

Streszczenie

Rozprawa dotyczy monitorowania w czasie rzeczywistym pracy środków transportu bliskiego, jakimi są przenośniki taśmowe. Zaproponowano innowacyjny system pomiarowy w oparciu o liniowe tensometry oporowe, rozmieszczone na bębnie zwrotnym przenośnika. Zastosowane zostały elementy pozwalające na monitorowanie oraz ciągłe zbieranie danych o procesie i ich obróbka w czasie rzeczywistym. Przeprowadzono również wstępną ocenę możliwości wykorzystania sztucznej inteligencji do identyfikacji obciążenia taśmy. W dalszej perspektywie zastosowanie takiego systemu zwiększa bezpieczeństwo pracy i redukuje koszty napraw, jednocześnie prowadząc do stosowania ekologicznych rozwiązań. Wymienione cechy zaproponowanego systemu pomiarowego spełniają wysokie standardy stawiane przez założenia *Przemysłu 4.0*.

Po wprowadzeniu i sformułowaniu celów, w części teoretycznej rozprawy (rozdział 3) opisano istniejące rozwiązania, ze szczególnym uwzględnieniem rodzajów stosowanych w przenośnikach taśm i ich eksploatacji, w tym czynników ekonomicznych i bezpieczeństwa. Dokonano też przeglądu literatury, dotyczącej istniejących systemów monitorujących pracę przenośników taśmowych.

W dalszej części pracy (rozdział 4) omówiono metodykę badań oraz obiekt badań. W celu realizacji części empirycznej wykonano stanowisko badawcze, umożliwiające symulację pracy taśmy przenośnikowej w warunkach laboratoryjnych. Na bębnie zwrotnym modelu przenośnika rozmieszczono trzy tensometry paskowe, na które taśma wywiera zmienny nacisk w czasie pracy. Nowatorskim rozwiązaniem jest zastosowanie tensometrów, w szczególności rozmieszczenie ich na całym obwodzie bębna, a w konsekwencji możliwość pozyskiwania sygnału ciągłego. Wylimitowało to błędy związane z udarowym charakterem obciążenia dynamicznego w przypadku zastosowania czujników punktowych, wykryte w badaniach wstępnych. Zbudowano również dedykowane stanowisko do kalibracji tensometrów i wyznaczono ich charakterystyki metrologiczne. Wykryto zależność wskazań tensometrów od położenia kąтового bębna oraz od obciążenia, a także wyznaczono niepewność pojedynczego pomiaru $U_{0,99} = 3,6$ ADU, co stanowiło mniej niż 1% mierzonej wartości. Powtarzalność $\%EV$ systemu pomiarowego, obejmującą rozrzuty wskazań przy zmianie obciążenia, wyznaczono jako 3,8%, a przy zmianie położenia kąтового jako 5,8%.

Parametrami, podlegającymi ocenie podczas badań dynamicznych, były zmiany w przebiegu sygnałów emitowanych przez tensometry w czasie rzeczywistym w wyniku zmian prędkości posuwu taśmy, obciążenia nieruchomej oraz ruchomej taśmy, a także w wyniku wykonania uszkodzeń na taśmie. W ten sposób określono na wykresach punkty identyfikujące obciążenie $P_c = f(t)$ oraz punkty identyfikujące uszkodzenie $P_u = f(t)$. Badania wykonano w kilku etapach dla dwóch taśm, zmieniając parametry wejściowe, do analizy porównawczej otrzymano 953 wykresy. Rozdział 5 został poświęcony omówieniu wyników badań, uzupełniając analizę przebiegów wskazań systemu tensometrycznego danymi z testów na zrywanie materiału badanej taśmy. W końcowym podrozdziale dokonano wstępnej oceny możliwości zastosowania sztucznej inteligencji do analizy pozyskanego sygnału. Z pięciu badanych algorytmów dwa, sieci neuronowe Transformer (TNN) i długa pamięć krótkoterminowa (LSTM) osiągnęły trafności przewidywania $A_c = 100\%$.

Rozdział szósty zawiera podsumowanie dotyczące całego zakresu wykonanych prac badawczych. Stwierdzono, że wyniki badań innowacyjnego tensometrycznego układu pomiarowego w pełni dowodzą słuszności postawionych tez naukowych. Zostały zdefiniowane możliwości i kierunki prowadzenia dalszych badań, zostały też przedstawione cechy systemu monitorowania. Stwierdzono możliwość wykorzystania systemu do monitorowania pracy przenośników taśmowych w czasie rzeczywistym i jego przydatność do realizacji przewidywanej obsługi technicznej, zgodnie z założeniami koncepcji *Przemysł 4.0*.

Dawian Brinkowski