Øving 3

fredag 20. september 2024 12:15

Oppgave 1: Cruisekontrolldesign

a) Anta at kjøretøyet holder en tilnærmet konstant marsjfart slik at $v(t) \approx v_\mathrm{r}$. Definer nå variabeldekomposisjonen:

$$v(t) = \tilde{v}(t) + v_\mathrm{r}, \quad u_\mathrm{m}(t) = \tilde{u}_\mathrm{m}(t) + \frac{\mathrm{D}}{2}|v_\mathrm{r}|v_\mathrm{r}. \tag{5}$$

Vis at variasjonen i hastighet vekk fra marsjfarten er vel beskrevet[3] av

$$\mathrm{M}\dot{\tilde{v}} + \mathrm{D}|v_\mathrm{r}|\tilde{v} \approx \tilde{u}_\mathrm{m} - w. \tag{6}$$

Du kan anta at $|\tilde{v}| \ll 1$.

$$M\dot{v} + \frac{D}{2}|v|v = u_m - w$$

$$M(\tilde{v}(t) + v_r)^{\cdot} + \frac{D}{2}|\tilde{v}(t) + v_r|(\tilde{v}(t) + v_r)$$
$$= \tilde{u}_m(t) + \frac{D}{2}|v_r|(v_r) - w$$

$$M\dot{\tilde{v}} + \frac{D}{2}|\tilde{v}(t) + v_r|(\tilde{v}(t) + v_r) - \frac{D}{2}|v_r|(v_r)$$
$$= \tilde{u}_m - w$$

$$M\dot{\tilde{v}} + \frac{D}{2}\Big(\underbrace{\tilde{v}(t)|\tilde{v}(t)|}_{\approx 0} + 2\tilde{v}|v_r| + \underbrace{|v_r|v_r - |v_r|v_r}_{= 0}\Big) = \tilde{u}_m - w$$

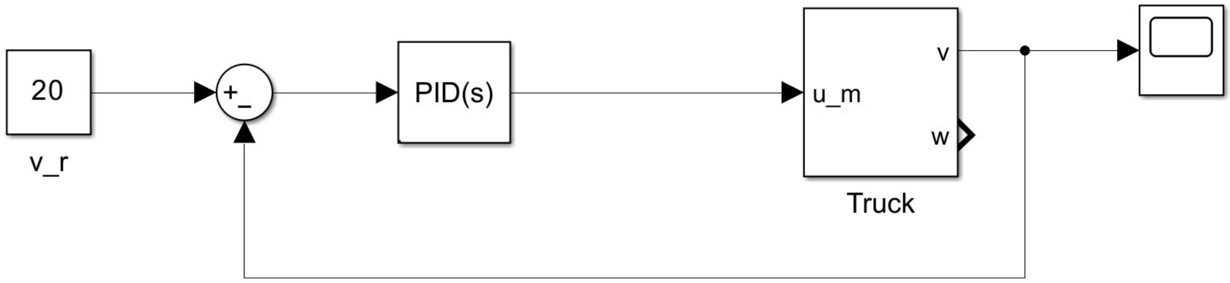
$$M\dot{\tilde{v}} + D|v_r|\tilde{v} \approx \tilde{u}_m - w$$

b) Det kan antas at v er målt via et speedometer (og dermed også $\tilde{v}$). Design et reguleringssystem for (6) med u_m som pådrag slik at

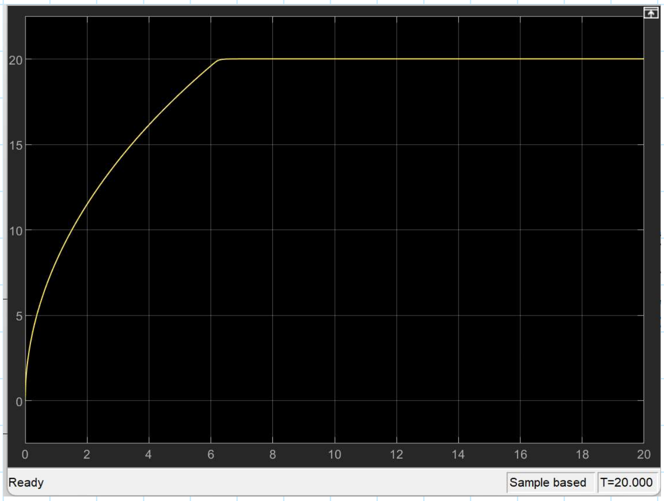
$$v \to v_\mathrm{r}. \tag{7}$$

Det er ikke akseptabelt at kjøretøyet mister *vesentlig* hastighet i oppoverbakker eller vinner *vesentlig* hastighet i nedoverbakker[4]. Videre er oscillatorisk oppførsel ugunstig (ikke medregnet bakkeforstyrrelser). Du kan anta konstantene[5] $\mathrm{M} = 12\,000\,\mathrm{kg}$ og $\mathrm{D} = 10\,\mathrm{kg\,m}$. Videre kan du la $v_\mathrm{r} = 20\,\mathrm{m\,s^{-1}}$.

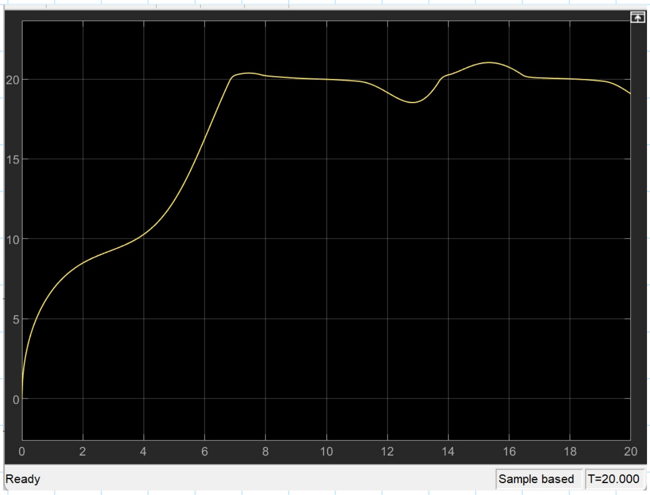
For å dokumentere at designet virker skal regulatoren testes i den vedlagte simulatoren i Matlab ("truck fra siden"). Test både med og uten bakkeforstyrrelser.



Plot av v uten bakker



Plot av v med bakker



Parameterverdier

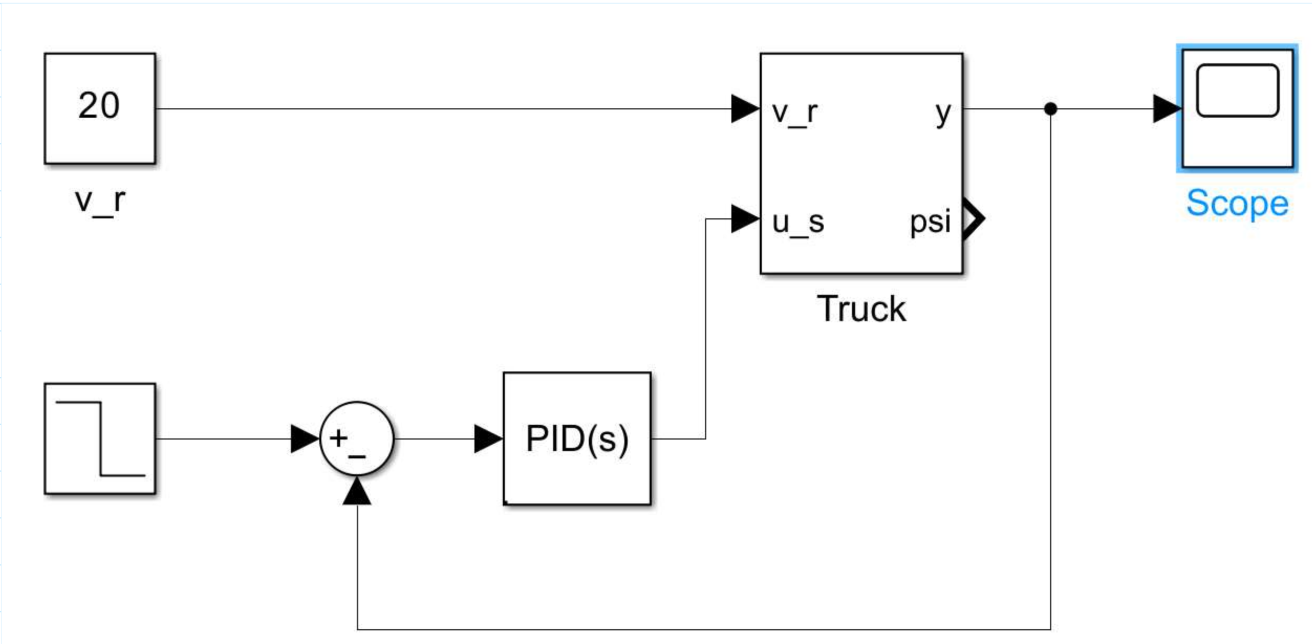
Proportional (P): 100000

Integral (I): 100

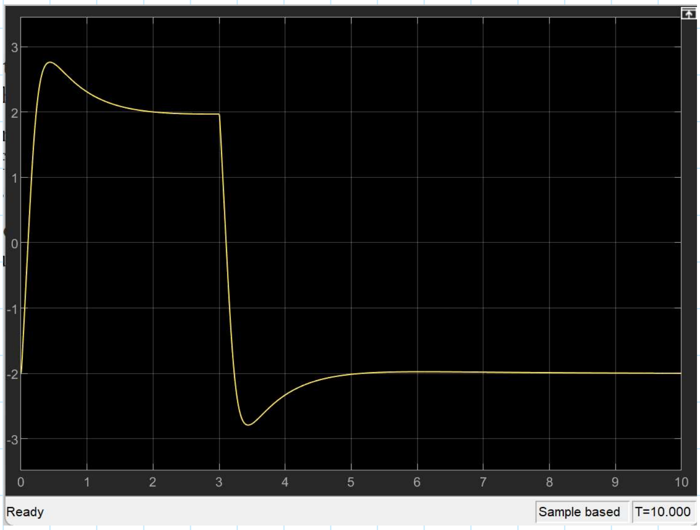
Derivative (D): 0

Filter coefficient (N): 100

Oppgave 2: Selvstyringsdesign



Plot av y: referanse endret fra 2 til -2



Parameterverdier

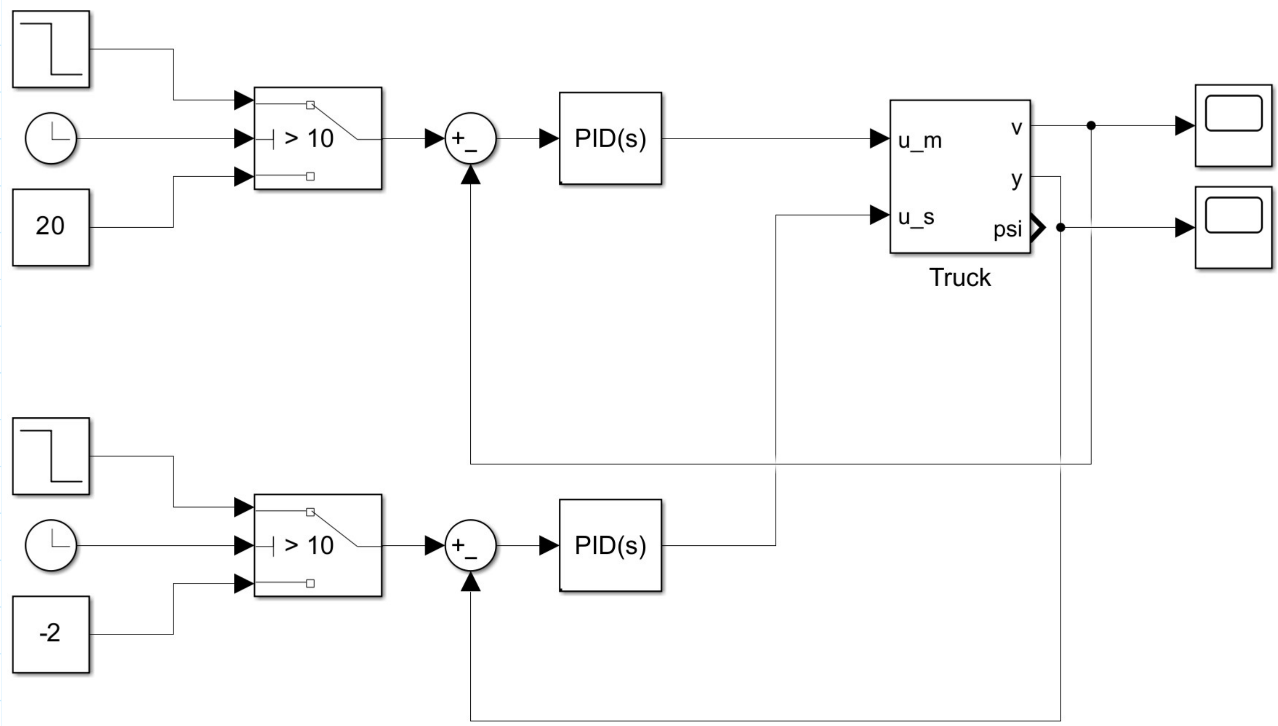
Proportional (P): 0.0464198158186668

Integral (I): 0.0217313338533882

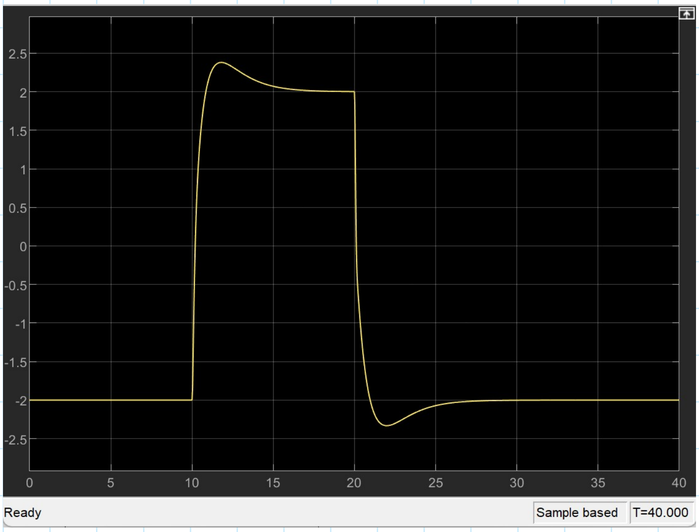
Derivative (D): 0.0243480245404174

Filter coefficient (N): 54.5397025421619

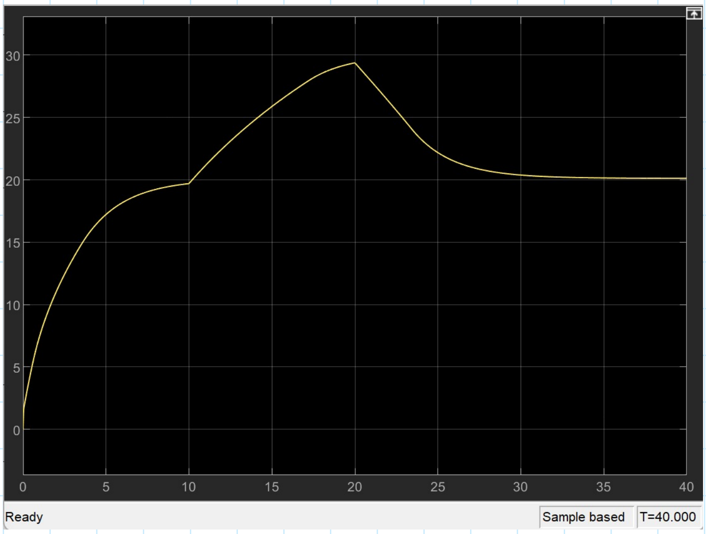
Oppgave 3: Selvstyring m. Cruisekontroll



Plot av y



Plot av v



Parametere for avstandsregulator

Proportional (P): 0.0464198158186668

Integral (I): 0.0217313338533882

Derivative (D): 0.0243480245404174

Filter coefficient (N): 54.5397025421619

Parametere for fartsregulator

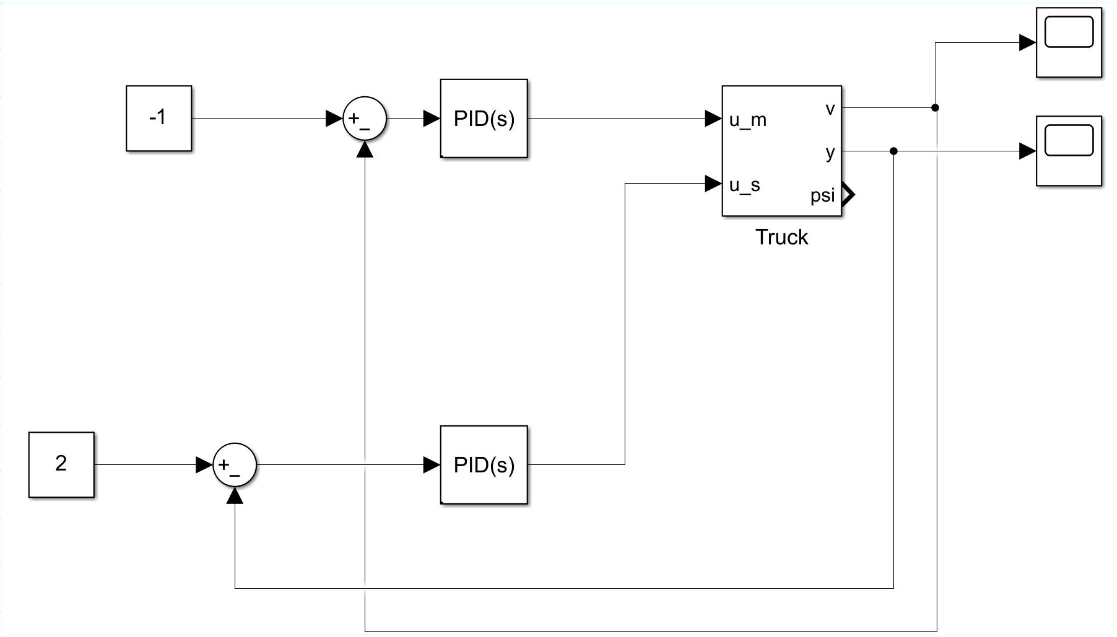
Proportional (P): 8000

Integral (I): 50

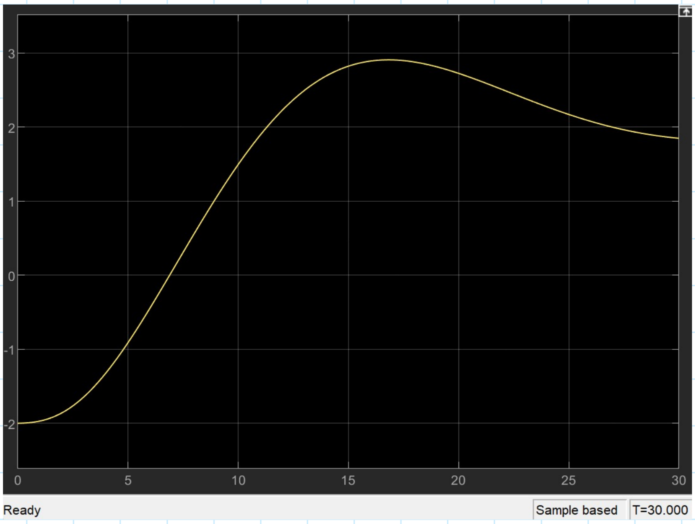
Derivative (D): 7500

Filter coefficient (N): 100

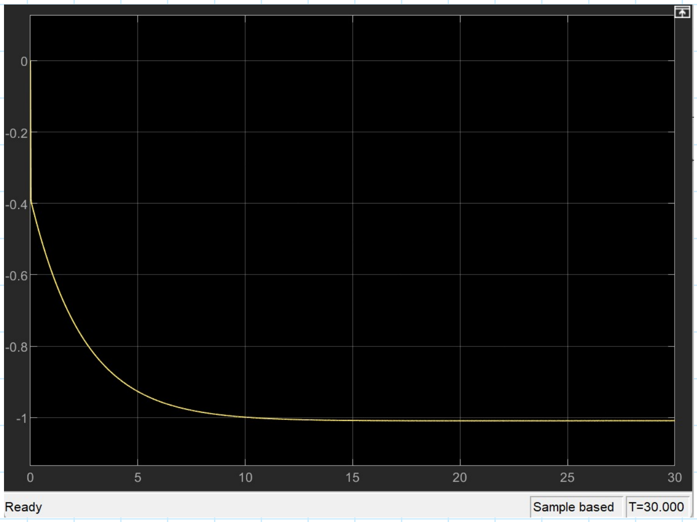
Oppgave 4: Rygging



Plot av y



Plot av v



$$\dot{\psi} = v u_s, \tag{15a}$$

$$\dot{\vartheta} = v u_s - \ell^{-1} \sin(\vartheta) v, \tag{15b}$$

$$\dot{y} = v \sin(\psi). \tag{15c}$$

Oppgave 5: Analyse av tilhengerdynamikk

Under antagelsene $v(t) \approx v_r$, $\sin(\psi) \approx \psi$ og $\sin(\vartheta) \approx \vartheta$;

- Sett opp (15) på tilstandsromform.
- Finn egenverdiene til systemet.
- Vurdér styrbarheten til systemet.
- Vurdér observerbarheten til systemet.

$\dot{\psi} = v_r u_s$

$\dot{\vartheta} = v_r u_s - \ell^{-1} \cdot \vartheta \cdot v_r$

$$\dot{\vartheta} = v_r u_s - \ell^{-1} \vartheta \cdot v_r$$
$$\dot{y} = v_r \psi$$

Tilstandsromform:

$$\begin{bmatrix} \dot{\psi} \\ \dot{\vartheta} \\ \dot{y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\ell^{-1} v_r & 0 \\ v_r & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \psi \\ \vartheta \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} v_r \\ v_r \\ 0 \end{bmatrix} u_s$$

Egenverdier:

$$\det(A - \lambda I) = 0$$

$$\det\left(\begin{bmatrix} -\lambda & 0 & 0 \\ 0 & -\ell^{-1} v_r - \lambda & 0 \\ 0 & 0 & -\lambda \end{bmatrix} \right)$$

$$= -\lambda^2 (\ell^{-1} v_r + \lambda) = 0$$

$$\lambda_{1,2} = 0 \quad \lambda_3 = -\frac{v_r}{\ell}$$

Styrbarhet:

$$P = [\, b \mid Ab \mid A^2 b \mid \dots \mid A^{n-1} b \,]$$

Kolonner i P lin. uavh. => system styrbart

$$Ab = \begin{bmatrix} 0 \\ -\frac{v_r^2}{\ell} \\ \dots \end{bmatrix} \quad A^2 b = \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{v_r^3}{\ell^2} \\ \dots \end{bmatrix}$$

$$Ab = \begin{bmatrix} -\frac{v_r^2}{l} \\ v_r^2 \end{bmatrix} \quad A^2 b = \begin{bmatrix} \frac{v_r^3}{l^2} \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$P = \begin{bmatrix} v_r & 0 & 0 \\ v_r & -\frac{v_r^2}{l} & \frac{v_r^3}{l^2} \\ 0 & v_r^2 & 0 \end{bmatrix}$$

Kolonner lin. uavh. $\Rightarrow$ styrbar

Observerbarhet:

Hvis rader i Q er lin uavh.
$\Rightarrow$ systemet er observerbart

$$Q = \begin{bmatrix} c \\ cA \\ cA^2 \end{bmatrix}$$

$$c = (1 \ 0 \ 1)$$

$$cA = (v_r \ 0 \ 0)$$

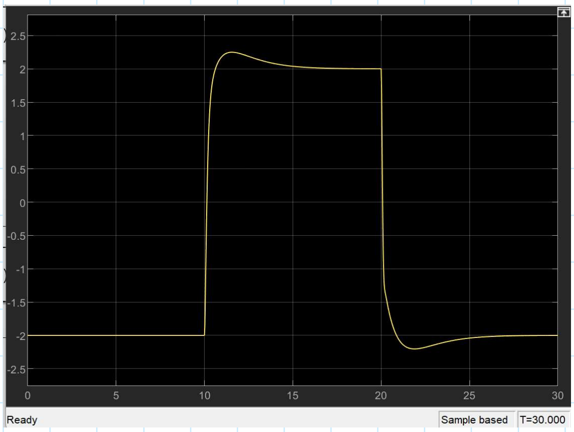
$$cA^2 = (0 \ 0 \ 0)$$

$$Q = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ v_r & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \Rightarrow \text{Ikke observerbar}$$

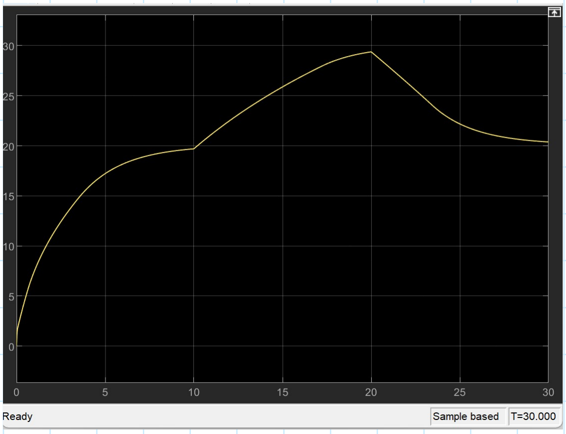
Oppgave 6: Selvstyring med tilhenger

Anvend styringssystemet fra oppgave 3 på modellen med tilhenger og test ytelsen i den vedlagte Matlab simulatoren (”truck fra oven med henger”). Vurder hvorvidt systemet fortsatt fungerer.

Plot for y



Plot for v

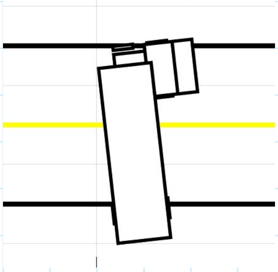


Systemet fungerer fortsatt siden vi kan utføre en forbikjøring

Oppgave 7: Rygging med tilhenger

Anvend styringssystemet fra oppgave 4 på modellen med tilhenger. Test ytelsen i den vedlagte Matlab simulatoren (”truck fra oven med henger”). Vurder hvorvidt systemet fortsatt fungerer. Husk å sette $v_r = -1$ slik at det rygges.

Gjør deg relevante betraktninger rundt forskjellen fra resultatet i foroverbevegelse (altså forrige problem).



Fikk ikke til å rygge bakover med henger. Dette samsvarer med virkeligheten ettersom det er krevende å få til baklengs rygging