

Bezkontaktowa rejestracja zsunięcia taśmy na przenośniku taśmowym – KARO-t

Jarosław Smyła, Tomasz Molenda, Piotr Szymała, Piotr Loska

1. Wprowadzenie

Przenośniki taśmowe są istotnym środkiem transportu materiałów w przemyśle, w tym również wydobywczym i przetwórczym, a utrzymanie ich w ruchu ma kluczowe znaczenie dla zapewnienia ciągłości procesów wydobywania, przetwarzania lub produkcji. Z tego powodu podejmowane są liczne działania mające na celu możliwie najszybsze wykrywanie ewentualnych nieprawidłowości ich funkcjonowania, co pozwala uniknąć znacznie poważniejszych awarii, a w konsekwencji strat związanych nie tylko bezpośrednio z samą awarią, ale również ze spowodowanymi nią przestojami oraz usuwaniem jej skutków. Podczas eksploatacji przenośników taśmowych mogą mieć miejsce różne nieprawidłowości ich funkcjonowania, między innymi krzywobieżność taśmy. Odpowiednio wczesne wykrycie tego zjawiska i miejsca, w którym ono występuje, pozwala na podjęcie stosownych działań, na przykład zatrzymania przenośnika albo zastosowania środków pozwalających skorygować bieg taśmy. Opracowany w Instytucie EMAG moduł KARO-t umożliwia ciągłą kontrolę położenia poprzecznego taśmy na przenośniku taśmowym. Może być wykorzystany we wszystkich gałęziach przemysłu (transport materiałów budowlanych, spożywczych, węgla itp.). Szczególnie trudne warunki środowiskowe występują w przemyśle górniczym, z tego powodu w zakładzie przeróbki węgla jednej z polskich kopalń prowadzone były testy prezentowanego rozwiązania. Należy jednak zaznaczyć, że urządzenie dedykowane jest wyłącznie do stosowania w strefach niezagrażonych wybuchem.

Najważniejsza zaleta, która odróżnia prezentowany moduł od innych popularnych czujników krzywobieżności taśmy, to detekcja bezkontaktowa. Jest to cecha niezwykle istotna zwłaszcza w zakładach, w których występuje duże zapylenie, mogące przyczynić się do szybkiego uszkodzenia klasycznych czujników poprzez negatywne oddziaływanie na ich elementy mechaniczne. Klasyczne czujniki są montowane wzdłuż taśmy przenośnika, po obu jej stronach. Gdy taśma przemieszcza się z ustalonej trasy, krawędź taśmy opiera się o dźwignię wyłącznika, pokonując siłę przeciwstawną wbudowanej sprężyny. Natomiast prezentowany moduł bazuje na detekcji optycznej z wykorzystaniem podczerwieni.

2. Zastosowanie

Zmiana położenia wałów napędowego i powrotnego jest najczęściej przyczyną krzywobieżności taśmy. W zależności od sposobu nasypu materiału na taśmę (szczególnie boczny), ilości podawanego materiału, a także konstrukcji przenośnika taśmowego – transportowany materiał może układać się na taśmie w różny, niesymetryczny względem osi wzdłużnej przenośnika

Streszczenie: Niniejszy referat dotyczy opisu modułu służącego do rejestracji zbiegania taśmy. W odróżnieniu od oferowanych na rynku rozwiązań, prezentowany rejestrator wykrywa położenie taśmy w sposób bezkontaktowy. Urządzenie ma charakter modułowy i może składać się z kilku pojedynczych czujników, rozmieszczonych w kilku punktach na całej długości taśmy.

Abstract: This paper applies the module description servant to make registration of convergence tapes. In contrast to the offered solutions on the market, presented recorder detects the position of the strip in a non-contact. The device has a modular character and can consist of several individual sensors arranged at several points along the entire length of the tape.

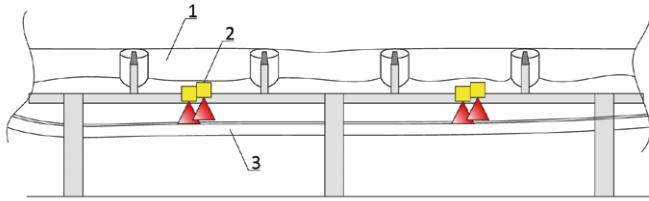
sposób. Chociaż często stosowany jest korytowy kształt (w przekroju poprzecznym) przenośnika taśmowego, który z założenia powinien zapewniać symetryczne ułożenie materiału, to w praktyce okazuje się, że tak nie jest. Powyższe czynniki mogą przyczynić się do wywierania sił poprzecznych, powodujących stopniowe odchylenie się osi wzdłużnej taśmociągu względem osi zadanej trasy. Ponadto zatarte łożyska pojedynczych krążników, nierówna praca napędu, rozciąganie się taśmy – to także elementy przyczyniające się do krzywobieżności taśmy.

Odejście taśmy od wyznaczonego toru stwarza bardzo duże niebezpieczeństwo. Taśma niejednokrotnie zaczyna trzeć o elementy konstrukcji, stwarzając ryzyko pożaru. Wszelkie przetarcia mogą być także przyczynkiem do mechanicznego uszkodzenia taśmy, a w dalszej konsekwencji do jej zerwania.

3. Budowa i parametry

Moduł KARO-t (rys. 1), opracowany zgodnie z normą [2], pracuje w oparciu o zestaw kilkunastu czujników PSD (*position sensitive detector*). Ich zastosowanie pozwala na punktowe wykrywanie obecności taśmy na całej długości przenośnika. Czujniki montowane są parami, po obu stronach taśmy. Informacje z poszczególnych czujników kierowane są do koncentratora. Z koncentratora sygnał cyfrowy kierowany jest do panelu operatorskiego oraz do urządzeń, z którymi moduł KARO-t współpracuje.

Kontrolowane jest położenie taśmy dolnej pomiędzy kołami (krążnikami) dolnymi, w przypadku gdy taśmociąg jest U-kształtny, jak na rysunku 1. Dzięki temu powierzchnia robo-



Rys. 1. Schemat poglądowy modułu KARO

[opracowanie własne]

cza czujnika skierowana jest w dół, co zapobiega osadzaniu się zanieczyszczeń na jego obudowie. Niecka dolnej gałęzi taśmy zwykle jest mniejsza względem górnej, gdyż taśma podparta jest na parach krążników zabudowanych pod mniejszym kątem, co ułatwia kontrolę. Ponadto taśma na trasie powrotnej zachowuje się nieco stabilniej w przeciwieństwie do górnego położenia, gdzie zasypywany jest materiał o różnej masie.

Moduł KARO-t charakteryzuje się strukturą magistralową. Ilość czujników dołączonych do magistrali uzależniona jest od długości przenośnika. Rozwiązanie takie pozwala zastosować optymalną dla danego obiektu liczbę czujników. Pojedynczy moduł umożliwia podłączenie maksymalnie 32 czujników (czyli stworzenie 8 punktów pomiarowych na długości taśmy), co pozwala na rejestrację względnie dużej długości przenośnika [3]. W większości przypadków jest to rozwiązanie w zupełności wystarczające. Niemniej, jeżeli zachodzi potrzeba, moduły można łączyć ze sobą, przez co zwiększa się długość obsługiwanego przenośnika. W przypadku przenośników o niewielkiej długości rozmieszczonych na niewielkim obszarze jeden koncentrator może obsługiwać czujniki rozmieszczone na więcej niż jednym przenośniku. Elementem zarządzającym pracą czujników dołączonych do magistrali oraz zapewniającym ich zasilanie jest koncentrator. Udostępnia on dane z czujników systemowi nadrzędnemu poprzez standardowy interfejs RS485 z protokołem

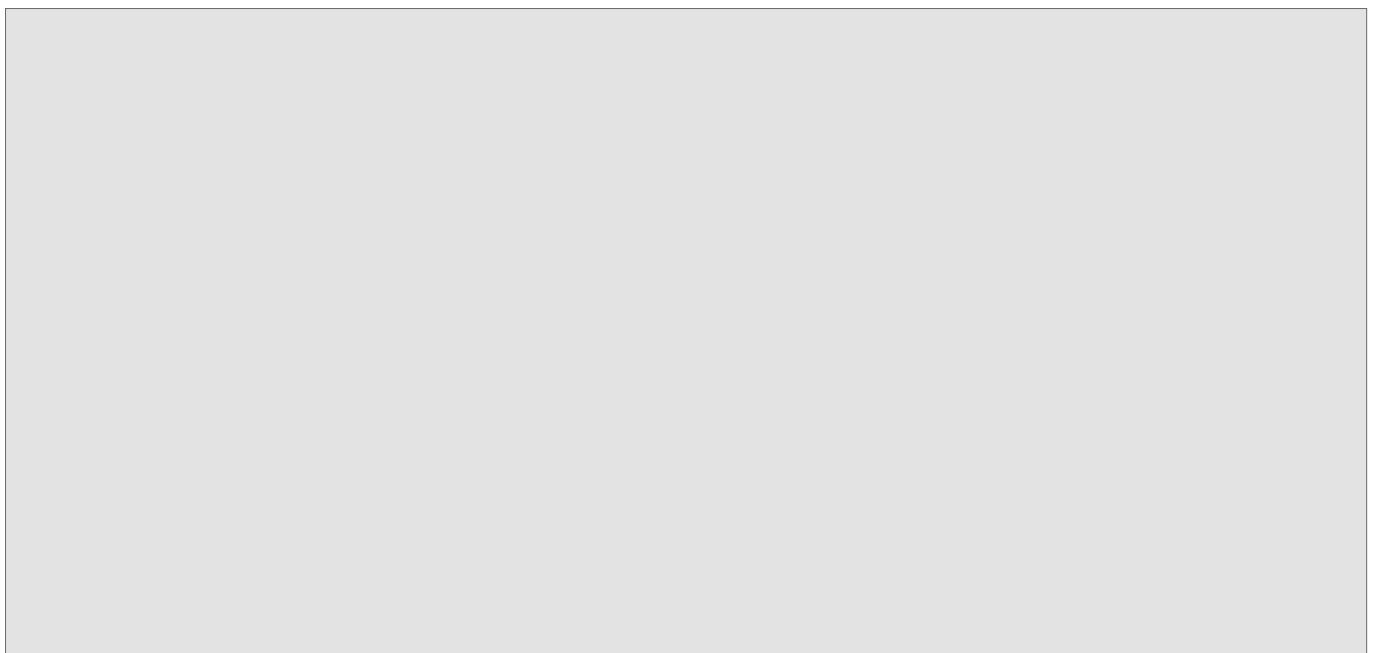
transmisji „Modbus”. Umożliwia to proste zaimplementowanie opracowanego modułu w różnych systemach oraz wykorzystanie zgromadzonych danych zarówno do przetwarzania i analizy, jak również do wizualizacji czy archiwizacji.

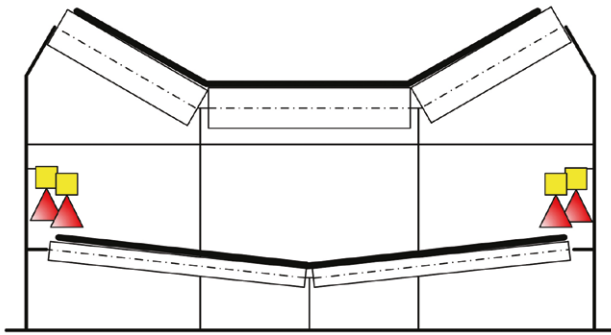
Moduł KARO-t może nieprzerwanie pracować pomimo niesprawnych pojedynczych czujników. Oczywiście uszkodzenie któregośkolwiek z czujników zwiększa niepewność kontroli i w chwili zaobserwowania problemów z funkcjonowaniem jakiegось należy wezwać serwis. Każdy z czujników posiada własną obudowę, dzięki czemu podczas naprawy wymieniany jest tylko uszkodzony czujnik. Ułatwia to i usprawnia naprawę, a także obniża jej koszty, w znacznym stopniu redukuje również czas ewentualnego przestoju spowodowanego naprawą.

Czujników nie można montować bezpośrednio jeden za drugim. Należy zachować odległość minimalną, co wynika z potrzeby wyeliminowania interferencji pomiędzy sąsiadującymi czujnikami. Ułożenie ich w jednej linii powodowałoby negatywne wzajemne oddziaływanie, co zostało potwierdzone na wczesnym etapie badań laboratoryjnych. Początkowo planowano naprzemienne włączanie i odpytywanie sekcji czujników, ale ostatecznie zostały one odseparowane przestrzennie poprzez rozmieszczenie ich w dwóch naprzemiennych rzędach (rys. 2). Jest to rozwiązanie znacznie prostsze i pozwala na skrócenie czasu pomiaru.

Czujniki rozmieszczone są symetrycznie po obu stronach taśmy (rysunek 2), dwa po jednej stronie i dwa po drugiej, w taki sposób, że taśma przy prawidłowym biegu znajduje się w strefie czujników umieszczonych bliżej osi wzdłużnej przenośnika oraz poza strefą czujników umieszczonych dalej od osi wzdłużnej przenośnika. W przypadku przesunięcia się taśmy jednocześnie znajdzie się ona poza strefą działania obu czujników po jednej stronie i w strefie działania obu czujników po stronie przeciwnej. Rozwiązanie takie służy zwiększeniu pewności działania oraz ograniczeniu prawdopodobieństwa wystąpienia fałszywych alarmów.

reklama





Rys. 2. Ułożenie czujników wzdłuż taśmociągu [opracowanie własne]



Rys. 3. Stanowisko testowe na wybranym zakładzie przerobczym [opracowanie własne]

Zastosowanie pojedynczych czujników przy niewielkich skokach taśmy wprowadzałoby serię niepotrzebnych alarmów.

Parametry metrologiczne, jak i techniczne modułu KARO kształtują się następująco:

- Zakres pomiaru (przesunięcia taśmy): od 5 mm.
- Całkowity czas pomiaru (całej szerokości taśmy): ≤ 1 s.
- Interfejs: RS485.
- Protokół transmisji: Modbus.
- Napięcie zasilania: 10–30 V DC.
- Zakres temperatur pracy: od -10°C do 40°C .
- Wilgotność względna powietrza: od 20% do 80% przy 20°C .

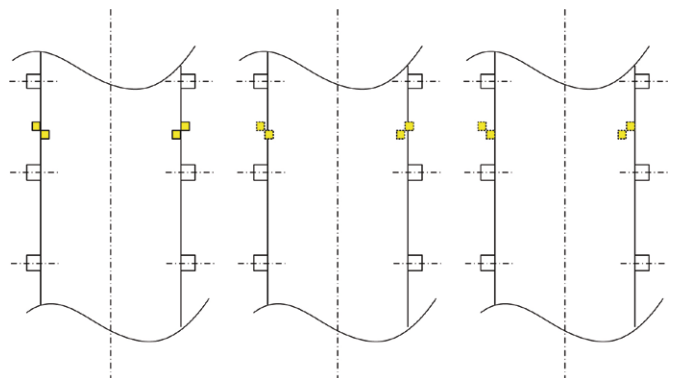
4. Badania eksploatacyjne

Według pierwotnych założeń moduł KARO miał realizować przede wszystkim pomiar rozłożenia materiałów sypkich na przenośniku taśmowym. Dodatkowo zakładano, że może być wykorzystany do pomiaru grubości materiału bądź objętości przy wykorzystaniu informacji z wagi pomostowej. Trzecie założenie dotyczyło rejestracji przesunięcia się taśmy. Przed przeprowadzeniem badań eksploatacyjnych same czujniki zastosowane w module zostały przebadane w warunkach laboratoryjnych. W celu potwierdzenia założeń i weryfikacji wyników laboratoryjnych przeprowadzono badania eksploatacyjne modułu złożonego z czujników i koncentratora. Przedmiotem tych badań nie była już charakterystyka samego czujnika, przebadana wcześniej w warunkach laboratoryjnych, ale możliwość zastosowania modułu do realizacji wymienionych wcześniej zadań. Moduł KARO został zamontowany na jednej z kopalń, na przenośniku taśmowym o szerokości taśmy 1000 mm (rys. 3).

Czujniki umieszczone były nad górną taśmą celem umożliwienia pomiaru rozłożenia warstwy materiału. Jedynie skrajne czujniki odpowiadały za monitorowanie przesunięcia taśmy. Jak wykazały testy, dla detekcji wyłącznie przesunięcia taśmy bardziej korzystne jest umieszczenie czujników nad dolną taśmą. Pierwsze dwa założenia okazały się dość trudne do spełnienia. Zmienna zawartość wilgoci, jak i woda pojawiająca się na taśmie zaburzą prawidłową pracę tego typu czujników. Ostatnie założenie dotyczące rejestracji przesunięcia taśmy okazało się możliwe do spełnienia. W przypadku przesunięcia się taśmy następuje gwałtowny przyrost wartości mierzonej przez jeden ze skrajnie wychylonych czujników odległości. W przypadku badań eksploatacyjnych taśma nie przesunęła się w znaczący

sposób, dlatego zasymulowano takie zdarzenie, przesuwając sztucznie czujnik poza obrys taśmy. Na panelu operatorskim (dołączonym na czas badań) natychmiast pojawił się komunikat o przekroczeniu dopuszczalnej wartości. Zadanie upraszcza fakt, że są to czujniki działające niemalże punktowo, dzięki czemu przesunięcie się taśmy o kilkanaście milimetrów jest już rejestrowane i sygnalizowane. Zakres tolerancji dla wykrywanego przesunięcia się taśmy względem wyznaczonej osi reguluje się poprzez zmianę położenia czujników w osi prostopadłej do osi przenośnika i równoległej do jego płaszczyzny, umieszczając je w zadanej odległości względem siebie i względem prostopadłego rzutu brzegu taśmy na płaszczyznę, w której znajdują się czujniki.

Ponadto należy mieć na uwadze, że mierzony punkt, który jest widoczny po zsunięciu się taśmy, musi znajdować się w zakresie roboczym czujnika. Wynika to z charakterystyki czujnika, który efektywnie pracuje w określonym zakresie odległości. W przypadku instalacji testowej za punkt odniesienia przyjęto wspornik dolny przenośnika taśmowego. Wyniki testu przedstawiono w tabeli 1. W położeniu 1 czujniki wewnętrzne znajdowały się nad taśmą w odległości 40 mm od jej krawędzi. W położeniu 2, czujniki: lewy wewnętrzny i prawy zewnętrzny umieszczono tuż nad krawędzią taśmy (symulując częściowe zsuniecie), natomiast w położeniu 3 czujniki sekcji lewej znajdowały się poza obrysem taśmy, nad wspornikiem przenośnika taśmowego, czujniki sekcji prawej – nad taśmą przenośnika. Na rysunku 4 przedstawiono opisane położenia czujników względem taśmy.



Rys. 4. Położenia czujnika podczas symulacji przesunięcia taśmy (od strony lewej: 1, 2, 3)

Tabela 1. Wyniki symulacji przesunięcia taśmy wyrażone w działkach elektrycznych [dz]

	Sekcja lewa czujników		Sekcja prawa czujników	
	Czujnik zewnętrzny	Czujnik wewnętrzny	Czujnik wewnętrzny	Czujnik zewnętrzny
Położenie 1	10	134	139	10
Położenie 2	10	109	140	117
Położenie 3	10	11	140	137

Taśmociąg znajdował się w ruchu, przez co naturalnie występowały drgania taśmy, dlatego przedstawiono wartości minimalne i maksymalne. W chwili testów taśma była pusta.

Istotny jest fakt, że bez większego wpływu na pomiar pozostaje zmiana koloru mierzonego materiału. Taśma ze względu na warunki eksploatacji może przybierać kolory o różnym stopniu szarości. W przypadku analizy zebranych wyników nie zauważono zależności między zawartością popiołu a wskazaniami modułu KARO.

5. Podsumowanie

Przeprowadzone badania eksploatacyjne pozwoliły na weryfikację założeń. Badania laboratoryjne nie odzwierciedlają warunków rzeczywistych. Podczas testów:


- nie zaobserwowano wpływu zapylenia na pomiar;
- nie zaobserwowano wpływu zmiany koloru podłoża na pomiar;
- zaobserwowano wpływ zmian wilgotności (wody) na pomiar odległości (co występuje jedynie w górnej części taśmociągu, a nie w dolnej, na powrocie taśmy);
- potwierdzono, że moduł może rejestrować stan położenia (przesunięcia) taśmy.

Urządzenie znajdzie szerokie zastosowanie nie tylko w górnictwie. Może być wykorzystywane w dużo szerszym zakresie, wszędzie tam, gdzie transportowane są materiały na przenośnikach taśmowych (np. rolnictwo, przemysł spożywczy itp.). Taśma transportowa zwykle stanowi największy koszt związany z eksploatacją przenośników i jest ważna dla bezpieczeństwa technologicznego [4]. Dlatego podjęto działania, mające na celu wczesne wykrywanie potencjalnego zagrożenia uszkodzenia taśmy. Funkcją modułu KARO-t jest wyłącznie detekcja

występowania zbiegania taśmy i miejsca jego występowania, moduł może być stosowany samodzielnie, jednakże najlepiej nadaje się do współpracy z innymi urządzeniami, jako dodatkowe oprzyrządowanie wspierające pracę nadrzędnych systemów. Takie zastosowanie umożliwia wykorzystanie informacji dotyczącej miejsca i kierunku zbiegania taśmy z osi przenośnika dostarczonej przez moduł KARO t do podjęcia odpowiednich działań zapobiegawczych i korygujących bieg taśmy.

Literatura

- [1] SIKORA T., BĘDKOWSKI Z., SMYŁA J.: *Automation of technological processes in a coal preparation plant and useful systems and devices for monitoring of coal quality*. AGH Journal of Mining and Geoengineering, vol. 36, No. 3/2012.
- [2] Norma PN-EN 61010-1:2011; Wymagania bezpieczeństwa dotyczące elektrycznych przyrządów pomiarowych, automatyki i urządzeń laboratoryjnych – Część 1: Wymagania ogólne.
- [3] KRYCA M., SMYŁA J., MOLENDNA T., LOSKA P., SZYMAŁA P.: *Monitorowanie rozłożenia materiału na taśmociągu – przyrząd modułowy KARO*. Konferencja Naukowo-Szkoleniowa: Nowoczesne rozwiązania z zakresu procesów technologicznych przeróbki węgla, Szczyrk 15–16 maja 2014 r.
- [4] HARDYGÓRA M., WOŹNIAK D.: *Transport taśmowy w górnictwie surowców skalnych – eksploatacja taśm przenośnikowych*. Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej; nr 39/2011

 mgr inż. Jarosław Smyła
mgr inż. Tomasz Molenda
mgr inż. Piotr Szymała
mgr inż. Piotr Loska
Instytut Technik Innowacyjnych EMAG

artykuł recenzowany