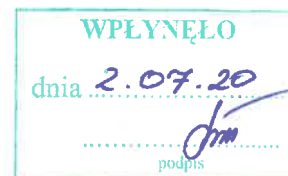


dr hab. inż. Kazimierz Jagiela  
profesor ATH Bielsko-Biała  
Wydział Budowy Maszyn i Informatyki

Częstochowa, 30.06.2020 r.



## RECENZJA

pracy doktorskiej mgr. inż. Tomasza KARPIELA

pt.: „Optymalizacja zabezpieczeń stosowanych w systemie sterowania maszyny wyciągowej współpracującej z agregatem hydraulicznym układu hamulcowego”

dla Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika  
Akademii Górniczo- Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie

### 1. Podstawa opracowania recenzji

Przedmiotem opinii jest rozprawa doktorska mgr inż. Tomasza Karpiela doktoranta prof. dr hab. inż. Stanisława Piroga jako promotora i dr inż. Tomasza Siostrzonka jako promotora pomocniczego, pt. „Optymalizacja zabezpieczeń stosowanych w systemie sterowania maszyny wyciągowej współpracującej z agregatem hydraulicznym układu hamulcowego” zgodnie z podjętą uchwałą Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika AGH z dnia 06.02.2020 r. oraz zleceniem Pana Przewodniczącego Rady Dyscypliny prof. AGH dr. hab. inż. Ryszarda Sroki, z dnia 10.02.2020 r., nr pisma WEAlIB-b/510-12-1/16 w sprawie opracowania recenzji.

### 2. Strona redakcyjna pracy

Rozprawa liczy 161 stron i podzielona została na siedem rozdziałów, w tym jako rozdział siódmy to załączniki zawierające cztery pozycje (powiększone rysunki 4-1 i 4-2 z wyspecyfikowanymi oznaczeniami oraz bardzo ciekawy załącznik D opisujący historię KWK Brzeszcze z archiwalnymi certyfikatami, schematami i zdjęciami maszyn wyciągowych). Literatura jest stosunkowo skromna, pomimo że zawiera 94 pozycje, z czego 29 to dokumentacje techniczno - ruchowe lub instrukcje eksploatacji, w większości są to publikacje polskojęzyczne. Uważam, że należało w większym stopniu odnieść się do literatury światowej. Przyjęta przez Doktoranta olbrzymia ilość oznaczeń wpływa uciążliwie na proces czytania pracy.

### 3. Ogólna charakterystyka pracy

Przed zasadniczymi rozdziałami pracy Doktorant umieszcza streszczenia w języku polskim i angielskim, w których wprowadza czytelnika w arkana wiedzy na temat bezpieczeństwa ruchu maszyn wyciągowych, wyliczając zasadnicze procedury które stosowane i wykorzystywane są w górnictwie węglowym.

Rozdział pierwszy to wstęp liczący 16 stron, w którym Autor opisuje rodzaje maszyn wyciągowych i związanych z nimi obligatoryjnymi okresowymi przeglądami i badaniami zgodnie z aktami prawnymi [69]<sup>1</sup> i [70]<sup>2</sup>. Obszerną część tego rozdziału zajmują wykresy zawierające zmiany parametrów elektromechanicznych (prądów wzbudzenia i twornika maszyny wyciągowej, prędkości jazdy, ciśnienia) oraz szeregu zmian poziomów cyfrowych dla rejestrowanych sygnałów (przykładowo m.in.: Hamowanie Bezpieczeństwa, Awaria Hamulca, Alarm, Ustawienie Skipu, Obwód Wyłącznika Krańcowego, itd.). Na stronie 16. Doktorant precyzuje dwie tezy pracy oraz formułuje cel pracy jako opracowanie optymalnych procedur umożliwiających badanie elementów obwodu bezpieczeństwa maszyny wyciągowej odpowiedzialnych za pracę agregatu hydraulicznego układu hamulcowego. Zgodnie z postawioną tezą Doktorant twierdzi, że wprowadzenie procedur samokontroli elementów bezpieczeństwa pozwoli zoptymalizować efektywny czas pracy maszyny wyciągowej, zwiększy wydajność wydobywania oraz stan bezpieczeństwa poprzez prawidłowe systemy zabezpieczeń aplikowanych do układów hamulców maszyny wyciągowej. Doktorant w swej tezie pisze o odpowiednim wykonaniu zabezpieczeń, nie precyzując dokładnie jakie dodatkowe elementy i procedury muszą być wdrożone by zwiększyć bezpieczeństwo i pewność działania układów hamulcowych. Jako recenzent, prosiłbym by w trakcie dyskusji Doktorant odniósł się do tej kwestii.

Górnictwo podzespoły i instalacje elektro i energomechaniczne należą do tych kategorii urządzeń dla których muszą być opracowane szczegółowe dokumentacje techniczno- ruchowe oraz instrukcje eksploatacji a te muszą być zgodne z obowiązującymi normami i rozporządzeniami prawnymi. Nie sposób zoptymalizować kompleks zagadnień dotyczących bezpieczeństwa ruchu tych urządzeń bez rzetelnego wprowadzenia zasad prawnych. Problematyka prawna jest przedmiotem rozważań zawartych w drugim rozdziale pracy. Na podstawie przywołanych, w przypisie dolnym, rozporządzeń, w określony sposób przeprowadza się codzienną i okresową kontrolę urządzeń stanowiących infrastrukturę techniczną z uwzględnieniem zasad bezpieczeństwa dla zakładów górniczych. Z uwagi na ograniczony zakres pracy, Autor szczególnie opisuje podzespoły związane z obwodami układów hamulcowych. Rozdział trzeci zatytułowany " Zabezpieczenia maszyn wyciągowych związanych z pracą hamulca" poświęcony został opisaniu budowy i działania hamulców pneumatycznych typu SSW pracujących w kilku wyciągach szybowych "Andrzej". W innych zakładach górniczych węgla i miedzi są hamulce tarczowe. Doktorant analizuje systemy bezpieczeństwa dla siłowników hamulca tarczowego z dociskiem sprężynowym i odwodzeniem hydraulicznym. Charakteryzuje stosowanie siłownika BSFG-408 firmy ASEA-Häggglunds pod kątem zwiększenia bezpieczeństwa działania w układach napędowych maszyny wyciągowej. W maszynie wyciągowej szybu "Andrzej III" zastosowany jest elektrohydrauliczny agregat zasilający - sterowniczy firmy Bosch, który

<sup>1</sup> - Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 23.11.2016 w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych (Dz.U.2017 poz.1118);

<sup>2</sup> - Rozporządzenie Rady Ministrów Energii z dnia 30.04.2004 w sprawie dopuszczenia wyrobów do stosowania w zakładach górniczych (Dz.U.2004 Nr 99 poz.1003);

pozwała na realizację sterowania maszyny wyciągowej z funkcją hamowania bezpieczeństwa, hamowania awaryjnego, ręcznego hamowania manewrowego, hamowania pełną siłą w pobliżu poziomów krańcowych oraz hamowania poprzez dojście szczęk do bieżni hamulcowej.

Zasadniczą, badawczą częścią pracy jest rozdział czwarty o tytule "Badania elementów obwodu bezpieczeństwa maszyny wyciągowej odpowiedzialnych za pracę agregatu hydraulicznego układu hamulcowego maszyny wyciągowej w celu optymalizacji procesu kontroli", w którym Doktorant przeprowadza szczegółową analizę dla piętnastu składowych elementów wchodzących w obwód bezpieczeństwa hamulca.

Wyniki badań poszczególnych elementów poprzedzone zostały ogólną charakterystyką struktur obwodu bezpieczeństwa hamulca maszyny wyciągowej. Autor dokonał analizy układu hamulca podczas hamowania manewrowego, hamowania bezpieczeństwa z nastawianymi elektrycznie bądź mechanicznie siłami hamującymi. Dla każdego elementu dokonuje jego opisu z podaniem metody jego badania a następnie na kolejnych rysunkach wykreślane są profile przebiegu analogowego zmiany ciśnienia oleju w siłownikach oraz zero - jedynkowe (cyfrowe) sygnały logiczne sterowników SM1, SM2 a także zasadniczego sygnału badanego elementu (przykładowo: dla kontroli styczników zaworu D01 rejestrowany jest sygnał KKD01 czy kontroli poprawności pracy falownika zasilania pompy agregatu hamulcowego rejestrowany jest sygnał KFALOW). Informacja o poprawnej pracy pompy olejowej agregatu hamulcowego zasilanej z falownika jest bardzo ważnym parametrem, bowiem nieprawidłowa prędkość silnika pompy spowoduje zmiany wartości ciśnienia oleju. Konsekwencją takiego stanu byłoby niepełne odhamowanie lub zahamowanie, co może doprowadzić do uszkodzenia siłowników hamulcowych i niebezpiecznego ruchu maszyny. Badania każdego elementu obwodu hamulcowego kończą się wnioskami, z których wynika, że analizowana poprzez symulację nieprawidłowość budowy lub działania blokuje sterowanie maszyną wyciągową. W związku z tym Doktorant wnioskuje, że układy te spełniają wymogi samokontroli, co oznacza udowodnienie postawionej tezy pracy.

Opracowana przez Doktoranta metoda badania samokontroli znalazła uznanie w dozorze Specjalistycznego Urzędu Górniczego (SUG) i została zarządzeniem wewnętrznym wdrożona do stosowania we wszystkich zakładach górniczych.

Rozdział piąty to wnioski opracowane przez Doktoranta o olbrzymim stażu górniczym, który kolejno zaliczał różne szczeble zarządcze w kopalni. Mgr inż. Tomasz Karpiel stwierdza, że w procesie optymalizacji zabezpieczeń systemu sterowania maszyny wyciągowej współpracującej z agregatem hydraulicznym układu hamulcowego zastosowano kryterium maksymalizacji bezpieczeństwa przy jednoczesnej minimalizacji czasu postoju przeznaczonego na badania i kontrole. W podsumowaniu jest stwierdzenie, że stosowanie rozwiązań samoczynnej kontroli działań zabezpieczeń pozwoli zwiększyć wydajność pracy szybu, zmniejszyć stan zatrudnienia w obszarze badań i kontroli i to co jest najważniejsze - zwiększyć stopień bezpieczeństwa pracy maszyny wyciągowej. Uzyskanie wymienionych efektów jest potwierdzeniem osiągnięcia założonych celów i udowodnienia postawionych tez.

#### 4. Ocena merytoryczna pracy

Zagadnienia poruszane w pracy doktorskiej mieszczą się w dziedzinie nauk inżyniersko-technicznych w dyscyplinie naukowej elektrotechnika. Należy zaznaczyć, iż z racji rozległości tematycznej z innymi dyscyplinami naukowymi, praca nabiera charakteru interdyscyplinarnego.

Praca dotyczy elektrotechniki górniczej, która, ze względu na trudności ekonomiczne górnictwa, nie stanowi atrakcyjnego obszaru badawczego.

Rozprawa ma związek z najważniejszym aspektem działalności zakładów wydobywczych – bezpieczeństwem pracy załogi. Tematyka jest związana z jednym z podstawowych elementów ciągu technologicznego - górniczego wyciągu szybowego. Jest to urządzenie elektromechaniczne, którego najważniejszym elementem jest maszyna wyciągowa. Jest to zespół napędowy z silnikiem elektrycznym, zasilanym poprzez układ energoelektroniczny. Sterowanie takiego urządzenia musi spełniać szereg kryteriów, zarówno ze względu na przepisy dotyczące urządzeń elektrycznych, jak również bardzo restrykcyjne przepisy dotyczące zakładów górniczych.

W celu realizacji założonego diagramu jazdy naczynia wyciągowego, maszyna wyposażona jest w układ hamulcowy, który jest odpowiedzialny za bezpieczne zatrzymanie maszyny w różnych warunkach i jest połączony z układem sterowania maszyny.

Najważniejszym obwodem w każdej maszynie wyciągowej jest obwód bezpieczeństwa. W starszych rozwiązaniach konstrukcyjnych był on realizowany z wykorzystaniem łączników mechanicznych, których stan był uzależniony od stanu pracy poszczególnych instalacji składowych urządzenia wyciągowego. W niniejszej dysertacji, analizowany obwód bezpieczeństwa jest realizowany w układzie programowalnym PLC. Nie zmienia to sposobu działania tego obwodu, którego wyzwolenie następuje z chwilą wystąpienia nieprawidłowości w układzie.

Wydaje się, że tematyka obwodów bezpieczeństwa i układów sterowania maszyn wyciągowych jest już poznana. Autor zwrócił jednak uwagę na pewien istotny obszar, który nie był poddawany badaniom, a był jedynie efektem wprowadzania nowych rozwiązań technicznych do tego typu urządzeń. Jest to kontrola urządzeń będących częścią maszyny wyciągowej, które muszą być przeprowadzane przez obsługę. Autor zauważył, że podczas takich kontroli występują zagrożenia, związane z tzw. udziałem czynnika ludzkiego, czyli subiektywną oceną parametrów pracy poszczególnych urządzeń. Zdaniem autora, rezygnacja z konieczności kontroli pewnej grupy urządzeń na rzecz przeprowadzenia takiego sprawdzenia przez układ niezależny od człowieka, może spowodować wzrost bezpieczeństwa pracy. W opinii autora, takie rozwiązanie może w znaczący sposób wpłynąć na poprawę efektywności procesu wydobywczego, z uwagi na zmniejszenie liczby załogi, potrzebnej do obsługi urządzenia oraz zwiększenie czasu dyspozycyjnego maszyny.

Wprowadzenie powyższych zmian w funkcjonowaniu górniczych wyciągów szybowych musi być poprzedzone zmianą obowiązujących przepisów, m.in.: Rozporządzenie Ministra Energii z dnia

23 listopada 2016 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych, a szczególnie załącznika nr4 do tego rozporządzenia.

Zmiany obowiązujących przepisów poprzedzone są zawsze dyskusjami i konsultacjami. Praca ta mogłaby być przyczynkiem do rozpoczęcia takiej dyskusji.

W dostępnej literaturze nie podjęto dotychczas prób wyjaśnienia zagadnień poruszanych w tej pracy, co stanowi o oryginalności i aktualności tej tematyki.

Cel pracy jaki został sformułowany wskazuje na priorytetowe traktowanie spraw związanych z bezpieczeństwem prowadzenia pionowego transportu kopalnianego, co naturalnie wpisuje się w zadania, jakie stawia przed zakładami górniczymi najwyższy organ nadzoru górniczego – Wyższy Urząd Górniczy.

Maszyna wyciągowa w każdej kopalni podziemnej jest jednym z największych odbiorników energii elektrycznej pod względem mocy zainstalowanej. Praca doktorska Pana mgr. inż. Tomasza Karpiela stanowi istotny wkład w rozwój nowoczesnych napędów dużych mocy. Proponowane rozwiązania wprowadzają nowe wytyczne, które mogą przyczynić się do zmiany standardów kontroli najważniejszych elementów urządzeń transportu pionowego.

## 5. Uwagi krytyczne i pytania dyskusyjne

Wnikliwa analiza pracy nasuwa kilka uwag i wątpliwości natury dyskusyjnej, które wymagają wyjaśnień Doktoranta. Te uchybienia i niedostatki można podzielić na dwie grupy: pierwsza to uwagi krytyczne wymagające wyjaśnień Autora w trakcie publicznej obrony, oraz druga to błędy redakcyjne zauważone w tekście rozprawy.

W dyskusji zasadniczej proszę Doktoranta o ustosunkowanie się do następujących zagadnień:

1. Autor przedstawił obliczenia dotyczące prawdopodobnych strat z tytułu przestojów spowodowanych koniecznością wykonania kontroli. Jednak założył, że zakład pracuje w trybie wydobywania, przez pięć dni w tygodniu po dwie zmiany. Znaczy to, że możliwe jest wykonywanie kontroli w dni, w które nie jest prowadzone wydobywanie. Wówczas zakład nie ponosi żadnych strat, więc nie ma korzyści ekonomicznych proponowanych w pracy.
2. W rozdziale 3.2 Autor odnosi się do konieczności zatrzymania maszyny w przypadku wystąpienia niebezpiecznego zdarzenia: „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.” Należy zwrócić uwagę, że nie każdy stan awaryjny jest powodem do natychmiastowego zatrzymania maszyny. W pewnych stanach możliwa jest kontynuacja jazdy naczynia do najbliższego poziomu technologicznego. Proszę o wyjaśnienie takiego stanu.
3. Autor opisał na stronie 54 główny obwód bezpieczeństwa. W tym obwodzie używane są przyciski SOB i SOBA. Wyjaśniono konsekwencje użycia przycisku SOB, ale brak jest

wyjaśnienia funkcji przycisku SOBA, który ma zdecydowanie większe znaczenie w przerwaniu pracy układu. Proszę o wyjaśnienie tej różnicy.

4. Czy opisane w pracy (rozdział 3) agregaty hydrauliczne i ich współpraca z układem sterowania maszyny wyciągowej posiadają kontrolę prędkości jazdy naczynia. Czy dla prezentowanego rozwiązania konieczne jest sprzężenie zwrotne od prędkości jazdy naczynia.
5. Na rysunku 4-11 przedstawiono rejestrację działania elementu KKDS1. Proszę wyjaśnić, czym różnią się poszczególne obwody bezpieczeństwa. Dlaczego dla obwodu bezpieczeństwa hamulca jest tylko sygnał sterownika SM1. Czy nie powinien być pokazany jeszcze sygnał ze sterownika SM2. Proszę o szczegółowe wyjaśnienie.
6. W rozdziale 4.2 jest mowa o ograniczeniu prędkości do 1m/s. Jaka jest tolerancja przy przekroczeniu tej prędkości i jaka jest dokładność pomiaru prędkości. Autor nie określił dokładności pomiaru prędkości.
7. Jak wynika z opisanych procedur badawczych, część zabezpieczeń zgrupowana jest w sterowniku SM1 a część w SM2. Jakie funkcje one pełnią? Czy sterowniki w takim układzie wymieniają informacje między sobą i zachowana jest zasada redundancji zabezpieczeń?

#### **Przykładowe błędy redakcyjne:**

- 1) Streszczenie strona druga: brakuje słowa *przez* właściwe ... . Dwa wiersze niżej (*błąd gramatyczny*) - powinno być: ... korzystnych rozwiązaniach technicznych.
- 2) Uważam za niewłaściwe używanie identycznych tytułów podrozdziałów rozdziału czwartego (opis obiektu, metoda badania, wynik badania, wnioski). Dotyczy to tytułów od punktu 4.3.1 do 4.3.15.
- 3) Brakuje wielu objaśnień do oznaczeń np. (WLO), KPD, SPO - str.2, PKY21, Y231, Y232, Y211, Y27, Y22 - str.41.
- 4) Rysunki od 1-3 do 1-12 z uwagi na rejestrację dużej ilości sygnałów logicznych wymagają zdaniem Recenzenta znacznie obszerniejszego komentarza a następnie podsumowania i wyciągnięcia wniosków wynikających z poszczególnych istotnych zdarzeń z punktu widzenia bezpieczeństwa pracy maszyny wyciągowej.
- 5) Str.2 - jest: "...rozdzielni zasilającego silnik...", powinno być: "...rozdzielni zasilającej silnik..."
- 6) Str.5 - jest: "...sygnały binarne przedstawione w dolnej ...", powinno być: "...sygnały binarne przedstawione są w dolnej ...",
- 7) Str.12 - jest: *rys. 1-13*, a powinno być: *rys. 1-12*,
- 8) Czy jest brudny węgiel? Doktorant na stronach 8 i 14 (tabela 1-3) pisze o czystym węglu.
- 9) Str.14 - zdanie: "Postoje, oprócz *wynikających* ..., *wynikają* również ..." (styl).

- 10) Str.16 - zdanie: "*Wyliczenia nie uwzględniają wyliczeń ...*" (styl).
- 11) Str.29 - zdanie: "*W rozdziale 2.1 są opisane wymagania ...*", powinno być: "*W rozdziale 2.1 zostały opisane wymagania ...*". Czytelnik jest w trakcie czytania rozdziału trzeciego a zatem rozdział 2.1 został już przeczytany.
- 12) Nie powinno preferować się takiego układu pracy, w którym natychmiast po tytule podrozdziału jest rysunek – przykłady: str. 43 - rys.4-1, str.61 -rys.4-6, str.65 - rys.4-7 itd. Recenzent uważa, że po tytule należy się zawsze krótkie wprowadzenie, z którego wynika zasadność zamieszczenia danego rysunku a w dalszej kolejności wymagany jest dalszy komentarz związany z tym rysunkiem bądź tabelą. Doktorant jednak nie zredagował swojej pracy w ten sposób.
- 13) Str. 106 - jest: "*... odhamowanie lub zahamowaniu ...*", powinno być: "*... odhamowanie lub zahamowanie ...*"

Wyszczególnione w wyżej wymienionych grupach uwagi i błędy zauważone podczas lektury rozprawy nie są argumentami dyskredytującymi osiągnięcie Doktoranta i nie mają większego znaczenia dla wartości merytorycznej pracy, nie mniej wymaga się od autorów rozpraw wnikliwej korekty tekstu szczególnie pod względem stylistycznym i gramatycznym.

## 6. Konkluzja

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska wnosi wyraźny wkład do wąskiego obszaru badawczego związanego z zapewnieniem maksymalnego bezpieczeństwa pracy kopalnianej maszyny wyciągowej współpracującej z agregatem hamulcowym. Cele pracy zostały osiągnięte a postawione tezy pracy zostały udowodnione.

Biorąc pod uwagę wartość poznawczo - praktyczną rozprawy uważam, że w pracy doktorskiej pt. „Optymalizacja zabezpieczeń stosowanych w systemie sterowania maszyny wyciągowej współpracującej z agregatem hydraulicznym układu hamulcowego” mgr inż. Tomasz Karpiel samodzielnie rozwiązał ważny problem z zakresu elektrotechniki oraz wykazał się umiejętnościami badawczymi wymaganymi, dla uzyskania stopnia doktora nauk technicznych.

Stwierdzam, że w świetle obowiązujących przepisów: Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2003 r. nr 65, poz. 595 z późn. zm.) oraz Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 22 września 2011 r. (Dz. U. z 2011 r. nr 204, poz. 1200) oraz Obwieszczenia Marszałka Sejmu RP z dnia 15.09.2017r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. z 2017 poz.1789) praca spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim i wnioskuję do Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika Akademii Górniczo - Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

