

Mirosław Cholewa
prof. dr hab. Inż.
Katedra Odlewnictwa
Wydział Mechaniczny Technologiczny
Politechnika Śląska

Gliwice 22.09.2017 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pana mgra inż. Pawła Śmierciaka

Doktoranta Wydziału Odlewnictwa Akademii Górniczo-Hutniczej
im. Stanisława Staszica w Krakowie p.t.

Analiza i ocena efektywności regulatorów rozmytych w układach sterownia odlewniczymi piecami oporowymi

wykonanej pod opieką promotora dra hab. inż. Eugeniusza Ziółkowskiego prof. AGH,
opracowana na zlecenie Rady Wydziału Odlewnictwa Akademii Górniczo-Hutniczej
im. Stanisława Staszica w Krakowie

(pismo dra hab. inż. Rafała Dańko, prof. AGH - Dziekana Wydziału Odlewnictwa:
WO-sd.510-04-02/2017 z dn. 27. 07. 2017 r.)

1. Ocena przedmiotu rozprawy

Przedmiotem rozprawy są regulatory stosowane w układach automatycznego sterownia procesami przemysłowymi. Analizy efektywności dokonano porównując powszechnie stosowane referencyjne regulatory proporcjonalno-różniczkująco-całkujące (PID) z regulatorami rozmytymi. W ocenie ich stosowania posłużono się przykładowym sterowaniem pracy odlewniczych pieców oporowych. Znamiennymi cechami pracy podobnych urządzeń są: znaczna moc pobierana z sieci energetycznej, dominująca rezystancja w impedancji zespolonej, niewielka szybkość zmian temperatury w funkcji czasu, wynikająca ze znacznej pojemności cieplnej pieca, zatem dużej bezwładności cieplnej. Piece do topienia i metalurgicznej cieplnej obróbki to najbardziej energochłonne urządzenia we wszystkich procesach odlewniczych. W związku z powyższym optymalizacja ich pracy ma istotny wpływ na koszty i jakość produkcji odlewów.

Istotą pracy pieców do topienia jest szybkie nagrzewanie i stabilizowanie temperatury wsadu podczas kolejnych etapów obróbki metalurgicznej. Natomiast w piecach do obróbki cieplnej cechą charakterystyczną jest osiągnięcie zadanej temperatury w zadanym czasie np. według krzywych nagrzewania. Oczywistym jest, że regulacja temperatury w funkcji czasu wymaga regulacji mocy dostarczonej w funkcji czasu. To wyraźnie wskazuje na kolejną specyficzną cechę podobnych procesów, która z pewnością nie ułatwia procesów automatyzacji. Mianowicie każdy piec jest inny i pracuje w odmiennych warunkach przemysłowych. Nawet zainstalowany w konkretnym miejscu piec pracuje często w odmiennych reżimach: różna masa wsadu, zróżnicowane własności cieplne wsadu, różny stopień rozwinięcia jego powierzchni, zróżnicowana temperatura otoczenia, malejąca w czasie izolacyjność i masa wymurówki pieca, zmienne straty ciepła, zakłócenia energetyczne występujące w odmiennych formach i na każdym etapie sterowania i zasilania pieca. Oczywiście hierarchia niestabilnych czynników zakłócających jest także odmienna praktycznie w każdym procesie.

Reasumując liczba zmiennych w procesie jest znaczna i tylko część z nich poddaje się predykcji. Zatem jednocześnie wskazuję na wielkie znaczenie badań będących przedmiotem pracy oraz na złożoność podjętego problemu. Doktorant podjął się niezwykle trudnego zadania polegającego na szukaniu porządku i harmonii za pomocą zaawansowanych rozwiązań matematycznych i technicznych.

W zakresie metalurgii i odlewnictwa jest to oryginalny obszar badań wykreowany na Wydziale Odlewnictwa AGH. Jest atrakcyjny naukowo i aplikacyjnie.

Dodatkowo, jak sądzę, wyniki badań porównawczych ujawniły ciekawą i wartościową koncepcję automatycznego sterowania procesami niekoniecznie wolnozmiennymi.

Na uwagę, zatem zasługuje fakt, że tytuł opracowania nie ujawnia treści, których zbadanie i merytoryczne znaczenie z pewnością nie odnosi się wyłącznie do „odlewniczych pieców oporowych” a sięga znacznie dalej i znakomicie może się sprawdzić w mniej złożonych procesach automatycznej regulacji.

Istota koncepcji stosowania regulatorów rozmytych została oparta w zasadzie wyłącznie na symulowaniu procesów z wszystkimi pozytywnymi i negatywnymi skutkami takiej procedury. Jak prawie zawsze mamy do czynienia z kompromisem, który w tym przypadku wydaje się uzasadnioną koniecznością, ponieważ weryfikacja uzyskanych wyników w warunkach przemysłowych jest kosztownym i skomplikowanym przedsięwzięciem.

Podobne opracowania naukowe są bardzo rzadkie, a poziom specjalizacji na obecnym etapie stwarza możliwość wypracowania własnych, oryginalnych kierunków rozwoju. Uważam, że przedmiot pracy jest niezwykle ważny i wartościowy.

Bardzo wysoko oceniam przedmiot pracy. Dotyczy to następujących jej aspektów:

- koncepcji;
- potencjału aplikacyjnego;
- postępu naukowego w dyscyplinie

oraz co ważne dla dydaktyki

- jakości i poziomu kształcenia studentów.

2. Charakterystyka językowej i edycyjnej formy pracy

Pod względem językowym Doktorant przygotował dysertację precyzyjnie i komunikatywnie. Proporcje między treścią a objętością są właściwe i przemyślane. Lektura opracowania jest łatwa i posiada korzystne cechy publikacji naukowej. Może nieco zbyt szczegółowo są przedstawione czysto manualne zabiegi obsługi oprogramowania, ale z pewnością będzie to wykorzystane w dydaktycznej pracy Doktoranta. Edycja pracy jest na bardzo wysokim poziomie.

W przeglądzie literatury (9 stron) zawarto jakby wstęp do pracy i merytorycznie zasygnalizowano podejmowany problem. W podsumowaniu trafnie sformułowano przesłanki do badań własnych. Kolejny logiczny rozdział to: naukowe tezy rozprawy. Najbardziej trafną i jednocześnie najogólniejszą jest ostatnia teza oznaczona nr 3.

W wielu miejscach pracy w moim odczuciu nadużywane są sformułowania „zoptymalizowany, optymalny” itp. Mimo, że wiele wyników potwierdza korzystne działanie regulatorów, to jednak trudno mówić w ścisłym znaczeniu o procedurze optymalizacyjnej, jako poszukiwaniu ekstremum funkcji z uwagi na przyjęte kryteria. Nawet jeśli procedury programowe opisane są jako optymalizacyjne należałoby przedstawić istotę optymalizacji. Także zwraca uwagę włączenie podstawowych informacji np. o sterowaniu do części ujmującej badania własne. Tak jest dla przykładu z rozdziałami dotyczącymi regulatorów PID i rozmytych (rozd. 5.2, 6.1÷6.3, 6.5). Pewnym uzasadnieniem może tu być zachowanie merytorycznej ciągłości wątku. Ponadto bez uszczerbku dla jakości pracy wskazane byłoby

pominięcie pewnych podstawowych i oczywistych informacji z zakresu automatyki i sterowania. Jednakże podobne ujęcie problemu ma pozytywne znaczenie edukacyjne. Wobec powyższego w przyszłości Doktorant powinien wyraźnie określić sobie potencjalnych odbiorców publikacji.

Podsumowanie i wnioski zostały opracowane precyzyjnie i komunikatywnie. Przydatnym jest zamieszczenie spisów tabel i rysunków. Spis cytowanej literatury ułożono alfabetycznie. Być może wskazane byłoby opatrzenie datami wszystkich przywołanych źródeł internetowych.

Przedstawione sugestie mają głównie znaczenie dla przyszłej działalności publikacyjnej Doktoranta. Stwierdzam bardzo nieliczne usterki językowe oraz wzorowy poziom edycyjny pracy.

Bardzo dobrze oceniam poziom języka i edycję pracy.

3. Ocena merytoryczna pracy

Przyjęty cel i zakres pracy są logiczne. Należy podkreślić, że zakres pracy jest obszerny i skrupulatnie wypełniony.

Krytyczna ocena pracy wymaga wskazania pozytywnych i negatywnych bądź dyskusyjnych aspektów pracy. Zdecydowanie nie mam negatywnych uwag, jednak kilka z nich ma charakter dyskusyjny.

Do strojenia klasycznego regulatora zastosowano automatyczną procedurę optymalizacyjną dostępną w pakiecie MATLAB/Simulink. Jako przedmiot regulacji przyjęto piec oporowy o mocy 150 kW i maksymalnej temperaturze pracy 800°C. Prawdopodobnie jest to moc znamionowa, czy wobec tego istnieje możliwość jego przeciążania? Poniekąd pytanie to pojawia się przy „domyślnym” przyjęciu czasu odpowiedzi układu sterowania równym 330 i 33 s, a w ślad za tym uzyskanymi wskaźnikami błędu sterowania i jakości sygnału sterującego. Wskazany byłby obszerniejszy komentarz uzasadniający przyjęte czasy odpowiedzi. Porównanie klasycznego regulatora PID z rozmytym FPD (równoważnym z liniowym PD) także wymagałoby obszerniejszego komentarza. Niejasne jest dość arbitralne przyjęcie tylko jednej charakterystyki („krzywej”) sygnału zadanego. Ponadto można by oczekiwać zależności z przystankami temperatury podczas nagrzewania. Porównanie co

najmniej dwóch przebiegów sygnału zadanego dałoby pełniejszy obraz jakości regulacji. Dalej arbitralnie przyjęto kształt zakłócenia sinusoidalny i prostokątny oraz częstotliwości i amplitudy. Prawdopodobnie ciekawsze wyniki uzyskano by dla bliższego praktyce zakłócenia losowego.

W recenzowanej dysertacji znacząco przeważają jej zalety:

Przyjęta metodyka badawcza jest bardzo dobra. Zastosowane metody badawcze dobrze obrazują efektywność analizowanych regulatorów oraz właściwie weryfikują niezwykle ważne dla jakości regulacji metody strojenia za pomocą algorytmu genetycznego i metody poszukiwań prostych. Ważne są uzyskane wyniki symulacji. Ilościowe zestawienie wartości wskaźników jakości sygnału sterującego i błędu sterowania stanowi podstawę do obiektywnej oceny układów sterowania. (Wiele wyników zamieszczono na przeskalowanych wykresach, które znakomicie ułatwiają ich interpretację).

- Mimo, że wyniki uzyskano wyłącznie na podstawie symulacji, to znacząco poszerzają one wiedzę o możliwościach stosowania w zaawansowanych układach automatycznej regulacji.
- Wielką zaletą pracy jest jej kompleksowość, która wynika z biegłości Autora w dwu dobrze uzupełniających się obszarach kompetencji. Są nimi wiedza z zakresu automatyki oraz komputerowego, symulacyjnego wspomaganie projektowania układów automatycznej regulacji.
- Na podkreślenie zasługuje również cenna umiejętność syntezy wiedzy. Doktorantowi znakomicie udało się w jednym opracowaniu zamieścić jednocześnie podstawy wiedzy jak i zaawansowane matematycznie działania z zakresu automatyki zastosowanej do trudnych i specyficznych dla odlewnictwa urządzeń przemysłowych, jakimi są piece oporowe. Przy tym osiągnięty poziom wiedzy z pewnością będzie w przyszłości wykorzystany do rozwiązywania innych zadań automatyzacji procesów odlewniczych.
- Istotne jest także znaczenie dysertacji dla doświadczeń publikacyjnych i dydaktycznych Pana Doktoranta. W obu przypadkach pozytywnie i wysoko oceniam poziom Doktoranta.

4. Podsumowanie

Praca doktorska Pana mgra inż. Pawła Śmierciaka p.t. „Analiza i ocena efektywności regulatorów rozmytych w układach sterowania odlewniczymi piecami oporowymi” w mojej ocenie stanowi znaczące osiągnięcie naukowe.

Stwierdzam, że spełnia wymogi ustawowe i wnoszę o dopuszczenie Pana mgra inż. Pawła Śmierciaka do publicznej obrony rozprawy doktorskiej.

Ponadto w nawiązaniu do przedstawionej argumentacji wnoszę o wyróżnienie opiniowanej rozprawy.



Mirosław Cholewa

Mirosław Cholewa
prof. dr hab. Inż.
Katedra Odlewnictwa
Wydział Mechaniczny Technologiczny
Politechnika Śląska

Gliwice 25.09.2017 r.

Szanowny Pan
dr hab. inż. Rafał Dańko prof. AGH,
Dziekan Wydziału Odlewnictwa
Akademii Górniczo-Hutniczej
im. Stanisława Staszica w Krakowie

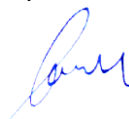
Szanowny Panie Dziekanie,

Uprzejmie proszę o przyjęcie opracowanej przeze mnie recenzji rozprawy doktorskiej
**Pana mgra inż. Pawła Śmierciaka p.t. „Analiza i ocena efektywności regulatorów rozmytych
w układach sterowania odlewniczymi piecami oporowymi”.**

W załączeniu przesyłam jej dwa egzemplarze.

Powołanie mnie na funkcję recenzenta w tym przewodzie to zaszczyt, za który serdecznie dziękuję władzom dziekańskim i Radzie Wydziału.

Z poważaniem,



Mirosław Cholewa