

# PID- modell

## Testskjema PID



Harald Stahl  
Gruppe 2402  
PID-modell

# Introduksjon

## 1.1 Hensikt

Testskjemaet for PID-regulatoren er utarbeidet for å sikre trygg og bærekraftig drift av regulatoren. Regulatoren er modulært programmert slik at den skal fungere uavhengig av hvilket system den monteres i. Gjennomgang av testskjema skal avdekke feil og sørge for at regulatoren trygt kan integreres i en prosess.

PID-regulator skal testes i trygge omgivelser, avkoblet fra alle fysiske prosesser. Testen i seg selv skal simuleres. Testskjema gjennomgås punktvis for å sikre at alle potensielle feil blir avdekket.

## 1.2 Utstyrliste

- Mitsubishi [FX2n-32mr]
- Simulink
- GX-Works 2
- KEPserverEX

## 1.3 Oppsett

KEPserver:

Simulink:

GX-Works:

PLS:

# Testskjema

## Teknisk informasjon før igangsetting:

Testskjema oppsett godkjent: (Marker med kryss)	Godkjent:	Ikke godkjent:
Hva som skal testes:	PID-blokk	
Demonstrasjonsansvarlig:	Harald Stahl, Nora Wirkestad	
Kunde/tester:	Irja Gravdahl	
Andre tilstedeværende:	<b>Prosjektmedarbeidere:</b> <i>Øvrige gruppedeltagere</i>	
	<b>Veiledere:</b> <i>Andre faglærere</i>	
Dato og sted:	Vips, 16.04.24	
Testoppsummering:	PID-testskjema skal grundig gjennomgå regulatorens egenskaper. Intouch skal kunne vise responser, endre på parametere og regulator-moduser. Regulatorens moduser (P, PI, PD, PID og manuell styring) skal testes slik at eventuelle feil og svakheter blir avdekket. Hver modus har et skreddersydd skjema som tar for seg relevante tester og forventede resultater. Eget skjema for rykkfri overgang skal vise hvordan regulatoren håndterer å endre mellom moduser underveis i en prosess. Foroverkoblingens funksjonalitet skal testes og vises i eget skjema.	
Kriterier for godkjenning:	Testen av PID-blokken skal tilfredsstillende forventede resultater. Avvik fra forventede resultat skal kommenteres. Ved ikke-neglisjerbare avvik skal testen avsluttes og feil utbedres. Ny test må så gjennomføres.	
Resultat: (Marker med kryss)	Godkjent:	Ikke godkjent:

Dato:                      Sted:  
Testansvarlig:

Kunde:                      \_\_\_\_\_  
                                         \_\_\_\_\_

P-regulator				
Metode	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sett «rate limit» til 2</li> <li>• Sett PID-regulator i «P-modus».</li> <li>• Sett <math>u_o</math> til 0</li> <li>• Sett referanse til 0%.</li> <li>• Still inn <math>K_p</math> til initialverdi.</li> <li>• Sett på sprang i inngang og sammenlign sprangrespons opp mot forventet resultat. Regulatorens innsvingningsforløp skal være med null oversving og nærmest mulig kritisk dempet. Det skal ikke være stasjonært avvik i prosessen.</li> <li>• Øk <math>K_p</math> og observer svingninger i prosessen.</li> <li>• Reduser <math>K_p</math> og observer en langsommere prosess med et økende stasjonært reguleringsavvik.</li> <li>• Tilbakestill <math>K_p</math> og sett på sprang i forstyrrelsen og sammenlign med forventet resultat.</li> <li>• Tilbakestill forstyrrelse.</li> </ul> <p>Info: For å sette et sprang i forstyrrelsen. Gå inn i Simulink, klikk på «prosess V» og sett «Constant value» lik 0.</p>			
	Parameterinnstillinger		Forventet resultat	Godkjent/Ikke godkjent
	$K_p$	$u_o$		
Sett referanse til 0%	1.15	0	Prosessverdi skal gå til 0.	✓
Sett på sprang i referanse til 50%	1.15	200	Prosessverdi lik 50%. Sprangresponsen skal gå mot referansen med null oversving.	✓
Øk $K_p$	[1.15 , 8]	200	Proessen skal starte å svinge	✓
Senk $K_p$	[0.4 , 1.15]	200	Proessen skal reagere langsommere. Stasjonært reguleringsavvik skal øke.	✓
Tilbakestill $K_p$ Sett på et sprang på 10 i forstyrrelsen	1.15	200	Proessen skal stabilisere seg etter sprang i forstyrrelse. Stasjonært avvik skal oppstå.	✓
Kommentarer				

PI-regulator				
Metode	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sett PID-regulator i «PI-modus».</li> <li>• Sett referanse til 0.</li> <li>• Still inn <math>K_p</math> og <math>T_i</math> til oppgitte initialverdier.</li> <li>• Sett på sprang i inngangen og sammenlign sprangrespons opp mot forventet resultat. Regulatorens innsvingningsforløp skal være med null oversving og nærmest mulig kritisk dempet. Det skal ikke være stasjonært avvik i prosessen.</li> <li>• Øk <math>T_i</math> og observer en tregere, mindre aggressiv prosess.</li> <li>• Senk <math>T_i</math> og observer en raskere, mer aggressiv prosess.</li> <li>• Tilbakestill <math>T_i</math> og sett på sprang i forstyrrelsen og sammenlign med forventet resultat.</li> <li>• Tilbakestill forstyrrelse</li> <li>• Sett referanse til 0.</li> <li>• Skru av anti-windup i Intouch.</li> <li>• Stans simulering.</li> <li>• Sett Sat(u) «upper limit» til 200.</li> <li>• Start simulering.</li> <li>• Sett referanse til 100 og observer wind-up i KEP-QC</li> </ul> <p>Info: For å sette et sprang i forstyrrelsen. Gå inn i Simulink, klikk på «prosess V» og sett «Constant value» lik 0.</p>			
	Parameterinnstillinger		Forventet resultat	Godkjent/Ikke godkjent
	$K_p$	$T_i$		
Sett referansen til 0%	1.2	5.5	Prosessverdi skal gå til 0.	✓
Sett på et sprang i referansen til 50%	1.2	5.5	Prosessverdi lik 50%. Sprangresponsen skal gå mot referansen med null oversving.	✓
Senk referansen til 30% Øk $T_i$	1.2	[5.5 , 8.0]	Proessen skal bli mindre aggressiv og få en tregere respons. (Tregere fjerning av stasjonært avvik, roligere prosess).	✓
Øk referansen til 50% Reduser $T_i$	1.2	[2.0 , 5.5]	Proessen skal bli mer aggressiv og gi en raskere respons. (Raskere fjerning av stasjonært avvik).	✓

Tilbakestill $T_i$ Sett på et sprang i forstyrrelsen	1.2	5.5	Prosessen skal stabilisere seg med null oversving og null stasjonært avvik.	✓
Test av anti- windup	1.2	5.5	Prosessen skal skape et stasjonært avvik. Pådraget skal kontinuerlig øke grunnet I-leddets «wind- up».	✓
Kommentarer				


PD-regulator					
Metode	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sett PID-regulator i «PD-modus».</li> <li>• Sett <math>u_0</math> til 0</li> <li>• Sett referanse til 0.</li> <li>• Still inn <math>K_p</math> og <math>T_d</math> til oppgitte initialverdier.</li> <li>• Sett på sprang i inngangen og sammenlign sprangrespons opp mot forventet resultat. Regulatorens innsvingningsforløp skal være med null oversving og nærmest mulig kritisk dempet. Det skal ikke være stasjonært avvik i prosessen.</li> <li>• Øk <math>T_d</math> og observer at prosessen starter å oscillere.</li> <li>• Reduser <math>T_d</math> og observer at prosessen blir tregere og mer ustabil.</li> <li>• Tilbakestill <math>T_d</math> og sett på sprang i forstyrrelsen. Observer at prosessen stabiliserer seg.</li> <li>• Tilbakestill forstyrrelse</li> </ul> <p>Info: For å sette et sprang i forstyrrelsen. Gå inn i Simulink, klikk på «prosess V» og sett «Constant value» lik 0.</p>				
	Parameterinnstillinger			Forventet resultat	Godkjent/Ikke godkjent
	$K_p$	$T_d$	$U_0$		
Sett referansen til 0%	1.5	0.5	0.0	Prosessverdi skal gå til 0.	✓
Sett på et sprang i referansen til 50%	1.5	0.5	200	Prosessverdi lik 50%. Sprangresponsen skal gå mot referansen med null oversving.	✓
Senk referansen til 30% Øk $T_d$	1.5	[0.5,5]	200	Prosessverdi skal bli tregere og starte å oscillere.	✓
Øk referansen til 50% Reduser $T_d$	1.5	[0.1,0.5]	200	Prosessverdi skal innstille seg med et oversving.	✓
Tilbakestill $T_d$ Sett på et sprang i forstyrrelsen	1.5	0.5	200	Prosessverdi skal øke mot referanse, stasjonært avvik skal forekomme.	✓
Kommentarer					

PID-regulator																																	
Metode	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sett PID-regulator i «PID-modus».</li><li>• Sett referanse til 0.</li><li>• Still inn <math>K_p</math>, <math>T_i</math> og <math>T_d</math> til oppgitte initialverdier.</li><li>• Øk <math>K_p</math> og observer at prosessen blir raskere og mer urolig.</li><li>• Reduser <math>K_p</math> og observer at prosessen blir langsommere og mer stabil.</li><li>• Tilbakestill <math>K_p</math> og øk <math>T_i</math> og observer at prosessen blir roligere og at stasjonært reguleringsavvik fjernes saktere.</li><li>• Reduser <math>T_i</math> og observer at prosessen blir mer urolig og at stasjonært reguleringsavvik fjernes raskere.</li><li>• Tilbakestill <math>T_i</math> og øk <math>T_d</math> og observer at prosessen starter å oscillere.</li><li>• Reduser <math>T_d</math> og observer at prosessen blir tregere og mer ustabil.</li><li>• Tilbakestill <math>T_d</math> og sett på sprang i forstyrrelsen. Observer at prosessen stabiliserer seg.</li><li>• Tilbakestill forstyrrelsen.</li><li>• Skru av anti-windup i Intouch.</li><li>• Stans simulering.</li><li>• Sett <math>Sat(u)</math> upper limit til 200.</li><li>• Start simulering.</li></ul> <p>Info: For å sette et sprang i forstyrrelsen. Gå inn i Simulink, klikk på «prosess V» og sett «Constant value» lik 0.</p>																																
	<table><tr><th colspan="3">Parameterinnstillinger</th><th rowspan="2">Forventet resultat</th><th rowspan="2">Godkjent/Ik ke godkjent</th></tr><tr><th><math>K_p</math></th><th><math>T_i</math></th><th><math>T_d</math></th></tr><tr><td>Sett referanse til 0 %</td><td>1.5</td><td>5.0</td><td>0.5</td><td>Prosessverdi skal gå til 0.</td><td>✓</td></tr><tr><td>Sett på et sprang i referansen til 50%</td><td>1.5</td><td>5.0</td><td>0.5</td><td>Prosessverdi lik 50%. Sprangresponsen skal gå mot referansen med null oversving.</td><td>✓</td></tr><tr><td>Sett referanse til 30% Øk <math>k_p</math></td><td>[1.5,3. 0]</td><td>5.0</td><td>0.5</td><td>Prosessverdi blir raskere og mer urolig.</td><td>✓</td></tr><tr><td>Reduser <math>k_p</math></td><td>[0.5,1. 5]</td><td>5.0</td><td>0.5</td><td>Prosessverdi blir langsommere og roligere.</td><td>✓</td></tr></table>	Parameterinnstillinger			Forventet resultat	Godkjent/Ik ke godkjent	$K_p$	$T_i$	$T_d$	Sett referanse til 0 %	1.5	5.0	0.5	Prosessverdi skal gå til 0.	✓	Sett på et sprang i referansen til 50%	1.5	5.0	0.5	Prosessverdi lik 50%. Sprangresponsen skal gå mot referansen med null oversving.	✓	Sett referanse til 30% Øk $k_p$	[1.5,3. 0]	5.0	0.5	Prosessverdi blir raskere og mer urolig.	✓	Reduser $k_p$	[0.5,1. 5]	5.0	0.5	Prosessverdi blir langsommere og roligere.	✓
Parameterinnstillinger			Forventet resultat	Godkjent/Ik ke godkjent																													
$K_p$	$T_i$	$T_d$																															
Sett referanse til 0 %	1.5	5.0	0.5	Prosessverdi skal gå til 0.	✓																												
Sett på et sprang i referansen til 50%	1.5	5.0	0.5	Prosessverdi lik 50%. Sprangresponsen skal gå mot referansen med null oversving.	✓																												
Sett referanse til 30% Øk $k_p$	[1.5,3. 0]	5.0	0.5	Prosessverdi blir raskere og mer urolig.	✓																												
Reduser $k_p$	[0.5,1. 5]	5.0	0.5	Prosessverdi blir langsommere og roligere.	✓																												



Tilbakestill $k_p$ Sett referanse til 30% Øk $T_i$	1.5	[5.0,8.0]	0.5	Prosessen blir roligere og bruker lengre tid på å fjerne stasjonært reguleringsavvik.	✓
Sett referanse til 50% Reduser $T_i$	1.5	[2.0,5.0]	0.5	Prosessen blir mer urolig og bruker kortere tid på å fjerne stasjonært reguleringsavvik.	✓
Tilbakestill $T_i$ Sett referanse til 30% Øk $T_d$	1.5	5.0	[0.5,2.0]	Prosessen skal tregere stille seg inn mot referanse	✓
Sett referanse til 50% Reduser $T_d$	1.5	5.0	[0.1,0.5]	Prosessen skal raskere stille seg inn mot referanse.	✓
Sett på et sprang i forstyrrelsen	1.5	5.0	0.5	Prosessen skal stabilisere seg med null oversving og null stasjonært avvik.	✓
Test av anti-windup	1.5	5.0	0.5	Prosessen skal skape et stasjonært avvik. Pådraget skal kontinuerlig øke grunnet I-leddets «wind-up».	✓
Kommentarer					

Foroverkobling					
Metode	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sett PID-regulator i «PID-modus».</li><li>• Sett referanse til 0.</li><li>• Still inn <math>K_p</math>, <math>T_i</math> og <math>T_d</math> til oppgitte initialverdier.</li><li>• Sett referanse til 50.</li><li>• Sett på sprang i forstyrrelse og observer tiden prosessen bruker på å stabilisere seg. Se (1).</li><li>• Reset forstyrrelse i Simulink. (Sett til 0).</li><li>• Slå på foroverkobling og still inn til gitte parametere.</li><li>• Still inn <math>K_f</math>, <math>\tau_{lead}</math> og <math>\tau_{lag}</math> til oppgitte referanseverdier.</li><li>• Sett referanse til 50 og la prosessen stabilisere seg.</li><li>• Sett på sprang i forstyrrelse og observer tiden prosessen bruker på å stabilisere seg.</li><li>• Reset forstyrrelse i Simulink. (Sett til 0).</li><li>• Slå av foroverkoblingen.</li></ul> <p>Info:</p> <p>1) I denne testen skal du bruke Simulink for å sette et virtuelt sprang i en forstyrrelse. For beste resultat er det anbefalt å åpne vindu for «L1 V» og «prosess V». Sett begge «Constant Values» til 10 og trykk «apply» så raskt som mulig på begge vinduene.</p>				
	Parameterinnstillinger			Forventet resultat	Godkjent/ Ikke Godkjent
	$k_p = 1.5$	$T_i = 5.0$	$T_d = 0.5$		
	$K_f$	$\tau_{lead}$	$\tau_{lag}$		
Sett referanse til 0 % Sett forstyrrelse til 0	-NA-	-NA-	-NA-	Prosessverdi skal gå til 0.	✓
Sett på et sprang i referansen til 50%	-NA-	-NA-	-NA-	Prosessverdi lik 50%. Sprangresponsen skal gå mot referansen med null oversving.	✓
Sett et sprang på 10 i forstyrrelse. Se(1).	-NA-	-NA-	-NA-	Det oppstår et sprang i prosessen, og den vil arbeide seg inn mot referansepunkt igjen.	✓
Slå på foroverkobling Sett forstyrrelse til 0. Se(1). La prosessen stabilisere seg.	1.75	1.0	0.1		✓

Sett et sprang på 10 i forstyrrelse. Se(1).	1.75	1.0	0.1	Det oppstår et sprang i prosessen, og den vil arbeide seg inn mot referansepunkt igjen. Dette skal skje raskere med foroverkoblingen.	
Kommentarer					

<b>Manuell</b>			
Metode	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sett referanseverdi til 0.</li> <li>• Sett PID i manuell modus.</li> <li>• Juster opp manuelt og observer at pådraget øker.</li> <li>• Juster ned manuelt og observer at pådraget reduseres.</li> </ul>		
	Parameterinnstillinger	Forventet resultat	Godkjent/Ikke godkjent
	Avkoblet		
Manuell justering opp	-NA-	Pådrag øker	✓
Manuell justering ned	-NA-	Pådrag reduseres	✓
Kommentarer			

Rykkfri overgang						
Metode	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sett referanseverdi til 0.</li><li>• Sett PID i P-modus.</li><li>• Still inn <math>K_p</math>, <math>T_i</math> og <math>T_d</math> til oppgitte initialverdier.</li><li>• Sett referanseverdi til 50%</li><li>• Bytt til PI-modus før referanseverdien er nådd og observer at overgangen er jevn.</li><li>• Sett referanseverdi til 70%</li><li>• Bytt til PD-modus før referanseverdien er nådd og observer at overgangen er jevn.</li><li>• Sett referanseverdien til 30%</li><li>• Bytt til PID-modus før referanseverdien er nådd og observer at overgangen er jevn.</li></ul>					
	Parameterinnstillinger				Forventet resultat	Godkjent/Ikke godkjent
	$K_p$	$T_i$	$T_d$	$U_0$		
Sett referanse til 0	-NA-	-NA-	-NA-	-NA-	Prosessverdi går til 0.	✓
Sett PID i P-modus og sett $U_0$ lik 0.	1.15	-NA-	-NA-	0.00	PID er i P-modus.	✓
Sett referanse til 50%	1.15	-NA-	-NA-	0.00	Prosessverdi øker mot 50%	✓
P- til PI-modus	1.0	5.5	-NA-	-NA-	Rykkfri-overgang mellom P- og PI-modus mens prosessen arbeider seg opp mot 50%	✓
Sett referanse til 70%	1.0	5.5	-NA-	-NA-	Proessen går ned mot 70%	✓
PI- til PD-modus	1.5	-NA-	5.5	[Verdi]	Rykkfri-overgang mellom PI- og PD-modus mens prosessen arbeider seg ned mot 70%	✓
Sett referanse til 70%	1.5	-NA-	0.5	[Verdi]	Proessen går ned mot 30%	✓

PD- til PID-modus	1.5	5.0	0.5	[Verdi]	Rykkfri-overgang mellom PD- og PID-modus mens prosessen arbeider seg ned mot 30%	✓
Kommentarer						