



Niniejsza rozprawa powstała w wyniku realizacji jednego z zadań projektu pn. „Doktorat Wdrożeniowy”- II edycja, finansowanego ze środków budżetu Państwa.

Id projektu: 410487, nr rej.: 0062/DW/2018. Dofinansowanie projektu 1 875 720 zł.

Całkowita wartość projektu 1 875 720 zł.



**Politechnika
Śląska**

Dyscyplina Naukowa
Inżynieria Lądowa, Geodezja i
Transport

ROZPRAWA DOKTORSKA

mgr inż. Łukasz Mazurek

Optymalizacja ilościowej i jakościowej analizy przekładni zębatych dla wybranych silników elektrycznych

Optimization process of quantitative and qualitative analysis of the
gearbox for selected electric motors

Promotor

prof. dr hab. inż. Bogusław Łazarz

Opiekun pomocniczy ze strony Przedsiębiorstwa

dr inż. Markus Kuester

Katowice, wrzesień 2023 r.

STRESZCZENIE

Przekładnie zębate w dalszym ciągu stanowią podstawowe rozwiązanie układów przeniesienia napędu wielu różnorodnych środków transportu takich jak pojazdy samochodowe, pojazdy szynowe, statki powietrzne czy też środki transportu wodnego. Dodatkowo, jako źródło przeniesienia napędu wykorzystywane są powszechnie chociażby w energetyce wiatrowej oraz bardzo szeroko rozumianej branży maszynowej. Szerokie i powszechne ich zastosowanie zostało opisane w rozdziale pierwszym rozprawy doktorskiej.

Właściwości wibroakustyczne przekładni zębatej stanowią jedne z najważniejszych parametrów jej pracy. Związane są one bezpośrednio z jej drganiami. Ich podstawowe źródło stanowi oczywiście strefa zazębienia, natomiast przenoszone są kolejno na koła zębate, wały, węzły łożyskowe oraz ostatecznie na jej korpus. Korpus przekładni, pobudzany wymuszeniem wewnętrznym (drgania pochodzące od zazębienia) oraz zewnętrznym (jak w rozprawie doktorskiej – od sił reakcyjnych koła w wózku widłowym), oddziałuje zarówno na otaczające środowisko, jak również na współpracujące komponenty oraz urządzenia. Finałowo ta interakcja może prowadzić nawet do pojawienia się niebezpiecznego zjawiska rezonansu.

Biorąc pod uwagę powyższe zagadnienia można sformułować wniosek, że istotnego znaczenia nabiera fakt odpowiednio szybkiego określenia właściwości dynamicznych oraz wibroakustycznych przekładni zębatej jeszcze na etapie jej projektowania. Budowa kompleksowego modelu numerycznego, który uwzględnia wszystkie istotne parametry geometryczne, materiałowe, fizyczne jak również zaplanowane z góry parametry pracy przekładni zębatej, pozwoli na uzyskanie odpowiedzi na temat wszelkich istotnych zagadnień dotyczących nowoprojektowanej przekładni. Przede wszystkim jednak pozwoli znacząco skrócić czas wejścia produktu na rynek, jak również ograniczy koszty prototypowania i testowania takiej przekładni. Odpowiedzi na szereg pytań dotyczących wspomnianych wcześniej właściwości przekładni udzieli bowiem model numeryczny przygotowany przez autora niniejszej rozprawy. Kompleksowość modelu definiowana będzie poprzez uwzględnienie w procesie modelowania numerycznego różnorodnych zagadnień i zjawisk fizycznych, co poparte zostało przygotowaniem takich analiz jak: statyka liniowa, dynamika liniowa – drgania własne (normal modes), dynamika liniowa – analiza odpowiedzi częstotliwościowej (harmonic response) oraz wreszcie – analiza wibroakustyczna.

Przygotowany model numeryczny został również poddany procesowi walidacji z modelem fizycznym poddanym badaniom stanowiskowym. Obiekt badań – przemysłowa przekładnia TDB 230 – został poddany badaniom na dedykowanym stanowisku badawczym

(pomiar przyspieszeń na obudowie przekładni). Tak uzyskane wartości zostały porównane z wynikami otrzymanymi z badań modelowych.

Dodatkowo, Autor dokonał modyfikacji istniejącego stanowiska badawczego celem poprawy jakości uzyskiwanych wyników pomiarowych. W ramach modernizacji istniejącego rozwiązania konstrukcyjnego dokonano modyfikacji sposobu zamocowania czujnika pomiarowego, odseparowując go całkowicie od obecnego rozwiązania konstrukcyjnego, a więc od opuszczanej klatki pomiarowej. Tym sposobem w znaczący sposób wyeliminowano niekorzystne oddziaływanie zewnętrznych drgań przenoszonych się na analizowaną przekładnię, jak również ograniczono wpływ czynnika ludzkiego (operator na stanowisku badawczym).

Podjęte w niniejszej rozprawie doktorskiej zagadnienia wibroaktywności przekładni zębatej stanowią istotną kwestię w zakresie prac prowadzonych w dziale badawczo – rozwojowym firmy ABM Greiffenberger. Zaproponowana metodologia (sposób przygotowania modelu) obliczeń numerycznych, które kompleksowo traktują wszystkie istotne zagadnienia związane z pracą przekładni, w pełni znajdują aprobatę oraz uznanie w dziale B+R firmy zatrudniającej autora rozprawy doktorskiej. Zaproponowana metodologia pozwala znacząco zredukować czas przygotowania gotowego modelu, głównie poprzez redukcję czasu przeprowadzania testów fizycznych nowoprojektowanej przekładni. Pozwala to również na optymalizację kosztową procesu projektowania nowego produktu, co jest wyrazem wysokiej użyteczności podjętej przez autora tematyki rozprawy.