

Dr hab. inż. Janusz Reś prof.emerytowany
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki
Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie
Al. Mickiewicza 30
30-059 Kraków

Kraków 15.12.2018

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Tomasza Kozłowskiego
pt.: „**Ocena stanu technicznego połączeń taśm przenośnikowych z linkami stalowymi na podstawie analizy sygnałów magnetycznych**”

Recenzja wykonana na zlecenie Dziekana Wydziału Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej, prof. dr hab. inż. Moniki Hardygóry z dnia 16 listopada 2018 r.

1. Wstęp

Przedstawiona do zaopiniowania rozprawa doktorska mgr inż. Tomasza Kozłowskiego pt.: „**Ocena stanu technicznego połączeń taśm przenośnikowych z linkami stalowymi na podstawie analizy sygnałów magnetycznych**” składa się z jedenastu rozdziałów opatrzonych wykazem ważniejszych skrótów, tablic, wykazu rysunków oraz bibliografii zawierającej 68 pozycji literaturowych zarówno historycznych jak i współczesnych. (w tym trzy publikacje których Autor rozprawy jest współautorem). Całość rozprawy zawarta została na 108 stronach maszynopisu.

2. Omówienie treści rozprawy

We wprowadzeniu do pracy Autor klasyfikuje i omawia mechaniczne, rozłączne i nierozłączne, połączenia taśm przenośnikowych oraz połączenia wulkanizowane przedstawiając parametry tych połączeń i ich podstawowe schematy.

W rozdziale drugim Autor przytacza rys historyczny badania magnetycznego taśm przenośnikowych z linkami stalowymi oraz omawia aktualny stan wiedzy związanej z badaniami magnetycznymi taśm przenośnikowych, aby przystąpić w rozdziale 3 do opisu przedmiotu późniejszych badań w postaci złącz wulkanizowanych taśm trzech przenośników taśmowych.

W rozdziale czwartym pracy Autor opisuje system wysokiej rozdzielczości do automatycznej kontroli i diagnozowania stanu taśm przenośnikowych z linkami

stalowymi (HRDS) identyfikując możliwości systemu i opisując zasadę akwizycji sygnałów.

W rozdziale piątym Autor uzasadnia podjęcie tematyki sformułowanej w tytule pracy wskazując na walory użyteczne omawianej tematyki oraz formułuje cel pracy, którym jest wykonanie pomiarów na obiektach rzeczywistych oraz opracowanie algorytmów i ich implementacja w środowisku Matlab. Konsekwencją tak sformułowanego celu pracy jest przedstawienie tez pracy, których istotę można zawrzeć w stwierdzeniu, że na drodze identyfikacji zmian pola magnetycznego możliwe jest dokładne wskazanie miejsca uszkodzenia oraz ocena zmian geometrycznych połączenia, przy czym dla poprawnie wykonanych połączeń charakter zmian pola magnetycznego jest identyczny dla wszystkich kanałów pomiarowych.

W rozdziale tym Autor omawia również zakres pracy uznając, że jest on zawarty w tytułach rozdziałów 6-10.

W rozdziale szóstym pracy przedstawione zostały podstawowe dane wyjściowe pochodzące z pomiarów systemem HRDS. Opracowano algorytmy dla lokalizowania połączeń w pętli taśmy pozwalające na zweryfikowanie ilości połączeń w pętli taśmy.

Rozdział siódmy poświęcony został opracowaniu algorytmu pozwalającego na wykrywanie i lokalizację połączeń odcinków taśm przenośnikowych na podstawie analizy sygnałów magnetycznych.

W rozdziale ósmym Autor omawia wpływ na charakterystyki generowanych sygnałów połączeń w taśmach wulkanizowanych z linkami stalowymi wykonywanymi ze skosem. Opracowano metody synchronizacji sygnałów kolejnych kanałów pomiarowych z połączeń skośnych. Ponadto opracowano narzędzia do oceny skuteczności opracowanych algorytmów wraz ze wskazaniem najskuteczniejszej z nich – synchronizacji algorytmem genetycznym.

Rozdział dziewiąty podejmuje problematykę dokładnego przeanalizowania zależności generowanego sygnału od geometrii wykonanego połączenia, zlokalizowanie miejsca wystąpienia awarii oraz wskazanie przyczyny wystąpienia stanu awaryjnego.

Praca zakończona jest podsumowaniem w którym Autor zawiera wszystkie istotne osiągnięcia naukowe i badawcze zawarte w rozprawie oraz wykazem literatury zawartej w 68 pozycjach.

3. Ogólna charakterystyka rozprawy.

Rozprawa doktorska poświęcona została badaniom nieniszczącym taśm przenośnikowych a w szczególności ocenie i analizie stanów awaryjnych w zawulkanizowanych połączeniach linek w taśmach.

O ile zagadnienie badania metodami nieniszczącymi (badania magnetyczne) uszkodzonych linek stalowych w taśmach przenośnikowych są od pewnego czasu

a i obecnie tematyką prac naukowych i badawczych takich jednostek jak Wydział Geoinżynierii, Górniczo-Hutniczej i Geologii Politechniki Wrocławskiej, Wydział Mechaniczny Politechniki Lubelskiej czy też Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie ale także kilku małych ośrodków, o tyle wedle mojej wiedzy żaden z tych ośrodków naukowych nie zajmował się do tej chwili badaniem stanu połączeń lin w zawulkanizowanych połączeniach taśm przesyłkowych, traktując je marginalnie. Magnetyczne metody badania w odniesieniu do połączeń wulkanizowanych lin taśm przesyłkowych wg mojego rozeznania dotychczas nie były przedmiotem badań diagnostycznych cytowanych i omawianych w światowej literaturze przedmiotu. Można zatem stwierdzić, że w rozprawie doktorskiej zaproponowano wykorzystanie znanych metod pomiarowych stosowanych w diagnostyce odcinków taśm do badania połączeń taśm tworząc nowe pole dla aplikacji tej metody.

4. Główne osiągnięcia naukowe – oryginalność rozwiązania problemu

W rozprawie doktorskiej zaproponowano wykorzystanie znanych metod pomiarowych stosowanych w diagnostyce odcinków taśm do badania wulkanizowanych połączeń taśm przesyłkowych.

Głównym osiągnięciem pracy jest adaptacja technik pomiarowych do nowego zagadnienia, opracowanie metod analitycznych i interpretacji uzyskanych wyników. W przeciwieństwie do diagnostyki uszkodzeń dla odcinków, gdzie symptomem zmiany stanu jest impulsowe zaburzenie w sygnale, diagnozowanie połączeń taśm wymagało zdefiniowania zupełnie nowego podejścia w analizie sygnałów. Impulsowe zmiany sygnałów spowodowane są obecnością połączeń, a nie pogorszeniem ich stanu technicznego, jak to ma miejsce w przypadku odcinków taśm. Opracowano automatyczne procedury przetwarzania, co biorąc pod uwagę bardzo duży zbiór danych (20 kanałów, próbkowanych co 1/4000s, dla typowego przesyłnika w kopalni odkrywkowej o długości kilku kilometrów generuje pliki o rozmiarach większych niż kilkaset MB) i realizację wielu pomiarów w kopalni ma również znaczenie praktyczne. Opracowano technikę segmentacji sygnałów diagnostycznych zapewniającą ekstrakcję fragmentu sygnału opisującego zmienność pola magnetycznego w obszarach połączeń taśm. Wynikiem działania tej procedury jest automatyczne wykrycie i wyodrębnienie fragmentów sygnału dla połączeń na całej długości taśmy. Opracowana technika segmentacji sygnałów diagnostycznych ma olbrzymie znaczenie użytkowe i pozwala na umiejscowienie stanów awaryjnych połączeń taśm przesyłkowych. Opracowano metody synchronizacji sygnałów kolejnych kanałów pomiarowych z połączeń skośnych. Ponadto opracowano narzędzia do oceny skuteczności opracowanych algorytmów wraz ze wskazaniem najskuteczniejszej z nich tj. synchronizacji algorytmem genetycznym.

Zaproponowano wyznaczenie przebiegu wzorcowego dla sygnałów magnetycznych pochodzących z połączeń taśm. Na podstawie tego wzorca opracowano parametry o predefiniowanych wartościach. Znaczne odstępstwa pomiędzy wartościami parametrów z danych rzeczywistych i wartościami predefiniowanymi świadczą o wadach lub uszkodzeniach eksploatowanego połączenia. Ponadto parametry opracowano przy uwzględnieniu budowy połączenia. Umożliwia to wskazanie miejsca występowania wad lub uszkodzeń: na pojedynczym stopniu, pomiędzy stopniami lub na obu stopniach połączenia.

Opisane wyżej techniki bazują na wykorzystaniu podobieństwa i samopodobieństwa sygnałów. Umożliwiają scharakteryzowanie kształtu sygnału za pomocą opisujących go parametrów oraz ich monitorowanie w celu detekcji zmian stanu technicznego połączeń.

Dodatkowo opracowano oraz zaimplementowano procedury wyznaczające geometrię połączenia na podstawie zmiany sygnału magnetycznego, tj. długość, skos. Są to wielkości znormalizowane, a zatem po ich wyznaczeniu, możliwe było ich sklasyfikowanie.

Na podstawie wszystkich opracowanych parametrów zostały stworzone macierze opisujące sygnały magnetyczne ze wszystkich kanałów pomiarowych. Umożliwia to prowadzenie dalszych badań nad stanem technicznym połączeń taśm, przy wykorzystaniu metod magnetycznych. Wszystkie procedury zostały zaimplementowane w środowisku MATLAB. Procedury były testowane dla wielu sesji pomiarowych (dla wielu taśm), co czyni uzyskane w trakcie prowadzenia badań wyniki wiarygodnymi.

5..Uwagi krytyczne

5.1 Uwagi ogólne

5.1.1 Moje zastrzeżenia budzi fakt, że obiekt badań, opis stanowiska pomiarowego /rozdział 4/ poprzedza uzasadnienie podjęcia tematyki pracy, a w szczególności jej celu. W mojej opinii dopiero sformułowanie celu pracy powinno stanowić o późniejszym doborze narzędzi do realizacji tego celu.

5.1.2. Przedstawiony w rozdziale piątym zakres pracy jest w rzeczywistości jedynie powtórzeniem części spisu treści a nie krótkim przedstawieniem podstawowego zakresu rozprawy.

5.1.3. Autor cytuje 68 pozycji literatury fachowej z których skorzystał przygotowując rozprawę doktorską. Zdziwienie może budzić fakt, że tylko trzy

pozycje literatury są współautorstwa doktoranta, zaś nie ma ani jednej samodzielnej publikacji. Proszę o wyjaśnienie tej kwestii.

5.1.4. Przedstawione w rozdziale piątym tezy pracy a w szczególności teza nr 1 o treści „Dla prawidłowo wykonanego połączenia charakterystyki zmian pola magnetycznego we wszystkich kanałach pomiarowych są do siebie podobne” jest truizmem. Dotyczy to również tezy nr 2 „Możliwe jest dokładne wskazanie miejsca uszkodzenia połączenia.” Należy pamiętać, że opracowanie rozprawy doktorskiej nie wymaga formułowania tez pracy i w moim przekonaniu kiedy tezy zawierają prawdy oczywiste, to lepiej je pominąć.

5.1.5 Praca byłaby bardziej przejrzysta i czytelna gdyby Autor rozpoczynał poszczególne rozdziały na odrębnych stronach., gdyż w przedstawionej formie niektóre z nich sprawiają wrażenie podrozdziałów.

5.2. Uwagi szczegółowe.

5.2.1. Przy składaniu tekstu należy unikać tzw. „bękartów” czyli pojedynczych słów na końcu akapitu.

5.2.2 Należy także unikać zostawiania akapitów składających się z pojedynczego, krótkiego, jednolinijkowego zdania.

5.2.3 Wiele rysunków nie ma odnośników do materiałów źródłowych. Można przypuszczać, że są to materiały własne (forma dopuszczalna) ale można to było wyjaśnić w tekście.

5.2.4. Str. 78 pkt9.3.4.. Sformułowanie „Każda zmiana w geometrii połączenia lub uszkodzenia wpływają na wszystkie lub część z wyznaczonych dotychczas parametrów” praktycznie nic nie oznacza.

5.2.5. Str. 70 Przytoczona zależność wymaga objaśnienia wyrażeń.

5,2,6. Przytoczone w tablicy 12 wartości parametrów EM i DTW zostały określone jako niskie lub wysokie nie wprowadzając jakiegokolwiek skali porównawczej.

5.2.7. Autor nie uniknął szeregu błędów literowych, które jednak nie wpływają na ogólnie poprawną formę edytorską rozprawy..

5.2.7. Str 95 Zawarte we wnioskach stwierdzenie " zakresy długości połączeń i skosu zawarte są w normie należy raczej sformułować , że mieszczą się w normie.

5.2.8. Str 81 Jak należy rozumieć zawarte w tabeli "próba = 60", czy też " próba = 30" Poza tym wartości wydłużeń względnych zawarte w tabeli nie korespondują z podanymi uprzednio w treści. Proszę o wyjaśnienie tego faktu.

6. Wniosek końcowy

Podsumowując, oceniam bardzo wysoko rozprawę doktorską mgr inż. Tomasza Kozłowskiego pod względem poziomu naukowego jak i wnoszącej wiele cennych informacji o charakterze poznawczym i użytecznym. Większość uwag, które przedstawiłem w recenzji nie obniża wartości pracy, mają one bowiem charakter dyskusyjny bądź redakcyjny. Doktorant wykazał dobrą znajomość literatury przedmiotowej której cytowanie w tekście rozprawy wskazuje na dogłębną analizę przedmiotu. Badania eksperymentalne zostały przeprowadzone zgodnie z opracowaną metodologią a ich wyniki zostały poddane wnikliwej analizie. Pozwoliło to na sformułowanie wniosków i wytycznych do dalszych prac. Postawione przez doktoranta cele zostały w pracy w pełni zrealizowane.

Powyżej wymienione cechy recenzowanej pracy upoważniają mnie do stwierdzenia, że rozprawa doktorska mgr inż. Tomasza Kozłowskiego zatytułowana „*Ocena stanu technicznego połączeń taśm przENOŚnikowych z linkami stalowymi na podstawie analizy sygnałów magnetycznych*” spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim *Ustawą o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 r.* (jednolity tekst: Dz. U. z 2016 r., Poz. 882) i wnoszę o jej dopuszczenie do publicznej obrony.

