zabezpieczenie KDHM – kontrola drążka hamulca DH porównuje wielkości ciśnienia w układzie hamulcowym, oznaczone jako P_m na rysunku 4-6, w funkcji wychylenia drążka hamulca. Podczas włączenia obwodu bezpieczeństwa (uruchamiania

maszyny wyciągowej) drążek hamulca musi być w położeniu „0” (maszyna zahamowana), znaczy to, że ciśnienie P_m w układzie siłowników hamulcowych równe jest 0 [MPa]. (dociśnięte okładziny do tarcz hamulcowych). Na rysunku 4-6 został przedstawiony przypadek, w którym poprzez wymuszenie wartości prądu, który jest sygnałem imitującym wychylenie drążka przy braku ciśnienia P_m (niezgodność sygnałów pochodzących z drążka hamulca oraz ciśnienia P_m) sprawdzane jest zadziałanie obwodu bezpieczeństwa – w wyniku niezgodności sygnałów, maszyny wyciągowej nie można uruchomić.

Zaprezentowany układ nie wymaga przeprowadzania dodatkowych badań (opisanych w rozdziale 4.3.1.3, które wymagają unieruchomienie wyciągu szybowego na czas ich wykonywania). Obecnie, zgodnie z przepisami, jego kontrolę należy przeprowadzać co sześć tygodni (rewizja R/8).

Jeżeli przyjąć, że układ jest kontrolowany podczas każdego załączeniu obwodu bezpieczeństwa, to można wnioskować, że układ spełnia wymogi samokontroli. Jeżeli wystąpiłaby usterka w postaci pojawienia się ciśnienia w układzie hamulcowym (próba odhamowania maszyny) i jednocześnie drążek hamulca pozostawałoby w pozycji „zahamowany”, to układ odczytuje to jako stan nieprawidłowy.

4.3.2. KPS – kontrola czujników ciśnienia PS, PS1

4.3.2.1. Opis obiektu

Zabezpieczenie porównuje sygnały analogowe pochodzące z czujnika ciśnienia w siłownikach hamulca PS i czujnika ciśnienia PS1 pracującego agregatu hamulcowego. Kontrola polega na sprawdzeniu czy różnica ciśnień nie przekracza dopuszczalnej wartości (przy różnicy większej niż 10% maszyna wyciągowa zostanie wyłączona – zadziała obwód bezpieczeństwa). Większa różnica świadczyłaby o awarii układu przewodów łączących siłowniki z agregatem, co mogłoby spowodować blokadę spływu oleju z siłowników i nie zahamowanie maszyny wyciągowej. Zabezpieczenie jest zlokalizowane w sterowniku SM1 [Rysunek 4-5], [15], [44].

Analogowy przetwornik ciśnienia PS służy do pomiaru ciśnienia oleju w siłownikach hamulca. Zabudowany jest na rurociągu powrotnym. Sygnały przetworników wykorzystywane są do sterowania zabezpieczeń hamulca, jak również podczas hamowania bezpieczeństwa z elektrycznie nastawianą wartością siły hamującej sterowniki SM1 i SM2 za pomocą czujników ciśnienia PS i PS1 sprawdzają wartość

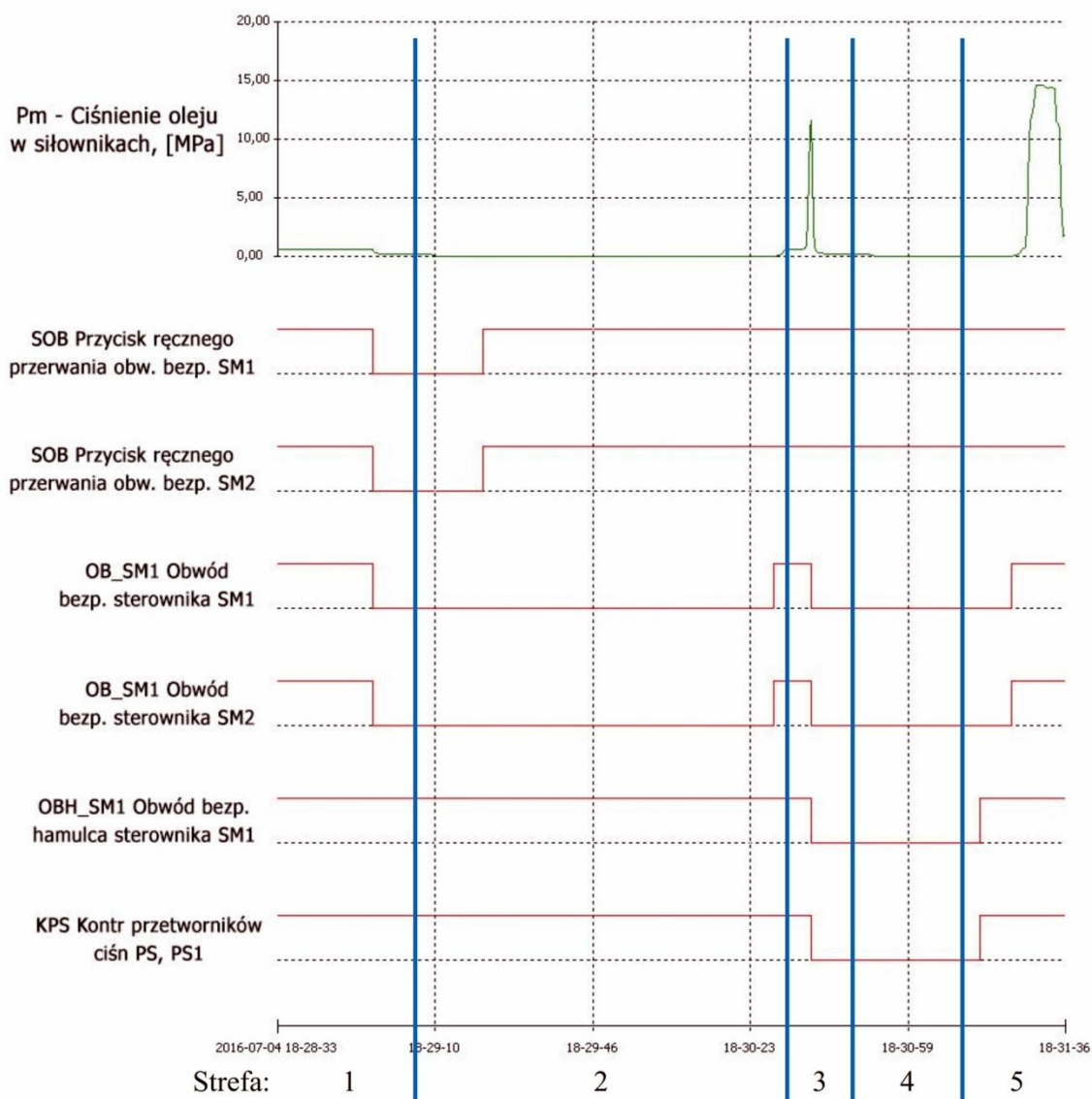
ciśnienia w siłownikach hamulca. W przypadku braku odpowiedniej reakcji ciśnienia w ciągu 0,3 s od wyłączenia obwodu bezpieczeństwa, każdy ze sterowników może wyłączyć zawory DB1, DB2 i wywołać spływ oleju przez zawory RD5, RD7, co jest równoznaczne z ustaleniem w instalacji hamulca ciśnienia resztkowego pr2 [Rysunek 4-1], [15], [44].

4.3.2.2. Metoda badania

Sposób przeprowadzania symulacji awarii czujników ciśnienia PS i PS1: Wprowadzono błędną wartość ciśnienia w układzie przetworników PS i PS1 (stan „0” dla PS, PS1 w strefie 3 [Rysunek 4-7]) co spowodowało wyłączenie cewki wykonawczej obwodu bezpieczeństwa hamulca sterownika SM1 (stan „0” dla OBH_SM1 w strefie 3 [Rysunek 4-7], która z kolei wyłączyła obwód bezpieczeństwa, powodując zatrzymanie maszyny (stan „0” dla OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM2 w strefie 3 [Rysunek 4-7] [31], [37], [38], [44], [51], [54], [58], [59], [74], [87].

4.3.2.3. Wynik badania

Maszyna wyciągowa szybu „Andrzej V” przedział zachodni



Rysunek 4-7: Rejestracja działania KPS.

Poszczególne strefy, przedstawione na rysunku 4-7., prezentują wyniki badania:

Strefa 1: kontrola działania obwodu bezpieczeństwa, ręczne przerwanie przyciskiem SOB (stan „0” dla „SOB przycisk ręcznego przerwania obw. bezp. SM1 i SM2 oraz dla OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM2),

Strefa 2: załączenie obwodu bezpieczeństwa przy sprawnie działającym hamulcu i układzie sterowania hamulca maszyny wyciągowej, (stan „1” dla „SOB przycisk ręcznego przerywania obw. bezp. SM1 i SM2 oraz dla OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),

Strefa 3: kontrola działania zabezpieczenia:

- symulacja nieprawidłowego działania kontrolowanego elementu (stan „0” dla KPS),
- jednoczesne wyłączenie obwodu bezpieczeństwa (stan „0” dla OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),

Strefa 4: próba załączenia obwodu bezpieczeństwa przy niesprawnym badanym zabezpieczeniu

- niesprawny badany element (stan „0” dla KPS) nie pozwala na załączenie obwodu bezpieczeństwa (stan „0” dla OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),
- maszyna wyciągowa nie jest gotowa do ruchu, zablokowana do czasu usunięcia uszkodzenia.

Strefa 5: przywrócono po próbach układ hamulcowy do pracy, wykonano próbę załączenia obwodu bezpieczeństwa:

- prawidłowo działający badany element (stan „1” dla KPS),
- załączenie cewki wykonawczej obwodu bezpieczeństwa hamulca sterownika SM1 (stan „1” dla OBH_SM1),
- załączenie cewek obwodu bezpieczeństwa OB_SM1 i OB_SM2 (stan „1” dla OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),
- maszyna wyciągowa jest gotowa do ruchu.

4.3.2.4. Wnioski

Zabezpieczenie KPS – kontrola czujników ciśnienia PS, PS1 porównuje sygnały analogowe pochodzące z czujnika PS służącego do pomiaru ciśnienia w układzie hamulcowym, oznaczone jako Pm [Rysunek 4-7] i czujnika ciśnienia PS1 z pracującego

agregatu hamulcowego. Kontrola polega na sprawdzeniu czy różnica ciśnień nie przekracza dopuszczalnej wartości (przy różnicy większej niż 10% maszyna wyciągowa zostanie wyłączona – zadziała obwód bezpieczeństwa).

Podczas włączenia obwodu bezpieczeństwa (uruchamiania maszyny wyciągowej) ciśnienia układu hamulcowego i pracującego agregatu muszą być równe jest 0 [MPa].

Na rysunku 4-7 został przedstawiony przypadek, w którym poprzez wymuszenie wartości prądu czujnika PS1, który jest sygnałem imitującym występowanie ciśnienia pracującego agregatu, sprawdzane jest zadziałanie obwodu bezpieczeństwa – w wyniku niezgodności sygnałów maszyny wyciągowej nie można uruchomić.

Zaprezentowany układ nie wymaga przeprowadzania dodatkowych badań (opisanych w rozdziale 4.3.2.2, które wymagają unieruchomienie wyciągu szybowego na czas ich wykonywania). Obecnie, zgodnie z przepisami, jego kontrolę należy przeprowadzać co sześć tygodni (rewizja R/8).

Jeżeli przyjąć, że układ jest kontrolowany podczas każdego załączeniu obwodu bezpieczeństwa, to można wnioskować, że układ spełnia wymogi samokontroli. Jeżeli wystąpiłaby usterka w postaci pojawienia się różnicy ciśnień w układzie hamulcowym lub pracującym agregacie, to układ odczytuje to jako stan nieprawidłowy.

4.3.3. KKDB1, KKDB2 – kontrola położenia organu sterującego zaworu DB1(2)

4.3.3.1. Opis obiektu

Zabezpieczenie sprawdza za pomocą czujników indukcyjnych położenie organów sterujących rozdzielaczy hydraulicznych DB1, DB2 pracującego agregatu oraz sprawdza, czy rozdzielacze te powróciły do stanu niewymuszonego po przerwaniu obwodu bezpieczeństwa. Nieprawidłowe położenie rozdzielaczy, w przypadku hamowania, mogłoby doprowadzić do braku spływu oleju z siłowników i niezahamowanie maszyny wyciągowej. Zabezpieczenie to blokuje ponowne załączenie obwodu bezpieczeństwa.

Zabezpieczenie KKDB1 jest zlokalizowane w sterowniku SM1, KKDB2 w sterowniku SM2 [Rysunek 4-5], [15], [44].

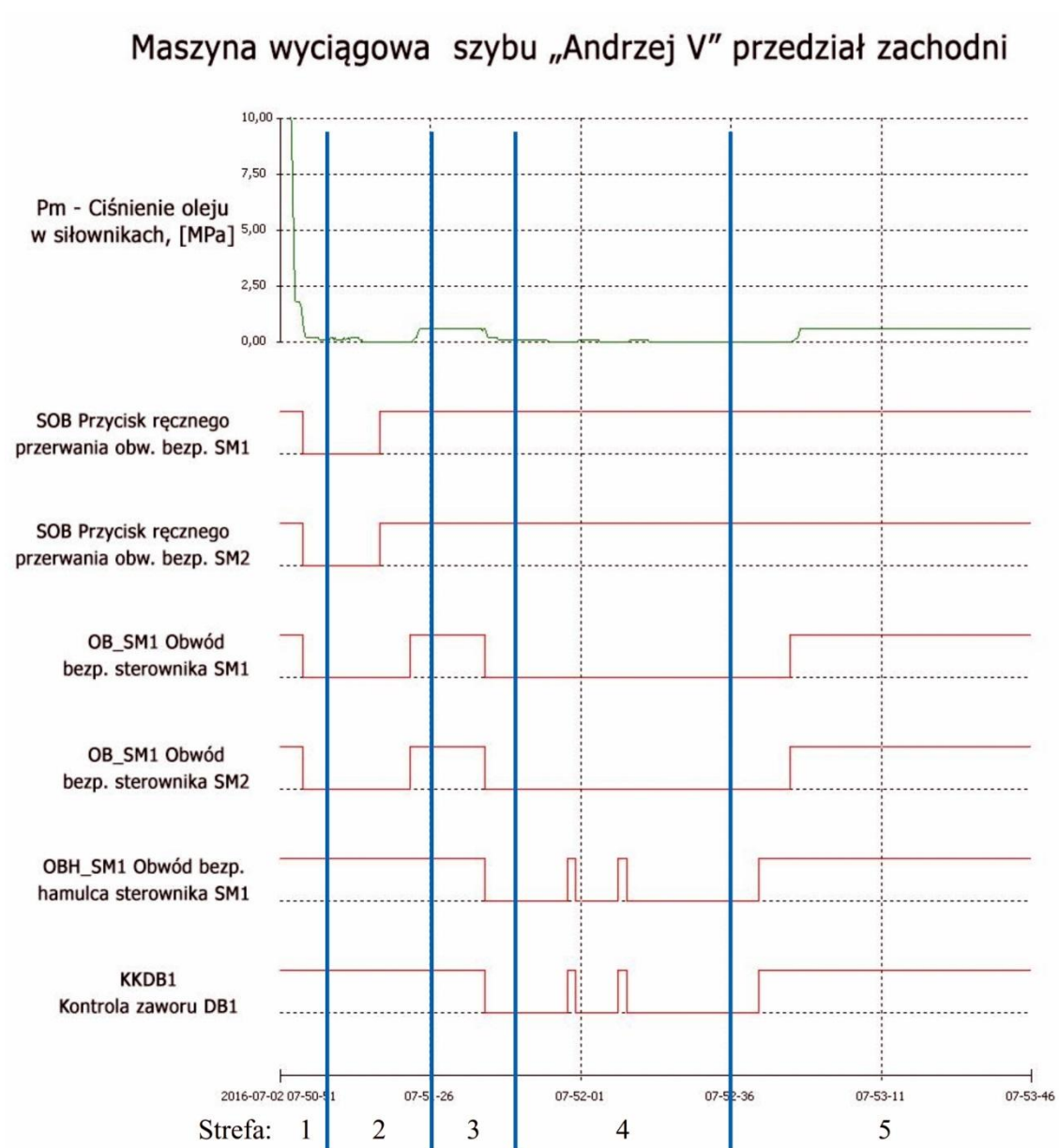
Rozdzielacze hydrauliczne DB1 i DB2 są elektrycznie sterowanymi zaworami suwakowymi, wyposażonymi w elektryczną, dwustanową kontrolę położenia organu sterującego KKDB1 i KKDB2. Włączenie rozdzielaczy hydraulicznych DB1 i DB2 ma miejsce podczas włączenia obwodu bezpieczeństwa, następuje wtedy przesterowanie rozdzielaczy, uniemożliwiając wypływ oleju z siłowników. Następnie zostaje

uruchomiona procedura sprawdzenia drożności zaworów. Na czas jej trwania występuje blokada odhamowania. Po pozytywnym zakończeniu testu, napięcie cewek rozdzielaczy hydraulicznych DB1 i DB2 jest podtrzymywane. Hamulec jest gotowy do pracy. Po przerwaniu obwodu bezpieczeństwa zostają przerwane zasilania cewek rozdzielaczy hydraulicznych DB1 i DB2, pozwalając na spływ oleju z siłowników hamulcowych z wybranym ciśnieniem resztkowym [Rysunek 4-1], [15], [44].

4.3.3.2. Metoda badania

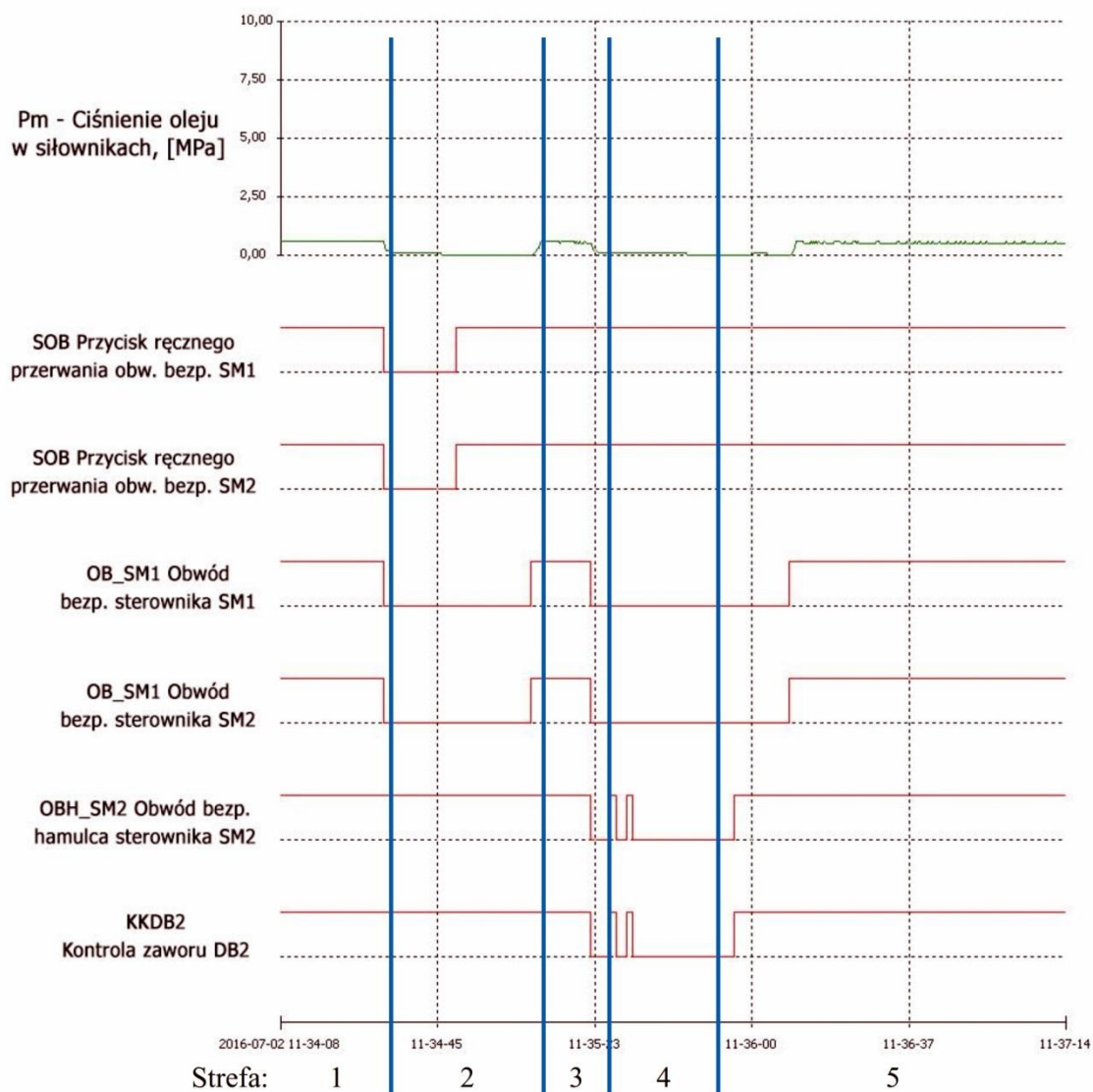
Sposób przeprowadzania symulacji awarii organu sterującego zaworu DB1(2): Pozbawiono napięcia cewkę rozdzielacza hydraulicznego DB1(2) (stan „0” dla KKDB1(2) w strefie 3 [Rysunek 4-8 i Rysunek 4-9]), co spowodowało wyłączenie cewki wykonawczej obwodu bezpieczeństwa hamulca sterownika SM1(2) (stan „0” dla OBH_SM1(2) w strefie 3 [Rysunek 4-8 i Rysunek 4-9]), która z kolei wyłączyła obwód bezpieczeństwa, powodując zatrzymanie maszyny (stan „0” dla OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM2 w strefie 3 [Rysunek 4-8 i Rysunek 4-9]) [31], [37], [38], [44], [51], [54], [58], [59], [74], [87].

4.3.3.3. Wynik badania



Rysunek 4-8: Rejestracja działania KKDB1.

Maszyna wyciągowa szybu „Andrzej V” przedział zachodni



Rysunek 4-9: Rejestracja działania KKDB2.

Na rysunku 4-8 i rysunku 4-9 są przedstawione strefy, prezentujące wyniki badań:

Strefa 1: kontrola działania obwodu bezpieczeństwa, ręczne przerwanie przyciskiem SOB (stan „0” dla „SOB przycisk ręcznego przerwania obw. bezp. SM1 i SM2 oraz dla OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM2),

Strefa 2: załączenie obwodu bezpieczeństwa przy sprawnie działającym hamulcu i układzie sterowania hamulca maszyny wyciągowej, (stan „1” dla „SOB przycisk

ręcznego przerwania obw. bezp. SM1 i SM2 oraz dla OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),

Strefa 3: kontrola działania zabezpieczenia:

- symulacja nieprawidłowego działania kontrolowanego elementu (stan „0” dla KKDB1(2)),
- jednoczesne wyłączenie obwodu bezpieczeństwa (stan „0” dla OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),

Strefa 4: próba załączenia obwodu bezpieczeństwa przy niesprawnym badanym zabezpieczeniu

- niesprawny badany element (stan „0” dla KKDB1(2)) nie pozwala na załączenie obwodu bezpieczeństwa (stan „0” dla OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),
- maszyna wyciągowa nie jest gotowa do ruchu, zablokowana do czasu usunięcia uszkodzenia.

Strefa 5: przywrócono po próbach układ hamulcowy do pracy, wykonano próbę załączenia obwodu bezpieczeństwa:

- prawidłowo działający badany element (stan „1” dla KKDB1(2)),
- załączenie cewki wykonawczej obwodu bezpieczeństwa hamulca sterownika SM1 (stan „1” dla OBH_SM1),
- załączenie cewek obwodu bezpieczeństwa OB_SM1 i OB_SM2 (stan „1” dla OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),
- maszyna wyciągowa jest gotowa do ruchu.

4.3.3.4. Wnioski

Zabezpieczenie KKDB1, KKDB2 – kontrola położenia organu sterującego zaworu DB1(2) sprawdza za pomocą czujników indukcyjnych położenie organów sterujących rozdzielaczy hydraulicznych DB1 i DB2 pracującego agregatu oraz sprawdza, czy rozdzielacze te powróciły do stanu niewymuszonego, po przerwaniu obwodu bezpieczeństwa.

Podczas włączenia obwodu bezpieczeństwa (uruchamiania maszyny wyciągowej) rozdzielacze hydrauliczne DB1 i DB2 są w stanie napięciowym umożliwiającym wypływ oleju z siłowników, znaczy to, że ciśnienie P_m przedstawione na rysunku 4-8 i rysunku 4-9 w układzie hamulcowym powinno być równe jest 0 [MPa] (dociśnięte okładziny do tarcz hamulcowych).

Na rysunku 4-8 i rysunku 4-9 zostały przedstawione przypadki, w których poprzez wymuszenie nieprawidłowego położenia jednego z rozdzielaczy, pojawia się ciśnienie P_m – nie można uruchomić maszyny wyciągowej.

Zaprezentowany układ nie wymaga przeprowadzania dodatkowych badań (opisanych w rozdziale 4.3.3.2, które wymagają unieruchomienie wyciągu szybowego na czas ich wykonywania). Obecnie, zgodnie z przepisami, jego kontrolę należy przeprowadzać co sześć tygodni (rewizja R/8).

Jeżeli przyjąć, że układ jest kontrolowany podczas każdego załączeniu obwodu bezpieczeństwa to można wnioskować, że układ spełnia wymogi samokontroli. Jeżeli wystąpiłaby usterka w postaci pojawienia się niezgodności położenia jednego z rozdzielaczy, to układ odczytuje to jako stan nieprawidłowy.

4.3.4. KKDM – kontrola położenia organu sterującego zaworu DM

4.3.4.1. Opis obiektu

Zabezpieczenie sprawdza za pomocą czujników indukcyjnych, położenie organu sterującego rozdzielacza hydraulicznego DM pracującego agregatu oraz sprawdza, czy rozdzielacz powrócił do stanu niewymuszonego po przerwaniu obwodu bezpieczeństwa. Nieprawidłowe położenie rozdzielacza, w przypadku hamowania, mogłoby doprowadzić do braku spływu oleju z siłowników i niezahamowanie maszyny wyciągowej. Zabezpieczenie to blokuje ponowne załączenie obwodu bezpieczeństwa. Zabezpieczenie KKDM jest zlokalizowane w sterowniku SM1 [Rysunek 4-5], [15], [44].

Rozdzielacz hydrauliczny DM jest zaworem suwakowym, sterowanym elektrycznie, wyposażonym w elektryczną kontrolę położenia organu sterującego. Przeznaczeniem rozdzielacza hydraulicznego DM jest:

- odcięcie siłowników hamulcowych od zasilania olejem podczas załączania agregatu hydraulicznego do czasu napełnienia hydroakumulatorów,
- przerwanie zasilania olejem siłowników hamulcowych przez pompę zębatą GP1 w chwili przerywania obwodu bezpieczeństwa. W tym przypadku pełni on funkcję zabezpieczającą działanie układu regulacji obrotów silnika napędzającego pompę GP1

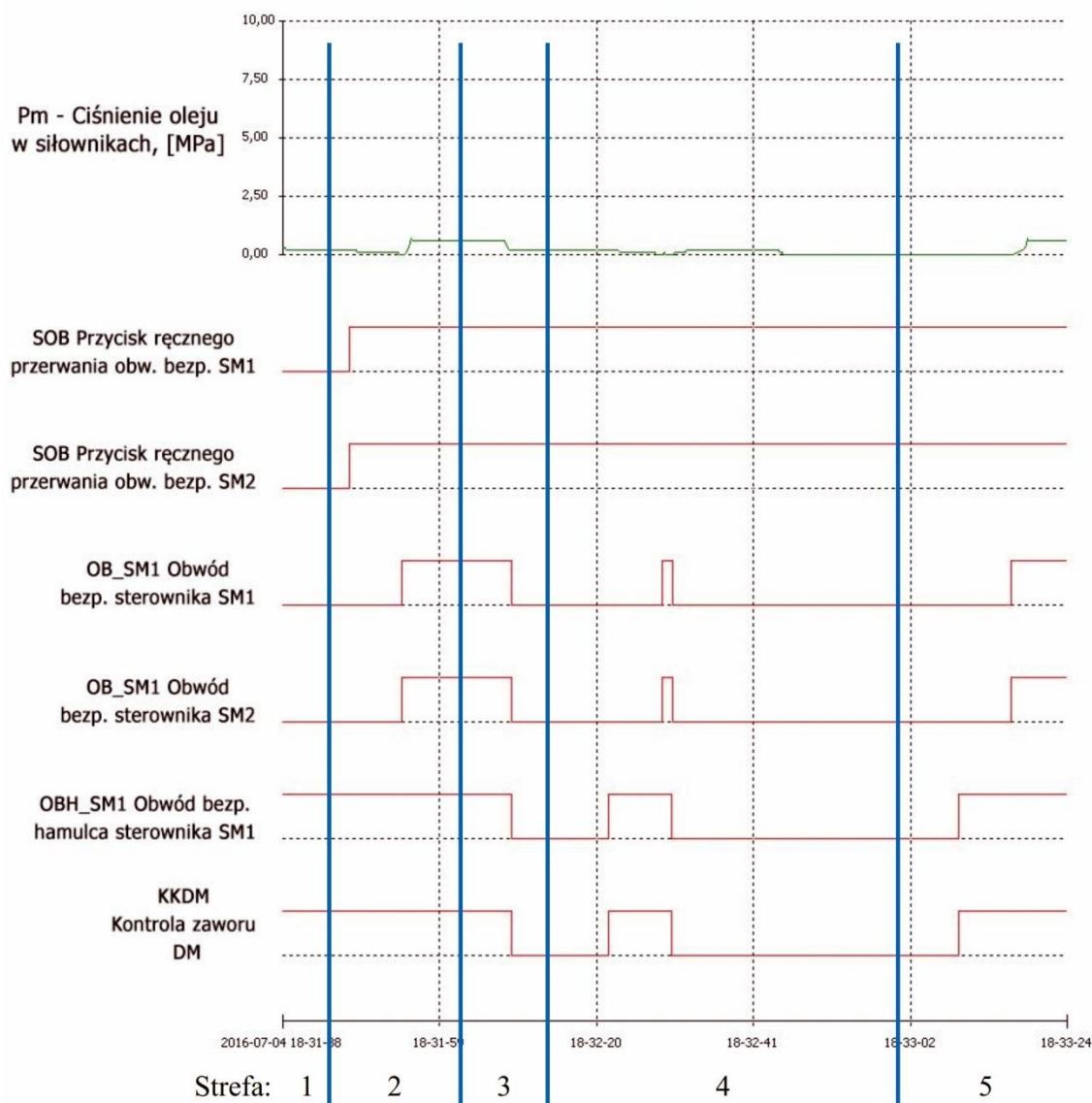
[Rysunek 4-1], [15], [44].

4.3.4.2. Metoda badania

Sposób przeprowadzania symulacji awarii organu sterującego zaworu DM: Pozbawiono napięcia cewkę rozdzielacza hydraulicznego DM, (stan „0” dla KKDMB2 w strefie 3 [Rysunek 4-10]), co spowodowało wyłączenie cewki wykonawczej obwodu bezpieczeństwa hamulca sterownika SM1 (stan „0” dla OBH_SM1 w strefie 3 [Rysunek 4-10]), która z kolei wyłączyła obwód bezpieczeństwa, powodując zatrzymanie maszyny (stan „0” dla OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM2 w strefie 3 [Rysunek 4-10]) [31], [37], [38], [44], [51], [54], [58], [59], [74], [87].

4.3.4.3. Wynik badania

Maszyna wyciągowa szybu „Andrzej V” przedział zachodni



Rysunek 4-10: Rejestracja działania KKDM.

Poszczególne strefy, przedstawione na rysunku 4-10, prezentują wyniki badania:

Strefa 1: kontrola działania obwodu bezpieczeństwa, ręczne przerwanie przyciskiem SOB (stan „0” dla „SOB przycisk ręcznego przerwania obw. bezp. SM1 i SM2 oraz dla OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM2),

Strefa 2: załączenie obwodu bezpieczeństwa przy sprawnie działającym hamulcu i układzie sterowania hamulca maszyny wyciągowej, (stan „1” dla „SOB przycisk ręcznego przerwania obw. bezp. SM1 i SM2 oraz dla OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),

Strefa 3: kontrola działania zabezpieczenia:

- symulacja nieprawidłowego działania kontrolowanego elementu (stan „0” dla KKDM),
- jednoczesne wyłączenie obwodu bezpieczeństwa (stan „0” dla OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),

Strefa 4: próba załączenia obwodu bezpieczeństwa przy niesprawnym badanym zabezpieczeniu

- niesprawny badany element (stan „0” dla KKDM) nie pozwala na załączenie obwodu bezpieczeństwa (stan „0” dla OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),
- maszyna wyciągowa nie jest gotowa do ruchu, zablokowana do czasu usunięcia uszkodzenia.

Strefa 5: przywrócono po próbach układ hamulcowy do pracy, wykonano próbę załączenia obwodu bezpieczeństwa:

- prawidłowo działający badany element (stan „1” dla KKDM),
- załączenie cewki wykonawczej obwodu bezpieczeństwa hamulca sterownika SM1 (stan „1” dla OBH_SM1),
- załączenie cewek obwodu bezpieczeństwa OB_SM1 i OB_SM2 (stan „1” dla OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),
- maszyna wyciągowa jest gotowa do ruchu.

4.3.4.4. Wnioski

Zabezpieczenie KKDM – kontrola położenia organu sterującego zaworu DM sprawdza za pomocą czujnika indukcyjnego położenie organu sterującego rozdzielacz hydrauliczny DM pracującego agregatu oraz sprawdza, czy rozdzielacz powrócił do stanu niewymuszonego po przerwaniu obwodu bezpieczeństwa.

Podczas włączenia obwodu bezpieczeństwa (uruchamiania maszyny wyciągowej) rozdzielacz hydrauliczny DM jest w stanie napięciowym umożliwiającym wypływ oleju z hydroakumulatorów.

Na rysunku 4-10 został przedstawiony przypadek, w którym poprzez wymuszenie nieprawidłowego położenia rozdzielacza, nie następuje ładowanie hydroakumulatorów – nie można uruchomić maszyny wyciągowej.

Zaprezentowany układ nie wymaga przeprowadzania dodatkowych badań (opisanych w rozdziale 4.3.4.2, które wymagają unieruchomienia wyciągu szybowego na czas ich wykonywania). Obecnie, zgodnie z przepisami, jego kontrolę należy przeprowadzać co sześć tygodni (rewizja R/8).

Jeżeli przyjąć, że układ jest kontrolowany podczas każdego załączenia obwodu bezpieczeństwa, to można wnioskować, że układ spełnia wymogi samokontroli. Jeżeli wystąpiłaby usterka – brak ładowania hydroakumulatorów, to układ odczytuje to jako stan nieprawidłowy.

4.3.5. KKDS1, KKDS2 – kontrola sterowania zaworów wyboru ciśnienia resztkowego DS1(2)

4.3.5.1. Opis obiektu

Zabezpieczenie kontroluje, czy stan styczników sterujących pracą cewek zaworów wyboru ciśnienia resztkowego DS1 i DS2 jest zgodny ze stanem zadany ze sterowników SM1 i SM2. Nieprawidłowa sekwencja pracy rozdzielaczy DS1 i DS2, odpowiedzialnych za wybór ciśnień resztkowych, mogłaby doprowadzić do poślizgu liny podczas hamowania bezpieczeństwa, ze względu na zły wybór ciśnienia podczas hamowania.

Zabezpieczenie KKDS1 jest zlokalizowane w sterowniku SM1, KKDS2 w sterowniku SM2 [Rysunek 4-5], [15], [44].

Dwucewkowe rozdzielacze DS1 i DS2 są odpowiedzialne za wybór ciśnienia resztkowego w układzie ograniczenia ciśnienia, do nastawianych mechanicznie wartości ciśnień resztkowych. Cewki „A” rozdzielaczy hydraulicznych DS1 i DS2 są załączane,

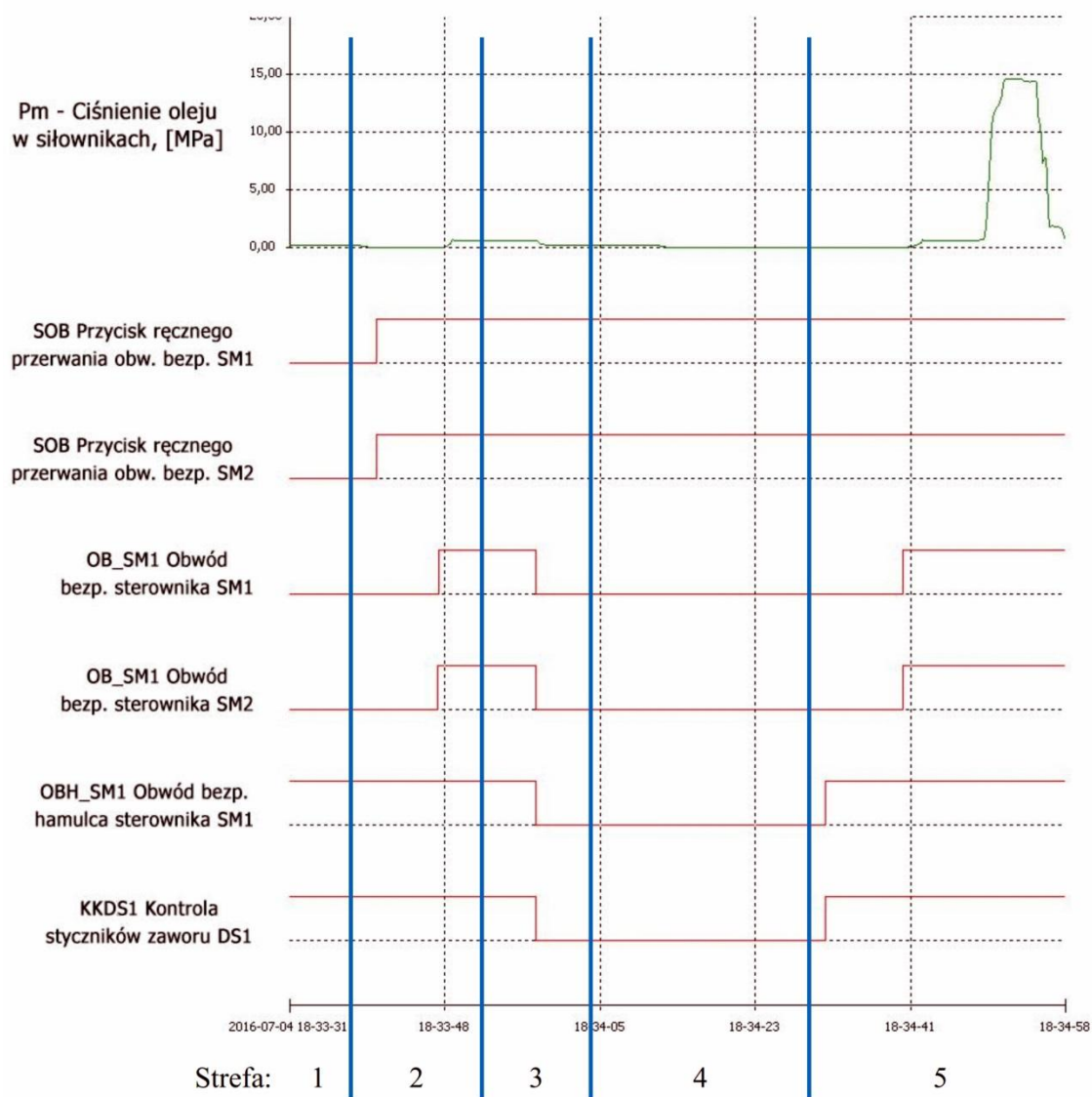
gdy prędkość jest mniejsza od 1 m/s i nie została obliczona nadwaga oraz pozostają włączone po zwiększeniu prędkości, gdy wykryto opuszczanie nadwagi większej od obliczeniowego progu przełączania. Załączenie cewek „A” odpowiada wybraniu ciśnienia pr1 nastawionego mechanicznie na zaworach przelewowych RD4 i RD6, odpowiadającego większej sile hamowania. Cewki „B” rozdzielaczy hydraulicznych DS1 i DS2 są załączane po przekroczeniu prędkości 1m/s, gdy nie wykryto opuszczania nadwagi większej od obliczeniowego progu przełączania. Załączenie cewek „B” odpowiada wybraniu ciśnienia pr2 nastawionego mechanicznie na zaworach przelewowych RD5 i RD7, odpowiadającego mniejszej sile hamowania. Kontrola drożność zaworów, czyli wykonywana w sposób pośredni kontrola stanu styczników sterujących pracą cewek zaworów wyboru ciśnienia resztkowego, odbywa się podczas załączania obwodu bezpieczeństwa. Rozdzielacze hydrauliczne DS1 i DS2 są przełączane w pozycje „A” następnie w pozycje „B” [Rysunek 4-1], [15], [44].

4.3.5.2. Metoda badania

Sposób przeprowadzania symulacji awarii styczników DS1(2): Zasymulowano nieprawidłowe działanie styczników sterujących pracą cewek zaworów wyboru ciśnienia resztkowego DS1(2), (stan „0” dla KKDS1(2) w strefie 3 [Rysunek 4-11 i Rysunek 4-12]), co spowodowało wyłączenie cewki wykonawczej obwodu bezpieczeństwa hamulca sterownika SM1(2) (stan „0” dla OBH_SM1(2) w strefie 3 [Rysunek 4-11 i Rysunek 4-12]), która z kolei wyłączyła obwód bezpieczeństwa, powodując zatrzymanie maszyny (stan „0” dla OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM2 w strefie 3 [Rysunek 4-11 i Rysunek 4-12]) [31], [37], [38], [44], [51], [54], [58], [59], [74], [87].

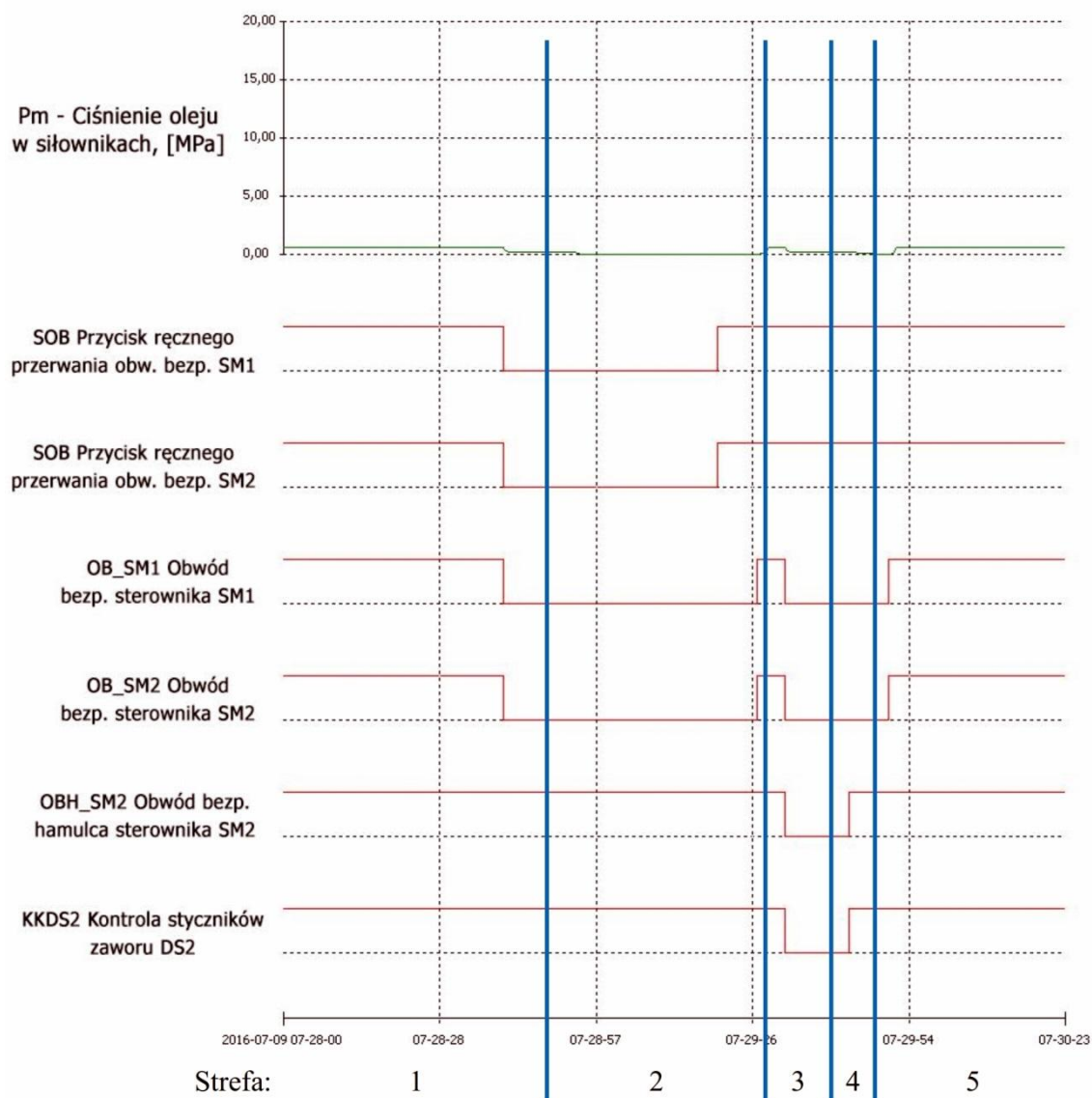
4.3.5.3. Wynik badania

Maszyna wyciągowa szybu „Andrzej V” przedział zachodni



Rysunek 4-11: Rejestracja działania KKDS1.

Maszyna wyciągowa szybu „Andrzej V” przedział zachodni



Rysunek 4-12: Rejestracja działania KKDS2.

Rysunek 4-11 i rysunek 4-12 przedstawiają strefy, prezentujące wyniki badań:

Strefa 1: kontrola działania obwodu bezpieczeństwa, ręczne przerwanie przyciskiem SOB (stan „0” dla „SOB przycisk ręcznego przerwania obw. bezp. SM1 i SM2 oraz dla OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM2),

Strefa 2: załączenie obwodu bezpieczeństwa przy sprawnie działającym hamulcu i układzie sterowania hamulca maszyny wyciągowej, (stan „1” dla „SOB przycisk ręcznego przerwania obw. bezp. SM1 i SM2 oraz dla OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),

Strefa 3: kontrola działania zabezpieczenia:

- symulacja nieprawidłowego działania kontrolowanego elementu (stan „0” dla KKDS1(2)),
- jednoczesne wyłączenie obwodu bezpieczeństwa (stan „0” dla OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),

Strefa 4: próba załączenia obwodu bezpieczeństwa przy niesprawnym badanym zabezpieczeniu

- niesprawny badany element (stan „0” dla KKDS1(2)) nie pozwala na załączenie obwodu bezpieczeństwa (stan „0” dla OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),
- maszyna wyciągowa nie jest gotowa do ruchu, zablokowana do czasu usunięcia uszkodzenia.

Strefa 5: przywrócono po próbach układ hamulcowy do pracy, wykonano próbę załączenia obwodu bezpieczeństwa:

- prawidłowo działający badany element (stan „1” dla KKDS1(2)),
- załączenie cewki wykonawczej obwodu bezpieczeństwa hamulca sterownika SM1 (stan „1” dla OBH_SM1(2)),
- załączenie cewek obwodu bezpieczeństwa OB_SM1 i OB_SM2 (stan „1” dla OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),
- maszyna wyciągowa jest gotowa do ruchu.

4.3.5.4. Wnioski

Zabezpieczenie KKDS1, KKDS2 – kontrola sterowania zaworów wyboru ciśnienia resztkowego DS1(2) kontroluje, czy stan styczników załączających cewki zaworów wyboru ciśnienia resztkowego DS1 i DS2, jest zgodny ze stanem zadany ze sterowników SM1 i SM2.

Podczas włączenia obwodu bezpieczeństwa (uruchamiania maszyny wyciągowej) układ kontroluje zgodność załączenia styczników KDS1 i KDS2 z zadaniem ze sterowników, sterownik włącza, po czym wyłącza styczniki. Rysunek 4-11 i rysunek 4-12 przedstawiają przypadki, w których poprzez wymuszenie niezgodnego z zadaniem zadziałania stycznika, nie można uruchomić maszyny wyciągowej.

Zaprezentowany układ nie wymaga przeprowadzania dodatkowych badań (opisanych w rozdziale 4.3.5.2), które wymagają unieruchomienia wyciągu szybowego na czas ich wykonywania). Obecnie, zgodnie z przepisami, jego kontrolę należy przeprowadzać co sześć tygodni (rewizja R/8).

Jeżeli przyjąć, że układ jest kontrolowany podczas każdego załączeniu obwodu bezpieczeństwa, to można wnioskować, że układ spełnia wymogi samokontroli. Jeżeli wystąpiłaby usterka, w postaci pojawienia się różnicy zgodności stanu załączenia styczników, sterujących pracą cewek zaworów ze stanem zadany ze sterowników SM1 i SM2, to układ odczytuje to jako stan nieprawidłowy.

4.3.6. KC_DS1, KC_DS2 – kontrola drożności spływu oraz nastaw ciśnienia resztkowego

4.3.6.1. Opis obiektu

Zabezpieczenie kontroluje drożność dróg spływu oleju przez zawory DS1 i DS2 pracującego agregatu oraz porównuje wartość ciśnienia w nitkach przygotowania ciśnienia resztkowego z wartością wybraną, co umożliwia kontrolę nastaw zaworów przelewowych RD4, RD5, RD6 i RD7. Nieprawidłowe nastawy kontrolowanych zaworów przelewowych, odpowiedzialnych za wartość ciśnień resztkowych, mogłyby doprowadzić do poślizgu liny podczas hamowania bezpieczeństwa, ze względu na zły wybór ciśnienia podczas hamowania.

Zabezpieczenie KC_DS1 jest zlokalizowane w sterowniku SM1, KC_DS2 w sterowniku SM2 [Rysunek 4-5], [15], [44].

Za pomocą rozdzielaczy hydraulicznych DS1 i DS2 wybierane są drogi spływu oleju poprzez zawory przelewowe o nastawach ciśnienia resztkowego odpowiednich dla

większej lub mniejszej siły hamowania. Rozdzielacze hydrauliczne DS1 i DS2 są sterowanymi elektrycznie zaworami suwakowymi, których przesterowanie dokonuje wyboru wartości siły hamującej, umożliwiając przepływ oleju poprzez:

- zawory przelewowe RD4 i RD6 powodując w czasie hamowania bezpieczeństwa ograniczenie ciśnień do wartości ciśnień resztkowych zapewniających większą siłę hamującą,
- zawory przelewowe RD5 i RD7 powodując w czasie hamowania bezpieczeństwa ograniczenie ciśnień do wartości ciśnień resztkowych zapewniających mniejszą siłę hamującą.

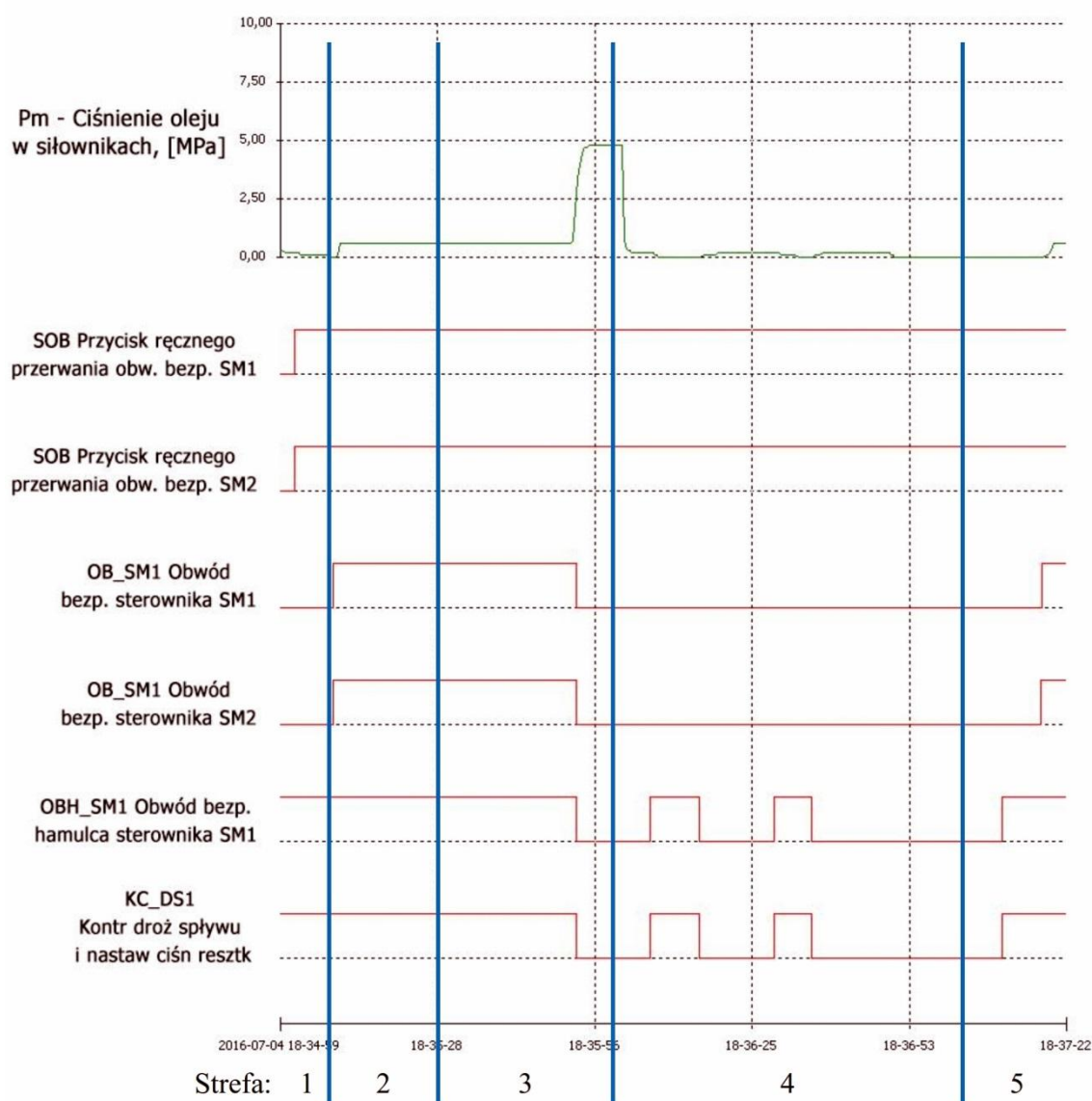
W celu kontroli poprawności przełączenia rozdzielaczy hydraulicznych DS1 i DS2 oraz nastaw wybranych za ich pomocą zaworów przelewowych RD4 i RD6 lub RD5 i RD7 w czasie odhamowania manewrowego, podukłady są zasilane olejem poprzez regulatory przepływu FC2 i FC3, a ustalone w nich wartości ciśnień mierzone są za pomocą analogowych przetworników ciśnienia PS3 i PS4. Kontrola drożności zaworów i wyboru odpowiedniego ciśnienia odbywa się podczas załączania obwodu bezpieczeństwa. Rozdzielacze hydrauliczne DS1 i DS2 są przełączane w pozycje „A” następnie w pozycje „B” [Rysunek 4-1], [15], [44].

4.3.6.2. Metoda badania

Sposób przeprowadzania symulacji awarii rozdzielaczy hydraulicznych DS1(2): Pozbawiono napięcia cewkę rozdzielacza hydraulicznego DS1(2), (stan „0” dla KC_DS1(2) w strefie 3 [Rysunek 4-13 i Rysunek 4-14]), co spowodowało wyłączenie cewki wykonawczej obwodu bezpieczeństwa hamulca sterownika SM1(2) (stan „0” dla OBH_SM1(2) w strefie 3 [Rysunek 4-13 i Rysunek 4-14]), która z kolei wyłączyła obwód bezpieczeństwa powodując zatrzymanie maszyny (stan „0” dla OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM2 w strefie 3 [Rysunek 4-13 i Rysunek 4-14]) [31], [37], [38], [44], [51], [54], [58], [59], [74], [87].

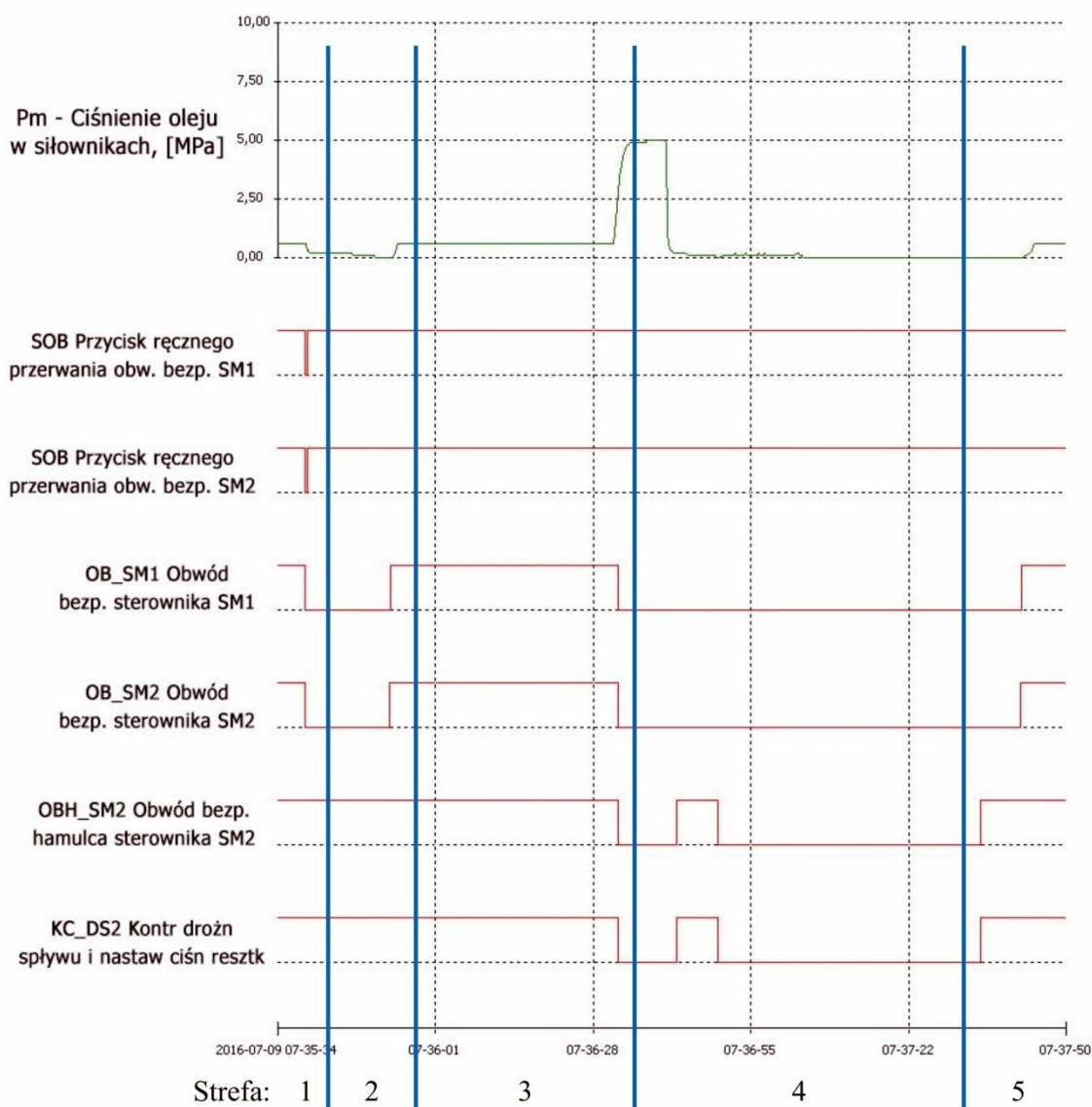
4.3.6.3. Wynik badania

Maszyna wyciągowa szybu „Andrzej V” przedział zachodni



Rysunek 4-13: Rejestracja działania KC_DS1.

Maszyna wyciągowa szybu „Andrzej V” przedział zachodni



Rysunek 4-14: Rejestracja działania KC_DS2.

Na rysunku 4-13 i 4-14 są przedstawione strefy, prezentujące wyniki badań:

Strefa 1: kontrola działania obwodu bezpieczeństwa, ręczne przerwanie przyciskiem SOB (stan „0” dla „SOB przycisk ręcznego przzerwania obw. bezp. SM1 i SM2 oraz dla OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM2),

Strefa 2: załączenie obwodu bezpieczeństwa przy sprawnie działającym hamulcu i układzie sterowania hamulca maszyny wyciągowej, (stan „1” dla „SOB przycisk

ręcznego przerwania obw. bezp. SM1 i SM2 oraz dla OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),

Strefa 3: kontrola działania zabezpieczenia:

- symulacja nieprawidłowego działania kontrolowanego elementu (stan „0” dla KC_DS1(2)),
- jednoczesne wyłączenie obwodu bezpieczeństwa (stan „0” dla OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),

Strefa 4: próba załączenia obwodu bezpieczeństwa przy niesprawnym badanym zabezpieczeniu

- niesprawny badany element (stan „0” dla KC_DS1(2)) nie pozwala na załączenie obwodu bezpieczeństwa (stan „0” dla OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),
- maszyna wyciągowa nie jest gotowa do ruchu, zablokowana do czasu usunięcia uszkodzenia.

Strefa 5: przywrócono po próbach układ hamulcowy do pracy, wykonano próbę załączenia obwodu bezpieczeństwa:

- prawidłowo działający badany element (stan „1” dla KC_DS1(2)),
- załączenie cewki wykonawczej obwodu bezpieczeństwa hamulca sterownika SM1(2) (stan „1” dla OBH_SM1(2)),
- załączenie cewek obwodu bezpieczeństwa OB_SM1 i OB_SM2 (stan „1” dla OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),
- maszyna wyciągowa jest gotowa do ruchu.

4.3.6.4. Wnioski

Zabezpieczenie KC_DS1, KC_DS2 – kontroluje drożności spływu oleju przez zawory DS1 i DS2 oraz nastawy ciśnień resztkowych zaworów przelewowych RD4, RD5, RD6 i RD7.

Podczas włączenia obwodu bezpieczeństwa (uruchamiania maszyny wyciągowej) sterownik włącza, po czym wyłącza, styczniki KDS1 włączający zawór DS1, który uruchamia spływ, w zależności od swego stanu, poprzez zawór przelewowy RD5 lub w stanie beznapięciowym RD4 – następuje wybór ciśnienia resztkowego. Układ ze stycznikiem KDS2 i zaworem DS2 działa równolegle.

Na rysunku 4-13 i 4-14 zostały przedstawione przypadki, w których poprzez wymuszenie nieprawidłowego położenia rozdzielacza hydraulicznego DS1(2) wprowadzono niezgodne wartości ciśnień na drogach spływu ciśnień resztkowych z sygnałem zadany ze sterownika, ciśnienie Pm w układzie hamulcowym jest większe od 0 [MPa] – maszyny wyciągowej nie można uruchomić.

Zaprezentowany układ nie wymaga przeprowadzania dodatkowych badań (opisanych w rozdziale 4.3.6.2, które wymagają unieruchomienia wyciągu szybowego na czas ich wykonywania). Obecnie, zgodnie z przepisami, jego kontrolę należy przeprowadzać co sześć tygodni (rewizja R/8).

Jeżeli przyjąć, że układ jest kontrolowany podczas każdego załączenia obwodu bezpieczeństwa, to można wnioskować, że układ spełnia wymogi samokontroli. Jeżeli wystąpiłaby usterka w postaci pojawienia się różnicy ciśnień na drogach spływu ciśnień resztkowych z sygnałem zadany ze sterownika, wynikającym np. z zaniku drożności lub rozregulowaniu elementów, to układ odczytuje to jako stan nieprawidłowy.

4.3.7. KRC2_RP2 – kontrola prawidłowego działania zaworów RC2 i RP2

4.3.7.1. Opis obiektu

Zabezpieczenie kontroluje, czy wartość ciśnienia w siłownikach hamulca ustalana za pomocą zaworów RC2, RP2 jest zgodna z wartością zadaną ze sterownika SM2. Zabezpieczenie sprawdza, czy podczas wykonywania zadania odhamowania i zahamowania, po odpowiedniej zwłoce czasowej przeznaczonej na zrealizowanie zadania i dopełnienie ciśnienia przez zawór przelewowy RC2, wartość ciśnienia zmierzona przetwornikiem jest zgodna z wartością zadaną ze sterownika SM2, czyli, czy agregat hamulcowy wypełnia zadania sterownika.

Zbyt duża różnica, świadczyłaby o awarii agregatu hamulcowego i przy niedziałającym zabezpieczeniu, agregat mógłby działać niezgodnie z wolą maszynisty wyciągowego w sterowaniu ręcznym lub z układem zadawania w sterowaniu automatycznym. Takie działanie stwarzałoby zagrożenie dla pracujących w szybie ludzi.

Zabezpieczenie KRC2_RP2 jest zlokalizowane w sterowniku SM1. [Rysunek 4-5] [15], [44].

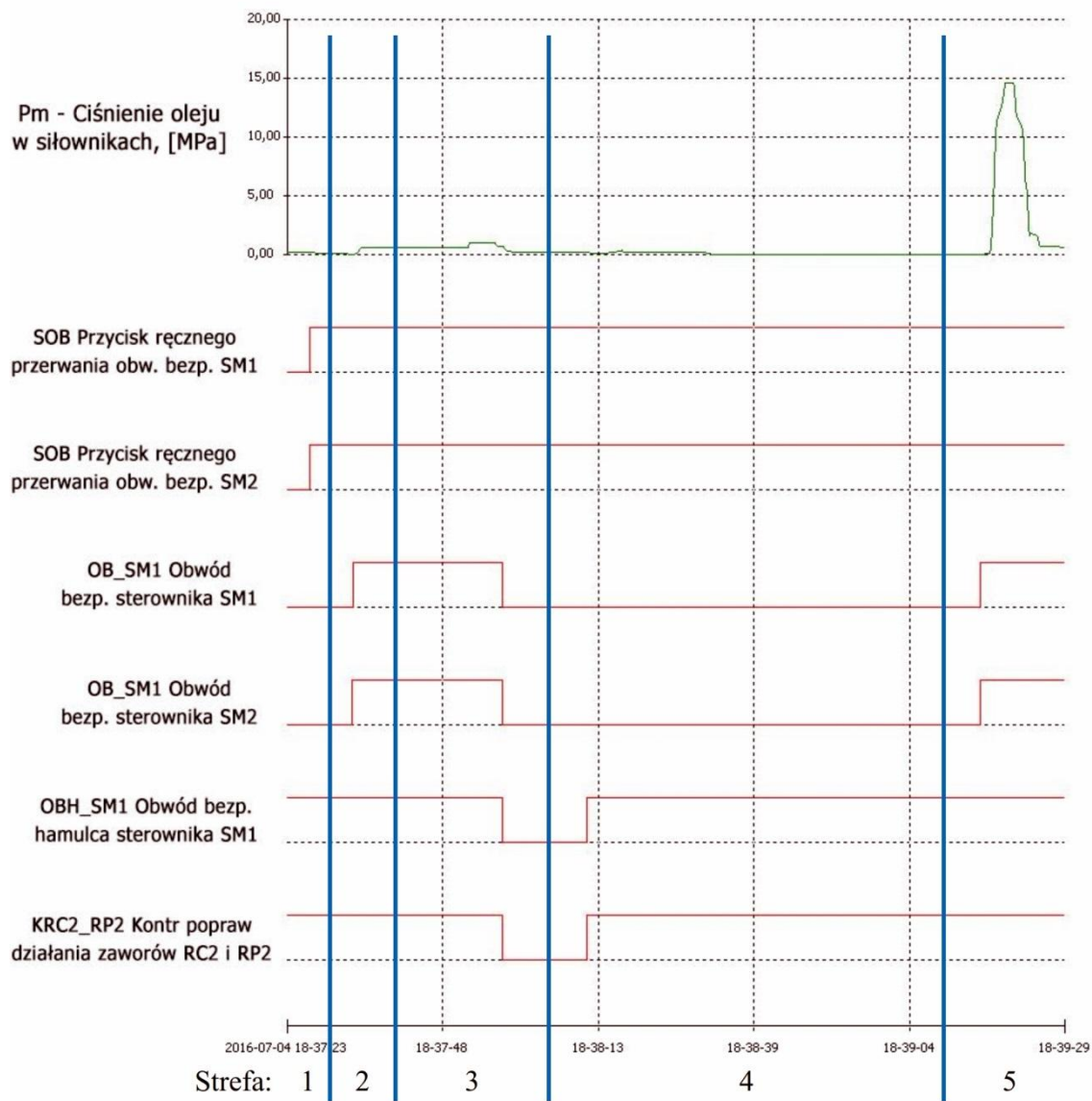
Sterownik SM2 steruje zaworem przelewowym RP2 za pośrednictwem proporcjonalnego zaworu przelewowego sterowanego elektrycznie RC2. Regulacja wartością ciśnienia w zaworze RC2 realizowana jest za pomocą zmian napięcia sterującego w taki sposób, by uzyskać wyznaczone ciśnienie resztkowe podczas hamowania bezpieczeństwa z wykorzystaniem układu ograniczenia ciśnienia do bezstopniowo nastawianej elektrycznie wartości ciśnienia resztkowego. Podczas załączania obwodu następuje pełne otwarcie zaworu RP2 za pomocą elektrycznie sterowanego zaworu RC2. Nieznaczne wychylenie drążka hamulca z pozycji zahamowanej w sterowaniu ręcznym lub zanik sygnału STOP w sterowaniu automatycznym powoduje zadanie wartości pełnego odhamowania siłowników hamulcowych przez zawór RP2. Przetastawienie drążka do pozycji zahamowanej w sterowaniu ręcznym lub wygenerowanie sygnału STOP w sterowaniu automatycznym powoduje wystereowanie przez RP2 uprawnionego ciśnienia zahamowania. Regulator ciśnienia RC2 aktywnego agregatu hamulcowego jest również elementem wykonawczym blokady maszyny. Blokada uniemożliwia zadanie ciśnienia w instalacji hamulcowej mogącego odhamować siłowniki hamulca [Rysunek 4-1], [15], [44].

4.3.7.2. Metoda badania

Sposób przeprowadzania symulacji awarii zaworu RC2: Pozbawiono napięcia cewkę proporcjonalnego zaworu przelewowego sterowanego elektrycznie RC2, (stan „0” dla KRC2_RC2 w strefie 3 [Rysunek 4-15]), co spowodowało wyłączenie cewki wykonawczej obwodu bezpieczeństwa hamulca sterownika SM1 (stan „0” dla OBH_SM1 w strefie 3 [Rysunek 4-15]), która z kolei wyłączyła obwód bezpieczeństwa, powodując zatrzymanie maszyny (stan „0” dla OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM2 w strefie 3 [Rysunek 4-15]) [31], [37], [38], [44], [51], [54], [58], [59], [74], [87].

4.3.7.3. Wynik badania

Maszyna wyciągowa szybu „Andrzej V” przedział zachodni



Rysunek 4-15: Rejestracja działania KRC2_RP2.

Poszczególne strefy, przedstawione na rysunku 4-15, prezentują wyniki badania:

Strefa 1: kontrola działania obwodu bezpieczeństwa, ręczne przerwanie przyciskiem SOB (stan „0” dla „SOB przycisk ręcznego przerwania obw. bezp. SM1 i SM2 oraz dla OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM2),

Strefa 2: załączenie obwodu bezpieczeństwa przy sprawnie działającym hamulcu i układzie sterowania hamulca maszyny wyciągowej, (stan „1” dla „SOB przycisk ręcznego przerywania obw. bezp. SM1 i SM2 oraz dla OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),

Strefa 3: kontrola działania zabezpieczenia:

- symulacja nieprawidłowego działania kontrolowanego elementu (stan „0” dla KRC2_RP2),
- jednoczesne wyłączenie obwodu bezpieczeństwa (stan „0” dla OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),

Strefa 4: próba załączenia obwodu bezpieczeństwa przy niesprawnym badanym zabezpieczeniu

- niesprawny badany element (stan „0” dla KRC2_RP2), nie pozwala na załączenie obwodu bezpieczeństwa (stan „0” dla OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),
- maszyna wyciągowa nie jest gotowa do ruchu, zablokowana do czasu usunięcia uszkodzenia.

Strefa 5: przywrócono po próbach układ hamulcowy do pracy, wykonano próbę załączenia obwodu bezpieczeństwa:

- prawidłowo działający badany element (stan „1” dla KRC2_RP2),
- załączenie cewki wykonawczej obwodu bezpieczeństwa hamulca sterownika SM1 (stan „1” dla OBH_SM1),
- załączenie cewek obwodu bezpieczeństwa OB_SM1 i OB_SM2 (stan „1” dla OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),
- maszyna wyciągowa jest gotowa do ruchu.

4.3.7.4. Wnioski

Zabezpieczenie KRC2_RP2 – kontrola prawidłowego działania zaworów RC2 i RP2 porównuje wartość ciśnienia w siłownikach hamulca z wartością zadaną ze sterownika SM2.

Podczas załączania obwodu następuje pełne otwarcie zaworu RP2 za pomocą elektrycznie sterowanego zaworu RC2, znaczy to, że ciśnienie Pm w układzie siłowników hamulcowych równe jest 0 [MPa]. (dociśnięte okładziny do tarcz hamulcowych).

Na rysunku 4-15 został przedstawiony przypadek, w którym poprzez wymuszenie wartości prądu przetwornika ciśnienia, który jest sygnałem imitującym ciśnienie Pm, sprawdzane jest zadziałanie obwodu bezpieczeństwa – w wyniku niezgodności sygnałów, maszyny wyciągowej nie można uruchomić.

Zaprezentowany układ nie wymaga przeprowadzania dodatkowych badań (opisanych w rozdziale 4.3.7.2, które wymagają unieruchomienia wyciągu szybowego na czas ich wykonywania). Obecnie, zgodnie z przepisami, jego kontrolę należy przeprowadzać co sześć tygodni (rewizja R/8).

Jeżeli przyjąć, że układ jest kontrolowany podczas każdego załączenia obwodu bezpieczeństwa, to można wnioskować, że układ spełnia wymogi samokontroli. Jeżeli wystąpiłaby usterka w postaci pojawienia się różnicy sygnału analogowego proporcjonalnego do wartości ciśnienia Pm z sygnałem zadanym, to układ odczytuje to jako stan nieprawidłowy.

4.3.8. KPH – kontrola pracy hamulca

4.3.8.1. Opis obiektu

Zabezpieczenie porównuje wielkości ciśnienia w siłownikach hydraulicznych za pomocą analogowego przetwornika ciśnienia pracującego agregatu w funkcji wychylenia drążka hamulca (łączników jego skrajnych położeń) oraz po nadaniu sygnałów sterujących (start i stop) podczas sterowania automatycznego hamulca. Nieprawidłowe wartości ciśnień w tych punktach świadczyłyby o niepełnym odhamowaniu lub zahamowaniu, co mogłoby doprowadzić do uszkodzenia siłowników hamulcowych oraz z zagrożeniem związanym z niecałkowicie zahamowaną maszyną.

Zabezpieczenie KPH jest zlokalizowane w sterowniku SM1 [Rysunek 4-5], [15], [44].

Koło pędne posiada dwie tarcze hamulcowe, na które oddziałują siłowniki hamulcowe zasilane hydraulicznymi agregatami hamulcowymi. Zahamowanie jest realizowane poprzez sprężyny talerzykowe siłowników hamulcowych. Odhamowanie jest wprost proporcjonalne do ciśnienia wypracowanego przez agregaty hamulcowe. Za zadania pracy hamulca jest odpowiedzialny układ sterowania maszyny wyciągowej. Hamowanie pełną siłą powoduje wystawienie w siłownikach hamulca ciśnienia bliskiego zeru, hamując koło pędne maszyny wyciągowej pełną siłą hamującą, którą umożliwiają zabudowane siłowniki. Hamowanie to następuje po przerwaniu obwodu bezpieczeństwa w przypadku wygenerowania w układzie sterowania maszyny wyciągowej sygnału pełnej siły hamującej. Zespół zasilania hydraulicznego zbudowany jest z następujących układów:

- układu zasilania hamulca w czasie hamowania manewrowego,
- układu zasilania hamulca podczas hamowania bezpieczeństwa.

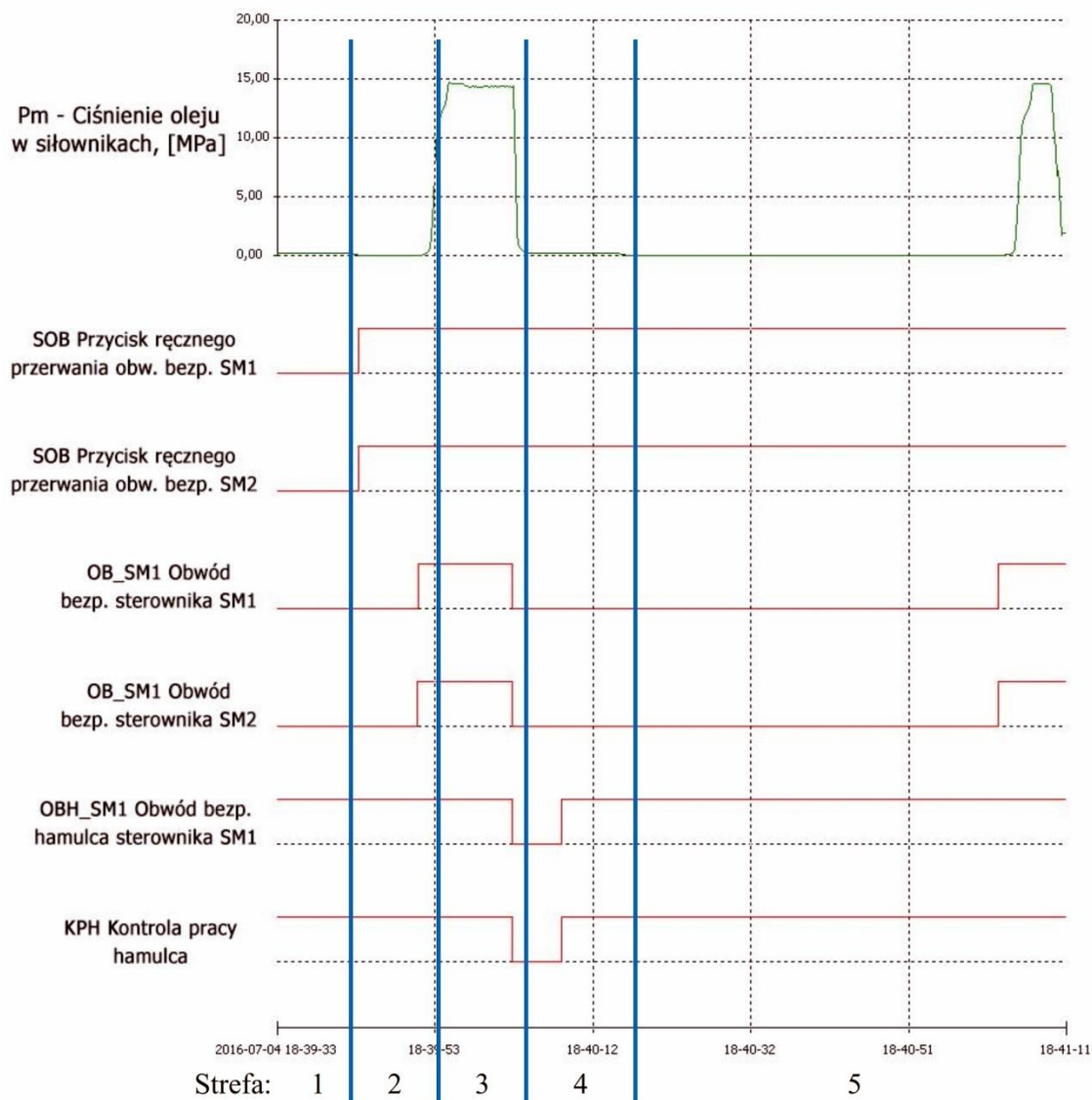
Układ zasilania hamulca podczas hamowania bezpieczeństwa został zdwojony tzn. składa się dwóch niezależnych, identycznych funkcjonalnie podukładów. Ma to na celu podniesienie niezawodności wystawienia ciśnienia resztkowego w czasie hamowania bezpieczeństwa [Rysunek 4-1], [15], [44].

4.3.8.2. Metoda badania

Sposób przeprowadzania symulacji awarii pracy hamulca: Wprowadzono błędną wartość w układzie pomiarowym ciśnienia siłowników, (stan „0” dla KPH w strefie 3 [Rysunek 4-16]), co spowodowało wyłączenie cewki wykonawczej obwodu bezpieczeństwa hamulca sterownika SM1 (stan „0” dla OBH_SM1 w strefie 3 [Rysunek 4-16]), która z kolei wyłączyła obwód bezpieczeństwa, powodując zatrzymanie maszyny (stan „0” dla OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM2 w strefie 3 [Rysunek 4-16]) [31], [37], [38], [44], [51], [54], [58], [59], [74], [87].

4.3.8.3. Wynik badania

Maszyna wyciągowa szybu „Andrzej V” przedział zachodni



Rysunek 4-16: Rejestracja działania KPH.

Poszczególne strefy, przedstawione na rysunku 4-16, prezentują wyniki badania:

Strefa 1: kontrola działania obwodu bezpieczeństwa, ręczne przerwanie przyciskiem SOB (stan „0” dla „SOB przycisk ręcznego przerwania obw. bezp. SM1 i SM2 oraz dla OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM2),

Strefa 2: załączenie obwodu bezpieczeństwa przy sprawnie działającym hamulcu i układzie sterowania hamulca maszyny wyciągowej, (stan „1” dla „SOB przycisk ręcznego przerywania obw. bezp. SM1 i SM2 oraz dla OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),

Strefa 3: kontrola działania zabezpieczenia:

- symulacja nieprawidłowego działania kontrolowanego elementu (stan „0” dla KPH),
- jednoczesne wyłączenie obwodu bezpieczeństwa (stan „0” dla OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),

Strefa 4: próba załączenia obwodu bezpieczeństwa przy niesprawnym badanym zabezpieczeniu

- niesprawny badany element (stan „0” dla KPH) nie pozwala na załączenie obwodu bezpieczeństwa (stan „0” dla OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),
- maszyna wyciągowa nie jest gotowa do ruchu, zablokowana do czasu usunięcia uszkodzenia.

Strefa 5: przywrócono po próbach układ hamulcowy do pracy, wykonano próbę załączenia obwodu bezpieczeństwa:

- prawidłowo działający badany element (stan „1” dla KPH),
- załączenie cewki wykonawczej obwodu bezpieczeństwa hamulca sterownika SM1 (stan „1” dla OBH_SM1),
- załączenie cewek obwodu bezpieczeństwa OB_SM1 i OB_SM2 (stan „1” dla OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),
- maszyna wyciągowa jest gotowa do ruchu.

4.3.8.4. Wnioski

Zabezpieczenie KPH – kontrola pracy hamulca, porównuje sygnały analogowe pochodzące z czujnika PS służącego do pomiaru ciśnienia P_m w układzie hamulcowym w funkcji skrajnych położenia drążka hamulca.

Podczas włączenia obwodu bezpieczeństwa (uruchamiania maszyny wyciągowej) drążek hamulca jest w położeniu „0”, ciśnienia układu hamulcowego musi być równe jest 0 [MPa].

Na rysunku 4-16, został przedstawiony przypadek, w którym poprzez wymuszenie wartości prądu czujnika PS, który jest sygnałem imitującym występowanie ciśnienia pracującego agregatu, sprawdzane jest zadziałanie obwodu bezpieczeństwa – w wyniku niezgodności sygnałów, maszyny wyciągowej nie można uruchomić.

Zaprezentowany układ nie wymaga przeprowadzania dodatkowych badań (opisanych w rozdziale 4.3.8.2, które wymagają unieruchomienie wyciągu szybowego na czas ich wykonywania). Obecnie, zgodnie z przepisami, jego kontrolę należy przeprowadzać co sześć tygodni (rewizja R/8).

Jeżeli przyjąć, że układ jest kontrolowany podczas każdego załączenia obwodu bezpieczeństwa, to można wnioskować, że układ spełnia wymogi samokontroli. Jeżeli wystąpiłaby usterka, w postaci pojawienia się różnicy ciśnień w układzie hamulcowym lub położeniach drążka steru hamulca, to układ odczytuje to jako stan nieprawidłowy.

4.3.9. KKDO1 – kontrola styczników zaworu DO1

4.3.9.1. Opis obiektu

Zabezpieczenie kontroluje, czy stan styczników sterujących pracą cewek zaworu pełnej siły hamowania DO1 pracującego agregatu jest zgodny ze stanem zadany ze sterowników SM1 i SM2. Nieprawidłowy stan stycznika może doprowadzić do nie całkowitego rozładowania ciśnienia w instalacji hydraulicznej hamulca celem osiągnięcia pełnej siły hamującej.

Zabezpieczenie KKDO1 jest zlokalizowane w sterowniku SM2 [Rysunek 4-5], [15], [44].

Po zmniejszeniu prędkości maszyny poniżej 1 m/s lub upływie najdłuższego czasu hamowania zawór DO1 zostaje przestawiony w pozycję uprawnienia pełnej siły hamującej, co powoduje zmniejszenie ciśnienia w siłownikach hamulcowych do zera. Elektrozwór DO1 stanowi element układu całkowitego rozładowania ciśnienia.

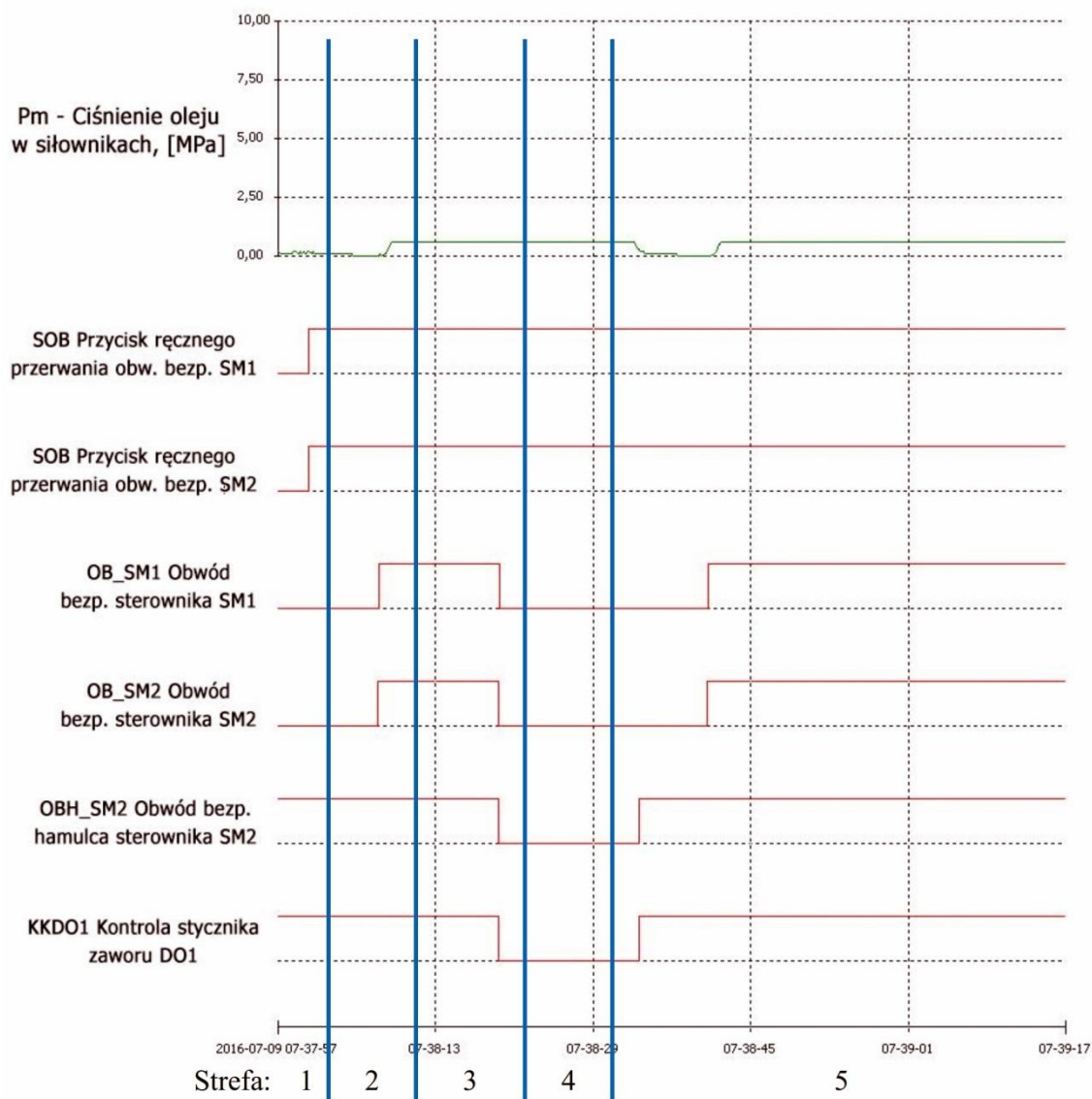
Zadaniem układu jest rozładowanie ciśnienia w instalacji hydraulicznej hamulca celem osiągnięcia pełnej siły hamującej. W zależności od położenia organu sterującego elektrozaworu DO1, obie drogi spływu układu ograniczenia ciśnienia do nastawianych mechanicznie wartości ciśnień resztkowych, przyłączone są do zbiornika oleju bezpośrednio lub też za pośrednictwem regulatora przepływu FC4. W przypadku uprawnienia pełnej siły, zawór DO1 przełącza się, obniżając do zera ciśnienie w układzie. W przeciwnym wypadku przepływ odbywa się poprzez regulator FC4, ograniczając wypływ oleju do zbiornika, co umożliwia wysterowanie wybranego ciśnienia resztkowego. Zawory zwrotne CH5, CH6 zapobiegają połączeniu jednego podukładu ograniczenia ciśnienia z drugim, umożliwiając niezależną kontrolę nastaw i kontroli zaworów przelewowych ciśnień resztkowych RD4, RD5, RD6, RD7. Sprawdzenie wysterowania pełnej siły za pomocą zaworu DO1 jest pierwszym etapem procedury przy załączaniu obwodu bezpieczeństwa [Rysunek 4-1], [15], [44].

4.3.9.2. Metoda badania

Sposób przeprowadzania symulacji awarii styczników zaworu DO1: Zasymulowano nieprawidłowe działanie styczników sterujących pracą zaworu DO1, (stan „0” dla KKD01 w strefie 3 [Rysunek 4-17]), co spowodowało wyłączenie cewki wykonawczej obwodu bezpieczeństwa hamulca sterownika SM2 (stan „0” dla OBH_SM2 w strefie 3 [Rysunek 4-17]), która z kolei wyłączyła obwód bezpieczeństwa, powodując zatrzymanie maszyny (stan „0” dla OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM2 w strefie 3 [Rysunek 4-17]) [31], [37], [38], [44], [51], [54], [58], [59], [74]. [87].

4.3.9.3. Wynik badania

Maszyna wyciągowa szybu „Andrzej V” przedział zachodni



Rysunek 4-17: Rejestracja działania KKDO1.

Poszczególne strefy, przedstawione na rysunku 4-17, prezentują wyniki badania:

Strefa 1: kontrola działania obwodu bezpieczeństwa, ręczne przerwanie przyciskiem SOB (stan „0” dla „SOB przycisk ręcznego przerwania obw. bezp. SM1 i SM2 oraz dla OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM2),

Strefa 2: załączenie obwodu bezpieczeństwa przy sprawnie działającym hamulcu i układzie sterowania hamulca maszyny wyciągowej, (stan „1” dla „SOB przycisk ręcznego przerywania obw. bezp. SM1 i SM2 oraz dla OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),

Strefa 3: kontrola działania zabezpieczenia:

- symulacja nieprawidłowego działania kontrolowanego elementu (stan „0” dla KKDO1),
- jednoczesne wyłączenie obwodu bezpieczeństwa (stan „0” dla OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),

Strefa 4: próba załączenia obwodu bezpieczeństwa przy niesprawnym badanym zabezpieczeniu

- niesprawny badany element (stan „0” dla KKDO1) nie pozwala na załączenie obwodu bezpieczeństwa (stan „0” dla OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),
- maszyna wyciągowa nie jest gotowa do ruchu, zablokowana do czasu usunięcia uszkodzenia.

Strefa 5: przywrócono po próbach układ hamulcowy do pracy, wykonano próbę załączenia obwodu bezpieczeństwa:

- prawidłowo działający badany element (stan „1” dla KKDO1),
- załączenie cewki wykonawczej obwodu bezpieczeństwa hamulca sterownika SM1 (stan „1” dla OBH_SM2),
- załączenie cewek obwodu bezpieczeństwa OB_SM1 i OB_SM2 (stan „1” dla OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),
- maszyna wyciągowa jest gotowa do ruchu.

4.3.9.4. Wnioski

Zabezpieczenie KKDO1 – kontrola styczników zaworu DO1, kontroluje, czy stan styczników sterujących pracą cewek zaworu pełnej siły hamowania DO1 pracującego agregatu jest zgodny ze stanem zadany ze sterowników SM1 i SM2.

Podczas włączenia obwodu bezpieczeństwa (uruchamiania maszyny wyciągowej) zawór pełnej siły hamowania jest w położeniu umożliwiającym wypływ oleju z siłowników, znaczy to, że ciśnienie P_m przedstawione na rysunku 4-17 w układzie hamulcowym powinno być równe jest 0 [MPa] (dociśnięte okładziny do tarcz hamulcowych). Układ kontroluje, czy stan styczników załączających zawór DO1 są zgodne.

Na rysunku 4-17, został przedstawiony przypadek, w którym w trakcie uruchamiania obwodu bezpieczeństwa, wymuszono załączenia jednego ze styczników przy drugim wyłączonym – w wyniku niezgodności sygnałów, maszyny wyciągowej nie można uruchomić.

Zaprezentowany układ nie wymaga przeprowadzania dodatkowych badań (opisanych w rozdziale 4.3.9.2, które wymagają unieruchomienie wyciągu szybowego na czas ich wykonywania). Obecnie, zgodnie z przepisami, jego kontrolę należy przeprowadzać co sześć tygodni (rewizja R/8).

Jeżeli przyjąć, że układ jest kontrolowany podczas każdego załączenia obwodu bezpieczeństwa to można wnioskować, że układ spełnia wymogi samokontroli. Jeżeli wystąpiłaby usterka, w postaci pojawienia się różnicy stanów pracy styczników sterujących zaworem DO1, to układ odczytuje to jako stan nieprawidłowy.

4.3.10. KDO1 – kontrola zaworu DO1

4.3.10.1. Opis obiektu

Zabezpieczenie sprawdza za pomocą czujników indukcyjnych PS3 i PS4 pracującego agregatu, czy wartość ciśnienia ustalana za pomocą zaworu DO1 jest zgodna z wartością zadaną ze sterowników. Nieprawidłowy stan zaworu może doprowadzić do niecałkowitego rozładowania ciśnienia w instalacji hydraulicznej hamulca, celem osiągnięcia pełnej siły hamującej.

Zabezpieczenie KDO1 jest zlokalizowane w sterowniku SM1 [Rysunek 4-5], [15], [44].

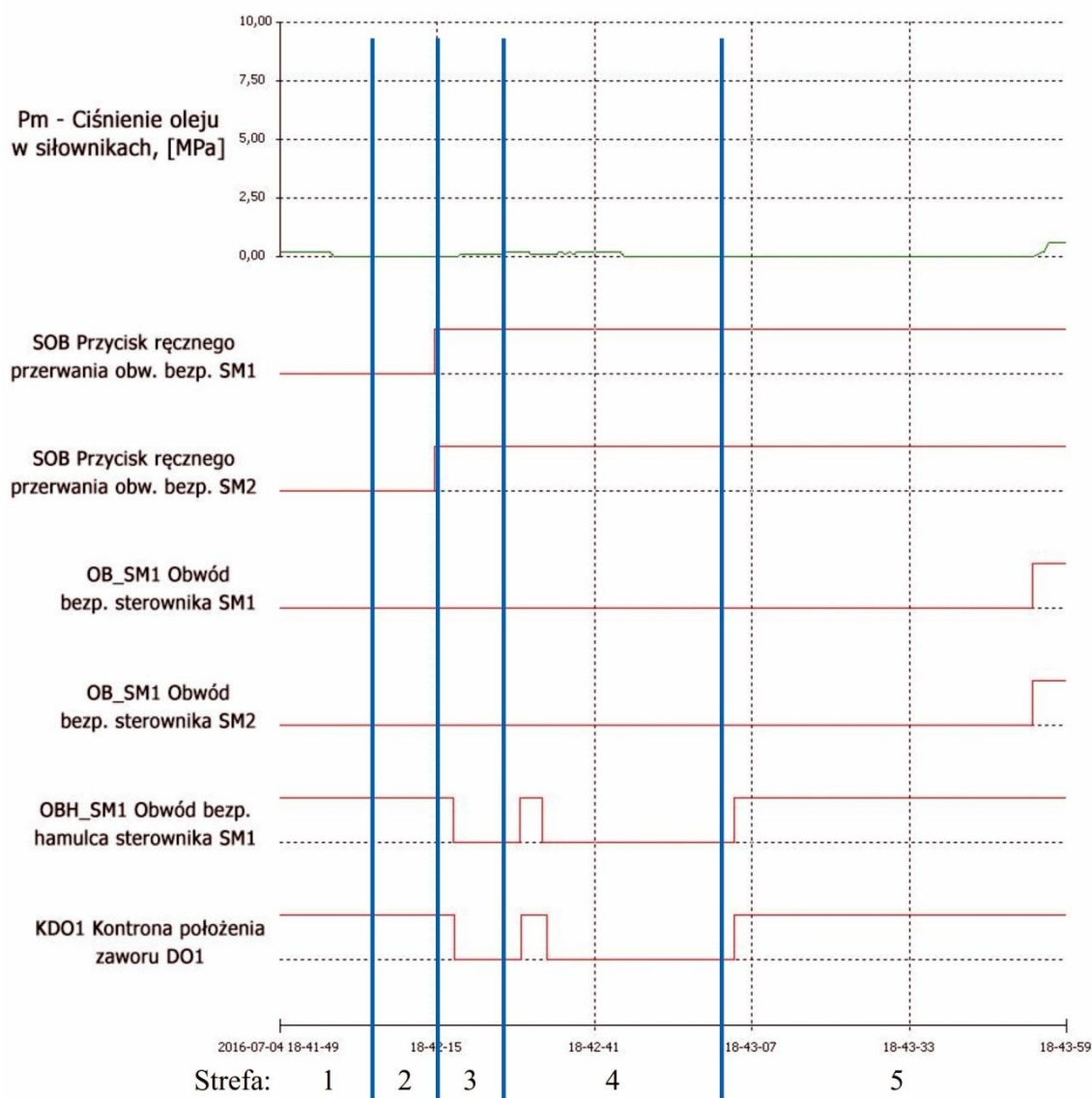
Opis układu jest przedstawiony w rozdziale 4.3.9.1.

4.3.10.2. Metoda badania

Sposób przeprowadzania symulacji awarii zaworu DO1: Zasymulowano nieprawidłową pozycję organu sterującego w zaworze DO1, (stan „0” dla KD01 w strefie 3 [Rysunek 4-18]), co spowodowało wyłączenie cewki wykonawczej obwodu bezpieczeństwa hamulca sterownika SM1 (stan „0” dla OBH_SM1 w strefie 3 [Rysunek 4-18]), która z kolei wyłączyła obwód bezpieczeństwa powodując zatrzymanie maszyny (stan „0” dla OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM2 w strefie 3 [Rysunek 4-18]) [31], [37], [38], [44], [51], [54], [58], [59], [74], [87].

4.3.10.3. Wynik badania

Maszyna wyciągowa szybu „Andrzej V” przedział zachodni



Rysunek 4-18: Rejestracja działania KDO1.

Poszczególne strefy, przedstawione na rysunku 4-18, prezentują wyniki badania:

Strefa 1: kontrola działania obwodu bezpieczeństwa, ręczne przerwanie przyciskiem SOB (stan „0” dla „SOB przycisk ręcznego przerwania obw. bezp. SM1 i SM2 oraz dla OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM2),

Strefa 2: załączenie obwodu bezpieczeństwa przy sprawnie działającym hamulcu i układzie sterowania hamulca maszyny wyciągowej, (stan „1” dla „SOB przycisk ręcznego przerywania obw. bezp. SM1 i SM2 oraz dla OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),

Strefa 3: kontrola działania zabezpieczenia:

- symulacja nieprawidłowego działania kontrolowanego elementu (stan „0” dla KDO1),
- jednoczesne wyłączenie obwodu bezpieczeństwa (stan „0” dla OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),

Strefa 4: próba załączenia obwodu bezpieczeństwa przy niesprawnym badanym zabezpieczeniu

- niesprawny badany element (stan „0” dla KDO1) nie pozwala na załączenie obwodu bezpieczeństwa (stan „0” dla OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),
- maszyna wyciągowa nie jest gotowa do ruchu, zablokowana do czasu usunięcia uszkodzenia.

Strefa 5: przywrócono po próbach układ hamulcowy do pracy, wykonano próbę załączenia obwodu bezpieczeństwa:

- prawidłowo działający badany element (stan „1” dla KDO1),
- załączenie cewki wykonawczej obwodu bezpieczeństwa hamulca sterownika SM1 (stan „1” dla OBH_SM1),
- załączenie cewek obwodu bezpieczeństwa OB_SM1 i OB_SM2 (stan „1” dla OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),
- maszyna wyciągowa jest gotowa do ruchu.

4.3.10.4. Wnioski

Zabezpieczenie KDO1 – kontrola zaworu DO1, porównuje sygnały analogowe pochodzące czujników indukcyjnych PS3 i PS4 służących do pomiaru ciśnienia na drogach spływowych ciśnień resztkowych układu hamulcowego, oznaczone jako Pm na rysunku 4-18 z wartością zadaną ze sterowników.

Podczas włączenia obwodu bezpieczeństwa (uruchamiania maszyny wyciągowej) ciśnienia w drogach spływowych pracującego agregatu i układu hamulcowego muszą być równe jest 0 [MPa].

Na rysunku 4-18, został przedstawiony przypadek, w którym poprzez wymuszoną zmianę pozycji zaworu DO1, ciśnienie Pm większe od 0 [MPa], pojawiło się ciśnienie (stan niezgodny z wartością zadaną ze sterowników) – w wyniku niezgodności sygnałów maszyny wyciągowej nie można uruchomić.

Zaprezentowany układ nie wymaga przeprowadzania dodatkowych badań (opisanych w rozdziale 4.3.10.2, które wymagają unieruchomienia wyciągu szybowego na czas ich wykonywania). Obecnie, zgodnie z przepisami, jego kontrolę należy przeprowadzać co sześć tygodni (rewizja R/8).

Jeżeli przyjąć, że układ jest kontrolowany podczas każdego załączenia obwodu bezpieczeństwa, to można wnioskować, że układ spełnia wymogi samokontroli. Jeżeli wystąpiłaby usterka w postaci pojawienia się różnicy ciśnień w drogach spływowych ciśnienia resztkowego pracującego agregatu w układzie hamulcowym z wartością zadaną ze sterowników, to układ odczytuje to jako stan nieprawidłowy.

4.3.11. KKDO – kontrola położenia organu sterującego zaworu DO

4.3.11.1. Opis obiektu

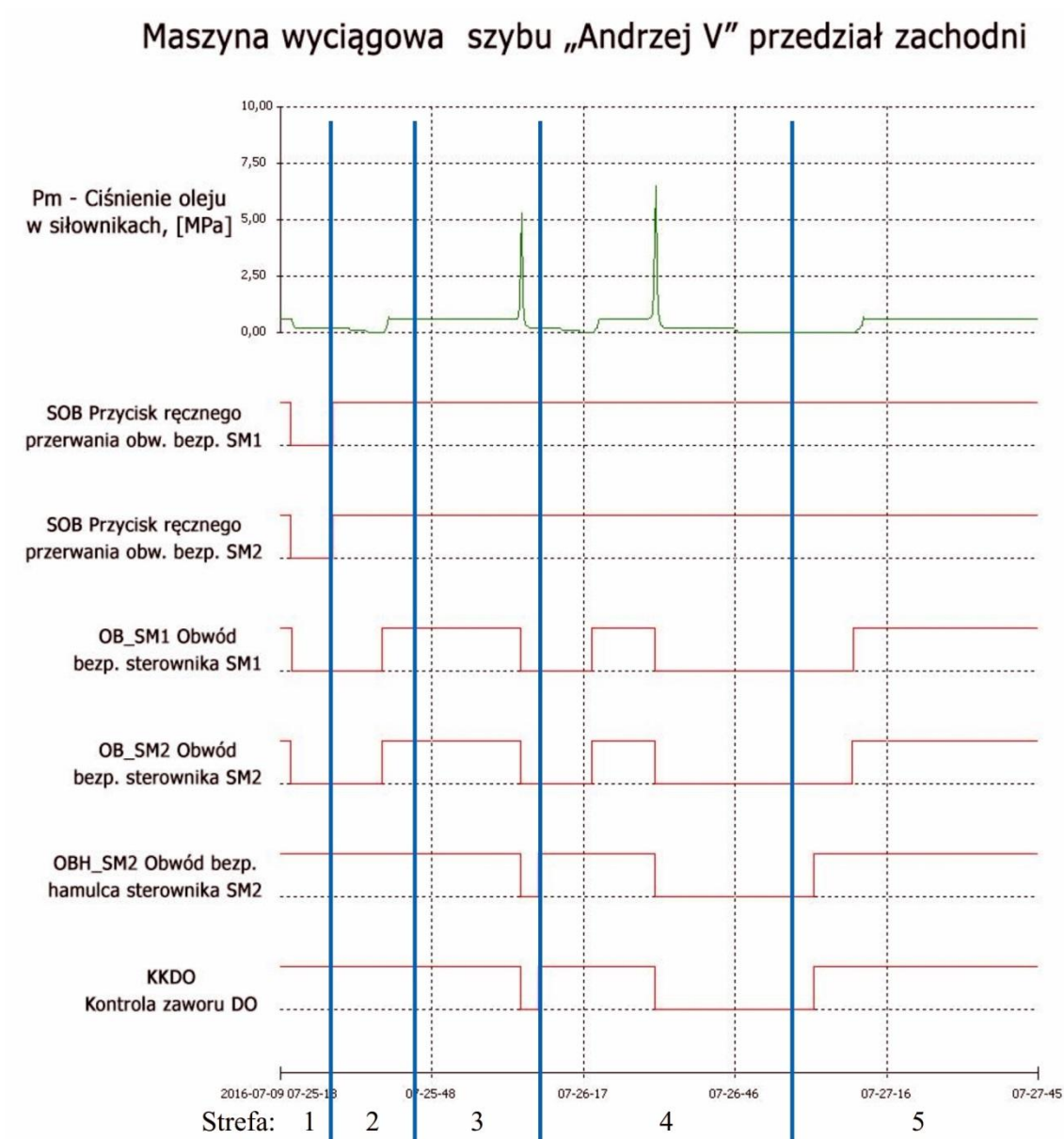
Zabezpieczenie sprawdza za pomocą czujników indukcyjnych położenie organu sterującego rozdzielacz hydrauliczny DO pracującego agregatu oraz sprawdza, czy rozdzielacz powrócił do stanu niewymuszonego po przerwaniu obwodu bezpieczeństwa. Nieprawidłowy stan rozdzielacza spowodowałby brak wstępnego zbliżenia szczęk siłowników do tarczy, co wydłużyłoby czas hamowania maszyny – ryzyko nie zatrzymania przed poziomami skrajnymi. Zabezpieczenie to blokuje ponowne załączenie obwodu bezpieczeństwa. Zabezpieczenie KKDM jest zlokalizowane w sterowniku SM2 [Rysunek 4-5], [15], [44].

Rozdzielacz hydrauliczny DO wraz z hydraulicznie sterowanym zaworem przelewowym RP3 stanowią układ szybkiego obniżenia ciśnienia, zapewniając odpowiednio krótki czas zbliżenia szczęk siłowników do tarczy hamulcowej. W stanie napięciowym rozdzielacza hydraulicznego DO uniemożliwiony jest wypływ oleju przez sterowany hydraulicznie zawór przelewowy RP3. Po przerwaniu zasilania cewki rozdzielacza hydraulicznego DO udrażnianie jest przyłącze sterujące, ustalając ciśnienie otwarcia zaworu RP3 na poziomie nastawy zaworu przelewowego. Zmiana nastawy tego zaworu przelewowego pozwala na zmianę czasu obniżenia ciśnienia do wartości odpowiadającej $2/3$ siły hamującej [Rysunek 4-1], [15], [44].

4.3.11.2. Metoda badania

Sposób przeprowadzania symulacji awarii organu sterującego zaworu DO: Pozbawiono napięcia cewkę rozdzielacza hydraulicznego DO, (stan „0” dla KKD0 w strefie 3 [Rysunek 4-19]), co spowodowało wyłączenie cewki wykonawczej obwodu bezpieczeństwa hamulca sterownika SM2 (stan „0” dla OBH_SM2 w strefie 3 [Rysunek 4-19]), która z kolei wyłączyła obwód bezpieczeństwa powodując zatrzymanie maszyny (stan „0” dla OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM2 w strefie 3 [Rysunek 4-19]) [31], [37], [38], [44], [51], [54], [58], [59], [74], [87].

4.3.11.3. Wynik badania



Rysunek 4-19: Rejestracja działania KKDO.

Poszczególne strefy, przedstawione na rysunku 4-19, prezentują wyniki badania:

Strefa 1: kontrola działania obwodu bezpieczeństwa, ręczne przerwanie przyciskiem SOB (stan „0” dla „SOB przycisk ręcznego przerwania obw. bezp. SM1 i SM2 oraz dla OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM2),

Strefa 2: załączenie obwodu bezpieczeństwa przy sprawnie działającym hamulcu i układzie sterowania hamulca maszyny wyciągowej, (stan „1” dla „SOB przycisk ręcznego przerywania obw. bezp. SM1 i SM2 oraz dla OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),

Strefa 3: kontrola działania zabezpieczenia:

- symulacja nieprawidłowego działania kontrolowanego elementu (stan „0” dla KKDO),
- jednoczesne wyłączenie obwodu bezpieczeństwa (stan „0” dla OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),

Strefa 4: próba załączenia obwodu bezpieczeństwa przy niesprawnym badanym zabezpieczeniu

- niesprawny badany element (stan „0” dla KKDO) nie pozwala na załączenie obwodu bezpieczeństwa (stan „0” dla OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),
- maszyna wyciągowa nie jest gotowa do ruchu, zablokowana do czasu usunięcia uszkodzenia.

Strefa 5: przywrócono po próbach układ hamulcowy do pracy, wykonano próbę załączenia obwodu bezpieczeństwa:

- prawidłowo działający badany element (stan „1” dla KKDO),
- załączenie cewki wykonawczej obwodu bezpieczeństwa hamulca sterownika SM2 (stan „1” dla OBH_SM2),
- załączenie cewek obwodu bezpieczeństwa OB_SM1 i OB_SM2 (stan „1” dla OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),
- maszyna wyciągowa jest gotowa do ruchu.

4.3.11.4. Wnioski

Zabezpieczenie KKDO – kontrola położenia organu sterującego zaworu DO, sprawdza za pomocą czujników indukcyjnych położenie organu sterującego rozdzielacz hydrauliczny DO pracującego agregatu. Podczas włączenia obwodu bezpieczeństwa (uruchamiania maszyny wyciągowej) układ kontroluje, czy rozdzielacz powrócił do stanu niewymuszonego po przerwaniu obwodu bezpieczeństwa.

Na rysunku 4-19, został przedstawiony przypadek, w którym poprzez wymuszenie niewłaściwego położenia organu sterującego, rozdzielacz hydrauliczny DO (ciśnienie P_m większe od 0 [MPa]) został przerwany obwód bezpieczeństwa, następnie do czasu przywrócenia właściwego położenia – maszyny wyciągowej nie można uruchomić.

Zaprezentowany układ nie wymaga przeprowadzania dodatkowych badań (opisanych w rozdziale 4.3.11.2, które wymagają unieruchomienia wyciągu szybowego na czas ich wykonywania). Obecnie, zgodnie z przepisami, jego kontrolę należy przeprowadzać co sześć tygodni (rewizja R/8).

Jeżeli przyjąć, że położenie organu sterującego zaworu DO jest kontrolowane podczas każdego załączenia obwodu bezpieczeństwa, to można wnioskować, że układ spełnia wymogi samokontroli. Jeżeli wystąpiłaby usterka w postaci nieprawidłowej pozycji, to układ odczytuje to jako stan nieprawidłowy.

4.3.12. *KFALOW – kontrola poprawności pracy falownika zasilania silnika pompy agregatu hamulcowego*

4.3.12.1. Opis obiektu

Zabezpieczenie kontroluje pracę falownika zasilającego silnik pompy olejowej pracującego agregatu hamulcowego. Nieprawidłowa prędkość pompy mogłaby spowodować nieprawidłowe wartości ciśnienia oleju, co z kolei spowodowałoby niepełne odhamowanie lub zahamowanie, co mogłoby doprowadzić do uszkodzenia siłowników hamulcowych oraz z zagrożeniem związanym z nie całkowicie zahamowaną maszyną.

Zabezpieczenie KKDM jest zlokalizowane w sterowniku SM2 [Rysunek 4-5], [15], [44].

Każdy z agregatów hamulcowych posiada pompę oleju. W celu zapewnienia płynnej regulacji ciśnienia zasilania układu sterowania hamulca, do regulacji prędkości obrotowej silników pomp zastosowano falowniki.

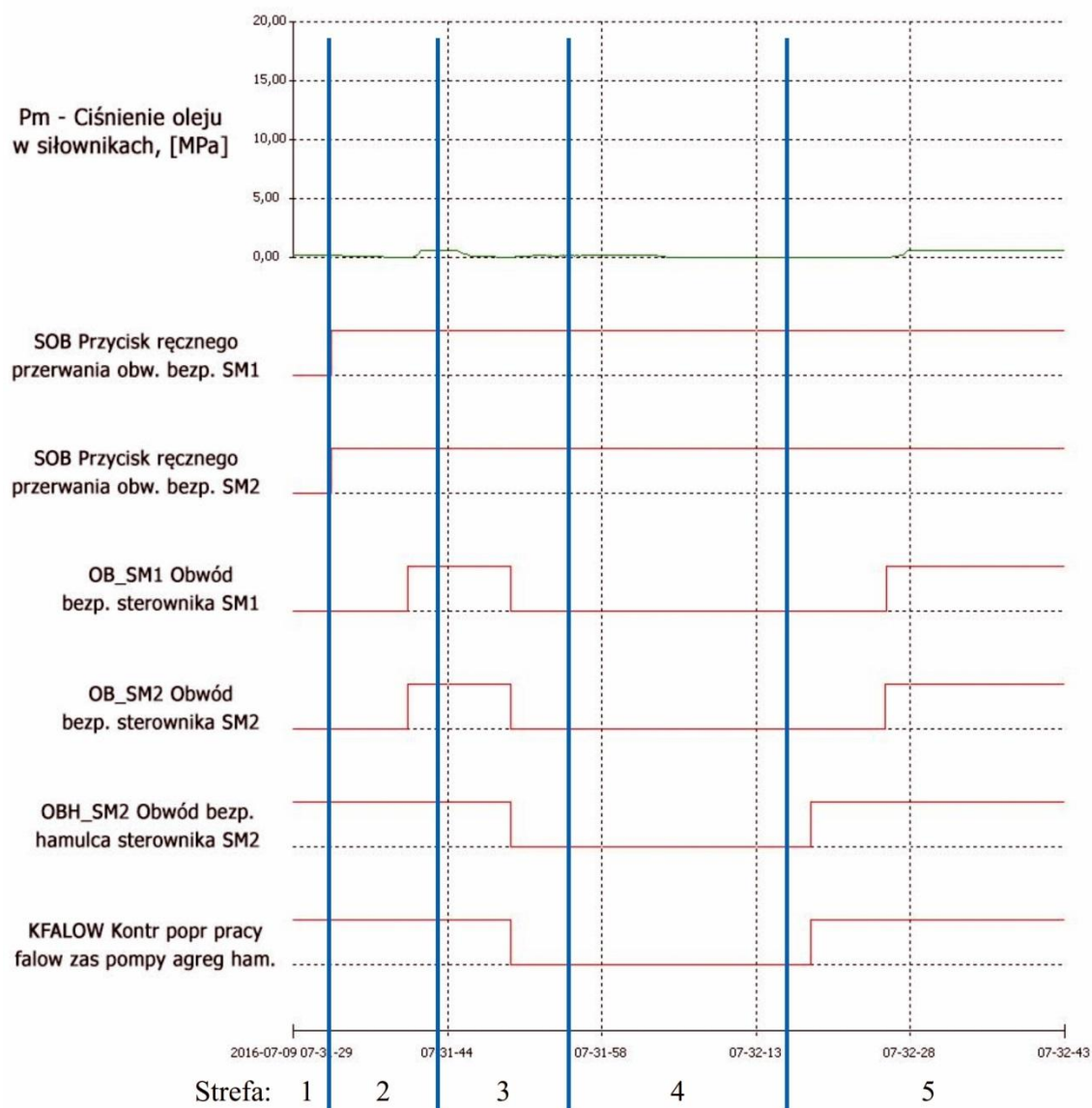
Sterowanie obrotów, a w efekcie wydajność pompy odbywa się przy pomocy sygnału zadającego (uruchomienie pompy) oraz analogowego sterującego (zadanie szybkości obrotowej). Sygnały te podawane są na odpowiednie wejścia falownika. Z falownika wyprowadzone są do sterowników sygnały o ich pracy i stanach awaryjnych. Zablokowanie pracy falownika pompy następuje w przypadku stwierdzenia nieprawidłowej pracy tego falownika lub w przypadku zbyt niskiego poziomu oleju w zbiorniku agregatu hamulcowego [Rysunek 4-1], [15], [44].

4.3.12.2. Metoda badania

Sposób przeprowadzania symulacji awarii falownika zasilania silnika pompy agregatu hamulcowego: Pozbawiono zasilania pracujący falownik, (stan „0” dla KFALOW w strefie 3 [Rysunek 4-20]), co spowodowało wyłączenie cewki wykonawczej obwodu bezpieczeństwa hamulca sterownika SM2 (stan „0” dla OBH_SM2 w strefie 3 [Rysunek 4-20]), która z kolei wyłączyła obwód bezpieczeństwa powodując zatrzymanie maszyny (stan „0” dla OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM2 w strefie 3 [Rysunek 4-20]) [31], [37], [38], [44], [51], [54], [58],[59], [74], [87].

4.3.12.3. Wynik badania

Maszyna wyciągowa szybu „Andrzej V” przedział zachodni



Rysunek 4-20: Rejestracja działania KFALOW.

Poszczególne strefy, przedstawione na rysunku 4-20, prezentują wyniki badania:

Strefa 1: kontrola działania obwodu bezpieczeństwa, ręczne przerwanie przyciskiem SOB (stan „0” dla „SOB przycisk ręcznego przerwania obw. bezp. SM1 i SM2 oraz dla OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM2),

Strefa 2: załączenie obwodu bezpieczeństwa przy sprawnie działającym hamulcu i układzie sterowania hamulca maszyny wyciągowej, (stan „1” dla „SOB przycisk ręcznego przerwania obw. bezp. SM1 i SM2 oraz dla OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),

Strefa 3: kontrola działania zabezpieczenia:

- symulacja nieprawidłowego działania kontrolowanego elementu (stan „0” dla KFALOW),
- jednoczesne wyłączenie obwodu bezpieczeństwa (stan „0” dla OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),

Strefa 4: próba załączenia obwodu bezpieczeństwa przy niesprawnym badanym zabezpieczeniu

- niesprawny badany element (stan „0” dla KFALOW) nie pozwala na załączenie obwodu bezpieczeństwa (stan „0” dla OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),
- maszyna wyciągowa nie jest gotowa do ruchu, zablokowana do czasu usunięcia uszkodzenia.

Strefa 5: przywrócono po próbach układ hamulcowy do pracy, wykonano próbę załączenia obwodu bezpieczeństwa:

- prawidłowo działający badany element (stan „1” dla KFALOW),
- załączenie cewki wykonawczej obwodu bezpieczeństwa hamulca sterownika SM2 (stan „1” dla OBH_SM2),
- załączenie cewek obwodu bezpieczeństwa OB_SM1 i OB_SM2 (stan „1” dla OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),
- maszyna wyciągowa jest gotowa do ruchu.

4.3.12.4. Wnioski

Zabezpieczenie KFALOW – kontrola poprawności pracy falownika zasilania silnika pompy agregatu hamulcowego, kontroluje pracę falownika zasilającego silnik pompy olejowej pracującego agregatu hamulcowego. Podczas włączenia obwodu bezpieczeństwa (uruchamiania maszyny wyciągowej) jest kontrolowana prawidłowość pracy falownika.

Na rysunku 4-20, został przedstawiony przypadek, w którym poprzez wymuszenie nieprawidłowej pracy falownika zadziałało zabezpieczenie KFALOW, które wyłączyło obwód bezpieczeństwa, do czasu przywrócenia prawidłowej pracy falownika – maszyny wyciągowej nie można uruchomić.

Zaprezentowany układ nie wymaga przeprowadzania dodatkowych badań (opisanych w rozdziale 4.3.12.2, które wymagają unieruchomienia wyciągu szybowego na czas ich wykonywania). Obecnie, zgodnie z przepisami, jego kontrolę należy przeprowadzać co sześć tygodni (rewizja R/8).

Jeżeli przyjąć, że prawidłowość pracy falownika, zasilającego silnik pracującego agregatu jest kontrolowany podczas każdego załączenia obwodu bezpieczeństwa, to można wnioskować, że układ spełnia wymogi samokontroli. Jeżeli wystąpiłaby usterka w postaci awarii falownika, to układ odczytuje to jako stan nieprawidłowy.

4.3.13. KWP – kontrola wyboru agregatu hamulcowego

4.3.13.1. Opis obiektu

Zabezpieczenie kontroluje prawidłowe położenie dźwigni wyboru agregatu poprzez łączniki kontroli zgodności wyboru agregatu. Niepełne otwarcie zaworów wyboru agregatu może spowodować nieprawidłowe wartości ciśnienia oleju, co z kolei spowodowałoby niepełne odhamowanie lub zahamowanie, co mogłoby doprowadzić do uszkodzenia siłowników hamulcowych oraz z zagrożeniem związanym z niecałkowicie zahamowaną maszyną.

Zabezpieczenie KWP jest zlokalizowane w sterowniku SM2 [Rysunek 4-5], [15], [44].

Do wyboru agregatu zasilania układu hamulcowego służy para ręcznie przestawianych trzydrogowych zaworów kulowych, umożliwiającą wybór aktywnego agregatu hamulcowego. Zawory zabudowane są w pobliżu przyłączy hydraulicznych agregatów hamulcowych.

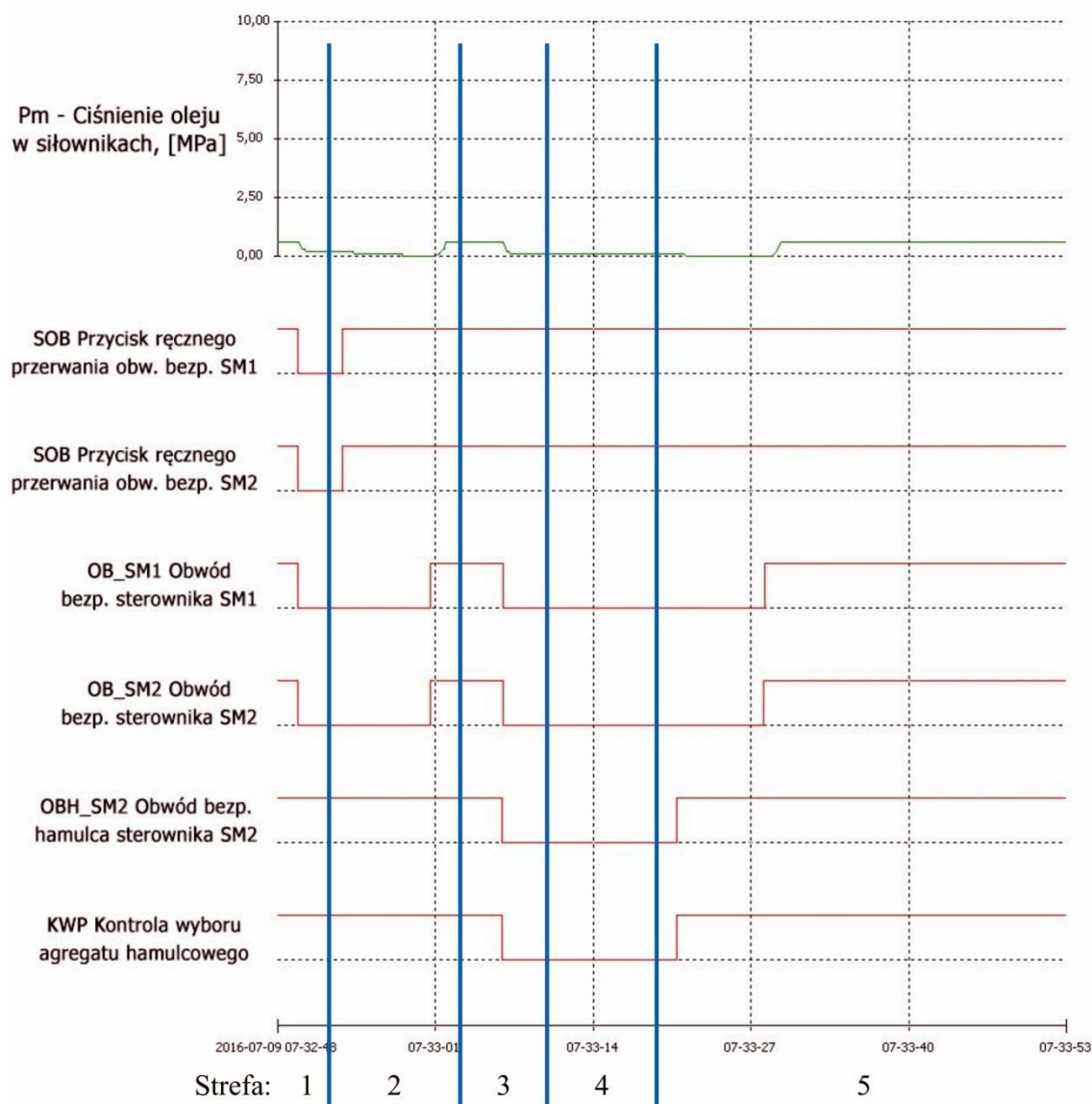
Jeden z zaworów został zabudowany na przewodzie zasilającym, drugi na przewodzie powrotnym, uprawniając, bądź blokując odpowiedni agregat. Przełączenie agregatów jest przeprowadzane w stanie bezciśnieniowym w czasie postoju maszyny wyciągowej. Każdy z dwóch zaworów przełączania agregatów połączony jest za pomocą dwóch przyłączy z odpowiednimi przyłączami agregatów hamulcowych oraz jednym przyłączem z odpowiednim rurociągiem głównym układu hamulcowego. Przesłanie dźwigni w kierunku przyłącza wybranego agregatu powoduje hydrauliczne połączenie agregatu z siłownikami hamulcowymi. Stan wzajemnego prawidłowego położenia zaworów kontrolowany jest przez łączniki, które umożliwiają identyfikację prawidłowego położenia zaworów hamulcowych [Rysunek 4-1], [15], [44].

4.3.13.2. Metoda badania

Sposób przeprowadzania symulacji prawidłowego położenia dźwigni przełączającej agregat: Zasymlowano nieprawidłowe położenie dźwigni wyboru agregatu hamulcowego, (stan „0” dla KWP w strefie 3 [Rysunek 4-21]), co spowodowało wyłączenie cewki wykonawczej obwodu bezpieczeństwa hamulca sterownika SM2 (stan „0” dla OBH_SM2 w strefie 3 [Rysunek 4-21]), która z kolei wyłączyła obwód bezpieczeństwa powodując zatrzymanie maszyny (stan „0” dla OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM2 w strefie 3 [Rysunek 4-21]) [31], [37], [38], [44], [51], [54], [58], [59], [74], [87].

4.3.13.3. Wynik badania

Maszyna wyciągowa szybu „Andrzej V” przedział zachodni



Rysunek 4-21: Rejestracja działania KWP.

Poszczególne strefy, przedstawione na rysunku 4-21, prezentują wyniki badania:

Strefa 1: kontrola działania obwodu bezpieczeństwa, ręczne przerwanie przyciskiem SOB (stan „0” dla „SOB przycisk ręcznego przerwania obw. bezp. SM1 i SM2 oraz dla OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM2),

Strefa 2: załączenie obwodu bezpieczeństwa przy sprawnie działającym hamulcu i układzie sterowania hamulca maszyny wyciągowej, (stan „1” dla „SOB przycisk ręcznego przerywania obw. bezp. SM1 i SM2 oraz dla OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),

Strefa 3: kontrola działania zabezpieczenia:

- symulacja nieprawidłowego działania kontrolowanego elementu (stan „0” dla KWP),
- jednoczesne wyłączenie obwodu bezpieczeństwa (stan „0” dla OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),

Strefa 4: próba załączenia obwodu bezpieczeństwa przy niesprawnym badanym zabezpieczeniu

- niesprawny badany element (stan „0” dla KWP) nie pozwala na załączenie obwodu bezpieczeństwa (stan „0” dla OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),
- maszyna wyciągowa nie jest gotowa do ruchu, zablokowana do czasu usunięcia uszkodzenia.

Strefa 5: przywrócono po próbach układ hamulcowy do pracy, wykonano próbę załączenia obwodu bezpieczeństwa:

- prawidłowo działający badany element (stan „1” dla KWP),
- załączenie cewki wykonawczej obwodu bezpieczeństwa hamulca sterownika SM2 (stan „1” dla OBH_SM2),
- załączenie cewek obwodu bezpieczeństwa OB_SM1 i OB_SM2 (stan „1” dla OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),
- maszyna wyciągowa jest gotowa do ruchu.

4.3.13.4. Wnioski

Zabezpieczenie KWP – kontrola wyboru agregatu hamulcowego, kontroluje prawidłowe położenie dźwigni wyboru agregatu poprzez łączniki kontroli zgodności wyboru agregatu. Podczas włączenia obwodu bezpieczeństwa (uruchamiania maszyny wyciągowej) układ kontroluje zgodność przełączeń dźwigni wyboru agregatu.

Na rysunku 4-21, został przedstawiony przypadek, w którym zasymulowano nieprawidłowe położenie dźwigni poprzez zadziałanie łącznika kontroli, został przerwany obwód bezpieczeństwa, następnie w wyniku niezgodności, położenie dźwigni maszyny wyciągowej nie można uruchomić.

Zaprezentowany układ nie wymaga przeprowadzania dodatkowych badań (opisanych w rozdziale 4.3.13.2, które wymagają unieruchomienie wyciągu szybowego na czas ich wykonywania). Obecnie, zgodnie z przepisami, jego kontrolę należy przeprowadzać co sześć tygodni (rewizja R/8).

Jeżeli przyjąć, że układ jest kontrolowany podczas każdego załączenia obwodu bezpieczeństwa to można wnioskować, że układ spełnia wymogi samokontroli. Jeżeli wystąpiłaby usterka w postaci pojawienia się różnicy sygnałów łączników kontrolujących położenie dźwigni, to układ odczytuje to jako stan nieprawidłowy.

4.3.14. KOBM – kontrola odhamowania zablokowanej maszyny

4.3.14.1. Opis obiektu

Zabezpieczenie sprawdza ciśnienie w siłownikach hydraulicznych za pomocą analogowego przetwornika ciśnienia, czy po zablokowaniu maszyny ciśnienie w układzie hydraulicznym jest niższe od wymaganego, potrzebnego do odhamowania maszyny wyciągowej, czyli nie jest wyższe niż próg ciśnienia zahamowania hamulca.

Zabezpieczenie KOBM jest zlokalizowane w sterowniku SM2 [Rysunek 4-5], [15] [44].

Blokowanie maszyny wyciągowej powinno nastąpić samoczynnie w przypadku zadziałania zabezpieczeń niewymagających natychmiastowego awaryjnego zatrzymania maszyny wyciągowej. Ponadto istnieje możliwość ręcznego zablokowania maszyny wyciągowej ze stanowiska maszynisty maszyny wyciągowej oraz ze stanowisk urządzenia sygnalizacji i łączności szybowej. Układ blokowania maszyny wyciągowej między innymi uniemożliwia odhamowanie maszyny wyciągowej i wysterowanie jej napędu po załączeniu blokady.

Uaktywnienie blokady maszyny wyciągowej uniemożliwia zadanie ciśnienia w instalacji hamulcowej mogącego odhamować siłowniki hamulca. Dodatkowo, załączenie blokady równocześnie blokuje przekształtniki tyrystorowe obwodu głównego i wzbudzenia, czyli zostaje uniemożliwione zadanie momentu elektrycznego. W układzie hydraulicznym elementem wykonawczym blokady maszyny są regulatory ciśnienia RC1 i RC2 aktywnego agregatu hamulcowego. Zablokowanie maszyny może nastąpić w wyniku zadziałania następujących zabezpieczeń:

- wystąpienie blokady z urządzenia sterowniczo-sygnałowego,
- zadziałanie zabezpieczeń wewnętrznych zespołu realizowanych w sterownikach maszyny:
 - kontrola rezystancji izolacji obwodów 24VDC,
 - kontrola przekroczenia dopuszczalnej temperatury uzwojeń silników wyciągowych,
 - kontrola przekroczenia dopuszczalnej temperatury łożysk wału,
 - awaria systemu wizualizacji i rejestracji,
 - kontrola wytarcia wykładzin,
 - kontrola za niskiej temperatury oleju smarowania łożysk,
 - łącznik blokady maszyny na stanowisku sterowniczym,
 - kontrola poziomu oleju agregatu hamulcowego,
 - kontrola filtrów oleju agregatu hamulcowego,
 - kontrola temperatury oleju agregatu hamulcowego,
 - kontrola wentylacji przekształtników głównych,
 - kontrola zabrudzenia filtrów oleju

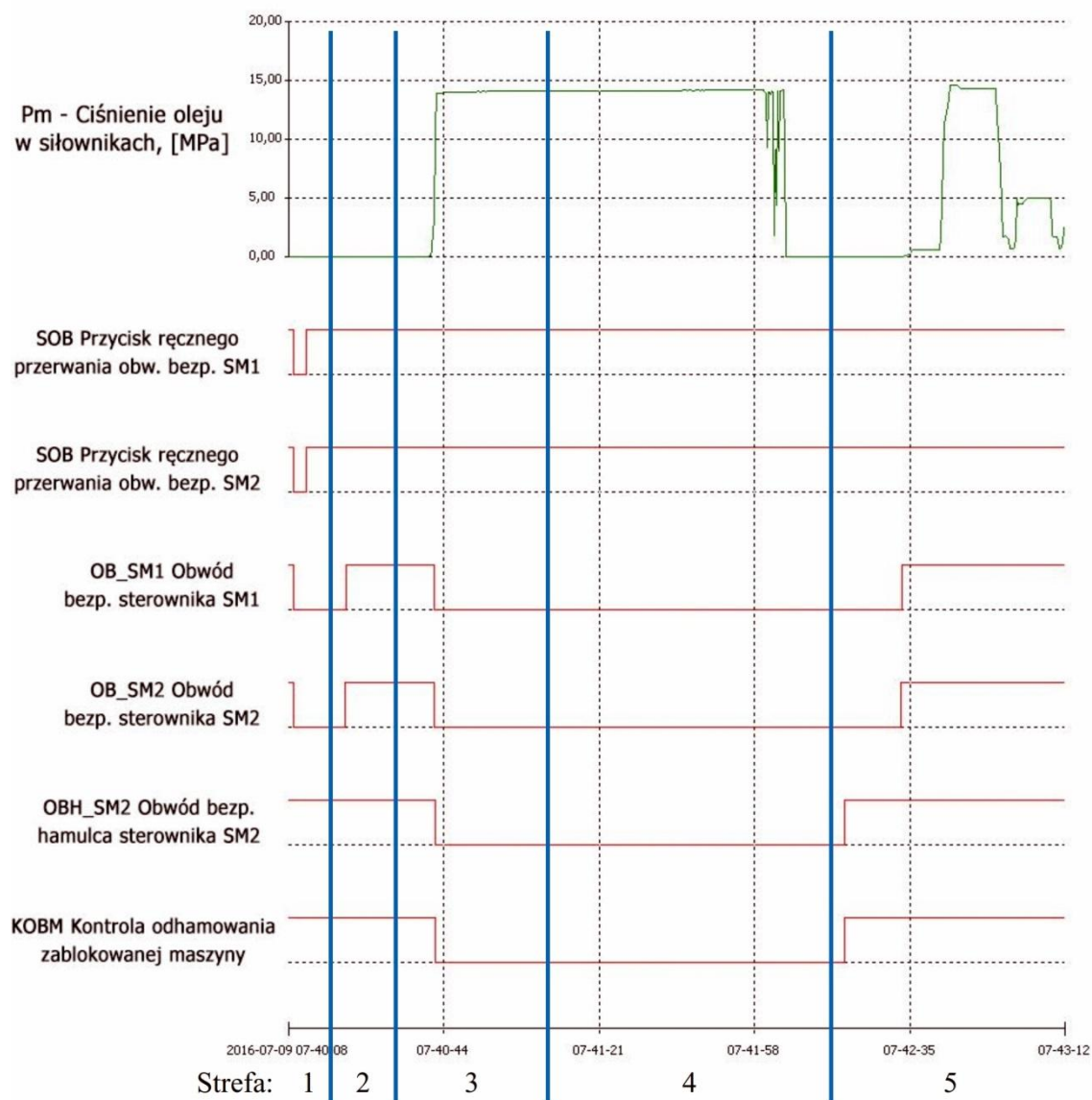
[Rysunek 4-1], [15], [44].

4.3.14.2. Metoda badania

Sposób przeprowadzania symulacji próby odhamowania zablokowanej maszyny: zasymulowano w sposób napięciowy na wejściu sterownika obecność ciśnienia w instalacji hydraulicznej, (stan „0” dla KOBM w strefie 3 [Rysunek 4-22]), co spowodowało wyłączenie cewki wykonawczej obwodu bezpieczeństwa hamulca sterownika SM2 (stan „0” dla OBH_SM2 w strefie 3 [Rysunek 4-22]), która z kolei wyłączyła obwód bezpieczeństwa powodując zatrzymanie maszyny (stan „0” dla OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM2 w strefie 3 [Rysunek 4-22]) [31], [37], [38], [44], [51], [54], [58], [59], [74]. [87].

4.3.14.3. Wynik badania

Maszyna wyciągowa szybu „Andrzej V” przedział zachodni



Rysunek 4-22: Rejestracja działania KOBM.

Poszczególne strefy, przedstawione na rysunku 4-22, prezentują wyniki badania:

Strefa 1: kontrola działania obwodu bezpieczeństwa, ręczne przerwanie przyciskiem SOB (stan „0” dla „SOB przycisk ręcznego przerwania obw. bezp. SM1 i SM2 oraz dla OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM2),

Strefa 2: załączenie obwodu bezpieczeństwa przy sprawnie działającym hamulcu i układzie sterowania hamulca maszyny wyciągowej, (stan „1” dla „SOB przycisk ręcznego przerywania obw. bezp. SM1 i SM2 oraz dla OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),

Strefa 3: kontrola działania zabezpieczenia:

- symulacja nieprawidłowego działania kontrolowanego elementu (stan „0” dla KOBM),
- jednoczesne wyłączenie obwodu bezpieczeństwa (stan „0” dla OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),

Strefa 4: próba załączenia obwodu bezpieczeństwa przy niesprawnym badanym zabezpieczeniu

- niesprawny badany element (stan „0” dla KOBM) nie pozwala na załączenie obwodu bezpieczeństwa (stan „0” dla OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),
- maszyna wyciągowa nie jest gotowa do ruchu, zablokowana do czasu usunięcia uszkodzenia.

Strefa 5: przywrócono po próbach układ hamulcowy do pracy, wykonano próbę załączenia obwodu bezpieczeństwa:

- prawidłowo działający badany element (stan „1” dla KOBM),
- załączenie cewki wykonawczej obwodu bezpieczeństwa hamulca sterownika SM2 (stan „1” dla OBH_SM2),
- załączenie cewek obwodu bezpieczeństwa OB_SM1 i OB_SM2 (stan „1” dla OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),
- maszyna wyciągowa jest gotowa do ruchu.

4.3.14.4. Wnioski

Zabezpieczenie KOBM – kontrola odhamowania zablokowanej maszyny, sprawdza wartość sygnału analogowego pochodzącego z czujnika PS służącego do pomiaru ciśnienia w układzie hamulcowym, oznaczone jako Pm na rysunku 4-22.

Podczas włączenia obwodu bezpieczeństwa (uruchamiania maszyny wyciągowej) przy zablokowanej maszynie, ciśnienie układu hamulcowego musi być równe 0 [MPa].

Na rysunku 4-22, został przedstawiony przypadek, w którym poprzez wymuszenie wartości prądu czujnika PS, który jest sygnałem imitującym występowanie ciśnienia Pm pracującego agregatu został przerwany obwód bezpieczeństwa, następnie do czasu zaniku ciśnienia Pm – maszyny wyciągowej nie można uruchomić.

Zaprezentowany układ nie wymaga przeprowadzania dodatkowych badań (opisanych w rozdziale 4.3.14.2, które wymagają unieruchomienie wyciągu szybowego na czas ich wykonywania). Obecnie, zgodnie z przepisami, jego kontrolę należy przeprowadzać co sześć tygodni (rewizja R/8).

Jeżeli przyjąć, że układ jest kontrolowany podczas każdego załączeniu obwodu bezpieczeństwa przy zablokowanej maszynie, to można wnioskować, że układ spełnia wymogi samokontroli. Jeżeli wystąpiłaby usterka w postaci pojawienia się próby odhamowania zablokowanej maszyny (pojawienia się ciśnienia Pm – sygnał z czujnika PS), to układ odczytuje to jako stan nieprawidłowy.

4.3.15. KRC1_RP1 – kontrola prawidłowego działania zaworów RC1 i RP1

4.3.15.1. Opis obiektu

Zabezpieczenie kontroluje, czy wartość ciśnienia w siłownikach hamulca ustaloną za pomocą zaworów RC1, RP1 jest zgodna z wartością zadaną ze sterownika SM1, czyli stan hamulca jest zgodny z układem regulacji.

Zabezpieczenie KRC1_RP1 jest zlokalizowane w sterowniku SM2 [Rysunek 4-5], [15], [44].

W sterowaniu ręcznym zadana wartość ciśnienia jest proporcjonalna do wartości prądu odczytanej z zadajnika hamulca. W sterowaniu automatycznym wyjściowe ciśnienie jest zadawane skokowo w zależności od stanów sygnałów: rozpoczęcia jazdy w odpowiednim kierunku START, zatrzymania STOP oraz zbliżenia klocków hamulcowych do tarcz hamulcowych, wypracowanych przez układ sterowania na podstawie sygnałów przesłanych z regulatora jazdy.

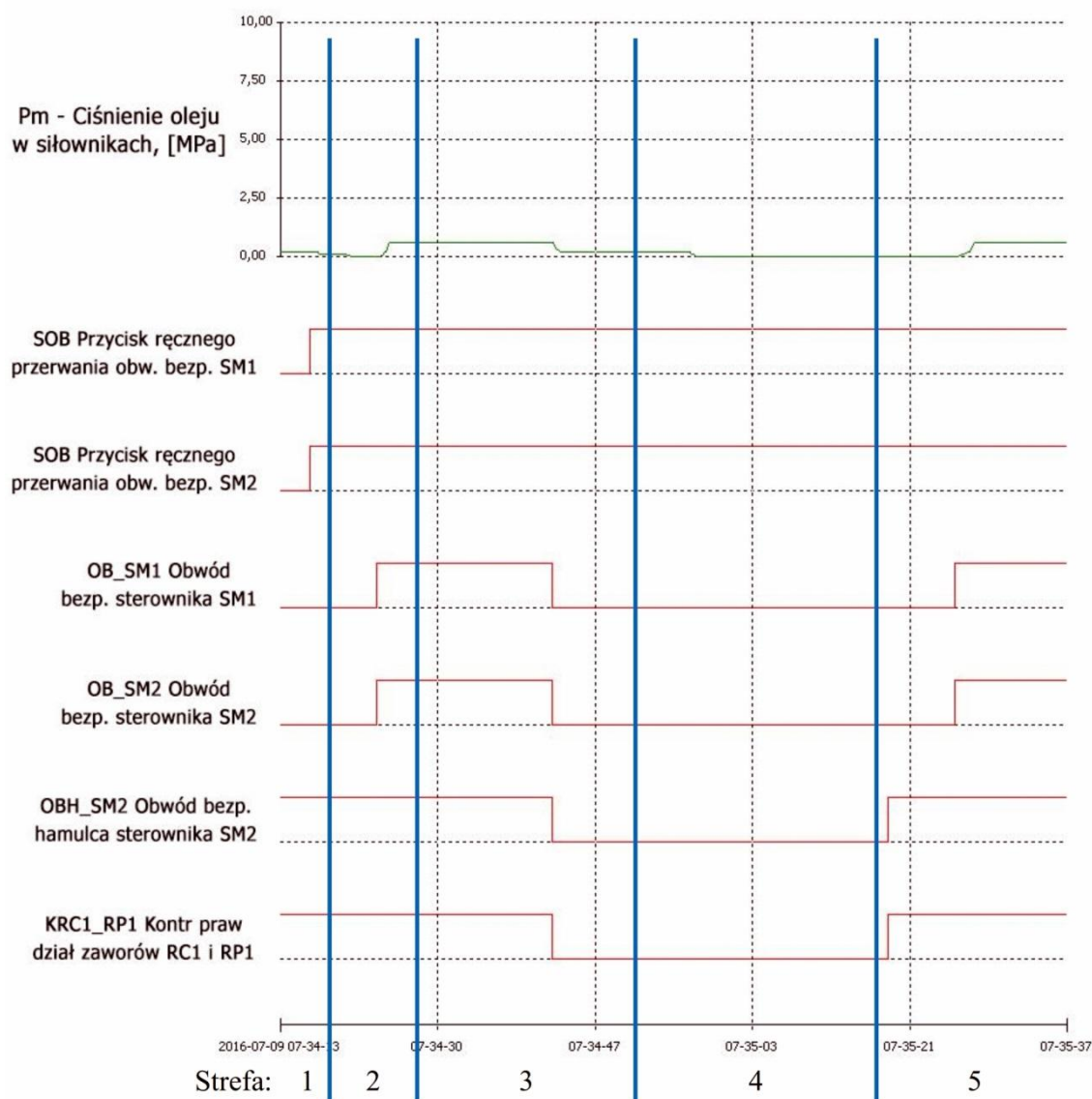
Sterowany hydraulicznie zawór przelewowy RP1 sterowany jest poprzez proporcjonalny zawór przelewowy RC1. Układ ten stanowi zespół regulacji ciśnienia w czasie hamowania manewrowego. Działanie polega na zmianie ciśnienia otwarcia sterowanego hydraulicznie zaworu przelewowego RP1 poprzez wystawienie odpowiedniego ciśnienia sterującego przez zawór RC1. Zawór RC1 jest zaworem sterowanym elektrycznie poprzez układ sterowania proporcjonalnie do wychylenia drążka hamulcowego (w sterowaniu ręcznym) lub odpowiednio do sygnałów generowanych przez układ sterowania (w sterowaniu automatycznym). Zawór ten jest zaworem normalnie zamkniętym, a obniżenie ciśnienia jego otwarcia realizowane jest poprzez zwiększenie napięcia sygnału sterującego. Pełne otwarcie zaworu RP1 za pomocą elektrycznie sterowanego zaworu RC1 odbywa się w momencie załączenia obwodu bezpieczeństwa po naciśnięciu przycisku SZOB [Rysunek 4-1], [15], [44].

4.3.15.2. Metoda badania

Sposób przeprowadzania symulacji awarii zaworów RC1 i RP1: Zasymulowano błędny odczyt pomiaru aktualnego ciśnienia układu hydraulicznego w zabezpieczeniu MZE, (stan „0” dla KRC1_RP1 w strefie 3 [Rysunek 4-23]), co spowodowało wyłączenie cewki wykonawczej obwodu bezpieczeństwa hamulca sterownika SM2 (stan „0” dla OBH_SM2 w strefie 3 [Rysunek 4-23]), która z kolei wyłączyła obwód bezpieczeństwa powodując zatrzymanie maszyny (stan „0” dla OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM2 w strefie 3 [Rysunek 4-23]) [31], [37], [38], [44], [51], [54], [58], [59], [74], [87].

4.3.15.3. Wynik badania

Maszyna wyciągowa szybu „Andrzej V” przedział zachodni



Rysunek 4-23: Rejestracja działania KRC1_RP1.

Poszczególne strefy, przedstawione na rysunku 4-23, prezentują wyniki badania:

Strefa 1: kontrola działania obwodu bezpieczeństwa, ręczne przerwanie przyciskiem SOB (stan „0” dla „SOB przycisk ręcznego przzerwania obw. bezp. SM1 i SM2 oraz dla OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM2),

Strefa 2: załączenie obwodu bezpieczeństwa przy sprawnie działającym hamulcu i układzie sterowania hamulca maszyny wyciągowej, (stan „1” dla „SOB przycisk ręcznego przerywania obw. bezp. SM1 i SM2 oraz dla OB_SM1 Obwód bezp. sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),

Strefa 3: kontrola działania zabezpieczenia:

- symulacja nieprawidłowego działania kontrolowanego elementu (stan „0” dla KRC1_RP1),
- jednoczesne wyłączenie obwodu bezpieczeństwa (stan „0” dla OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),

Strefa 4: próba załączenia obwodu bezpieczeństwa przy niesprawnym badanym zabezpieczeniu

- niesprawny badany element (stan „0” dla KRC1_RP1) nie pozwala na załączenie obwodu bezpieczeństwa (stan „0” dla OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),
- maszyna wyciągowa nie jest gotowa do ruchu, zablokowana do czasu usunięcia uszkodzenia.

Strefa 5: przywrócono po próbach układ hamulcowy do pracy, wykonano próbę włączenia obwodu bezpieczeństwa:

- prawidłowo działający badany element (stan „1” dla KRC1_RP1),
- załączenie cewki wykonawczej obwodu bezpieczeństwa hamulca sterownika SM2 (stan „1” dla OBH_SM2),
- załączenie cewek obwodu bezpieczeństwa OB_SM1 i OB_SM2 (stan „1” dla OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM1 i OB_SM1 Obwód bezp. Sterownika SM2),
- maszyna wyciągowa jest gotowa do ruchu.

4.3.15.4. Wnioski

Zabezpieczenie KRC1_RP1 – kontrola prawidłowego działania zaworów RC1 i RP1, porównuje wartość ciśnienia w siłownikach hamulca oznaczonego jako Pm na rysunku 4-23, zmierzoną przetwornikiem, z wartością zadaną ze sterownika SM1.

Na rysunku 4-23, został przedstawiony przypadek, w którym poprzez wymuszenie wartości prądu czujnika PS, który jest sygnałem imitującym występowanie ciśnienia Pm pracującego agregatu, został przerwany obwód bezpieczeństwa poprzez zadziałanie zabezpieczenia KRC1_RP1.

Podczas włączenia obwodu bezpieczeństwa (uruchamiania maszyny wyciągowej) następuje pełne otwarcie zaworu RP1 za pomocą elektrycznie sterowanego zaworu RC1, ciśnienia układu hamulcowego musi być równe jest 0 [MPa], następnie do czasu zaniku ciśnienia Pm – maszyny wyciągowej nie można uruchomić.

Zaprezentowany układ nie wymaga przeprowadzania dodatkowych badań (opisanych w rozdziale 4.3.15.2, które wymagają unieruchomienie wyciągu szybowego na czas ich wykonywania). Obecnie, zgodnie z przepisami, jego kontrolę należy przeprowadzać co sześć tygodni (rewizja R/8).

Jeżeli przyjąć, że układ jest kontrolowany podczas każdego załączenia obwodu bezpieczeństwa to można wnioskować, że układ spełnia wymogi samokontroli. Jeżeli wystąpiłaby usterka w postaci pojawienia się różnicy sygnału analogowego proporcjonalnego do wartości ciśnienia Pm z sygnałem zadanym, to układ odczytuje to jako stan nieprawidłowy.

5. Wnioski

W procesie optymalizacji zabezpieczeń w systemie sterowania maszyny wyciągowej, współpracującej z agregatem hydraulicznym układu hamulcowego, zastosowano kryterium maksymalizacji bezpieczeństwa przy jednoczesnej minimalizacji czasu postoju przeznaczanego na wymagane badania i kontrole. Zastosowane metody badań pozwoliły zweryfikować poszczególne funkcje elementów obwodu bezpieczeństwa, nadzorujących pracę agregatu hydraulicznego, układu hamulcowego maszyny wyciągowej.

Ilość elementów zabezpieczających pracę maszyny wyciągowej jest duża, szczególnie w maszynach z cyfrowymi regulatorami jazdy, a każdy z elementów podlega wielokrotnej kontroli. W rozdziale 2 zostały opisane wymagane przepisami kontrole, wymusza to straty finansowe [rozdział 1; Tabela 1-3: Analiza ekonomiczna; Rysunek 1-13: Średni tygodniowy czas pracy maszyny wyciągowej] wynikające:

- z zatrudnienia dodatkowych osób [rozdział 1; Tabela 1-2: Zestawienie zatrudnionych dodatkowo osób do wykonywania kontroli maszyny wyciągowej],
- z przerw w pracy urządzenia [rozdział 1; Tabela 1-1: Czas trwania kontroli maszyny wyciągowej w ciągu roku (48 tygodni), na podstawie przedstawianych rejestracji].

Maszyny wyciągowe służą przede wszystkim do ciągłego ruchu (wydobycie, jazda ludzi, transport materiałów, roboty i prace szybowe) i każdy przestój jest niekorzystny z ekonomicznego punktu widzenia. Zasadnym jest, więc poszukiwanie możliwości technicznych i prawnych, które pozwolą na samoczynną kontrolę działania zabezpieczeń. Stosując przedstawione w pracy rozwiązania, zyskujemy:

- zwiększenie wydajności pracy szybu, poprzez likwidację zbędnych przerw w pracy wyciągu,
- zmniejszenie zatrudnienia osób wykonujących dodatkowe badania i kontrole,
- zwiększenie bezpieczeństwa, przez krotkość badań elementów z samokontrolą.

Prof. Ludger Szklarski i współautorzy w jednej z licznych publikacji [80] piszą: „Zasadniczym kierunkiem rozwoju jest realizacja zadania wydobywczego w sposób optymalny. Pojawia się zagadnienie optymalizacji pracy i sterowania maszyny wyciągowej, które ma różnorodny charakter.

Można poprzez optymalizację rozumieć zarówno dobór podstawowych parametrów procesu wydobywania, takich jak prędkość ustalona, czy minimalizację mocy znamionowej silnika bądź zużycia energii elektrycznej. Optymalizacja może też wyrażać się kształtowaniem wykresu jazdy, dającym efekt zmniejszenia niekorzystnych zjawisk w pracy wyciągu, takich jak np. oscylacje. Wreszcie pod pojęciem optymalizacji można rozumieć wybór tych technologii, które zapewniają większą niezawodność i łatwiejszą bieżącą diagnostykę oraz obsługę”

Również doc. Tadeusz Zmysłowski w swojej publikacji [93] pisze: „Przedstawiono tu optymalizację nie „sensu stricto”, jako wykreowanie funkcji celu i poszukiwanie ekstremum, ale jako szerokie pojęcie, nieograniczone do ścisłych procedur ani do arbitralnie wybranego kryterium. Polega ona na poszukiwaniu wszechstronnie korzystnych rozwiązań technicznych. Wobec licznych kryteriów nieuchronnie zaistnieje tu konieczność ocen arbitralnych. Złożoność problemu i zachodzące antynomie wykluczają pełne zobiektywizowanie ocen, więc problem niejako wymyka się z obszaru zagadnień poddających się ścisłej analizie i kwantyfikacji. W tych warunkach drogą do pozytywnych rozwiązań jest jedynie droga trudnych kompromisów z ewentualnym wspomaganie poprzez ważenie kryteriów”

Wyniki przeprowadzonych eksperymentów pozwalają stwierdzić, że badane zabezpieczenia, nie wymagają przeprowadzania dodatkowych czasochłonnych kontroli unieruchamiających górniczy wyciąg szybowy i można je zakwalifikować do grupy zabezpieczeń z samokontrolą.

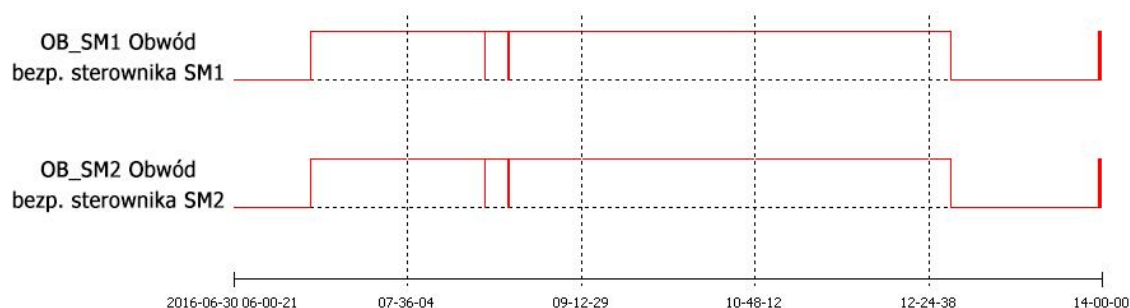
Przedstawiona współpraca zabezpieczeń hamulca maszyny wyciągowej z jej układem sterowania zapewnia, że maszynę wyciągową można uruchomić tylko przy sprawnie działającym agregacie hamulcowym. Prawidłowe zadziałanie zabezpieczeń spowoduje zatrzymanie maszyny.

Przeprowadzone badania potwierdzają, że praca wszystkich układów jest kontrolowana każdorazowo podczas włączenia obwodu bezpieczeństwa. Wyłączanie obwodu bezpieczeństwa, a następnie jego włączanie następuje wielokrotnie podczas normalnej pracy maszyny wyciągowej. Np. jest wyłączany dla zabezpieczenia w czasie prac szczególnie odpowiedzialnych w szybie – stanowiąc zabezpieczenie przed nieumyślnym odhamowaniem podczas przeprowadzania prac, związanych z rewizją (np. wyłącznik krańcowy wieży jest pobudzany podczas codziennej kontroli szybu – musi spowodować wyłączenie obwodu bezpieczeństwa).

Maszynista wyciągowy przy przejęciu stanowiska, zobligowany jest do wykonania prób hamulca (próba statyczna hamulca manewrowego, próba statyczna hamulca ciężarowego, kontrola ciśnienia wyprzedzenia i resztkowego), czyli przed każdą zmianą (co 8 godzin) czterokrotnie załączany jest obwód bezpieczeństwa, w wyniku czego czterokrotnie wykonywane są kontrole wszystkich układów zabezpieczających podczas normalnej pracy, bez dodatkowych przerw w pracy wyciągu szybowego.

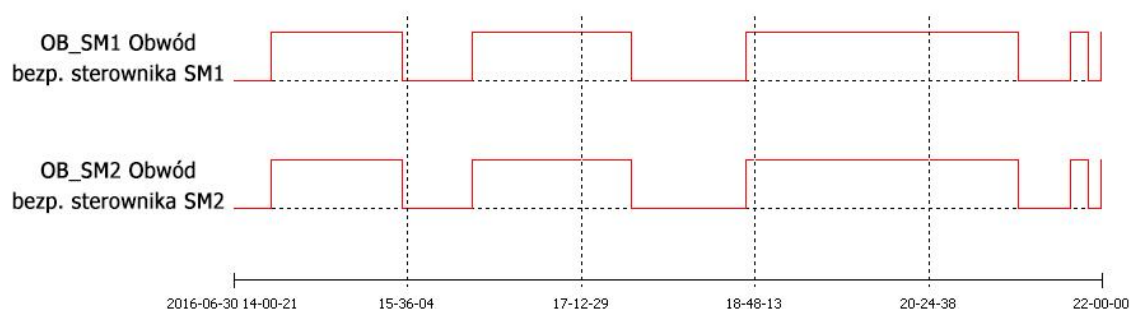
Przedstawione na rysunkach 5-1 do 5-6 rejestracje obrazują krotność włączeń obwodu bezpieczeństwa, czyli ilość przeprowadzanych kontroli przedmiotowych elementów obwodu bezpieczeństwa, w czasie losowo wybranych ośmiogodzinnych zmian.

Maszyna wyciągowa szybu „Andrzej V” przedział zachodni



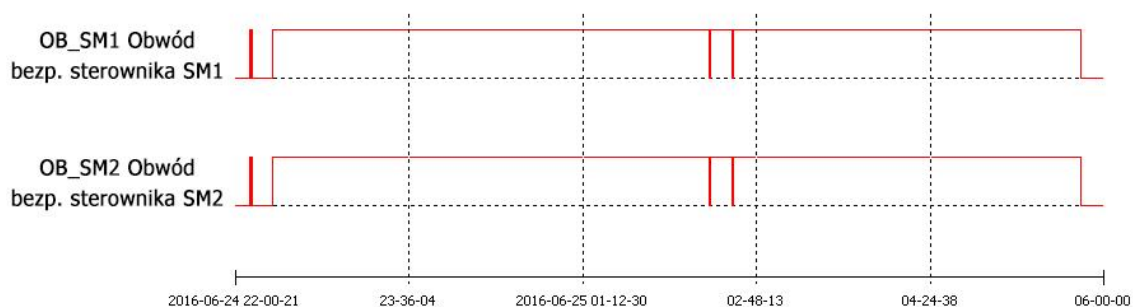
Rysunek 5-1: Włączanie obwodu bezpieczeństwa w czasie jednej zmiany.

Maszyna wyciągowa szybu „Andrzej V” przedział zachodni



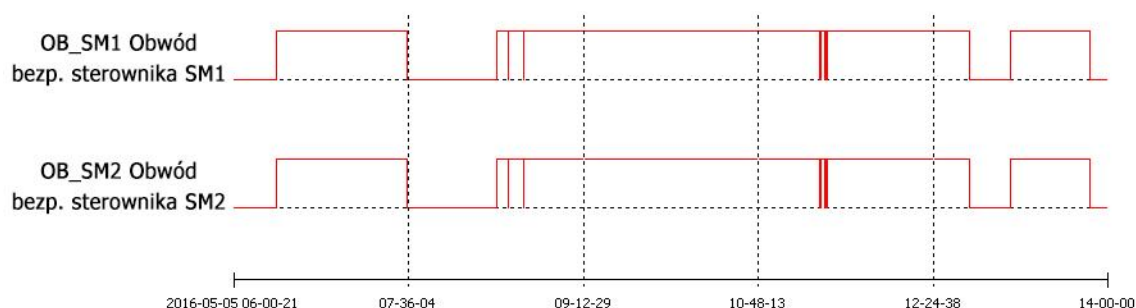
Rysunek 5-2: Włączanie obwodu bezpieczeństwa w czasie jednej zmiany.

Maszyna wyciągowa szybu „Andrzej V” przedział zachodni



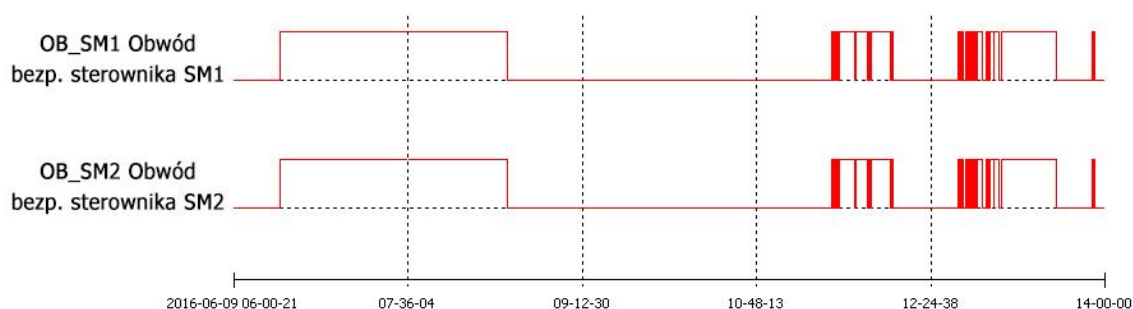
Rysunek 5-3: Włączanie obwodu bezpieczeństwa w czasie jednej zmiany.

Maszyna wyciągowa szybu „Andrzej V” przedział zachodni



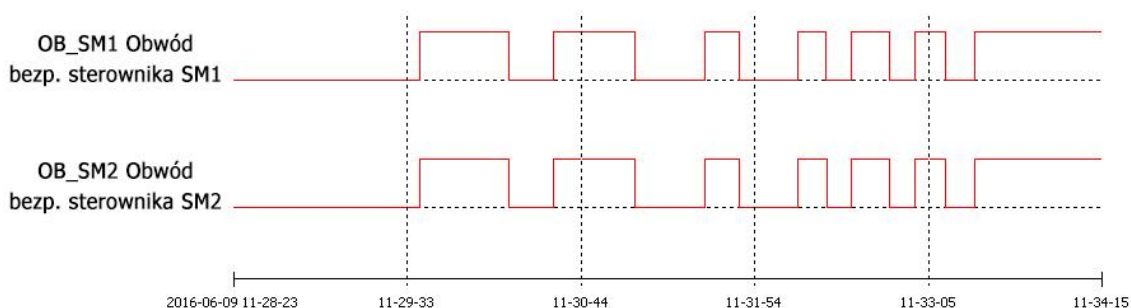
Rysunek 5-4: Włączanie obwodu bezpieczeństwa w czasie jednej zmiany.

Maszyna wyciągowa szybu „Andrzej V” przedział zachodni



Rysunek 5-5: Włączanie obwodu bezpieczeństwa w czasie jednej zmiany (podczas wykonywania tygodniowej rewizji).

Maszyna wyciągowa szybu „Andrzej V” przedział zachodni



Rysunek 5-6: Powiększenie rejestracji z rysunku 5-5 Włączenie obw. bezpieczeństwa w ciągu siedmiu minut.

W rozdziale 4 „Badania elementów obwodu bezpieczeństwa maszyny wyciągowej odpowiedzialnych za pracę agregatu hydraulicznego układu hamulcowego maszyny wyciągowej w celu optymalizacji procesu kontroli” zostały napisane wnioski z badań każdego elementu, wymienione w rozdziale 4.2.2.

Cel pracy został osiągnięty. Udowodniono, że elementy obwodu bezpieczeństwa maszyny wyciągowej kontrolujących pracę agregatu hydraulicznego układu hamulcowego są wielokrotnie sprawdzane samoczynnie i nie jest wymagane przeprowadzanie dodatkowych, czasochłonnych procedur kontrolnych.

Przykład może stanowić opisane w rozdziale 4.3.10 zabezpieczenie KDO1 – kontrola zaworu DO1. Zawór DO1 stanowi element układu całkowitego rozładowania ciśnienia. Zadaniem układu jest rozładowanie ciśnienia w instalacji hydraulicznej hamulca, celem osiągnięcia pełnej siły hamującej podczas hamowania, po zmniejszeniu prędkości maszyny poniżej 1 m/s lub upływie najdłuższego czasu przeznaczonego na hamowanie. Zawór DO1 zostaje otwarty, czyli przestawiony w pozycję do wywołania pełnej siły hamującej, co powoduje zmniejszenie ciśnienia w siłownikach hamulcowych do zera. W rozdziale 4.1.3, jest przedstawiona procedura kontroli elementów podczas uruchamiania maszyny. Pierwszym etapem jest kontrola, czy organ sterujący zaworu DO1 jest otwarty, czyli sprawdzenie wysterowania pełnej siły. Po pozytywnie przeprowadzonej próbie układ pozwala uruchomić maszynę. W czasie pracy agregatu – włączony obwód bezpieczeństwa, zawór powinien być zamknięty (co jest kontrolowane w sposób ciągły), a na postoju otwarty – co jest kontrolowane każdorazowo przy włączaniu obwodu bezpieczeństwa.

Położenie organu sterującego elektrozaworu DO1 jest kontrolowane poprzez czujniki indukcyjne PS3 i PS4. Przedstawione na powyższych rysunkach rejestracje obrazują krotność włączeń obwodu bezpieczeństwa, czyli ilość przeprowadzanych kontroli zabezpieczenia KDO1 w czasie losowo wybranych ośmiogodzinnych zmian.

Badania prowadzone na potrzeby tej dysertacji miały na celu wykazanie, że warunki pracy badanego zabezpieczenia pozwalają na zakwalifikowanie go, jako elementu urządzenia z samokontrolą. Nie jest zatem wymagane przeprowadzanie dodatkowych, czasochłonnych procedur kontrolnych. Eliminuje się również ryzyko związane z możliwością uszkodzenia badanego elementu podczas prób np. wymagany demontaż, ponieważ element jest badany w jego środowisku pracy przy wykorzystaniu jego funkcji w układzie.

Badany układ został zoptymalizowany, stosując kryterium maksymalizacji bezpieczeństwa przy jednoczesnej minimalizacji czasu postoju przeznaczonego na wymagane badania i kontrole. Kontrole wykonywane podczas normalnej pracy, pozwoliły zmniejszyć czas przeznaczony na czynności dodatkowe. Dzięki temu zwiększył się czas pracy maszyny, a co za tym idzie poprawiona jest wydajność urządzenia wyciągowego przy zachowaniu pełnej sprawności zabezpieczeń.

6. Literatura

- [1] Carbogno A.: Linopędnie: typy linopędni, budowa, badania oraz okładziny hamulców szczękowych: rodzaje okładzin dopuszczonych, mocowanie okładzin do klocka hamulcowego, Instytut Mechanizacji Górnictwa, Politechnika Śląska Gliwice, Konferencja Maszyny wyciągowe, Ustroń 15–17.01.2014;
- [2] Carbogno A.: Wybrane zagadnienia dotyczące sprzężenia ciernego pomiędzy liną a wykładziną koła pędnego maszyn wyciągowych, Instytut Mechanizacji Górnictwa, Politechnika Śląska Gliwice, Konferencja Maszyny wyciągowe, Ustroń 15–17.01.2014;
- [3] Chelliah T.R., Dominic A., Thangaraj R., Analysis of Induction Motor Drives under Sensor Faults with Mine Hoist Load Diagram; IEEE PEDES 2015, Sydney, Australia, 9-12 June 2015;
- [4] Cruise R.J., Landy C.F.: Linear Synchronous Motor Propelled Hoists For Mining Applications. IAS '96. Conference Record of the 1996 IEEE Industry Applications Conference Thirty-First IAS Annual Meeting. Year: 1996, Volume: 4. Page s: 2514 - 2519 vol.4;
- [5] Długaj J., Ryndak P., Skowronek P., Barczok W.: Modernizacje maszyn wyciągowych – rozwiązania proponowane przez MWM Elektro Sp. z o.o., Konferencja Hamulce maszyn wyciągowych, Ustroń, 22–24.02.2012;
- [6] Dokumentacja techniczno-ruchowa maszyny wyciągowej zabudowanej w górnictwie wyciągu szybowym szybu Andrzej I, Biuro projektów górniczych Kraków GBSiPG, Luty 1963;
- [7] Dokumentacja techniczno-ruchowa maszyny wyciągowej zabudowanej w górnictwie wyciągu szybowym szybu Andrzej II, Biuro projektów górniczych Kraków GBSiPG, ZUT Zgoda – Świętochłowice DOLMEL – Wrocław, 1980;
- [8] Dokumentacja techniczno-ruchowa maszyny wyciągowej zabudowanej w górnictwie wyciągu szybowym szybu Andrzej III przedziału wschodniego;
- [9] Dokumentacja techniczno-ruchowa maszyny wyciągowej zabudowanej w górnictwie wyciągu szybowym szybu Andrzej III przedziału zachodniego;
- [10] Dokumentacja techniczno-ruchowa maszyny wyciągowej zabudowanej w górnictwie wyciągu szybowym szybu Andrzej V przedziału wschodniego, Biuro projektów górniczych Kraków GBSiPG, ZUT „ZGODA” Świętochłowice, DOLMEL Wrocław, 1971;

- [11] Dokumentacja techniczno-ruchowa maszyny wyciągowej zabudowanej w górnym wyciągu szybowym szybu Andrzej VIII, Przedsiębiorstwo Montażu Urządzeń Elektrycznych PW Katowice, 1988;
- [12] Dokumentacja techniczno-ruchowa maszyny wyciągowej zabudowanej w górnym wyciągu szybowym szybu Andrzej IX, Maschinenfabrik Wilhelm Muller GmbH & Co.kG, ABB, 1997;
- [13] Dokumentacja techniczno-ruchowa maszyny wyciągowej zabudowanej w górnym wyciągu szybowym szybu Andrzej IV, Isselbürger – Hütte, Siemens-Schuckert, 1947/53; PMUE Katowice, 1957; PMUE-PW Katowice, 1943/44;
- [14] Dokumentacja techniczno-ruchowa wyciągu awaryjno-rewizyjnego zabudowanego w górnym wyciągu szybowym szybu Andrzej VIII, ELCAM sp. z.o.o. Świętochłowice, marzec 2014;
- [15] Dokumentacja Techniczno-Ruchowa zespołu napędowego i sterowania maszyny wyciągowej 4L-5000/2x2900 Górniczego Wyciągu Szybowego Przedziału Zachodniego Szybu Andrzej V, OPA-ROW Rybnik, 2012;
- [16] Dokumentacja techniczno-ruchowa. Zespół zaworów dodatkowej drogi spływu DDS do stosowania w tarczowych hamulcach maszyn wyciągowych z agregatami sterowniczo-zasilającymi o strukturze ASEA, Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG, Gliwice, listopad 2003;
- [17] Duda Z. Wilk S.: Instrukcja obsługi urządzeń hamulca tarczowego maszyny wyciągowej szybu „Andrzej VIII” KWK Brzeszcze, Przedsiębiorstwo projektowo-usługowe Promag, Gliwice, sierpień 1993;
- [18] Elektropneumatyczny zespół sterowniczy ZEP-3, Poradnik nr 275, Zakłady konstrukcyjno-mechanizacyjne przemysłu węglowego, Gliwice 1975;
- [19] Gan Y., Wang W., Li F.: New Method of Reactive Power Compensation of Field-Oriented Control of Cycloconverter-fed Synchronous Motor Driving Mine Hoist. IECON '98. Proceedings of the 24th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (Cat. No.98CH36200). Year: 1998 , Volume: 1. Page s: 473 - 478 vol.1;
- [20] Gartnerk T.: Safety Brake Systems for Mine Hoists—Applying SIL to the Mine Hoist Brake System; International Conference on Hoisting and Haulage, Stockholm, 2015;
- [21] Gorzalczyński S., Lightweight Skips—Factors Influencing, Operational Reliability, International Conference on Hoisting and Haulage, Stockholm, 2015;

- [22] Guo-jun T., Chang-jiang W., Guei-lin X., :Full-digital controlled cycloconverter - induction motor drive for underground hoist application, IEEE TENCON 1993;
- [23] Hamulce hydrauliczne do maszyn wyciągowych, Dokumentacja firmy ASEA w wolnym tłumaczeniu z komentarzami, Centrum Mechanizacji Górnictwa, Gliwice – 1984;
- [24] Harwood R.M. Yates M.: Hoist Brakes—Disc or Caliper Shoes: How Do They Compare? International Conference on Hoisting and Haulage, Stockholm, 2015;
- [25] Hedberg J., Söderberg A.: The Implication of Choosing a Certain Functional, Safety Standard for Hoist and Haul Applications; International Conference on Hoisting and Haulage, Stockholm, 2015;
- [26] Hudzik W.: Wytyczne w sprawie konserwacji, kontroli i naprawy przegubów hamulcowych maszyn wyciągowych. Gliwice. Sierpień 1989;
- [27] Instrukcja przeprowadzania kontroli stanu technicznego oraz układu sygnalizacji szybowej maszyny wyciągowej zabudowanej w górniczym wyciągu szybowym szybu Andrzej I, opracował Tomasz Karpiel, Brzeszcze 2012;
- [28] Instrukcja przeprowadzania kontroli stanu technicznego oraz układu sygnalizacji szybowej maszyny wyciągowej zabudowanej w górniczym wyciągu szybowym szybu Andrzej II, opracował Tomasz Karpiel, Brzeszcze 2012;
- [29] Instrukcja przeprowadzania kontroli stanu technicznego oraz układu sygnalizacji szybowej maszyny wyciągowej zabudowanej w górniczym wyciągu szybowym szybu Andrzej III przedziału wschodniego, opracował Tomasz Karpiel, Brzeszcze 2013;
- [30] Instrukcja przeprowadzania kontroli stanu technicznego oraz układu sygnalizacji szybowej maszyny wyciągowej zabudowanej w górniczym wyciągu szybowym szybu Andrzej III przedziału zachodniego, opracował Tomasz Karpiel, Brzeszcze 2012;
- [31] Instrukcja przeprowadzania kontroli stanu technicznego oraz układu sygnalizacji szybowej maszyny wyciągowej zabudowanej w górniczym wyciągu szybowym szybu Andrzej V przedziału zachodniego, opracował Tomasz Karpiel, Brzeszcze 2012;
- [32] Instrukcja przeprowadzania kontroli stanu technicznego oraz układu sygnalizacji szybowej maszyny wyciągowej zabudowanej w górniczym wyciągu szybowym szybu Andrzej V przedziału wschodniego, opracował Tomasz Karpiel, Brzeszcze 2013;

- [33] Instrukcja przeprowadzania kontroli stanu technicznego oraz układu sygnalizacji szybowej maszyny wyciągowej zabudowanej w górniczym wyciągu szybowym szybu Andrzej VIII, opracował Tomasz Karpiel, Brzeszcze 2012;
- [34] Instrukcja przeprowadzania kontroli stanu technicznego oraz układu sygnalizacji szybowej maszyny wyciągowej zabudowanej w górniczym wyciągu szybowym szybu Andrzej IX, opracował Tomasz Karpiel, Brzeszcze 2013;
- [35] Instrukcja przeprowadzania kontroli stanu technicznego oraz układu sygnalizacji szybowej wyciągu awaryjno-rewizyjnego zabudowanego w górniczym wyciągu szybowym szybu Andrzej VIII, opracował Tomasz Karpiel, Brzeszcze 2013;
- [36] Instrukcja przeprowadzania kontroli stanu technicznego oraz układu sygnalizacji szybowej maszyny wyciągowej zabudowanej w górniczym wyciągu szybowym szybu Andrzej IV, opracował Tomasz Karpiel, Brzeszcze 2012;
- [37] Instrukcja ramowa przeprowadzania kontroli, badań i prób maszyn wyciągowych, Sp. Carbo-Wedox – Bytom, Styczeń 1991;
- [38] Janeta W., Piechota P.: Instalacja hydraulicznych hamulców tarczowych maszyn wyciągowych opracowanie CBIDGP, Konferencja Układy hamulcowe maszyn wyciągowych, bezpieczeństwo ich eksploatacji oraz kierunki i możliwości eksploatacji, Szczyrk, 20-24 października 2003;
- [39] Jianguo J., Yulin Z., Zhongming S., Fengzhong Y., Jianmin M., : Intelligent monitoring and full-digital automatic control of dc machine drive control system for mine hoist; Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering 2001. Conference Proceedings (Cat. No.01TH8555). Year: 2001 , Volume: 1. Page s: 1 - 6 vol.1;
- [40] Jiangzi M.L.: Measure and Suppression of Harmonic Currents for Heavy-duty Hoisting Machines; Conference & Exhibition: Asia and Pacific, Dalian, China, IEEE/PES Transmission and Distribution, 2005;
- [41] Kardys T.: Układy sterowania hamulca tarczowego maszyn wyciągowych stosowane przez ABB, ABB Centrum IT Sp. z o.o., Biuro w Katowicach, Konferencja Układy hamulcowe maszyn wyciągowych, bezpieczeństwo ich eksploatacji oraz kierunki i możliwości eksploatacji, Szczyrk, 20-24 października 2003;

- [42] Karpień T., Siostrzonek T., Baszyński M: Zmiany w układzie sterowania hamulcem i w obwodzie mostkowania wyłączników krańcowych maszyny wyciągowej szybu Andrzej IX Zakładu Górniczego Nowe Brzeszcze Grupa Tauron. Mechanizacja, automatyzacja i robotyzacja w górnictwie: monografia: praca zbiorowa. T. 2, Problemy bezpieczeństwa, transportu i przeróbki w górnictwie, red. nauk. Krzysztof Krauze; Centrum Badań i Dozoru Górnictwa Podziemnego Sp. z o.o. w Łędzinach, Katedra Maszyn Górniczych, Przeróbczych i Transportowych AGH w Krakowie. — Łędziny ; Kraków : Centrum Badań i Dozoru Górnictwa Podziemnego, 2016, ISBN: 978-83-944406-3-3. — S. 67–87;
- [43] Karta regulacji maszyny wyciągowej zabudowanej w górnictwie wyciągu szybowym szybu Andrzej III przedziału zachodniego, PMUE PW 1997;
- [44] Karta regulacji maszyny wyciągowej zabudowanej w górnictwie wyciągu szybowym szybu Andrzej V przedziału zachodniego. OPA-ROW sp. z.o.o. Rybnik Październik 2013;
- [45] Karta regulacji maszyny wyciągowej zabudowanej w górnictwie wyciągu szybowym szybu Andrzej V przedziału wschodniego, Biuro projektów górniczych Kraków GBSiPG, ZUT „ZGODA” Świętochłowice, DOLMEL Wrocław, 1971;
- [46] Karta regulacji maszyny wyciągowej zabudowanej w górnictwie wyciągu szybowym szybu Andrzej VIII, Przedsiębiorstwo Montażu Urządzeń Elektrycznych PW Katowice, 1988;
- [47] Karta regulacji maszyny wyciągowej zabudowanej w górnictwie wyciągu szybowym szybu Andrzej IX, Maschinenfabrik Wilhelm, Muller GmbH & Co.kG, ABB, 1997;
- [48] Karta regulacji wyciągu awaryjno-rewizyjnego zabudowanego w górnictwie wyciągu szybowym szybu Andrzej VIII, ELCAM sp. z.o.o. Świętochłowice, marzec 2014;
- [49] Kowal L.: Maszyny górnicze 2/2013, Nowoczesne maszyny wyciągowe i ich wyposażenie na przykładzie efektów współpracy ITG KOMAG z przemysłem. Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Czerwiec 2013;
- [50] Kowal L.: Przegląd dotychczas stosowanych układów hamulcowych maszyn wyciągowych (hamulce pneumatyczne), Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG w Gliwicach, Konferencja Układy hamulcowe maszyn wyciągowych, bezpieczeństwo ich eksploatacji oraz kierunki i możliwości eksploatacji, Szczyrk, 20-24 października 2003;

- [51] Kowalczyk J.: Nastawy hamulcowe - podstawowe pojęcia, wymagania przepisów, kontrole nastaw, próby statyczne i dynamiczne hamulca oraz obliczenia hamulcowe, podstawowe dane niezbędne do wykonywania obliczeń, wymagania przepisów, Centrum Badań i Dozoru Górnictwa Podziemnego Sp. z o.o., Łędziny, Konferencja Maszyny wyciągowe, Ustroń, 15 – 17.01.2014;
- [52] Lovisa D.J.: Functional Safety Standards and Application to Upgrading Mine Hoists, International Conference on Hoisting and Haulage, Stockholm, 2015;
- [53] Małecki J.: Opis techniczny zaworu dwustemowego, Centralny ośrodek projektowo-konstrukcyjny maszyn górniczych „KOMAG” Gliwice, czerwiec 1972;
- [54] Małecki J.: Układy sterowania hamulców odwodzonych hydraulicznie (tarczowych) – doświadczenia w modernizowaniu tych układów, Zakład Badań Atestacyjnych. Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG w Gliwicach, Konferencja Układy hamulcowe maszyn wyciągowych, bezpieczeństwo ich eksploatacji oraz kierunki i możliwości eksploatacji, Szczyrk, 20-24 października 2003;
- [55] Materiały informacyjne firmy ELCAM sp. z o.o. Świętochłowice, <http://www.elcam.pl/>; 10.11.2019r.;
- [56] Materiały informacyjne firmy OPA – ROW Sp. z o.o., Rybnik, <https://opa-row.pl/>; 10.11.2019r.;
- [57] Materiały z konferencji naukowych, Bezpieczeństwo pracy urządzeń transportowych w górnictwie, Ustroń 2012;
- [58] Materiały z konferencji naukowych, Szkoła Eksploatacji Podziemnej, Kraków 2016;
- [59] Materiały z konferencji naukowych, Transport Szybowy, Instytut Techniki Górniczej KOMAG w Gliwicach, 2015;
- [60] Materzok A.: Instalacja hydraulicznych hamulców tarczowych maszyn wyciągowych. Ośrodek Pomiarów i Automatyki Rybnickiego Okręgu Węglowego – Rybnik, Konferencja Układy hamulcowe maszyn wyciągowych, bezpieczeństwo ich eksploatacji oraz kierunki i możliwości eksploatacji, Szczyrk, 20-24 października 2003;
- [61] Nyga K., Schmidt D.: Modernizacje maszyn wyciągowych – propozycje oferowane przez firmę Siemag Tecberg Polska sp. z o.o., Katowice, Konferencja Hamulce maszyn wyciągowych, Ustroń, 22 – 24.02.2012;

- [62]Piróg S.: Energoelektronika: negatywne oddziaływania układów energoelektronicznych na źródła energii i wybrane sposoby ich ograniczenia, Polska Akademia Nauk. Komitet Elektrotechniki, Wydawnictwa AGH, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, 1998;
- [63]Piróg S.: Energoelektronika: układy o komutacji sieciowej i o komutacji twardej, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne Akademii Górniczo-Hutniczej, Kraków 2006;
- [64]Platen M. ,Henneberger G., Examination of Leakage and end Effects in a Linear Synchronous Motor for Vertical Transportation by Means of Finite Element Computation, IEEE Transactions on magnetics , Vol. 37, No. 5, September 2001;
- [65]Platen M., Henneberger G., :Controller design for a linear drive of a hoisting system; IECON'99. Conference Proceedings. 25th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (Cat. No.99CH37029). Year: 1999, Volume: 3. Page s: 1477 - 1480 vol.3;
- [66]Płachno M. Wójcik M.: Problem ochrony przed poślizgiem w układach hamulcowych górniczych maszyn wyciągowych, Akademia Górniczo - Hutnicza w Krakowie, Konferencja Układy hamulcowe maszyn wyciągowych, bezpieczeństwo ich eksploatacji oraz kierunki i możliwości eksploatacji, Szczyrk, 20-24 października 2003;
- [67]Projekt techniczno-roboczy. Sterowanie elektryczne hamulców tarczowych z siłownikami wg licencji Siemens dla maszyn wyciągowych z ciernym sprzężeniem liny nośnej i napędem prądu stałego, Główne biuro studiów i projektów górniczych, Gliwice, maj 1980;
- [68]Rokita T., Wójcik M., : Emergency Braking of Mine Shaft Hoists Applying Friction Arresting Devices—Theory, Tests, and Industrial Applications, International Conference on Hoisting and Haulage, Stockholm, 2015;
- [69]Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych, Dz.U. 2017 poz. 1118;
- [70]Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30 kwietnia 2004 r. w sprawie dopuszczania wyrobów do stosowania w zakładach górniczych, Dz.U. 2004 nr 99 poz. 1003;

- [71] Schemat układu hamulcowego maszyny wyciągowej wraz z obliczeniami skuteczności działania hamulców oraz sprawdzenie hamulca bezpieczeństwa ze względu na poślizg liny KWK „Brzeszcze” szyb Andrzej VIII, Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG. Gliwice, maj 1988;
- [72] Siostrzonek T., Karpiel T., Baszyński M: Zastosowanie metody DTC w sterowaniu przekształtnikiem zasilającym silnik synchroniczny prądu zmiennego maszyny wyciągowej. Mechanizacja, automatyzacja i robotyzacja w górnictwie: monografia: praca zbiorowa. T. 2, Problemy bezpieczeństwa, transportu i przeróbki w górnictwie, red. nauk. Krzysztof Krauze ; Centrum Badań i Dozoru Górnictwa Podziemnego Sp. z o.o. w Łędzinach, Katedra Maszyn Górniczych, Przeróbczych i Transportowych AGH w Krakowie. — Łędziny ; Kraków : Centrum Badań i Dozoru Górnictwa Podziemnego, 2016; ISBN: 978-83-944406-3-3. — S. 88–97;
- [73] Siostrzonek T., Karpiel T.: Zastosowanie silników prądu zmiennego w układach napędowych maszyn wyciągowych – zalety i wady. Transport szybowy, monografia: praca zbiorowa / red. nauk. Adam Klich, Antoni Kozieł; Instytut Techniki Górniczej KOMAG. Gliwice 2015. e-ISBN10: 978-83-60708-89-7. S. [1–7];
- [74] Solarczyk W. Janeta W.: Siłowniki hydrauliczne firmy Svedborg Brakes w hamulcach tarczowych maszyn wyciągowych. Doświadczenia eksploatacyjne, badania, przeglądy. Monografia, Bezpieczeństwo pracy urządzeń transportowych w górnictwie. CBiDGP, Łędziny 2012;
- [75] Solarczyk W.: Siłowniki hydrauliczne stosowane w hamulcach maszyn wyciągowych: BSFG408 produkcji Svendborg Brakes Dania: budowa, zasada działania, regulacje, przeglądy, kryteria oceny. Okładziny hamulcowe do siłowników hamulca tarczowego. Siłowniki hydrauliczne do hamulca tarczowego wyciągów awaryjno rewizyjnych – oferty firmy Svendborg Brakes, Vitech, Jankowice, Konferencja Hamulce maszyn wyciągowych, Ustroń, 22 – 24.02.2012;
- [76] Stefou D.A.: Developments in Computerized Systems for Mine Hoist Control, International Conference on Hoisting and Haulage, Stockholm, 2015;
- [77] Szczygieł M.: Eksploatacja górniczych wyciągów szybowych, kontrole i badania maszyn wyciągowych. Rzeczoznawca ds. ruchu zakładu górniczego: wymagania i zadania stawiane rzeczoznawcy, zakres działania rzeczoznawcy w zakresie transportu pionowego. Specjalistyczny Urząd Górniczy, Katowice, Konferencja Maszyny wyciągowe, Ustroń, 15 – 17.01.2014;

- [78] Szczygieł M.: Prawo Geologiczne i Górnicze – Ustawa obowiązująca od 01.01.2012r. eksploatacja górniczych wyciągów szybowych, kontrole i badania, rzeczoznawca ds. ruchu zakładu górniczego: wymagania i zadania stawiane rzeczoznawcy, zakres działania rzeczoznawcy w zakresie transportu pionowego. Specjalistyczny Urząd Górniczy, Katowice, Konferencja Hamulce maszyn wyciągowych, Ustroń, 22 – 24.02.2012;
- [79] Szczygieł M.: Prawo geologiczne i górnicze. Rozporządzenie Ministra Gospodarki w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych: eksploatacja górniczych wyciągów szybowych, kontrole i badania. Specjalistyczny Urząd Górniczy, Katowice, Konferencja Maszyny wyciągowe, Ustroń, 05 – 07.02.2013;
- [80] Szklarski L., Zarudzki J.: Elektryczne maszyny wyciągowe. PWN, 1998;
- [81] Szymik J.: Modernizacje maszyn wyciągowych – propozycje oferowane przez firmę ELCAM Sp. z o.o. Świętochłowice, Konferencja Hamulce maszyn wyciągowych, Ustroń, 22 – 24.02.2012;
- [82] Taqvist A., ABB AB, Västerås, Sweden, Functional Safety for Mine Hoist—From Lilly to SIL3, Hoist Protector, International Conference on Hoisting and Haulage, Stockholm, 2015;
- [83] Taylor M.R., An Illustrated Journey Through Functional Safety—Lessons from History, International Conference on Hoisting and Haulage, Stockholm, 2015;
- [84] Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze, Dz.U. 2011 nr 163 poz. 98;
- [85] Valenzuela C.M., Valenzuela G.M.A.: Integrated Mechanical-Electrical Modeling of an AC Electric Mining Shovel and Evaluation of Power Requirements during a Truck Loading Cycle. IEEE Transactions on Industry Applications Year: 2015 , Volume: 51 , Issue: 3. Page s: 2590 – 2599;
- [86] Weigl R.: Regulatory jazdy Iversen i Schoenfeld z hydraulicznym regulatorem szybkości, Seria: Instytut Naukowo-Techniczny Przemysłu Węglowego Biblioteka Wydawnictw (tom IV). Biuro Wydawnictw Technicznych CZPW, Katowice 1947;

- [87] Wolnica M.: Badania półroczne i roczne maszyn wyciągowych. Badania 3-letnie maszyn wyciągowych. Nastawy hamulcowe – podstawowe pojęcia, wymagania przepisów, kontrole nastaw, próby statyczne i dynamiczne hamulca. Obliczenia hamulcowe, podstawowe dane niezbędne do wykonania obliczeń, wymagania przepisów. Opa - Row Sp. z o.o., Rybnik, Konferencja Maszyny wyciągowe, Ustroń, 05 – 07.02.2013;
- [88] Wolnica M.: Hamulce wyciągów awaryjno rewizyjnych: budowa, badania, regulacje, kryteria oceny, modernizacje, budowa nowych wyciągów awaryjno rewizyjnych. Opa - Row Sp. z o.o., Rybnik, Konferencja Maszyny wyciągowe, Ustroń, 05 – 07.02.2013;
- [89] Wolnica M.: Siłowniki hydrauliczne stosowane w hamulcach maszyn wyciągowych: SH-100 A i 8SM7622 produkcji ZUT ZGODA: budowa, zasada działania, regulacje, przeglądy, kryteria oceny. Agregaty sterowniczo pompowe ASEA, Bosch, ABB, i inne stosowane w hamulcach tarczowych maszyn wyciągowych: budowa, sterowanie, zasada działania, regulacje. Hamulce pneumatyczne (szczękowe) maszyn wyciągowych – wybrane zagadnienia: konstrukcje szczęk hamulców o bieżni cylindrycznej, napędy hamulcowe, układy sterowania hamulca, regulatory ciśnienia, budowa, kinematyka działania. OPA - ROW Sp. z o.o., Rybnik, Konferencja Hamulce maszyn wyciągowych, Ustroń, 22 – 24.02.2012;
- [90] Z.E.U.S. MicroSTER; <http://www.microster.pl/ar3c.php>; 19.11.2019r.;
- [91] Zespoły sterowniczo-zasilające, MWM Elektr Sp. Z o. o. HYDAC Sp. Z o. o. Mikołów. Lubin, październik 2003;
- [92] Zmysłowski T., Mijał T.: Zeszyty Problemowe Maszyn Górniczych. Hamulce Maszyn Wyciągowych zeszyt 1, Centrum Mechanizacji Górnictwa Komag, Gliwice 1995;
- [93] Zmysłowski T.: Górnicze maszyny wyciągowe Część mechaniczna, ;Wydawnictwo Naukowe, Katowice 2004;
- [94] Zygmunt A., Oleksy A.: Prawne aspekty bezpieczeństwa i pewności funkcjonowania układów hamulcowych maszyn wyciągowych. Wyższy Urząd Górniczy w Katowicach. Konferencja Układy hamulcowe maszyn wyciągowych, bezpieczeństwo ich eksploatacji oraz kierunki i możliwości eksploatacji, Szczyrk, 20-24 października 2003;

7. Załączniki

- 7.1. Załącznik A: [Rysunek 4-1]: Schemat sterowania układu hamulcowego – agregatu AH1
- 7.2. Załącznik B: [Rysunek 4-2]: Schemat połączenia agregatów z siłownikami wraz z przełącznicą agregatów ZPA1, ZPA2 oraz zespołem awaryjnego zatrzymania maszyny wyciągowej A50-1
- 7.3. Załącznik C: Oznaczenia do schematów układu hamulcowego
- 7.4. Załącznik D: Historia KWK Brzeszcze