

REATTORE CSTR CON CAMICIA

Traccia del “Project work”

1) adotta un controllore PID (ideale) per il controllo (ad anello chiuso) ed effettuare il tuning ottimale

2) simula la risposta dinamica (ad anello chiuso) facendo passare il set point dal valore di stato stazionario ad una funzione “seno” tenendo:

mean baseline value= valore di stato stazionario

period of oscillation fissato a piacere

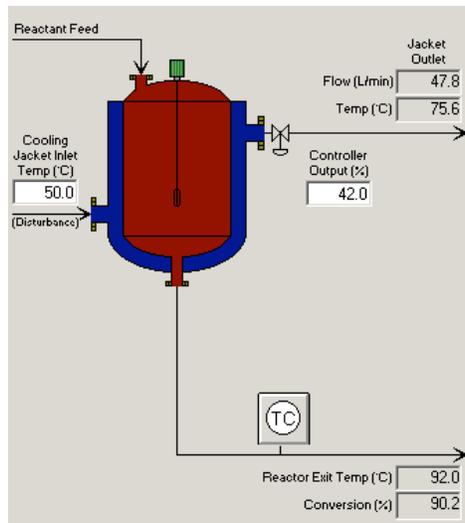
ed eseguendo una simulazione dopo l'altra facendo variare:

amplitude from mean= 1, 2, 5, 10 °C

3) riportando i vari grafici della risposta (ad anello chiuso), commenta il transitorio e fai un confronto del regime asintotico un caso dopo l'altro.

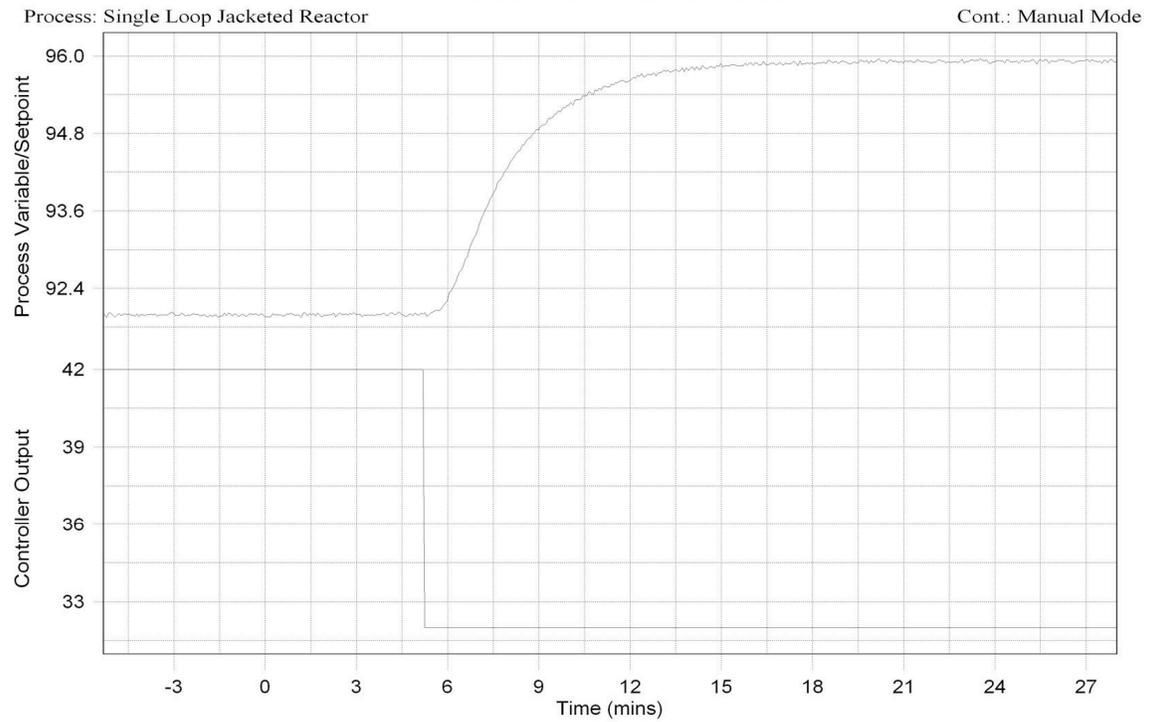
Selezioniamo il caso richiesto “*Jacketed Reactor*” dal modulo *Case Studies*.

Appare il sinottico del processo in modalità manuale in cui è possibile variare l'uscita dell'elemento finale di controllo (*Controller Output*) ed il disturbo (*Cooling Jacket Inlet Temperature*).



per effettuare il tuning ottimale di un controllore PID “ideale” devo prima effettuare uno “step test” del controllore *output*. Provoco una variazione a gradino del *Controller output* a scendere del 10% affinché il sistema si riporti in nuovo valore di stato stazionario.

Control Station: Case Studies



Note: |Process variable\setpoint| è la $T[^\circ\text{C}]$ di uscita dal reattore

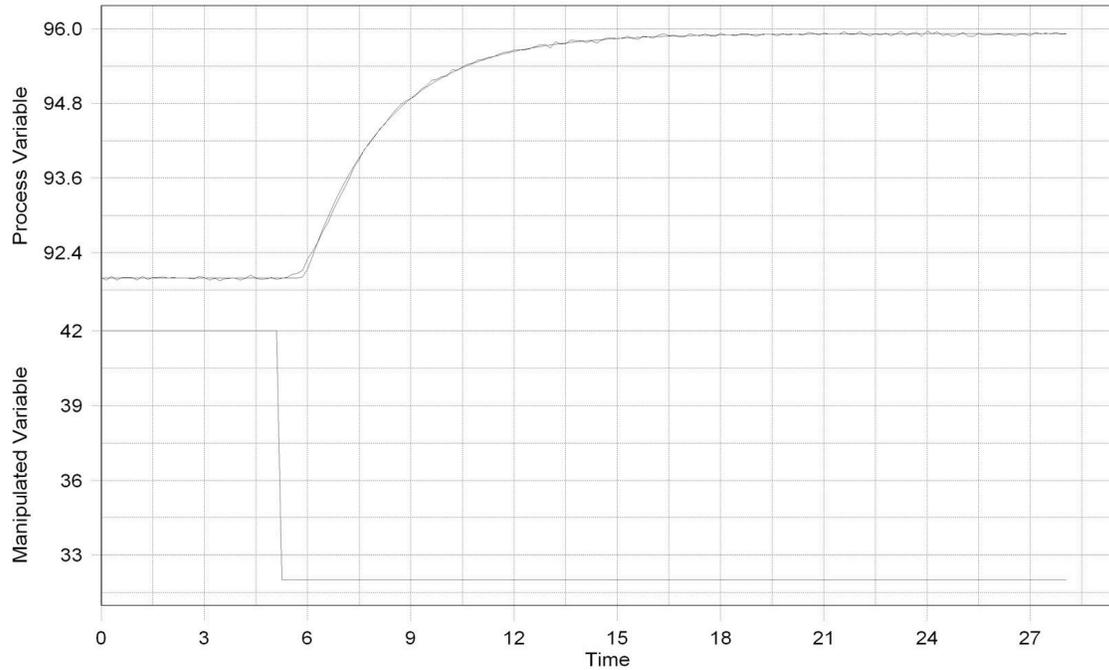
|Controller output| è adimensionale [%]



Control Station: Design Tools

Model: First Order Plus Dead Time (FOPDT)

File Name: reattore.txt



Gain (K) = -0.3932, Time Constant (T1) = 2.32, Dead Time (TD) = 0.7205
Goodness of Fit: R-Squared = 0.9997, SSE = 0.1688

Parametri del processo

Gain(k)=-0.3932 *commento: processo ad azione inversa*

Time constant(T1)=2.32

Dead time(TD)=0.7205

Goodness of Fit:

R-squared=0.9997

SSE=0.1688

Il fitting risulta molto buono in quanto la somma degli scarti quadratic risulta essere molto bassa precisamente SSE=0.1688°C



Il software ha determinato anche i parametri del controllore "PID ideal" utilizzando le formule IMC(lambda)!

I parametri ottimali sono quelli selezionati in blu.



Design Tools

File Tasks Help

Open Label Data Select Model Start Fitting Plot Implement Save Fit Navigate Help

Model Parameters	
Process Gain, K	-0.3932
Overall Time Constant, τ	2.32
Dead Time, θ	0.7205
Sum of Squared Error (SSE)	0.1688
Goodness of Fit (R ²)	0.9997

	Standard PID	Conservative PID	DMC Tuning	
Using IMC (Lambda) Correlations	K _c	τ_i	τ_p	α
P-Only	-2.14			
PI	-4.55	2.32		
PID Ideal (Non-interacting)	-7.27	2.68	0.312	
PID Interacting	-6.30	2.32	0.36	
PID Ideal with Filter	-5.25	2.68	0.312	0.513
PID Interacting with Filter	-4.55	2.32	0.36	0.444

User Specified Closed Loop Time Constant: 0.5764

First Order Plus Dead Time (Overdamped)

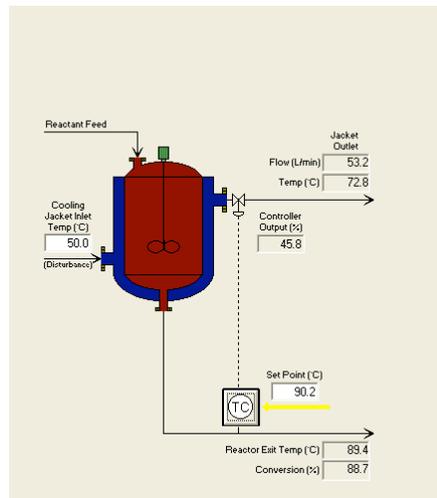
Nomenclature

Time Domain $\tau_p \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = K_p u(t - \theta_p)$

Laplace Domain $\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{K_p e^{-\theta_p s}}{\tau_p s + 1}$

Data File: reattore.txt

A questo punto passo alla configurazione ad anello chiuso implementando i parametri ottimali del controllore PID



Passati alla configurazione ad anello chiuso studiamo come il sistema (controllato in retroazione) reagisce a variazioni nel disturbo passando da un valore di set point (mean baseline value) a una funzione seno ad ampiezza costante e scelta a piacere. Eseguo la simulazione facendo variare "amplitude from mean = 1, 2, 5, 10°C"

Primo caso

Set Point

Step Oscillate Ramp PRBS

Oscillate Set Point

Mean (Base Line) Value 90.0 °C

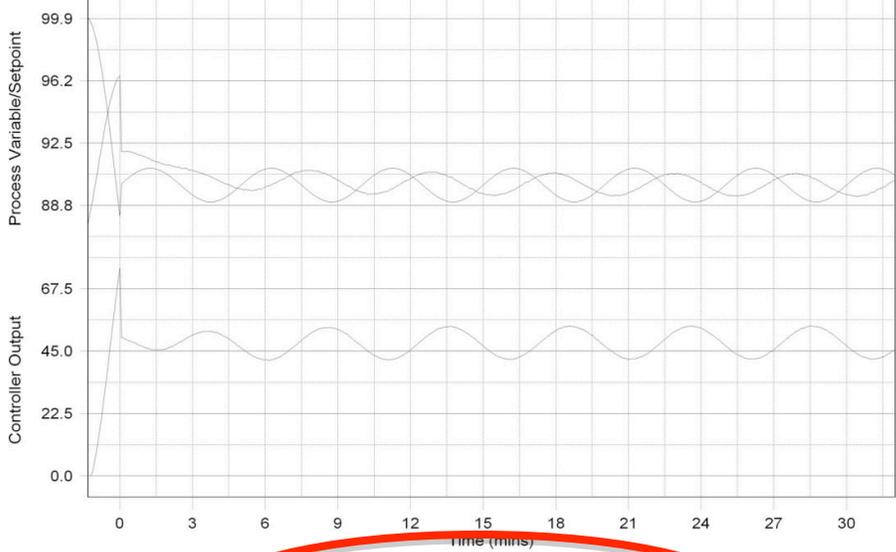
Amplitude from Mean ± 1.00 °C

Period of Oscillation 5.00 min

Done Cancel

Control Station: Case Studies

Process: Single Loop Jacketed Reactor Cont.: PID (P= DA, I= ARW, D= off, F = off)



Tuning: Gain = -4.00, Reset Time = 4.00, Sample Time = 1.00

Parametri del sistema

Mean baseline value= 90.00°C

Amplitude from mean= +/-1°C

Period of oscillation= 5 min

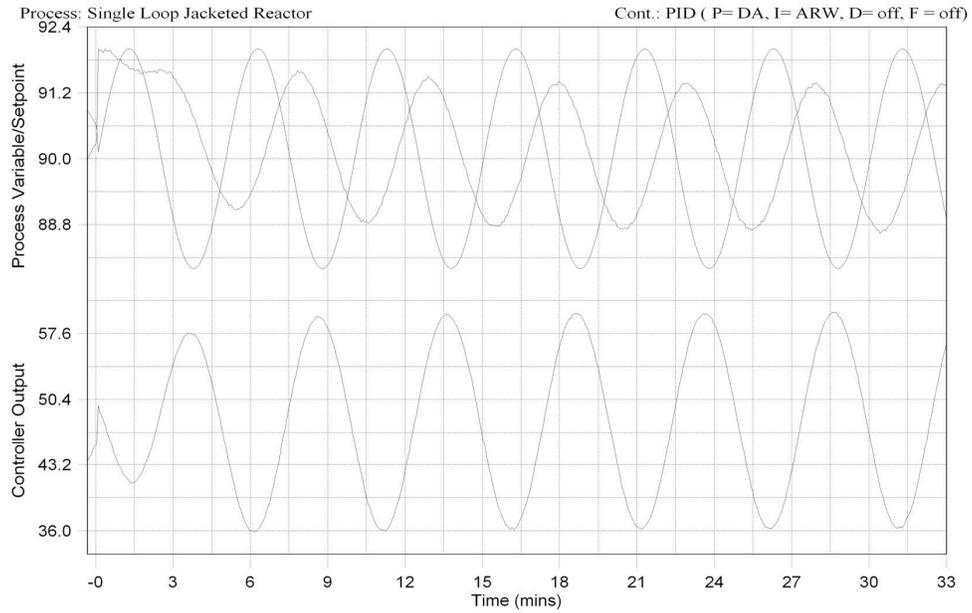
Secondo caso

The 'Set Point' dialog box is shown with the 'Oscillate' tab active. The 'Oscillate Set Point' section contains the following parameters:

Parameter	Value	Unit
Mean (Base Line) Value	90.0	°C
Amplitude from Mean	± 2.00	°C
Period of Oscillation	5.00	min

Buttons for 'Done' and 'Cancel' are located at the bottom of the dialog.

Control Station: Case Studies



Tuning: Gain = -4.00, Reset Time = 4.00, Sample Time = 1.00

Parametri del sistema

Mean baseline value = 90.00°C

Amplitude from mean = +/-2°C

Period of oscillation = 5 min

Terzo caso

Set Point

Step **Oscillate** Ramp PRBS

Oscillate Set Point

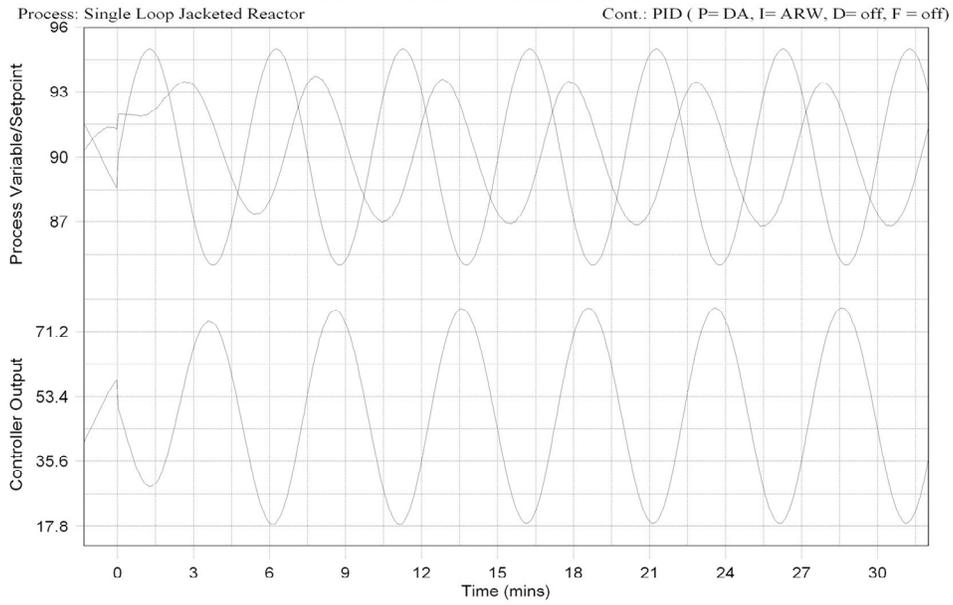
Mean (Base Line) Value 90.0 °C

Amplitude from Mean ± 5.00 °C

Period of Oscillation 5.00 min

Done Cancel

Control Station: Case Studies



Tuning: Gain = -4.00, Reset Time = 4.00, Sample Time = 1.00

Parametri del sistema

Mean baseline value= 90.00°C

Amplitude from mean= +/-5°C

Period of oscillation= 5 min

Quarto caso

Set Point

Step **Oscillate** Ramp PRBS

Oscillate Set Point

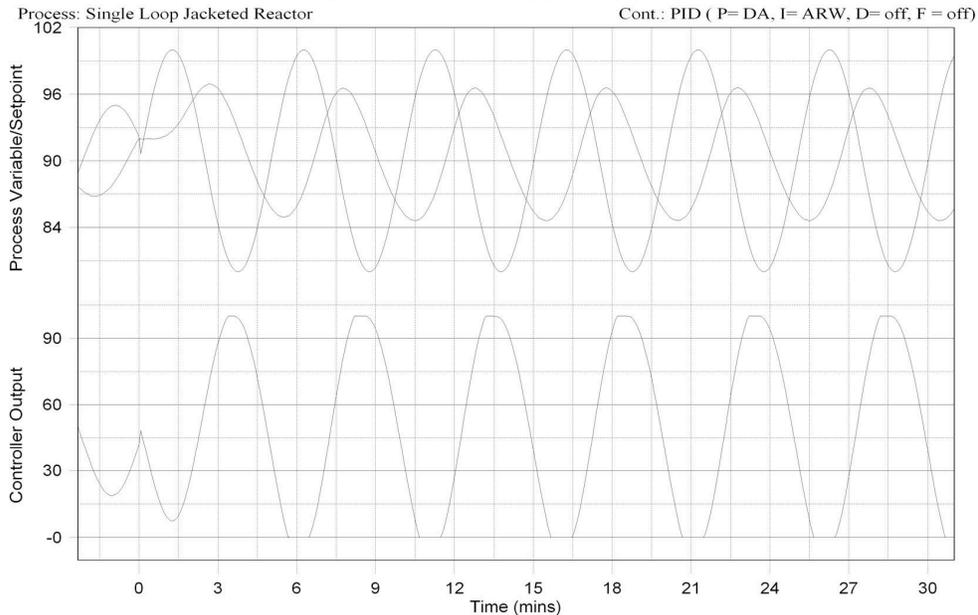
Mean (Base Line) Value 90.0 °C

Amplitude from Mean ± 10.0 °C

Period of Oscillation 5.00 min

Done Cancel

Control Station: Case Studies



Tuning: Gain = -4.00, Reset Time = 4.00, Sample Time = 1.00

Parametri del sistema

Mean baseline value = 90.00°C

Amplitude from mean = +/-10°C

Period of oscillation = 5 min

COMMENTI

Il “**set point**” adesso ha un andamento sinusoidale ad ampiezza variabile. Notiamo che la temperatura di uscita del reattore anch'essa ha un andamento sinusoidale e varia tra 2 estremi che ne definiscono il codominio:

1° CASO $T[89/91^{\circ}\text{C}]$

2° CASO $T[88/92^{\circ}\text{C}]$

3° CASO $T[85/95^{\circ}\text{C}]$

4° CASO $T[80/100^{\circ}\text{C}]$



Il controllore “CO” reagisce al set point sinusoidale parzializzando la portata di fluido refrigerante presente nella camicia del reattore poiché la temperatura del fluido stesso in ingresso risulta costante e pari a 50°C. Anche l'andamento del “**controller output**” è del tipo sinusoidale.

Codominio della funzione sinusoidale “CO” nei vari casi:

1° CASO apertura del flusso percentuale [42.3÷53.7]

2° CASO apertura del flusso percentuale $[36.3 \div 59.2]$

3° CASO apertura del flusso percentuale $[20.6 \div 77.6]$

4° CASO apertura del flusso percentuale $[0.0 \div 100.0]$