

PN

Prof. dr hab. inż. Eugeniusz Rusiński
Politechnika Wrocławska
Wydział Mechaniczny
Katedra Konstrukcji i Badań Maszyn

Wrocław, dnia 27 grudnia 2017 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej

mgra inż. Kamila SZEWERDY

pt.:

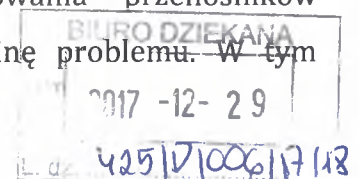
„Metoda parametryzacji i doboru algorytmów sterowania przenośników zgrzebłowych”

Recenzowana praca doktorska została podzielona na 7 rozdziałów i obejmuje łącznie 170 stron druku. Praca zawiera również wykaz literatury, sporządzony w porządku alfabetycznym, który obejmuje 121 pozycji. Autor zamieścił także pozycje literaturowe, których jest autorem lub współautorem. Uzupełnieniem opiniowanej pracy są załączniki, które obejmują dodatkowo 76 stron.

Podjęta przez Doktoranta tematyka badawcza jest bardzo ważna, zarówno ze względów poznawczych, jak i ze względów praktycznych. Oceniam, że praca stanowi udaną próbę połączenia w jedną całość interdyscyplinarnego podejścia do modelowania przenośników zgrzebłowych, z uwzględnieniem ich układów sterowania.

W pracy dostrzegam cztery zasadnicze obszary badań, prowadzonych przez Doktoranta, związanych z procesem modelowania przenośników zgrzebłowych i analizą stanu pracy ich modeli ze względu na opracowany algorytm sterowania.

Pierwszy obszar badań dotyczy sposobu modelowania przenośników zgrzebłowych ze względu na rozpatrywaną w pracy dziedzinę problemu. W tym



obszarze Autor zaproponował utworzenie modelu obliczeniowego ścianowego przenośnika zgrzeblowego, w postaci trzech odrębnych modeli, obejmujących: model numeryczny przenośnika, model silników napędowych oraz model układu sterowania. W tak przedstawionym podejściu do modelowania środków technicznych jest niezbędne prawidłowe określenie sposobu wymiany informacji pomiędzy utworzonymi modelami. W pracy Doktorant starał się zintegrować model numeryczny przenośnika z modelem silników napędowych oraz z wirtualnym układem sterowania, stosując do tego zadania techniki symulacji równoległych.

Tworzenie modelu numerycznego przenośnika było związane z modelowaniem postaci geometrycznej przenośnika, układu wymiarów oraz więzów, występujących pomiędzy jego poszczególnymi elementami składowymi. Doktorant przyjął wiele założeń upraszczających w odniesieniu do modelowania łańcucha zgrzeblowego, bębnow napędowych, zgrzebeł oraz rynny przenośnika. Model łańcucha zgrzeblowego zdefiniował On na przykład jako zbiór, uproszczonych pod względem geometrycznym, ogniów poziomych, w postaci elementów idealnie sztywnych, natomiast ogniwa pionowe zastąpił elementami sprężysto – tłumiącymi. Założył On, że parametry elementów sprężysto – tłumiących determinują sposób zachowywania się łańcucha zgrzeblowego podczas jego pracy. W celu odwzorowania sposobu działania rzeczywistego układu przenośnika, w wirtualnym systemie przenośnika Doktorant uwzględnił również model kontaktu pomiędzy jego współpracującymi elementami. Ze względu na przyjęte w pracy uproszczenia i redukcję długości modelu przenośnika w stosunku do obiektu rzeczywistego Autor przedstawił sposób wyznaczania parametrów zastępczych modelu, do których zaliczył m.in.: masy zastępcze ogniów poziomych łańcucha oraz zgrzebeł, zastępczy współczynnik sprężystości łańcucha zgrzeblowego oraz zredukowane momenty bezwładności bębnow napędowych. W parametrycznym modelu Doktorant uwzględnia również sposób obciążenia górnej nitki łańcucha zgrzeblowego, w postaci wektorów sił, oddziaływujących na zgrzebła przenośnika. Proces tworzenia parametrycznego modelu przedstawił On i opisał na przykładzie przenośników zgrzeblowych firmy Ryfama.

Za autorskie osiągnięcie Doktoranta w tym obszarze należy uznać opracowanie sposobu półautomatycznego, parametrycznego, tworzenia modelu przenośnika, wraz z zaimplementowanymi parametrami, opisującymi sposób jego pracy. Opracowany

sposób tworzenia modelu numerycznego przenośnika Doktorant zaimplementował w środowisku oprogramowania MSC Adams.

Drugi obszar badań Doktoranta obejmował identyfikację wpływu zmiany wybranych parametrów obiektu na zachowanie modelu obliczeniowego przenośnika. Głównym obiektem badań symulacyjnych był model, odwzorowujący przenośnik zgrzeblowy typu 850 firmy Ryfama, o długości 100 m. Parametryczny model numeryczny przenośnika, utworzony w systemie MSC Adams, charakteryzował się zredukowaną długością wynoszącą 20 m. Natomiast model elektrycznych silników o mocy 315 kW, które napędzają bębny napędu wysypowego i zwrotnego, został przez Doktoranta opracowany w środowisku programistycznym MatLab/Simulink. Podczas badań symulacyjnych Doktorant badał wpływ zmian wysunięcia rynny teleskopowej, wpływ zmian obciążenia górnej nitki łańcucha, wpływ zmian częstotliwości napięcia zasilania silników napędowych oraz wpływ nachylenia podłużnego przenośnika na przebiegi zmienności wartości natężenia prądu w silnikach. Przeprowadzone badania miały na celu dopasowanie modelu numerycznego przenośnika do przenośnika rzeczywistego, zabudowanego na stanowisku badawczym. W prowadzonych badaniach dotyczących pracy przenośnika zgrzeblowego Doktorat wyróżnił takie stany jak: rozruch przenośnika, praca ustalona przenośnika bez obciążenia, faza nierównomiernego obciążenia, praca ustalona przenośnika z obciążeniem, oraz faza pracy po usunięciu obciążenia. Dodatkowo, badaniom Doktoranta podlegała praca przenośnika nienachylonego i nachylonego. Uzyskane wyniki badań symulacyjnych Kandydat porównywał z wynikami, które otrzymał podczas prób stanowiskowych, prowadzonych na układzie rzeczywistym. Wyniki symulacji przeprowadzonych w odniesieniu do pracy przenośnika nienachylonego Doktorant porównał z wynikami, uzyskanymi na drodze doświadczalnego eksperymentu na stanowisku badawczym (praca przenośnika tylko w poziomie), natomiast wyniki pracy przenośnika nachylonego porównywał On z wynikami, otrzymanymi podczas pracy przenośnika zabudowanego w ścianie wydobywczej.

W związku z tym, że tylko poprawnie dopasowany do układu rzeczywistego model wirtualny może stanowić podstawę do wnioskowania na temat możliwego zachowania się obiektu rzeczywistego na podstawie badania modelu wirtualnego, uważam tę część pracy za bardzo istotną, niosącą duże walory poznawcze i stanowiącą

bazę w odniesieniu do dalszego procesu badawczego. Tylko prawidłowo zidentyfikowane parametry modelu pozwalają na przyjęcie założenia, że jego symulacja numeryczna może być wiarygodną podstawą do weryfikacji opracowanego algorytmu sterowania.

Trzeci obszar badań Doktoranta obejmował zagadnienia, związane z identyfikacją stanów pracy przenośnika zgrzeblowego, oraz opracowaniem algorytmu sterowania pracą tego przenośnika. W tym zakresie tematycznym Autor rozważał możliwy stan napięcia i luzowania łańcucha na napędzie zwrotnym i wysypowym, a także stan proporcji obciążenia silników napędowych. W pracy Doktorant zidentyfikował łącznie 37 stanów pracy przenośnika zgrzeblowego. Identyfikacja stanów pracy została przeprowadzona przez Kandydata na podstawie przyjętego w modelu numerycznym przenośnika toru pomiarowy. W skład tego toru Doktorant zaliczył m.in. przetworniki wykrywające stan luzowania i napięcia łańcucha zgrzeblowego. Kandydat brał również pod uwagę wartość ilorazu natężenia prądów w silnikach napędowych. Na podstawie zdefiniowanych stanów pracy przenośnika zgrzeblowego Doktorant określił reguły postępowania, jakie należy podjąć w celu zminimalizowania efektu niezrównoważonego obciążenia obu silników napędowych oraz poprawy stanu napięcia łańcucha zgrzeblowego. Wymienione reguły stały się podstawą do opracowania algorytmu sterowania przenośnika zgrzeblowego, pracującego w pozycji bez nachylenia oraz na wzniosie i po upadzie. W ocenianej pracy Autor przedstawił również sposób sterowania prędkością przemieszczania łańcucha zgrzeblowego. W tym przypadku Doktorant rozważał wpływ zmiany wartości częstotliwości napięcia zasilania na wartości natężenia prądu w silnikach napędowych przenośnika.

Opracowany przez Doktoranta sposób sterowania przenośnikiem zgrzeblowym na podstawie wcześniej zdefiniowanych reguł postępowania, wynikających z licznych, dobrze zaplanowanych i przeprowadzonych eksperymentów, należy uznać za jego poznawcze osiągnięcie. Za oryginalne autorskie osiągnięcie Doktoranta uważam również sposób uogólnienia zaproponowanego toku postępowania w odniesieniu do tworzenia modelu obliczeniowego dowolnego ścianowego przenośnika zgrzeblowego, w postaci trzech modeli obejmujących: model numeryczny przenośnika, model silników napędowych oraz model układu sterowania.

Czwarty obszar badań Doktoranta dotyczył weryfikacji opracowanego algorytmu sterowania z zastosowaniem utworzonego przez Niego modelu obliczeniowego przenośnika zgrzeblowego. W tym przypadku Autor przeprowadził kolejny cykl licznych badań numerycznych, z zastosowaniem techniki symulacji równoległych, w odniesieniu do przenośnika zgrzeblowego, pracującego bez nachylenia, po wzniosie i po upadzie. Badania dotyczyły modelu numerycznego przenośnika pracującego zarówno bez sterowania, jak i ze sterowaniem. Doktorant dokonał analizy łącznego czasu poprawnej pracy przenośnika. Analizując wyniki poszczególnych analiz numerycznych Doktorant uznał, że zaimplementowany przez Niego algorytm sterowania zapewnił poprawę stanu pracy przenośnika.

Uważam, że w dalszych badaniach należy podjąć próbę zweryfikowania działania opracowanego przez Doktoranta algorytmu sterowania, na obiekcie rzeczywistym. Zastosowanie opracowanego algorytmu sterowania w rzeczywistym przenośniku ścianowym wymaga jednak dodatkowego opracowania i wprowadzenia odpowiedniej infrastruktury sprzętowej. W ramach tych prac będzie konieczne wyposażenie przenośnika w zestaw odpowiednich przetworników, rejestrujących stan napięcia łańcucha zgrzeblowego, a także przemienników częstotliwości napięcia zasilania silników napędowych, oraz elementów układu sterowania. Wspomniane czynności powinny stanowić kierunek dalszych prac, związanych z rozwojem sposobu sterowania ścianowym przenośnikiem zgrzeblowym.

Uwagi krytyczne i pytania do dyskusji

W pracy zamieszczono daleko idące skróty myślowe, które wymagają szerszego wyjaśnienia .

- Na str. 33 jest „w celu zwiększenia żywotności przenośników,” prof. Miodek uważa, że słowo „żywotność” dotyczy ludzi, zwierząt i roślin zgrabniej byłoby użyć słowa „trwałość” w tym kontekście.
- Doktorant w pracy podaje, że podczas budowy modeli geometrycznych zastosowano wiele uproszczeń i skupiono się na zachowaniu cech funkcjonalnych, każdego z podzespołów. Brak jest dyskusji nad uproszczeniami np. postać geometryczna przenośnika zgrzeblowego a jego sztywność (globalna macierz sztywności K) – uproszczenia itd.
- Na połączeniach par kinematycznych np. połączenia ogniw, połączenia w łańcuchu zgrzeblowym występują luzy i połączenia kontaktowe. Jak dalekie są tu uproszczenia.
- W przenośniku zgrzeblowym mamy do czynienia z dynamiką i nieliniowością geometryczną a przy naciągu łańcucha w niektórych węzłach może wystąpić nieliniowość fizyczna. Gdzie wprowadzono uproszczenia i jakie nieliniowości rozpatrywano.

Ocena redakcyjna rozprawy

Praca zredagowana jest bardzo poprawnie w sposób zrozumiały z właściwą systematyką rozwiązywanych zagadnień. Jednak Autor nie ustrzegł się drobnych usterek redakcyjnych a mianowicie:

- ◆ na stronie 37 jest „(rys. 3.2.)”, a powinno być „(rys. 3.2)”,
- ◆ na stronach 75, 76, 92 jest „(kontem nachylenia 30^0)”, a powinno być „(w jednostkach SI-radianach)”,
- ◆ Rys. 4.3.b wymaga objaśnienia.

Wnioski końcowe

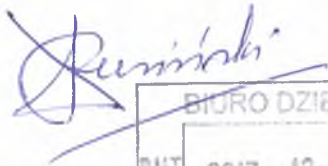
Przedstawione przeze mnie w opinii ogólne uwagi krytyczne mają charakter dyskusyjny, a uwagi szczegółowe – wyłącznie charakter korektorski. W żadnym stopniu nie pomniejszają osiągnięć Autora w zakresie uzyskanych, wartościowych wyników naukowych i badawczych.

Autor udowodnił, że potrafi poprawnie sformułować i postawić istotne zadanie badawcze, sformułować i przyjąć jednoznaczne cele pracy, jak również skutecznie prowadzić rozważania teoretyczne wspomagane symulacjami komputerowymi. Uzyskane w pracy wyniki wnoszą oryginalny wkład Autora w rozwój opisu i analizy rozpatrywanych zjawisk dynamicznych występujących w przenośnikach zgrzebłowych tj.: rozruch przenośnika i przeciążenie łańcucha, zużycie ścierne łańcucha, sposób napięcia łańcucha i inne.

Opracowano własny algorytm sterowania pracą ścianowego przenośnika zgrzebłowego, za pomocą którego można minimalizować ryzyko przeciążenia łańcucha zgrzebłowego podczas stanów jego napięcia (w szczególności stanu jego luzowania).

W przedstawionych analizach wyników otrzymanych z numerycznej symulacji pracy ścianowego przenośnika zgrzebłowego Doktorant wykazał duży zasób wiedzy a wyciągane wnioski z tych badań świadczą o umiejętności oryginalnego i samodzielnego rozwiązywania problemów badawczych.

Stwierdzam zatem, że uzyskane przez Doktoranta wyniki wnoszą wkład w rozwój naukowy **dyscypliny budowa i eksploatacja maszyn** i uważam, że opiniowana praca jest oryginalna, wartościowa i przedstawia nowe osiągnięcia badawcze o znacznych walorach poznawczych, a zatem spełnia wymogi Ustawy o tytule i stopniach stawiane rozprawom na stopień doktora nauk technicznych i dlatego **stawiam wniosek o dopuszczenie mgr inż. Kamila Szewerda do publicznej obrony.**

Eugeniusz 

BIURO DZIEKANA	
RMT	2017 -12- 29
L. dz.	425/D/006.17/18