|  |  |
| --- | --- |
| **agh_znk_wbr_rgb_150ppi** | **AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA**  **im. Stanisława Staszica w Krakowie**  **WYDZIAŁ INŻYNIERII MECHANICZNEJ I ROBOTYKI** |

**Magisterska praca dyplomowa**

|  |
| --- |
| **Jakub Ściga** |
| *Imię i nazwisko* |
| **Automatyka i Robotyka** |
| *Kierunek studiów* |
| **Projekt rozproszonego sterowania układem ceramicznego pieca obrotowego.** |
| *Temat pracy dyplomowej* |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Dr inż. Krzysztof Lalik** |  | ………………….. |
| *Promotor pracy* |  | *Ocena, data, podpis Promotora* |

Kraków, rok 2017/2018

Kraków. dnia.......................

Imię i nazwisko: Jakub Ściga

Nr albumu: 269496

Kierunek studiów: **Automatyka i Robotyka**

Profil dyplomowania: Automatyka i Metrologia

**OŚWIADCZENIE**

**Uprzedzony o odpowiedzialności karnej na podstawie art. 115 ust 1 i 2 ustawy z dnia 4 lutego 1994 r. o prawie autorskim i prawach pokrewnych (tj. Dz.U.z 2006 r. Nr 90, poz. 631 z późn.zm.) : „Kto przywłaszcza sobie autorstwo albo wprowadza w błąd co do autorstwa całości lub części cudzego utworu albo artystycznego wykonania, podlega grzywnie, karze ograniczenia wolności albo pozbawienia wolności do lat 3. Tej samej karze podlega, kto rozpowszechnia bez podania nazwiska lub pseudonimu twórcy cudzy utwór w wersji oryginalnej albo w postaci opracowania, artystyczne wykonanie albo publicznie zniekształca taki utwór, artystyczne wykonanie, fonogram, wideogram lub nadanie”, a także uprzedzony o odpowiedzialności dyscyplinarnej na podstawie art. 211 ust.1 ustawy z dnia 27 lip[ca 2005 r. Prawo o szkolnictwie wyższym (tj. Dz.U. z 2012 r. poz. 572, z późn.zm.) „Za naruszenie przepisów obowiązujących w uczelni oraz za czyny uchybiające godności student ponosi odpowiedzialność dyscyplinarną przed komisją dyscyplinarną albo przed sądem koleżeńskim samorządu studenckiego, zwanym dalej „sądem koleżeńskim”, oświadczam, że niniejszą pracę dyplomową wykonałem(-am) osobiście i samodzielnie i że nie korzystałem (-am) ze źródeł innych niż wymienione w pracy”.**

**.....................................................**

*podpis dyplomanta*

Kraków, ...........……………..

|  |  |
| --- | --- |
| Imię i nazwisko: | Jakub Ściga |
| Nr albumu: | 269496 |
| Kierunek studiów: | **Automatyka i Robotyka** |
| Specjalność: | Automatyka i Metrologia |

**OŚWIADCZENIE**

Świadomy/a odpowiedzialności karnej za poświadczanie nieprawdy oświadczam,   
że niniejszą magisterską pracę dyplomową wykonałem/łam osobiście i samodzielnie oraz nie korzystałem/łam ze źródeł innych niż wymienione w pracy.

Jednocześnie oświadczam, że dokumentacja oraz praca nie narusza praw autorskich   
w rozumieniu ustawy z dnia 4 lutego 1994 roku o prawie autorskim i prawach pokrewnych (Dz. U. z 2006 r. Nr 90 poz. 631 z późniejszymi zmianami) oraz dóbr osobistych chronionych prawem cywilnym. Nie zawiera ona również danych i informacji, które uzyskałem/łam w sposób niedozwolony. Wersja dokumentacji dołączona przeze mnie na nośniku elektronicznym jest w pełni zgodna z wydrukiem przedstawionym do recenzji.

Zaświadczam także, że niniejsza magisterska praca dyplomowa nie była wcześniej podstawą żadnej innej urzędowej procedury związanej z nadawaniem dyplomów wyższej uczelni lub tytułów zawodowych.

………………………………..

*podpis dyplomanta*

Kraków, …………….........

Imię i nazwisko: Jakub Ściga

Adres korespondencyjny: Chmieleniec 17/50

Temat magisterskiej pracy dyplomowej: Projekt rozproszonego sterowania układem ceramicznego pieca obrotowego.

Rok ukończenia: 2018

Nr albumu: 269496

Kierunek studiów: Automatyka i Robotyka

Specjalność: Automatyka i Metrologia

**OŚWIADCZENIE**

Niniejszym oświadczam, że zachowując moje prawa autorskie, udzielam Akademii   
Górniczo-Hutniczej im. S. Staszica w Krakowie nieograniczonej w czasie nieodpłatnej licencji niewyłącznej do korzystania z przedstawionej dokumentacji magisterskiej pracy dyplomowej, w zakresie publicznego udostępniania i rozpowszechniania w wersji drukowanej i elektronicznej.

Kraków, ..................… ……………………………........

*data podpis dyplomanta*

i Na podstawie Ustawy z dnia 27 lipca 2005 r. Prawo o szkolnictwie wyższym (Dz.U. 2005 nr 164 poz. 1365) Art. 239. oraz Ustawy z dnia 4 lutego 1994 r. o prawie autorskim i prawach pokrewnych (Dz.U. z 2000 r. Nr 80, poz. 904, z późn. zm.) Art. 15a. "Uczelni w rozumieniu przepisów o szkolnictwie wyższym przysługuje pierwszeństwo w opublikowaniu pracy dyplomowej studenta. Jeżeli uczelnia nie opublikowała pracy dyplomowej w ciągu 6 miesięcy od jej obrony, student, który ją przygotował, może ją opublikować, chyba że praca dyplomowa jest częścią utworu zbiorowego."

Kraków, dnia

**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA**

**WYDZIAŁ INŻYNIERII MECHANICZNEJ I ROBOTYKI**

**TEMATYKA MAGISTERSKIEJ PRACY DYPLOMOWEJ**

dla studenta II roku studiów stacjonarnych

*imię i nazwisko studenta*

|  |  |
| --- | --- |
| TEMAT MAGISTERSKIEJ PRACY DYPLOMOWEJ: |  |

Projekt rozproszonego sterowania układem ceramicznego pieca obrotowego.

*Promotor pracy:* dr inż. Krzysztof Lalik

*Recenzent pracy:* prof. dr hab. inż. Bogdan Sapiński *Podpis dziekana:*

*Miejsce praktyki dyplomowej*:

………………………………………………………………………………………………………………........................................................................................................................

PROGRAM PRACY I PRAKTYKI DYPLOMOWEJ

1. Omówienie tematu pracy i sposobu realizacji z promotorem.
2. Zebranie i opracowanie literatury dotyczącej tematu pracy.
3. Praktyka dyplomowa:

a.

b.

1. Zebranie i opracowanie wyników badań.
2. Analiza wyników badań, ich omówienie i zatwierdzenie przez promotora.
3. Opracowanie redakcyjne.

Kraków, ....................… ……………………………..........

*data podpis dyplomanta*

**TERMIN ODDANIA DO DZIEKANATU: 2018 r.**

*podpis promotora*

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica Kraków, .............................

**Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki**

Kierunek: Automatyka i Robotyka

Specjalność: Automatyka i MEtrologia

Jakub Ściga

**Magisterska praca dyplomowa**

Projekt rozproszonego sterowania układem ceramicznego pieca obrotowego.

Opiekun: dr inż. Krzysztof Lalik

STRESZCZENIE

[Treść streszczenia, maksymalnie do końca strony, Times New Roman 12 pkt]

AGH University of Science and Technology Kraków, the..........………

**Faculty of Mechanical Engineering and Robotics**

Field of Study: Automatics and Robotics

Specialisations: Automatics and Metrology

**Jakub Ściga**

**Master Diploma Thesis**

**[Title of the project in English]**

Supervisor: [degree, first name and family name of the Supervisor]

SUMMARY

[The summary content, must fit within the page limit Times New Roman 12 pkt]

Spis treści

[2. Wstęp 9](#_Toc520233607)

[3. Procesy spalania 9](#_Toc520233608)

[3.1 Metody spalania 10](#_Toc520233609)

[3.2 Spalanie biomasy 10](#_Toc520233610)

[3.3 Ekologia w spalaniu 10](#_Toc520233611)

[4. Sterowniki PLC 11](#_Toc520233612)

[5. Budowa stanowiska 12](#_Toc520233613)

[5.1 Działanie programu 12](#_Toc520233614)

[5.2 Wyniki symulacji 13](#_Toc520233615)

[5.3 Wnioski 13](#_Toc520233616)

[6. Zakończenie 13](#_Toc520233617)

[7. Bibliografia 14](#_Toc520233618)

# Wstęp

Praca dotyczy zgłębienia zagadnienia procesów spalania, przeglądu aktualnych rozwiązań oraz wyników badań symulacyjnych.

# Procesy spalania

W Polsce występuje duże zanieczyszczenie powietrza. Oddychanie w takich warunkach zwiększa ryzyko zachorowań na nowotwory, astmę, choroby płuc i infekcji dróg oddechowych, zawału serca i nadciśnienia tętniczego.   
Jednym z głównych źródeł zanieczyszczeń jest ogrzewanie gospodarstw domowych węglem i drewnem. Spalanie tych paliw odpowiada za ponad 50% emisji pyłów (PM10) i 87% emisji rakotwórczengo benzo()pirenu [1].

Pomieszczenia ogrzewane są zazwyczaj w wykorzystaniem kotłów. Dzielą się one na kotły z automatycznym oraz ręcznym załadunkiem paliwa i wg normy europejskiej PN EN 303-5:2012 należą do określonej klasy: 3, 4 lub 5. Jednak w Polsce nadal używa się tanich pieców na węgiel i drewno, które nie spełniają wspomnianej normy i emitują duże ilości pyłów i substancji chorobotwórczych.

Kocioł węglowy o niskiej sprawności emituje do 420 mg/m3 pyłów, a kocioł na pellet drzewny w klasie 5 emituje tylko 20 mg/m3 pyłów, czyli ponad dwadzieścia razy mniej [1].

W obecnych czasach, kiedy szuka się alternatywnych źródeł energii, niezwykle interesującym zamiennikiem dla węgla staje się biomasa.

Składa się ona z substancji organicznych pochodzenia zwierzęcego lub roślinnego lub odpadów, które ulegają biodegradacji. Może mieć formę pierwotną lub przetworzoną. Biomasa jest otrzymywana z plantacji roślinnych, przeznaczonych na cele energetyczne oraz odpadów, powstałych przy produkcji i przetwarzaniu produktów rolniczych oraz hodowlanych [].

Drewno należy do paliw odnawialnych obok takich źródeł energii jak siła wiatru czy słońce, a dodatkowo posiada zerowy bilans dwutlenku węgla (CO2). Podczas wegetacji drzew jest on pobierany w procesie fotosyntezy, a emitowany w procesie spalania [2]. Nie jest jednak wystarczająco energetyczne, by móc konkurować na rynku z innymi paliwami.

Innym rodzajem biomasy, który jest wykorzystywany w przemyśle jest pellet.

Pellet jest paliwem odnawialnym, otrzymywanym poprzez prasowanie surowca pod wysokim ciśnieniem bez jakichkolwiek substancji klejących. Do produkcji pelletu drzewnego są wykorzystywane odpady z tartaków i zakładów przeróbki drewna [].

Ze względu na proces produkcji jest to paliwo przyjazne dla środowiska oraz łatwe w magazynowaniu i utrzymywaniu. Z powodu wysokiej wartości energetycznej pellety cieszą się coraz większym zainteresowaniem. W 2009 r. zużycie tego paliwa w Europie przekroczyło 10 000 000 ton [].

## Metody spalania

## Spalanie biomasy

## Ekologia w spalaniu

# System regulacji

System w automatyce jest rozumiany jako zbiór elementów, połączonych między sobą i „stanowiący całość o określonym przeznaczeniu i scharakteryzowany pewną liczbą wielkości zwanych zmiennymi stanu” [7].

System składa się z dwóch części. Jedna dotyczy obiektu sterowania, którym jest urządzenie, którego działanie jest sercem działania systemu sterowania. Drugim elementem jest system sterujący. Jeżeli stany systemu sterującego nie zalezą od stanu obiektu, to mamy do czynienia z torem otwartym. W przeciwnym razie, kiedy występuje sprzężenie zwrotne, mówimy o układzie zamkniętym lub regulacji.

## Układ regulacji

W automatyce wyróżnia się dwa podstawowe sposoby sterowania. Należą do nich:

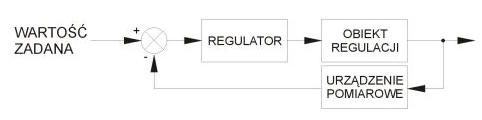
* Układ otwarty;
* Układ zamknięty, czyli ze sprzężeniem zwrotnym;

Działanie poszczególnych rodzajów układów zostało zobrazowane na rysunkach poniżej.



*Rys 4.1.1. Układ otwarty*

Celem regulacji jest uzyskanie określonej wartości sygnału wyjściowego. W układzie otwartym system sterujący nie dostaje informacji od obiektu regulacji i nie posiada możliwości kompensacji ewentualnych zakłóceń w torze głównym. Te przyczyny powodują, że ciężko zrealizować cel regulacji. W tego powodu w przemyśle, w miarę możliwości, wykorzystuje się układy zamknięte.



*Rys. 4.1.2. Układ zamknięty*

Za powyższym rysunku widać znaczącą różnicę. W układzie istnieje sprzężenie zwrotne, którym do regulatora, jest przekazywana informacja o stanie sygnału wyjściowego.  
Taka struktura pozwala na przygotowanie dokładnego algorytmu regulacji, który będzie posiadał uwzględniał stan obiektu oraz zakłócenia w układzie.

Na zakłócenia wpływa eksploatacja układu, starzenie się elementów, warunki pracy oraz klimatyczne. Doprowadzają one do zmian parametrów, takich jak sprężystość, tłumienie czy przewodność cieplna i elektryczna, co skutkuje zmianą pracy całego systemu [7].

Podstawowym zadaniem układu regulacji jest osiągnięcie zadanego celu, pomimo występujących zakłóceń. Istnieją różne typy układów regulacji, które różnią się algorytmem pracy. Wśród nich wyróżniamy:

* Układy stałowartościowe – mają one za zadanie utrzymanie stałej, zadanej wartości sygnału wyjściowego. Ten rodzaj jest wykorzystywany np. w procesach spalania, gdzie istotna jest praca w określonych wartościach temperatury.
* Układy nadążne – gdzie sygnał wyjściowy podąża za wyznaczoną wcześniej trajektorią. Ten typ można spotkać np. w lotnictwie.
* Układy programowane – sygnał wyjściowy zależy od algorytmu. Przykładem użycia tego rodzaju jest obrabiarka CNC [7].

## Wskaźniki jakości regulacji

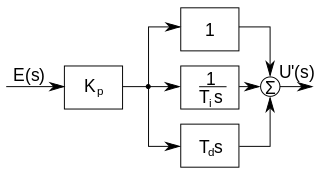
Podczas projektowania układu sterowania istotna jest jakość regulacji. Określa się nią na podstawie takich parametrów jak stabilność układu, dokładność statyczna, wskaźniki czułości oraz jakości.

Te ostatnie można podzielić na dwie grupy:

* Wskaźniki liczbowe -

## Regulator PID

Istnieje wiele rodzajów regulatorów, stosowanych w automatyce. Najbardziej popularnym z nich jest regulator PID (ang. P - , I - , D - ). Składa się on z części proporcjonalnej, całkującej i różniczkującej, co przedstawia rysunek poniżej.



*Rys. 4.3.1. Regulator PID*

Każda gałąź spełnia określoną funkcję.

## Metody regulacji

# Sterowniki PLC

Programowalne sterowniki przemysłowe (ang. PLC – Programmable Logic Controllers) są powszechnie stosowane w układach automatyki. Dzięki swojej niezawodności i możliwości uniwersalnego zastosowania, są z powodzeniem instalowane w wielu firmach, halach produkcyjnych i przemysłowych.

Głównym przeznaczeniem sterownika PLC jest komunikacja urządzeń wejść i wyjść, które łączą sterownik z systemem sterowanym oraz sterowanie procesem przemysłowym. Urządzenia wejścia dostarczają informacji o stanie badanego obiektu i pozwalają na wprowadzenie wartości zadanych. Natomiast urządzenia wyjściowe służą do sterowania procesem.  
Informacje, które są przekazywane do sterownika przez czujniki, docierają do PLC przez odpowiednie karty pomiarowe lub specjalne moduły. Takie połączenie nazywane jest torem pomiarowym [6].

Sygnały, które służą do sterowania można podzielić na analogowe i cyfrowe (dyskretne). Jest to bardzo istotna informacja przy wyborze modułów lub wersji sterownika, ponieważ określa potencjał danych, na których można operować.

# Budowa stanowiska

Projekt układu sterowania rozporoszonego był realizowany na stanowisku badawczym, które mieściło się w budynku Wydziału Odlewnictwa AGH.

Całość mieści się na rysunku poniżej:

Rys x.x. Budowa stanowiska

Stanowisko składa się z pieca o ruszcie obrotowym, w którym znajduje się termopara z pięcioma czujnikami. Kolejny punkt pomiarowy, który został przyjęty do dalszych badań jest umieszczony przy wylocie pieca.  
Z prawej (?) strony widać podajnik paliwa. Po drugiej stronie znajduje się stanowisko operatora. Nad komputerem umieszczona jest skrzynka elektryczna, w której znajduje się sterownik PLC firmy WAGO wraz z modułami, oraz falowniki sterujące praca silników.

Druga cześć stanowiska obejmuje wymiennik ciepła oraz analizator spalin. Wygląd obu elementów został przedstawiony na rysunkach poniżej.

Rys x.x. Wymiennik ciepła

Rys x.x. Analizator spalin

## Działanie programu

Zadanie projektowe miało na celu napisanie algorytmu sterowania ręcznego oraz automatycznego. Zamierzonym celem było utrzymywanie zadanej temperatury na wylocie pieca oraz odpowiedni poziom spalin.

Pierwszym etapem prac było zainstalowanie nowego oprogramowania e!COCKPIT na PLC. Firma WAGO umożliwia pracę swoich sterowników w dwóch trybach CoDeSys i e!COCKPIT. Dodatkowo, producent dba o to, aby klienci posiadali na swoich produktach najnowszą wersję oprogramowania poprzez synchronizację go z programem na komputerze. Instalacja oprogramowania odbywa się przez zgranie odpowiedniego pliku na kartę SD, a następnie wykonanie sekwencji określonych kroków. Składają się na nie: włożenie karty do sterownika, zmiana jego ustawień na tryb awaryjny a następnie reset całego urządzenia. Po tej procedurze PLC uruchamia się z karty SD i pobiera z niej najnowsze oprogramowanie.

Sterownik otrzymuje domyślne IP o adresie 192.168.1.17. Kolejnym krokiem jest zmiana tego adresu oraz podsieci, w której działa komputer, aby komunikacja z PLC była nadal możliwa.

WAGO umożliwia zmianę adresu IP na różne sposoby. Jednym z nich jest serwis internetowy, do którego użytkownik loguje się prze IP sterownika. Ta aplikacja pozwala na skonfigurowanie ustawień PLC, zmianę ustawień komunikacji, zmianę hasła oraz innych parametrów.  
Na rysunku poniżej przedstawiono okno, służące do zmiany adresu IP przez stronę internetową.

Rys x.x. Zmiana adresu PI przez serwis internetowy

Drugą opcją jest skorzystanie z osobnej aplikacji a nazwie „WAGO Ethernet Settings”, która jest dostarczana rzez producenta razem ze środowiskiem do programowania.

Po zakończeniu tych operacji można przystąpić do tworzenia programu.

## Wyniki symulacji

## Wnioski

# Zakończenie

# Bibliografia

1. Gil P., Wilk J., Tychanicz M., Wielgos S.: Wstępne badania automatycznego kotła na pellet pod kątem wymagań normy PN-EN 303-5:2012, *Rynek Energii*, 10/2017
2. Gomułka, S., Knap, T., Strzelczyk, P., & Szczerba, Z.: *Energetyka wiatrowa. Uszczelnianie*, Wydawnictwo Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków 2006
3. Kawałko S., Olek M.: *Spalanie biomasy*, Instytut Inżynierii Cieplnej i Ochrony Powietrza
4. Politechnika Krakowska, Kraków 2006
5. Kordylewski W. (red.)**:** *Spalanie i paliwa*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2008
6. Kwaśniewski J.: *Programowalne sterowniki przmeysłowe w systemach sterowania*, Kraków 1999
7. Kwaśniewski J.: *Sterowniki PLC w praktyce inżynierskiej, Wydawnictwo BTC*, Legionowo 2008
8. Tomczyk B.: *Budowa, uruchomienie, wykonanie pomiarów na stanowisku pieca ceramicznego z obrotowym rusztem*, Kraków 2016
9. Wach E.,Bastian M.: *Produkcja i spalanie pelet*, Gdańsk 2010