



Silesian University
of Technology



Division of Metrology
and Power Processes
Automation

Selection of controller parameters

Strojenie regulatorów

A-9

Automatics laboratory

Laboratorium automatyki

Aim of the exercise //Cel ćwiczenia:

The aim of the exercise is to introduce the PID controller algorithm in simulation environment as well as the methods of selection of controller parameters.

//Celem ćwiczenia jest zapoznanie z budową regulatora PID w środowisku symulacyjnym oraz metodami doboru jego parametrów.

PID controller //Regulator idealny PID

Signals in the control system //Sygnały w układzie sterowania:

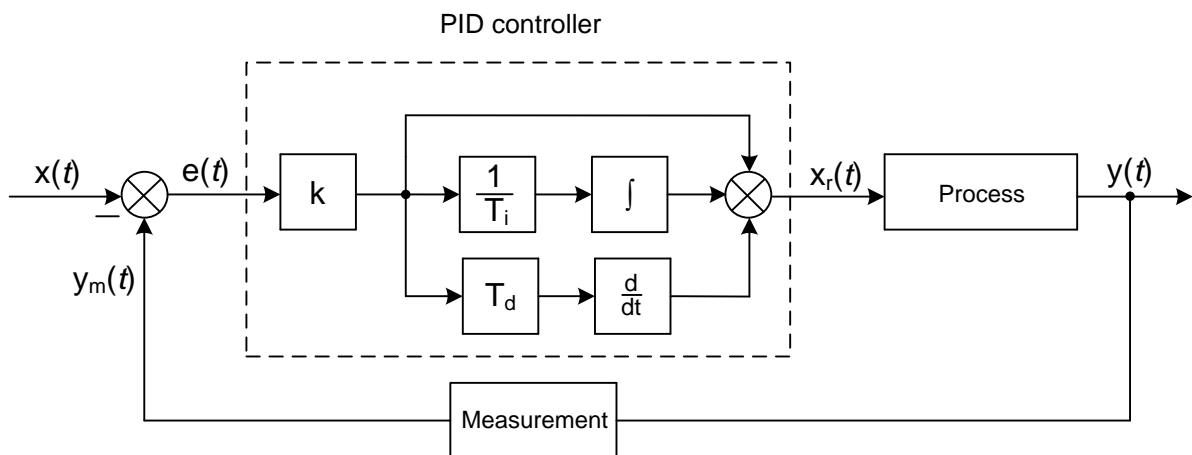


Fig.1. Block diagram of simple feedback system with PID controller

//Rys.1. Schemat blokowy układu z ujemnym sprzężeniem zwrotnym z regulatorem PID

$x(t)$ – set point //wartość zadana

$x_r(t)$ – control variable //sygnał sterowania

$e(t)$ – error //uchyb regulacji

$y(t)$ – process variable //sygnał wyjściowy

$y_m(t)$ – measured variable //sygnał zwrotny (mierzony)

Mathematical form of the control algorithm // *Matematyczna postać algorytmu sterowania*:

$$x_r(t) = k \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right]$$

k – proportional gain // *współczynnik wzmocnienia proporcjonalnego*

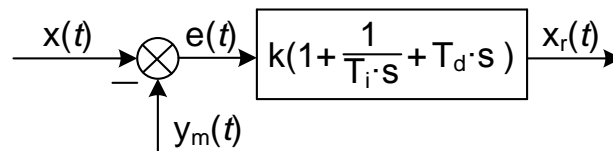
T_i – integral time // *stała czasowa całkowania (czas zdwojenia)*

T_d – derivative time // *stała czasowa różniczkowania (czas wyprzedzenia)*

Transfer function // *Transmitancja*:

$$G(s) = k \left[1 + \frac{1}{T_i \cdot s} + T_d \cdot s \right]$$

Block diagram // *Schemat blokowy*:



Response to a change in the error in the form of Heaviside function // *Odpowiedź na zmianę uchybu w postaci funkcji Heaviside'a e(t)=1(t)*:

$$x_r(t) = k \left(1 + \frac{1}{T_i} t + T_d \delta(t) \right)$$

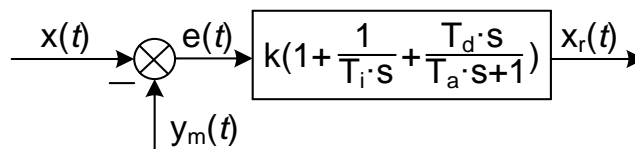
RPID controller // Regulator rzeczywisty PID (RPID)

Transfer function // *Transmitancja*:

$$G(s) = k \left[1 + \frac{1}{T_i \cdot s} + \frac{T_d \cdot s}{T_a \cdot s + 1} \right]$$

where T_a is a strictly defined, non-adjustable time constant. // *gdzie T_a jest ściśle określoną, nienastawialną stałą czasową.*

Block diagram // *Schemat blokowy*:



Response to a change in the error in the form of Heaviside function // *Odpowiedź na zmianę uchybu w postaci funkcji Heaviside'a e(t)=1(t)*:

$$x_r(t) = k \left(1 + \frac{1}{T_i} t + \frac{T_d}{T_a} e^{-\frac{t}{T_a}} \right)$$

Ziegler-Nichols tuning method //Metoda Zieglera-Nicholsa doboru parametrów regulatora

This method is used when system components are installed and there is need to select the controller parameters. The rules for this selection were formulated on the basis of experiments. In this method, the integral criterion is adopted, i.e. these rules lead to minimization of the integral from the control error modulus. In order to determine the proper parameters of the controller, two values are determined:

K_{kr} – critical proportional gain,

T_{kr} – critical oscillations period.

Critical gain (K_{kr}) is the value of gain of proportional element **P**, when the integrating **I** and differentiating **D** elements are „off” ($T_i=\infty$; $T_d=0$) and the controlled system has achieved a response in the form of continuous periodic oscillations. The period of these oscillations is the critical period (T_{kr}). When the critical parameters are known, the controllers parameters are taken according to the table 1.

//Metodę stosuje się, gdy elementy układu są zainstalowane i wystarczy jedynie dobrać nastawy regulatora. Zasady doboru nastaw zostały sformułowane na podstawie doświadczeń. W przypadku tej metody wykorzystuje się kryterium całkowite, tzn. reguły te prowadzą do minimalizacji całki z modułu uchybu regulacji. W celu wyznaczenia właściwych parametrów regulatora wyznacza się dwie wielkości:

K_{kr} – wzmacnienie krytyczne,

T_{kr} – okres drgań krytycznych.

*Wzmacnienie krytyczne (K_{kr}) to wartość wzmacnienia członu proporcjonalnego **P**, kiedy „wylączone” są człony całkujący **I** ($T_i=\infty$) i różniczkujący **D** ($T_d=0$), a układ regulowany osiągnął odpowiedź w postaci niegasnących drgań okresowych. Okres tych drgań jest okresem drgań krytycznych (T_{kr}). Po wyznaczeniu parametrów krytycznych, nastawy regulatora przyjmuje się zgodnie z wartościami podanymi w tabeli 1.*

Table 1. Ziegler-Nichols method parameters

//Tabela 1. Parametry doboru nastaw według metody Zieglera-Nicholsa

Controller //Regulator	$\frac{K}{K_{kr}}$	$\frac{T_i}{T_{kr}}$	$\frac{T_d}{T_{kr}}$
P	0.5	-	-
PI	0.45	0.83	-
PID	0.6	0.5	0.125

Matlab Simulink model //Model w środowisku Matlab Simulink

Schematic model is presented in figure 2. The PID controller should be modeled according to the control algorithm presented in previous part of instruction. Controlled device is a second order inertial element, measurement device is first order inertial element. Parameters of the input signal as well as the time constants of the devices adopt according to the instructor's recommendations.

//Schemat modelu przedstawiono na rysunku 2. Regulator PID należy zbudować według algorytmu sterowania przedstawionego w instrukcji. Obiekt regulowany należy zamodelować jako element inercyjny drugiego rzędu, a przetwornik pomiarowy jako element inercyjny pierwszego rzędu. Parametry sygnały wejściowego jak i stałe czasowe elementów inercyjnych przyjąć według zaleceń prowadzącego.

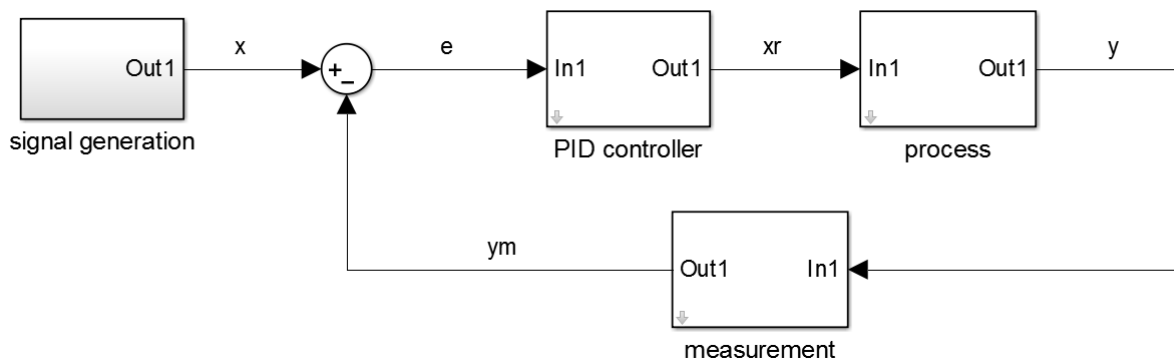


Fig.2. Schematic diagram of the Matlab Simulink model

//Rys.2. Schemat modelu w środowisku Matlab Simulink

The course of the exercise //Przebieg ćwiczenia

1. Prepare the Matlab Simulink simulation model according to the instruction.
//Przygotować model symulacyjny w środowisku Matlab Simulink według schematu zawartego w instrukcji.
2. Adopt the characteristics of the regulated object and measuring device according to the instructor's recommendations. *//Wprowadzić charakterystykę obiektu i przetwornika pomiarowego według zaleceń prowadzącego.*

3. Select the proper parameters of the P, PI and PID controllers using the Ziegler-Nichols method and the prepared model. *//Z wykorzystaniem metody Zieglera-Nicholsa oraz zbudowanego modelu dobrać parametry regulatora P, PI oraz PID.*
4. Evaluate the impact of controller parameters on the quality of control basing on the time course of the control deviation. *//Na podstawie przebiegu czasowego odchyłki regulacji ocenić wpływ poszczególnych parametrów regulatora na jakość regulacji.*
5. Prepare the report. *//Przygotować sprawozdanie.*

Report //Sprawozdanie

The report should contain:

1. Title page (name of the exercise, section number, names of students and the **date of the laboratory class**).
2. A short theoretical introduction.
3. The full diagram of the prepared model and the time constants of the regulated object and the measuring device.
4. Description of the exercise: the method of selection of the controller parameters and their values, examples of time courses.
5. Summary and final remarks

//Sprawozdanie powinno zawierać:

1. *Stronę tytułową (nazwę ćwiczenia, numer sekcji, nazwiska studentów oraz **datę wykonania ćwiczenia**).*
2. *Krótkie wprowadzenie teoretyczne.*
3. *Dokładny schemat zbudowanego modelu wraz ze stałymi czasowymi obiektu i urządzenia pomiarowego.*
4. *Zrelacjonowany przebieg ćwiczenia: sposób doboru parametrów regulatora oraz ich wartości, przykładowe przebiegi czasowe.*
5. *Podsumowanie i uwagi końcowe.*

Literature //Literatura

Kowal J.: Podstawy automatyki, tom I, Kraków, 2007

Skup Z.: Podstawy automatyki i sterowania, Warszawa, 2012