

## Innowacyjne rozwiązania ITG KOMAG w zakresie automatyzacji węzłów osadzarkowych

dr inż. Sebastian Jendrysik  
dr inż. Krzysztof Stankiewicz  
dr inż. Dariusz Jasiulek  
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

### KOMAG Innovative solutions in the jig node automation process

#### Streszczenie:

Jedną z najczęściej stosowanych metod przeróbki nadaw węglowych jest wzbogacanie w węzłach osadzarkowych. O skuteczności tego procesu decydują m.in. sterowanie natężeniem przepływu nadawy oraz odprowadzaniem produktów wzbogacania. Uzasadnia to potrzebę integracji układów sterowania poszczególnych maszyn wchodzących w skład węzła technologicznego, w jeden zintegrowany system. W artykule przedstawiono propozycję innowacyjnego połączenia układów sterowania maszyn tworzących węzeł osadzarkowy, bazującą na korelacjach parametrów procesowych.

Słowa kluczowe: osadzarka, przenośnik kubełkowy, układ sterowania

Keywords: jig, elevator, control system

#### Abstract:

One of most frequently applied methods of the aggregate and the coal feed processing is their beneficiation in jig nodes. Effectiveness of the process depends mainly on controlling the feed and distribution of beneficiation products. This justifies the need to integrate the control systems of individual machines, included in the technological node as a part of one integrated system. A proposal for an innovative combination of a machine control systems forming a jig node, based on correlations of process parameters is presented.

## 1. Wprowadzenie

Specjaliści z ITG KOMAG od wielu lat realizują prace dotyczące automatyzacji maszyn i procesów technologicznych [2, 3, 9, 11, 12, 13], w tym związanych ze wzbogacaniem węgla kamiennego w węzłach osadzarkowych. Stosunkowo nieduże koszty i wysoka wydajność powodują, że wzbogacanie nadaw węglowych w osadzarkach pulsacyjnej jest jedną z najczęściej stosowanych metod w naszym kraju.

Istotnymi czynnikami, mającymi wpływ na prawidłowy przebieg procesu wzbogacania w osadzarkach pulsacyjnej, są wydajne i precyzyjne sterowanie podawaniem nadawy oraz odprowadzanie produktów wzbogacania, co uzasadnia stosowanie zintegrowanego systemu sterowania, gwarantującego ciągłą i niezawodną pracę w warunkach zmiennego obciążenia.

W niniejszej pracy przedstawiono wybrane rozwiązania opracowane w ITG KOMAG, służące do budowy zintegrowanego układu sterowania węzłem osadzarkowym.

## 2. Charakterystyka układu sterowania węzła osadzarkowego

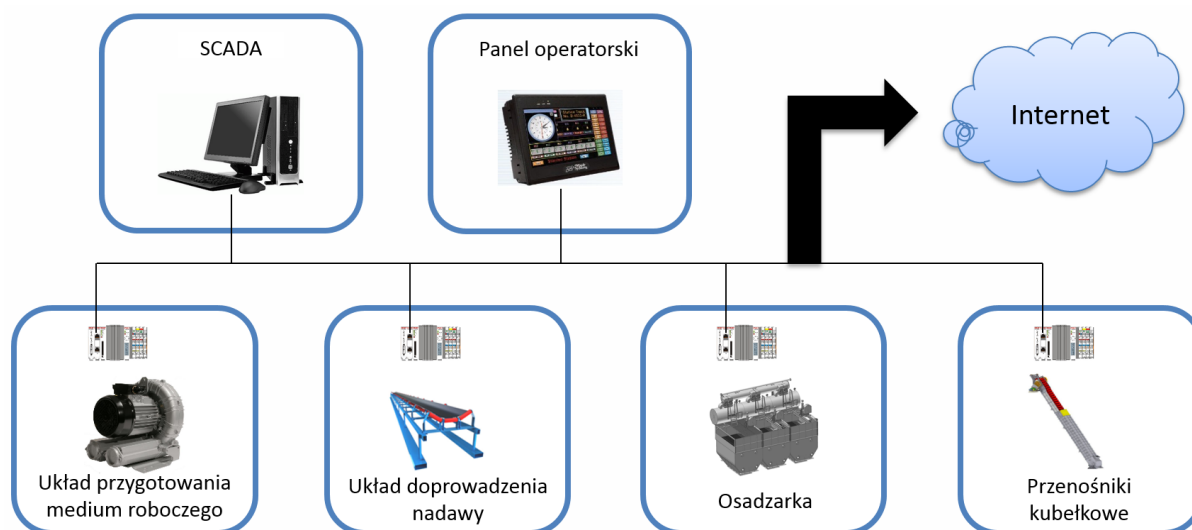
Poprzez węzeł osadzarkowy rozumie się osadzarkę oraz maszyny i urządzenia z jej najbliższego otoczenia. Urządzenia i maszyny stosowane w węzłach osadzarkowych dzielą się na kilka grup [15]:

- zespół przygotowania medium roboczego (dmuchawa powietrza, pompa hydrauliczna),
- osadzarka pulsacyjna z zespołami zaworów wlotowych i wylotowych (najczęściej talerzowych) i przepustnicami do wytworzenia pulsacji oraz z zaworami

elektrohydraulicznymi lub elektropneumatycznymi do automatycznego sterowania szerokością szczelin przepustowych, służących do odprowadzania materiału z dolnej warstwy łoża,

- przenośniki kubelkowe odprowadzające materiały z osadzarki,
- zasuw, przenośniki taśmowe, podajniki wibracyjne lub inne urządzenia do regulacji objętościowego natężenia przepływu nadawy.

Na rysunku 1 zaprezentowano przykładowy schemat układu sterowania węzłem osadzarkowym.



Rys. 1. Struktura rozproszonego systemu sterowania osadzarkowym węzłem wzbogacania [opracowanie własne]

Komponenty układu sterowania łączy się najczęściej za pomocą przemysłowych sieci komunikacyjnych takich jak EtherCat czy Profinet. Wymiana danych w takich systemach jest szybka i niezawodna. Połączenie sterownika PLC poprzez peryferyjne karty wejścia/wyjścia z elementami wykonawczymi i urządzeniami pomiarowymi, wykorzystanie paneli operatorskich i systemów wizualizacyjno-archiwizujących oraz zapewnienie niezawodnej transmisji danych pomiędzy elementami automatyki tworzy zintegrowany system sterowania, zapewniający kompleksową kontrolę nad całym procesem.

System sterowania węzłem osadzarkowym pozwala na automatyczną kontrolę obciążenia osadzarki i przenośników kubelkowych poprzez sterowanie strumieniem nadawy obejmujące, w zależności od rozwiązania układu podawania materiału, zmianę częstotliwości pracy podajników wibracyjnych, regulację otwarcia zasuw zbiornika buforowego i/lub regulację prędkości przenośników taśmowych. Sterowanie prędkościami przenośników kubelkowych umożliwia zminimalizowanie ich biegów jałowych i prowadzi do zmniejszenia zużycia energii elektrycznej oraz wydłużenia żywotności.

W zależności od wyposażenia osadzarki układ sterowania umożliwia:

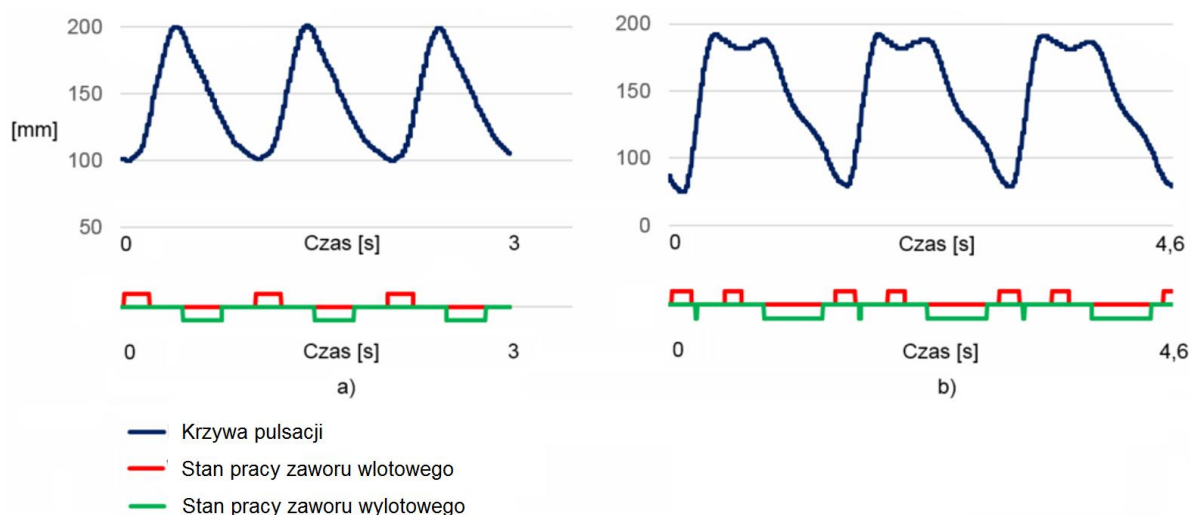
- automatyczne sterowanie osadzarką w miejscu zabudowy urządzenia wraz z możliwością sterowania poprzez system dyspozytorski,
- sterowanie pulsacją wody z możliwością zmiany jej parametrów w odniesieniu do długości i liczby cykli,
- automatyczną regulację odbioru produktów ciężkich,
- stabilizację rozluźniania warstwy wzbogacanego materiału,

- automatyczne opróżnianie osadzarki,
- automatyczną regulację ciśnienia powietrza roboczego,
- automatyczną regulację dopływu wody dolnej,
- sterowanie prędkością przenośników kubelkowych,
- sterowanie natężeniem przepływu nadawy,
- rejestrację wielkości związanych z pracą maszyny.

W ramach pracy osadzarki pulsacyjnej układ pozwala na utrzymywanie cyklu czasowego pulsacji, a także na utrzymywanie zadanych parametrów syntetycznych pulsacji, poprzez automatyczne korekty długości faz cyklu. Nastawialne parametry pracy zaworów obejmują: częstotliwość cykli pulsacji, zmianę początku i zakończenia faz wlotu i wylotu powietrza, a także amplitudę pulsacji i ciśnienie w komorach powietrznych.

System może pracować:

- w cyklu jednofazowym (rys. 2a),
- w cyklu wielofazowym (rys. 2b).



Rys. 2. Przykładowe przebiegi pulsacji [opracowanie własne]

W zależności od konstrukcji mechanicznej układ steruje odbiorem produktu ciężkiego (istnieje możliwość niezależnego sterowania szczeliną upustową i ruchomym progiem), z uwzględnieniem pomiarów jego aktualnego położenia. Ruchomy próg może być sprzężony mechanicznie z przepustem regulującym wielkość szczeliny odprowadzającej produkt dolny lub posiadać sterowanie niezależne, umożliwiające korektę związku między położeniem progu i stopniem otwarcia przepustu. Regulacja położenia układu odbioru może być realizowana poprzez napędy hydrauliczne lub pneumatyczne. W układzie zainstalowane są również skrzynki przedziałowe, ułatwiające operatorowi sterowanie przepustem oraz regulację wysokości warstwy zadanej.

W części systemu realizującej sterowanie osadzarką mierzone są następujące parametry:

- wysokości warstwy rozdzielczej,
- natężenie przepływu wody dolnej w każdym przedziale,
- ciśnienie powietrza w komorach pulsacyjnych,
- ciśnienie powietrza w kolektorach,
- ciśnienie powietrza z dmuchawy.

W celu zapewnienia dyspozycyjności węzła i zminimalizowania ryzyka wystąpienia nieprzewidzianych przestoju, przewidziano archiwizację danych procesowych i ich zdalną analizę, w czasie rzeczywistym. Dane te mogą być przechowywane w ustandaryzowanym formacie, na serwerze lokalnym lub w chmurze umieszczonej na serwerze wewnątrz sieci firmowej lub nawet w chmurze publicznej. Taka struktura powoduje, że dane mogą być udostępnione firmie zewnętrznej (producent maszyny, firma serwisowa), która na ich podstawie może opracować konkretną instrukcję działania w sytuacjach awaryjnych. W wielu przypadkach może pozwolić to na zdalne zidentyfikowanie problemu i szybsze usunięcie przyczyn potencjalnej lub występującej już awarii. Zastosowane rozwiązanie umożliwia analizę stanu węzła zarówno w trybie pracy jak i spoczynku.

### 3. Wprowadzanie nadawy i odprowadzanie produktów wzbogacania

Jak podano w poprzednim rozdziale, układ sterowania realizuje również sterowanie natężeniem przepływu nadawy i wydajnością przenośników kubelkowych. W starszych rozwiązaniach węzłów osadzarkowych wielkości te były stałe, a powiązanie maszyn związane było tylko z zachowaniem blokad, zapobiegających zasypaniu urządzeń w ciągu technologicznym. Obecnie w ITG KOMAG prowadzi się prace związane z poszukiwaniem dalszych korelacji parametrów procesowych pomiędzy poszczególnymi maszynami, celem opracowania bardziej doskonałych i niezawodnych algorytmów, umożliwiających skuteczne sterowanie zarówno natężeniem przepływu nadawy, jak również wydajnością przenośników kubelkowych.

#### 3.1. Korelacje parametrów procesowych w węźle osadzarkowym

Każdą osadzarkę charakteryzuje wydajność nominalna, przy której osadzarka teoretycznie powinna uzyskać najwyższą sprawność. Wartość ta jest obliczana w odniesieniu do przyjętej średniej, często zaniżonej, wartości zawartości kamienia w nadawie. W praktyce, udział kamienia w nadawie zmienia się. Chwilowy wzrost, przekraczający nawet 60%, zdarza się często i jest istotny w odniesieniu do prędkości ruchu materiału po pokładzie osadzarki i rozluźniania łoża. W takich chwilach dodatkowo występuje powiększenie warstwy produktu ciężkiego, co może doprowadzić do przeciążenia przenośników kubelkowych. Dlatego też automatyzacja procesu podawania nadawy polegająca na możliwości dostosowania obciążenia w funkcji zawartości kamienia jest potrzebna i uzasadniona, szczególnie w przypadku braku taniej mechanicznej metody minimalizującej zmienność nadawy.

Z kolei wykorzystanie przemienników częstotliwości do sterowania prędkościami przenośników kubelkowych, powoduje zminimalizowanie ich biegów jałowych i prowadzi do zmniejszenia zużycia energii elektrycznej oraz wydłużenia żywotności [4]. W sytuacjach przeciążenia, umożliwia zwiększenie wydajności (ponad nominalną) nie dopuszczając do zasypania przenośnika, bez konieczności zmniejszenia ilości materiału doprowadzanego do osadzarki.

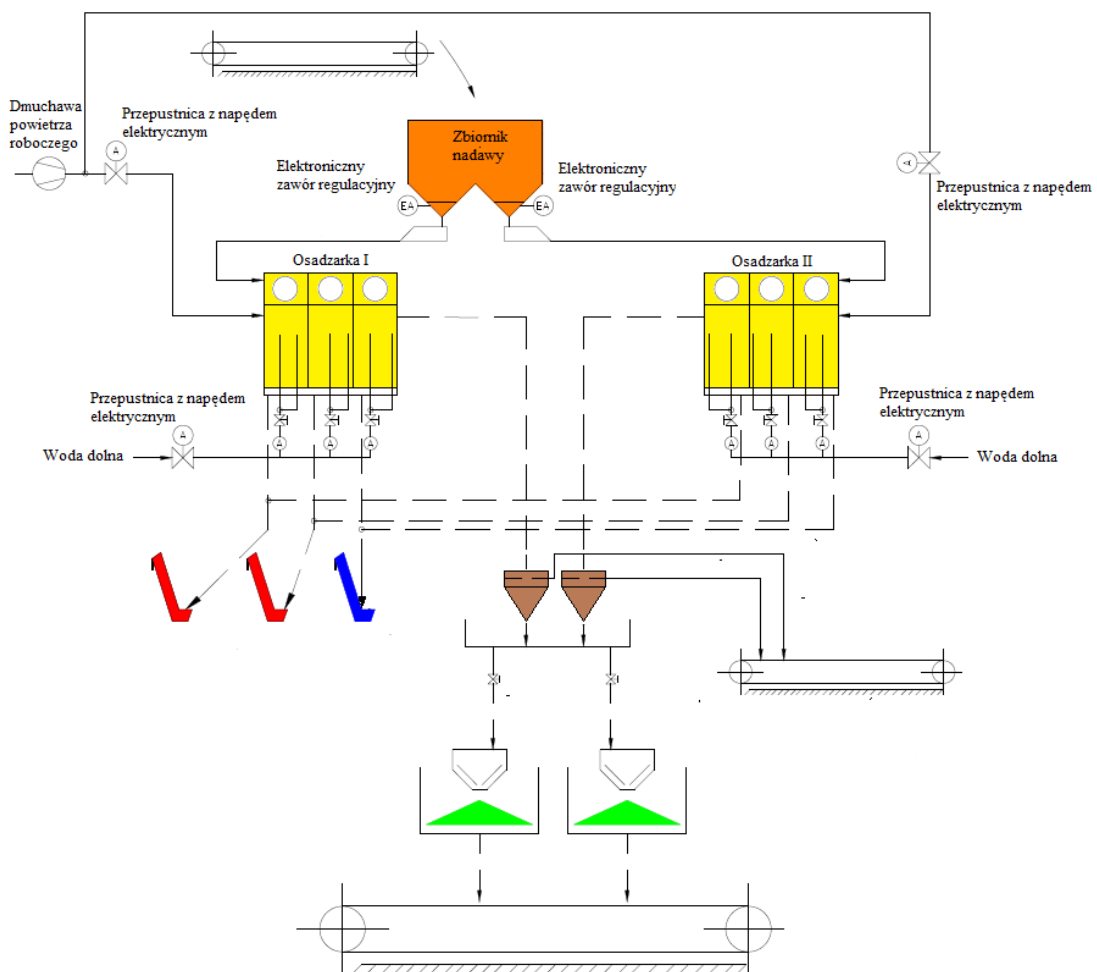
#### 3.2. Sterowanie natężeniem przepływu nadawy

Sterowanie natężeniem przepływu nadawy dostarczanej do osadzarki jest procesem złożonym i musi być każdorazowo dostosowane do konkretnego rozwiązania. Wynika to

przede wszystkim z różnej konfiguracji urządzeń transportowych i transportowo-przygotowawczych. W pracy [10] autorzy wskazują, że zasilanie osadzarki nadawą najkorzystniej rozwiązać stosując dozownik z regulowaną wydajnością, zainstalowany pod zbiornikiem wyrównawczym podającym materiał na przenośnik taśmowy (wyposażony w wagę przenośnikową oddziaływującą na dozownik), a następnie przesiewacz łukowy lub wibracyjne sito łukowe, zabudowane bezpośrednio przed osadzarką, o szerokości koryta osadzarki. Celem zapewnienia szybkiej reakcji układu doprowadzenia nadawy, należy zagwarantować regulację wszystkich wymienionych urządzeń, rozpoczynając od tego najbliższej osadzarki. Za rozsądny kompromis można uznać jednak zmniejszenie prędkości taśm nadawczych z jednoczesnym dostosowaniem pracy dozownika.

W praktyce jednak nawet w nowych projektach, wymagania inwestora zawarte w SIWZ nie uwzględniają zabudowy przemienników częstotliwości do zasilania przenośników taśmowych. Jest to często spowodowane faktem, że taśma nadawcza dostarcza nadawę do kilku niezależnych osadzarek, co dodatkowo komplikuje regulację.

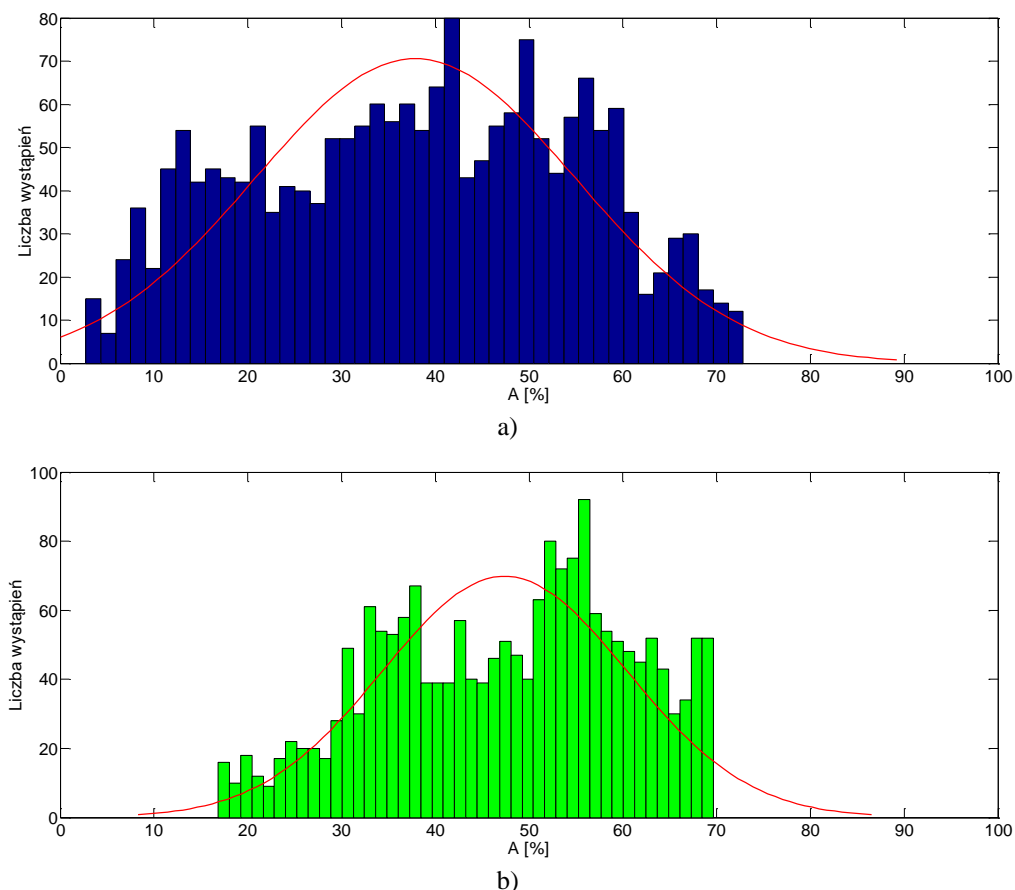
Próbie opracowania algorytmu sterującego natężeniem przepływu nadawy podjęto podczas wdrażania nowego systemu sterowania węzłem osadzarkowym w KWK Sośnica. Schemat technologiczny węzła przedstawiono na rysunku 3. W zaprezentowanym rozwiązaniu nadawa jest dostarczana do osadzarki za pośrednictwem zbiornika buforowego z regulowanymi hydraulicznie kłapami upustowymi. Pomimo, że taśmowy przenośnik nadawczy nie jest regulowany, taka konfiguracja pozwala na zmianę natężenie przepływu nadawy, wykorzystując objętość zbiornika.



Rys. 3. Schemat technologiczny węzła osadzarkowego w KWK Sośnica [8]

W ramach prowadzonych prac wdrożono algorytm, regulujący natężenie przepływu nadawy w funkcji zmian zawartości kamienia w nadawie. Parametr ten szacowany był na podstawie średniego stopnia otwarcia szczelin upustowych osadzarki.

Celem sprawdzenia skuteczności regulacji wyznaczono rozkłady średniego otwarcia szczelin upustowych osadzarki A, w sytuacji kiedy stopień otwarcia kłapy upustowej zbiornika był stały (rys. 4a) i zmienny (regulowany) (rys. 4b).



Rys. 4. Rozkład zmiany średniego otwarcia szczelin upustowych  
a) bez regulacji prędkości, b) z regulacją

Zaprezentowane charakterystyki zarejestrowano podczas dwóch serii pomiarowych, w których przez 40 min rejestrowano średnie otwarcie szczelin upustowych z dwóch przedziałów, w których wydzielany był kamień. Zarejestrowane wartości średnie i odchylenia standardowe zestawiono w tabeli 1.

#### Średni stopień otwarcia kłap upustowych bez/z układem regulacji nadawy

Tabela 1

Wariant	Bez regulacji [%]	Z regulacją [%]
Wartość średnia	37,87	47,40
Odchylenie	17,11	13,03

Podczas pierwszej serii stopień otwarcia kłapy upustowej zbiornika był stały. W zadanym czasie 40 min wartość średnia otwarcia szczelin upustowych osadzarki wyniosła 37,87%, a odchylenie standardowe 17,11%. Następnie włączono regulator, którego zadaniem było



sterowanie natężeniem przepływu nadawy celem utrzymania średniej wartości otwarcia szczelin upustowych osadzarki na poziomie 50%. Ostatecznie wartość ta, w trakcie badań wyniosła 47,40%.

Porównując rozkłady przedstawione na rysunku 4, można dojść do wniosku, że wprowadzenie układu regulacji, ustabilizowało wychód kamienia z osadzarki na zadanym poziomie. Ponieważ celem badania nie była optymalizacja działania regulatora pod kątem skuteczności regulacji, a tylko wykazanie, możliwości stabilizacji zawartości kamienia w nadawie wyniki badań uznano za zadowalające.

W badaniach nie próbowano również wyznaczyć bezwzględnej wartości zawartości kamienia w nadawie w funkcji stopnia otwarcia szczelin upustowych osadzarki, jak również wpływu zaproponowanej stabilizacji na skuteczność procesu wzbogacania. Powyższe zagadnienia będą tematem przyszłych prac badawczych.

### 3.3. Sterowanie przenośnikami kubelkowymi

Charakterystyczną cechą pracy przenośników kubelkowych pracujących w osadzarkowych węzłach wzbogacania jest zmienność ich obciążenia. Wzrost ilości materiału podawanego na przenośnik może być spowodowany przyrostem obciążenia osadzarki, zmianą składu grawimetrycznego wzbogacanego materiału lub ingerencją operatora. W takim przypadku prędkość przenośnika powinna być dostosowana do nowych warunków obciążenia i niedopuszczenia do nadmiernego gromadzenia się materiału w strefie ładowania przenośnika. Nadmiar materiału w tej strefie może spowodować jego awaryjne zatrzymanie, a w konsekwencji zatrzymanie całego węzła osadzarkowego.

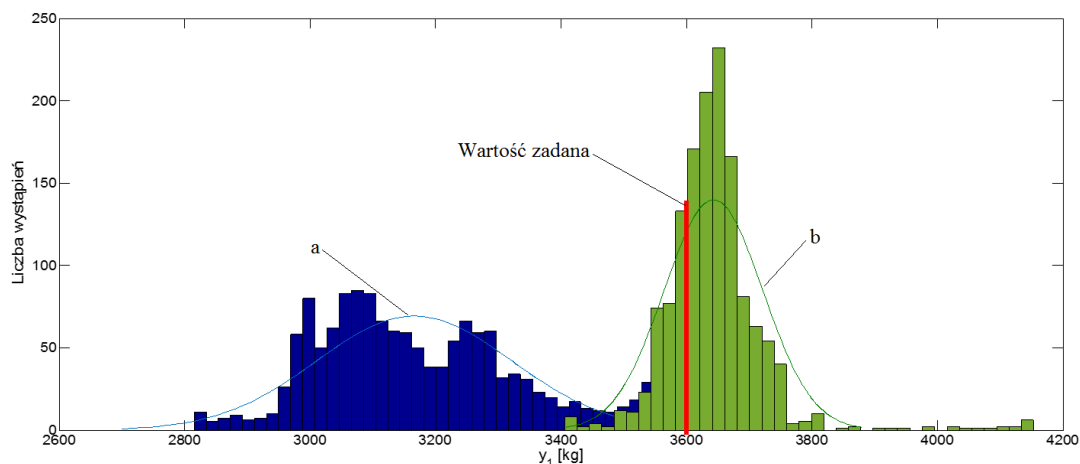
Ponieważ proces wzbogacania w osadzarkach pulsacyjnych odbywa się w środowisku wodnym (przenośniki kubelkowe do około połowy swojej wysokości zalane są wodą), istnieje trudność z identyfikacją stopnia wypełnienia kubków w obrębie stacji zwrotnej przenośnika (strefy ładowania kubków). Wymusza to konieczność poszukiwania rozwiązań, które pomimo tych trudności, umożliwią niezawodne sterowanie prędkością przenośnika kubelkowego.

Dzięki współpracy ITG KOMAG z KWK „Budryk”, opracowano metodę sterowania prędkością przenośnika kubelkowego pracującego w osadzarkowym węźle wzbogacania, bazującą na sterowaniu predykcyjnym.

Zmiana prędkości obrotowej silnika przekłada się na zmianę prędkości ruchu kubków transportujących materiał, co przy założeniu stałego strumienia produktu dolnego z osadzarki, powoduje natychmiastową zmianę stopnia napełniania kubków, czyli zmianę ilości materiału znajdującego się w danej chwili na przenośniku.

Podstawowym zakłóceniem, oddziaływującym na ilość materiału znajdującego się w danej chwili na przenośniku, jest zmiana natężenia strumienia produktu dolnego z osadzarki. Zmiana ta jest wynikiem działania regulatora, utrzymującego zadaną wysokość warstwy produktu odpadowego w przedziale osadzarki. Identyfikacja tego zakłócenia, w opracowanej metodzie, realizowana jest poprzez pomiar otwarcia klapy upustowej osadzarki, a układ sterowania aktywnie koryguje prędkość przenośnika, dążąc do utrzymania nominalnego obciążenia przenośnika.

W celu porównania wyników jakości regulacji masy materiału znajdującej się w przenośniku, zestawiono jej rozkłady w przypadku kiedy przenośnik pracował bez regulacji prędkości i z regulacją (rys. 5).



Rys. 5. Rozkład zmiany masy materiału znajdującego się w przenośniku  
a) bez regulacji prędkości, b) z regulacją [4]

Zaprezentowane charakterystyki zarejestrowano podczas jednego eksperymentu badawczego, podczas którego przez 30 min rejestrowano moc przenośnika pracującego w trybie ręcznym, ze stałą prędkością, a następnie przez 30 min rejestrowano moc i prędkość przenośnika pracującego z włączonym układem automatycznej regulacji. W trakcie rejestracji obu charakterystyk do osadzarki dostarczana była nadawa z wydajnością wynoszącą 125 kg/s. Wartości średnie i odchylenia standardowe przebiegów zestawiono w tabeli 2.

#### Masa materiału znajdującego się w przenośniku bez/z układem regulacji [4]

Tabela 2

Wariant	Bez regulacji [kg]	Z regulacją [kg]
Wartość średnia	3166,0	3642,9
Odchylenie	155,5	78,6

Wartość zadana masy wynosiła 3600 kg. Porównując rozkłady przedstawione na rysunku 5, można dojść do wniosku, że wprowadzenie układu regulacji prędkości, poprawia otrzymane wyniki zarówno pod względem stabilizacji masy transportowanego materiału, jak również pod względem wypełnienia kubełków przenośnika (większa średnia, sumaryczna masa materiału na przenośniku). Pomiar masy odbywał się pośrednio za pomocą pomiaru mocy pobieranej z sieci elektrycznej przy założeniu, że opory ruchu w trakcie badań są stałe.

### 3.3.1. Kontrola wydłużenia łańcucha przenośnika kubełkowego

Inną funkcją realizowaną na potrzeby automatyzacji przenośników kubełkowych jest ciągła kontrola wydłużenia łańcucha przenośnika kubełkowego.

Długotrwała praca przenośnika kubełkowego z dużym obciążeniem może powodować rozciąganie łańcucha(ów) przenośnika [5]. Nadmierne wydłużenie łańcucha jest najbardziej widoczne w obrębie stacji zwrotnej przenośnika, gdzie wydłużeniu łańcucha opasującego wał



stacji zwrotnej towarzyszą stuki i drgania jej konstrukcji. Analiza tych drgań pozwala określić graniczny stopień wydłużenia łańcucha [1].

Do budowy układu rejestracji drgań i kontroli wydłużenia łańcucha zastosowano autorski analizator (rys. 6) zaprojektowany na bazie procesora ARM, z wbudowanym systemem operacyjnym Linux.



Rys. 6. Widok analizatora drgań

Układ kontroli składa się z modułu zasilania, przetwornika analogowo–cyfrowego, kanału pomiarowego i elementów sterujących interfejsem Ethernet. Ponadto, urządzenie wyposażono w następujące wejścia/wyjścia:

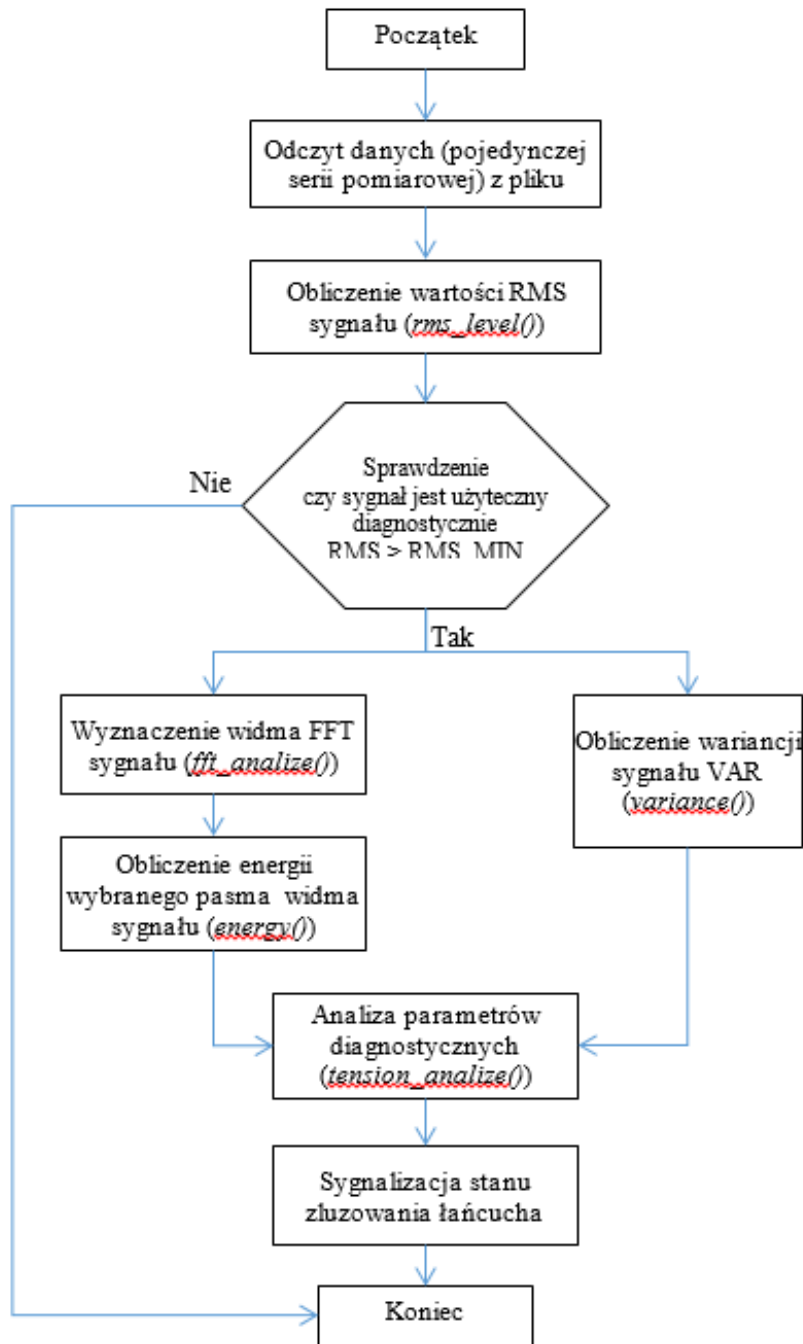
- jedno wejście typu ICP do podłączenia czujnika drgań,
- jedno wejście do podłączenia impulsatora pomiaru prędkości przenośnika,
- dwa wyjścia przekaźnikowe, umożliwiające przesłanie stanu analizy np. do sterownika PLC,
- złącze zasilające,
- złącze Ethernet służące do programowania oraz konfiguracji analizatora.

Procesor wyposażono w oprogramowanie odczytujące wyniki pomiarów, filtrujące i analizujące sygnał w dziedzinie czasu i częstotliwości oraz algorytm umożliwiający identyfikację stanu pracy wskazującego na nadmierne wydłużenie łańcucha przenośnika.

Algorytm stosowany do identyfikacji stanu wydłużenia łańcucha analizuje takie parametry jak [1, 9]:

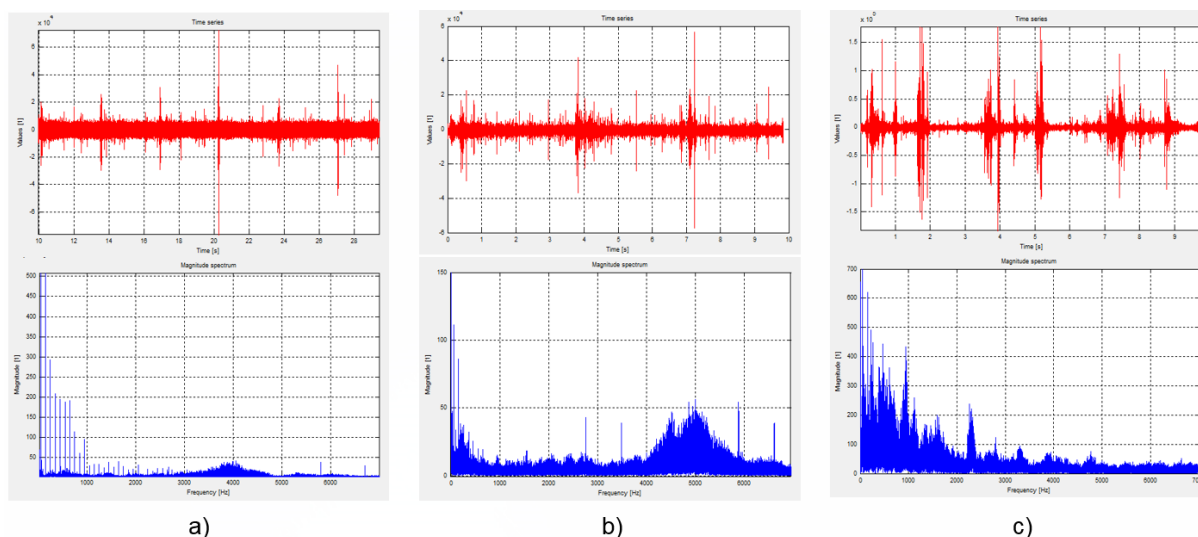
- energia w wybranym zakresie pasma częstotliwości z widma amplitudowego sygnału drgań – C,
- całkowita energia sygnału – EN,
- wartość skuteczna sygnału – RMS,
- kurtoza sygnału – KURT,
- wariancja sygnału – VAR.

Strukturę blokową programu kontroli wydłużenia łańcucha zaprezentowano na rysunku 7.



Rys. 7. Struktura programu do wyznaczenia stopnia złuzowania łańcucha przenośnika kubelkowego [6]

W ramach prac, przeprowadzono badania na wybranej kopalni, które pozwoliły na zarejestrowanie pasm częstotliwości charakterystycznych różnych stanów napięcia łańcucha. Badania te poprzedzono analizą sposobu i lokalizacji montażu czujników pomiarowych. Sygnały zarejestrowane w przedziałach czasowych, w których przenośnik pracował bez obciążenia, pokazano na rysunku 8.



Rys. 8. Sygnały czasowe i częstotliwościowe zarejestrowane w jednym zamocowaniu czujnika drgań, w czasie pracy przenośnika bez obciążenia, podczas pracy z różnym stanem zluźnienia łańcucha: a) „poprawnym”, b) „niewielkim”, c) „dużym” [opracowanie własne]

Stany zluźnienia łańcucha przenośnika oznaczone jako: „poprawny”, „niewielki”, „duży” zadawane były przez specjalistę z kopani, na co dzień odpowiedzialnego za pracę przenośnika.

Działanie analizatora drgań przetestowano w warunkach przemysłowych i otrzymano powtarzalne wskazania nadmiernego wydłużenia łańcucha, świadczące o konieczności weryfikacji jego położenia.

#### 4. Podsumowanie

W artykule przedstawiono innowacyjne rozwiązania realizowane w ITG KOMAG, związane z automatyzacją maszyn i ciągów technologicznych stosowanych w zakładach przeróbki, do wzbogacania nadaw węglowych. W przedstawionych rozwiązaniach zaimplementowane są najnowsze osiągnięcia automatyki, gwarantujące niezawodność i ułatwiające obsługę, poprzez pełny monitoring systemu, skalowalność i możliwość elastycznego kształtowania funkcji sterujących. Wykorzystanie powszechnie stosowanych sieci przemysłowych upraszcza integrację z systemami nadrzędnymi i może przyczynić się do obniżenia kosztów integracji. Możliwość zdalnego analizowania stanu procesu to krok w kierunku realizacji idei Przemysłu 4.0.

Zintegrowane sterowanie całego węzła pozwala na uzyskanie szeregu korzyści takich jak [7]:

- ograniczenie przestojów,
- optymalizacja wydajności urządzeń w aspekcie dostosowania ich wydajności do obciążenia węzła,
- zmniejszenie zużycia energii elektrycznej,
- zwiększenie żywotności układów wykonawczych w warunkach zmiennego obciążenia,
- elastyczna konfiguracja sprzętowa,
- zwiększenie zakresu monitorowania procesu,
- poprawa jakości tworzonej dokumentacji przebiegu procesu,
- łatwa rozbudowa systemu,

- dostęp do danych z jednego miejsca.

Jednym z głównych zadań Instytutu jest generowanie nowych metod i technik oraz przekształcanie ich w nowe produkty. Ważnym przykładem tych działań jest układ do identyfikacji stanu zluźnienia łańcucha w przenośniku kubelkowym, który bazuje na analizie parametrów sygnałów odbieranych z czujników drgań, w tym amplitudy mierzonego sygnału, jego obwiedni oraz amplitudy poszczególnych składowych widma częstotliwościowego.

Przedstawione rozwiązania dotyczące sterowania natężeniem strumienia nadawy oraz pracą przenośników kubelkowych odprowadzających produkty ciężkie po procesie wzbogacania, stanowią część prac mających na celu utworzenie zintegrowanego układu sterowania węzłem osadzarkowym, realizującego kryterium maksymalizacji wychodu koncentratu o zadanej jakości.

## Literatura

- [1] Bartoszek S., Jagoda J., Jasiulek D., Jura J., Latos M., Stankiewicz K.: System wibrodiagnostyczny maszyn górniczych. W: Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Bezpieczeństwo - Efektywność – Niezawodność. KOMTECH 2013, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2013 s. 347-363; ISBN 978-83-60708-78-1
- [2] Jasiulek D., Stankiewicz K., Woszczyński M.: Intelligent self-powered sensors in the state-of-the-art control systems of mining machines. Archiwum Górnictwa 2016 nr 4 s. 907-915
- [3] Jasiulek D., Rogala-Rojek J.: Innovative software solution for coal mines. Studia Informatica 2017 nr 3 s. 45-56, ISSN 1642-0489
- [4] Jendrysik S., Kost G.: Metoda sterowania przenośnikiem kubelkowym w osadzarkowym węźle wzbogacania. Prace Naukowe - Monografie KOMAG nr 53, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2018 s. 1-117; ISBN 978-83-65593-09-2
- [5] Jendrysik S., Latos M., Jasiulek D., Stankiewicz K., Gawliński A.: Automatyczny system sterowania węzłem osadzarkowym z ciągłą kontrolą wydłużenia łańcucha przenośnika kubelkowego. W: Innowacyjne i przyjazne dla środowiska techniki i technologie przeróbki surowców mineralnych. Bezpieczeństwo - Jakość – Efektywność. KOMTECH 2015, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2015 s. 62-68, ISBN 978-83-60708-85-9
- [6] Jendrysik S. i in.: Opracowanie części programowej układu kontroli napięcia łańcucha przenośnika kubelkowego. Materiały niepublikowane ITG KOMAG, Gliwice 2015
- [7] Jendrysik S., Woszczyński M., Stankiewicz K., Gawliński A.: Układ sterowania węzłem osadzarkowym. W: Innowacyjne i przyjazne dla środowiska techniki i technologie przeróbki surowców mineralnych. Bezpieczeństwo - Jakość – Efektywność. KOMTECH 2013, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2013 s. 179-187; ISBN 978-83-60708-71-2
- [8] Król J., Krzak Ł., Jendrysik S., Stankiewicz K., Woszczyński M.: Wdrożenie układu sterowania węzłem osadzarkowym w KWK "Sońnica". W: Innowacyjne i przyjazne dla środowiska techniki i technologie przeróbki surowców mineralnych. Bezpieczeństwo - Jakość – Efektywność. KOMTECH 2016, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2016 s. 227-237

- [9] Latos M., Bartoszek S., Rogala-Rojek J.: Diagnostics of underground mining machinery. Materiały na konferencję: W: MMAR 2014, 19th International Conference on Methods and Models in Automation and Robotics, Międzyzdroje, Poland, 02-05 September 2014 s. 782-787, ISBN 978-83-7518-697-0
- [10] Osoba M., Lutyński A.: Dobór technologiczny osadzarek wodnych pulsacyjnych w procesie projektowania. Gór. Geoinż. AGH 2009 nr 4 s. 259-268
- [11] Stankiewicz K.: Koncepcja środowiska symulacyjnego do oceny samoorganizacji trasowania w sieci sensorycznej. Maszyny Górnicze 2015 nr 2 s. 3-8
- [12] Stankiewicz K., Jasiulek D., Jagoda J., Jura J.: Rozproszone systemy sterowania maszyn i urządzeń górniczych. Maszyny Górnicze 2016 nr 3 s. 54-66
- [13] Woszczyński M.: Model inteligentnego systemu monitoringu i diagnostyki paneli fotowoltaicznych. Maszyny Elektryczne., Zesz. Probl. 2017 nr 114 s. 33-37, ISSN 0239-3646

*Czy wiesz, że ....*

*...przesiewacz LIWELL® LF to najlepiej sprzedające się urządzenie tej marki. Jest przystosowany do trudnych materiałów i przekonuje do siebie poprzez zróżnicowane wzornictwo oraz unikalne możliwości zastosowań. Dodatkowe zabezpieczenia przed kurzem i pyłem, różne podziały pól sitowych i ewentualne dodatkowe boczne uszczelnienia można indywidualnie dostosować do potrzeb klienta. Przesiewacz produkowany jest w wersji jednopokładowej jako LF-ED i dwupokładowej o symbolu LF-DD. Konstrukcja maszyny wyraźnie różni się od konwencjonalnych sortowników. Dwie skrzynie sitowe, umieszczone jedna w drugiej, poruszają się w przeciwnych kierunkach. Zewnętrzna i wewnętrzna skrzynia składa się ze ścian bocznych połączonych ze sobą trawersami, do których przymocowane są maty sitowe. Trawersy wykonują ruch posuwistozwrotny, wskutek czego naprężają i rozluźniają zamocowane maty sitowe. Uzyskuje się w ten sposób efekt trampoliny, tzw. flip-flow, dzięki któremu sita nie ulegają zalepianiu i klinowaniu ziaren.*

*Powder & Bulk 2018 nr 3 s.37*