

Słowa kluczowe

wzbogacanie węgla, dynamika obiektu, układy regulacji procesów wzbogacania węgla,
metody doboru nastaw regulatora PI

Streszczenie

Jednym z podstawowych zadań układów regulacji procesów wzbogacania węgla jest stabilizacja parametrów jakościowych na zadanym poziomie. Sterowanie procesów technologicznych wzbogacania węgla odbywa się w obecności szeregu zakłóceń. Zatem istotnym problemem jest wybór regulatora odpornego na różnorodne zakłócenia. Regulatory PI oraz PID są stosowane w wielu procesach przemysłowych. Szerokie zastosowanie tych regulatorów wynika z wielu zalet, którymi się charakteryzują. Najważniejsze z nich to dobre właściwości kompensacji zakłóceń występujących w procesach przemysłowych oraz prosta budowa tych regulatorów (a zatem łatwa implementacja). Wybór struktury PI albo PID regulatora zależy od właściwości dynamicznych sterowanego procesu, zakłóceń oddziałujących na ten proces oraz wymagań stawianych układowi regulacji. Ze względu na szereg zakłóceń występujących w procesach przerobczych węgla stosowanie członu różniczkującego regulatora PID powinno być ograniczone, na przykład do stabilizacji wybranych parametrów w sterowaniu lokalnym. Celowym rozwiązaniem wydaje się zastosowanie struktury PI regulatora w układzie regulacji. Nie mniej ważnym zagadnieniem w regulacji procesu jest dobór nastaw regulatora. W wielu metodach doboru nastaw regulatora wykorzystuje się charakterystyki dynamiczne sterowanego procesu (model dynamiczny obiektu sterowania). Opis właściwości dynamicznych procesu za pomocą modelu matematycznego jest pomocny przy projektowaniu układu sterowania. Różne procesy charakteryzujące się takimi samymi właściwościami dynamicznymi można opisać modelem dynamicznym o takiej samej strukturze, różniącym się tylko wartościami parametrów. Takie podejście daje możliwość zastosowania tego samego typu regulatora w układach regulacji różnych procesów przemysłowych. Odnosi się to także do wielu procesów wzbogacania węgla.

Wyniki badań dotyczących dynamiki procesu flotacji węgla były przedstawione w wielu pracach (Joostberens 2011; Kalinowski 1991; Kalinowski i Kaula 2000). Na ich podstawie można stwierdzić, że dynamika procesu flotacji dla obiektu o jednym wejściu sterującym (natężenie przepływu odczynnika flotacyjnego) oraz jednym wyjściu (zawartość popiołu w odpadach flotacyjnych), może być przedstawiona za pomocą modelu o właściwościach elementu inercyjnego z opóźnieniem czasowym. Przyjmuje się, że funkcje przejścia podstawowych sygnałów osadzarki można także opisać za pomocą elementu inercyjnego pierwszego rzędu z opóźnieniem (Cierpisz 1980, 2012). Na przykład charakterystykę dynamiczną strefy odbioru produktu dolnego. Wielkością wyjściową jest gęstość rozdziału w osadzarce natomiast wielkością wyjściową natężenie przepływu produktu dolnego. Analogicznego opisu można dokonać w procesie produkcji mieszanek węgla z dwóch składników: koncentratu o określonej zawartości popiołu i węgla surowego. W układzie tym wielkością wyjściową jest zawartość popiołu w mieszance, a wielkością wyjściową natężenie przepływu węgla surowego. Z punktu widzenia dynamiki omawiany układ technologiczny (Cierpisz 2003) jest szeregowym połączeniem członu inercyjnego (odpowiednio dozowane składniki mieszanki) i opóźnienia transportowego (transport materiału na przenośniku taśmowym).

W artykule przedstawiono trzy metody doboru nastaw regulatora PI układów regulacji procesów wzbogacania węgla charakteryzujących się właściwościami dynamicznymi obiektu inercyjnego z opóźnieniem. Dokonano porównania wyników regulacji stabilizacyjnej dla nastaw regulatora PI, wyznaczonych: klasyczną metodą Zieglera-Nicholsa (ZN), metodą redukcji stałej czasowej z warunkiem dotyczącym przebiegu wielkości regulowanej (R) oraz metodą bezpośrednią z warunkiem na zapas fazy (B). Sposób wyznaczenia nastaw regulatora PI metodą redukcji stałej czasowej (R) został szczegółowo omówiony w pracy (Cierpisz i Kaula 2013). Parametry regulatora PI metodą bezpośrednią (B) zostały wyznaczone według algorytmu szczegółowo opisanego w artykule. Rozważania przeprowadzono dla różnych parametrów obiektu, na podstawie odpowiedzi układu regulacji dla stałej wartości wielkości zadanej. W podsumowaniu dokonano oceny rozpatrywanych metod doboru w odniesieniu do wybranych wskaźników jakości regulacji.