

### אותות ומערכות- תרגיל רטוב 3

שם: גל פרג  
תז: 31601701  
שם: נדב אשכזי  
תז: 313326811

#### שאלה 1

א. המודל למהירות המכונית הוא:  $M \frac{\partial v}{\partial t} = c * u(t) - BV^2(t)$

המהירות המקסימלית של המכונית תתקבל כאשר אנו לוחצים על הגז עד הסוף במשך הרבה זמן.

כלומר,  $t \rightarrow \infty$  ו-  $u$  מתנהג כאות מדרגה.

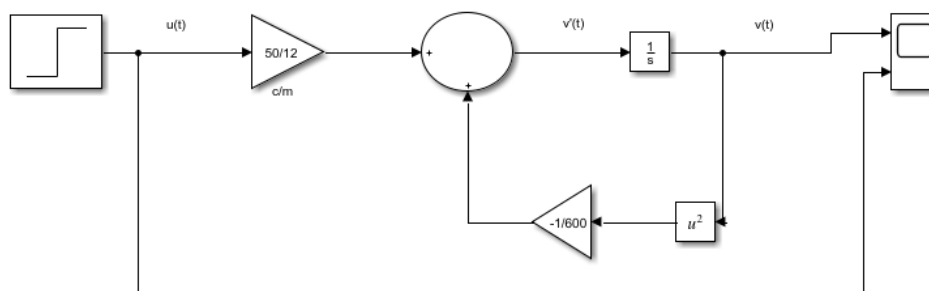
אנו במצב יציב ולכן  $\frac{\partial v}{\partial t} = 0$

נקבל:  $0 = c - BV^2(t)$

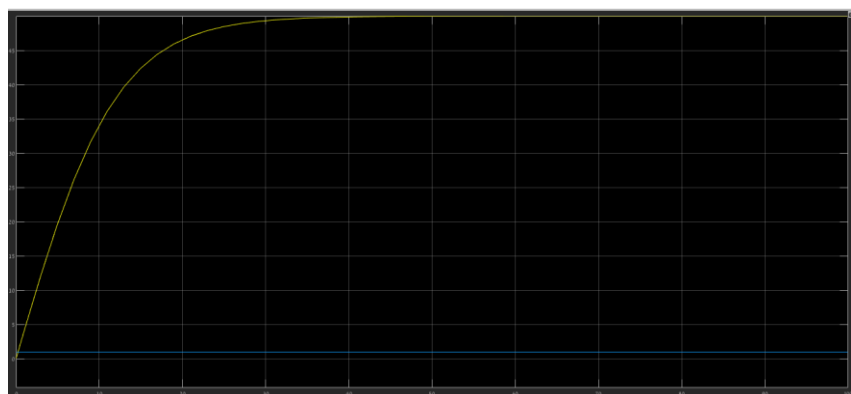
סך הכל נקבל כי  $V_{\max} = \sqrt{\frac{c}{B}} = \sqrt{\frac{5000 \text{ N}}{2 \frac{\text{N}}{(\text{m/s})^2}}} = 50 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 180 \frac{\text{km}}{\text{h}}$

קיבלנו כי המהירות המקסימלית של המכונית אינה תלויה ב-  $M$ , לכן גם אם יצליחו להכניס חמישה פילים לאוטו, המכונית תגיע לאותה מהירות.

ב.



הגרף שקיבלנו הוא:



אכן אנחנו מקבלים שאחרי הרבה זמן אנו מגיעים לערך יציב של 50 מטר לשנייה כמו בחישוב הידני.

נגיע למהירות של 100 קמ"ש לאחר 8 שניות.

ג. אנו מעוניינים במהירות קבועה של 100 קמ"ש.

$$\frac{\partial v}{\partial t} = 0 \text{ ולכן יציב ולכן } 0$$

המהירות היא קבועה ושווה ל 100 קמ"ש שזה בעצם 27.7777778 מטר לשנייה

והמשוואה שנקבל היא  $0 = c * u(t) - B(27.778)^2$

$$u(t) = \frac{B * V^2}{c} = \frac{2 * 27.778^2}{5000} = 0.308 \text{ ש: נקבל ש:}$$

ד. אנו נמצאים קרוב לנקודת העבודה, ולכן ניתן להזניח גורמים ריבועיים.

נגדיר שני משתנים חדשים:

$$\tilde{u}(t) = u(t) - u_{eq}$$

$$\tilde{v}(t) = v(t) - v_{eq}$$

$$v_{eq} = 27.778 \quad u_{eq} = 0.308 \quad \text{כאשר כפי שמצאנו}$$

נציב במשוואה המקורית ונקבל:

$$M \frac{\partial \tilde{v}}{\partial t} = c(\tilde{u} + u_{eq}) - B(\tilde{v} + V_{eq})^2$$

נקבל:

$$M \frac{\partial \tilde{v}}{\partial t} = c(\tilde{u} + u_{eq}) - 2B * \tilde{v} * V_{eq}$$

$$\frac{\partial \tilde{v}}{\partial t} + \frac{2B}{M} * \tilde{v} * V_{eq} = \frac{c}{M}(\tilde{u} + u_{eq})$$

הקשר שמתקיים בין  $u_{eq}$  ל  $V_{eq}$  הוא:  $c u_{eq} = B V_{eq}^2$

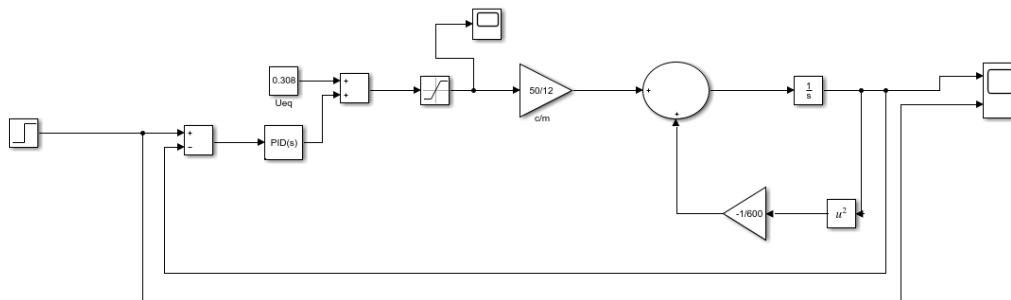
ולכן  $u_{eq}$  הוא גורם ריבועי גם כן, ונזניח אותו.

נקבל את פונקציית התמסורת הבאה:

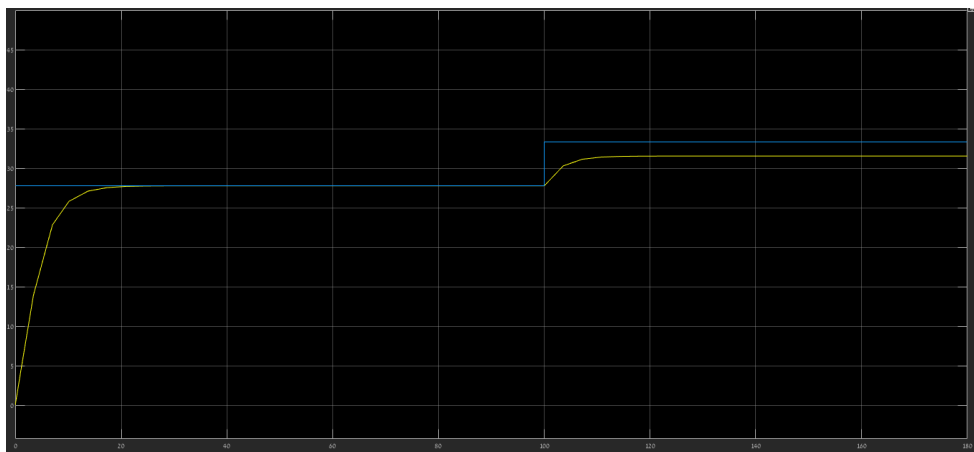
$$H^L = \frac{\frac{c}{M}}{s + \frac{2B}{M} * V_{eq}} = \frac{\frac{25}{6}}{s + \frac{5}{54}}$$

$$\frac{54}{5} = 10.8 \text{ (היחיד, ולכן הדומיננטי)}$$

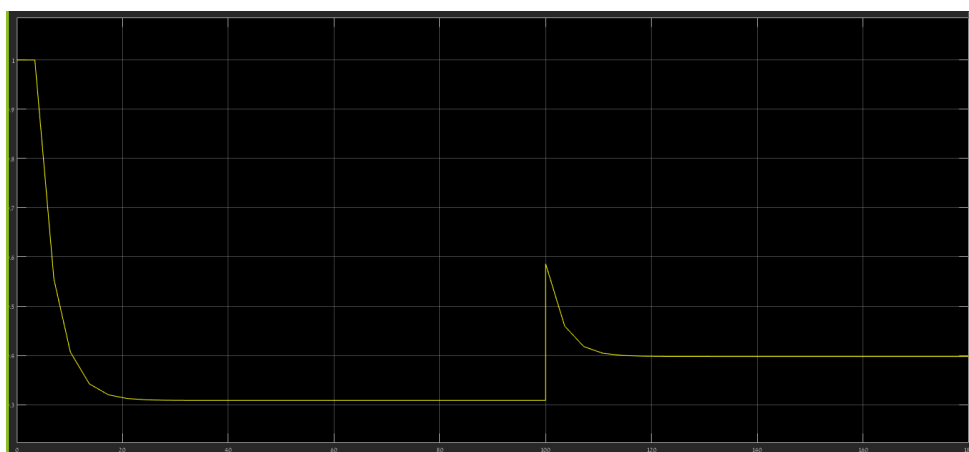
ה. המערכת שבנינו:



הגרף של המהירות בפועל (צהוב) לעומת כניסת הבקרה לרכב (כחול):



הגרף של כניסת הבקרה למנוע:



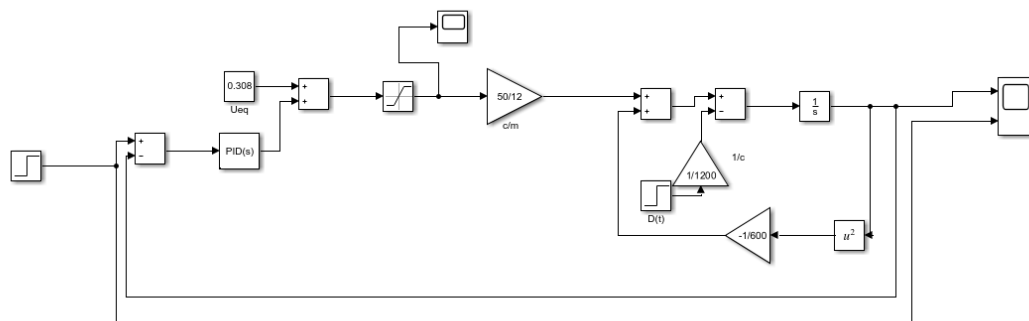
שגיאת המצב המתמיד במהירות 100 קמ"ש היא אפס כפי שניתן לראות בגרף.

לעומת זאת, במהירות של 120 קמ"ש שגיאת המצב המתמיד היא כ-1.8.

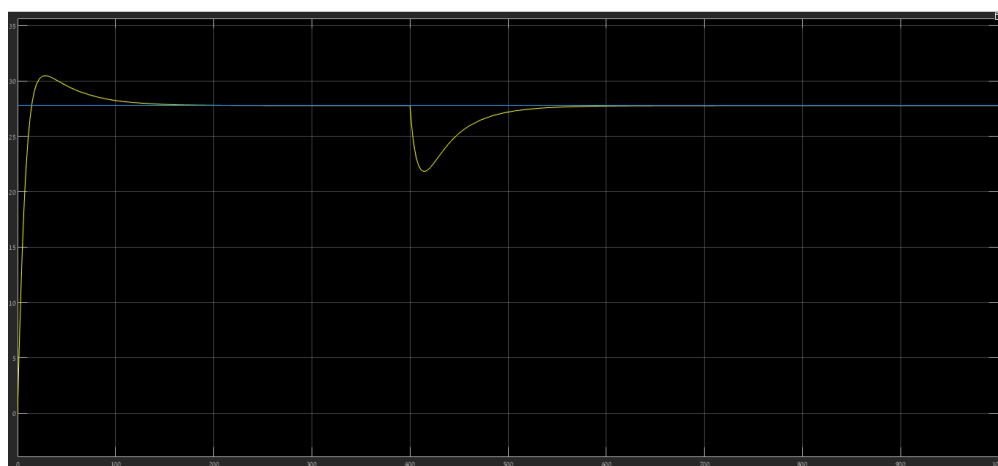
בתחילת המדידה נראו תופעות רוויה, ואין תופעת Overshoot.

(.1)

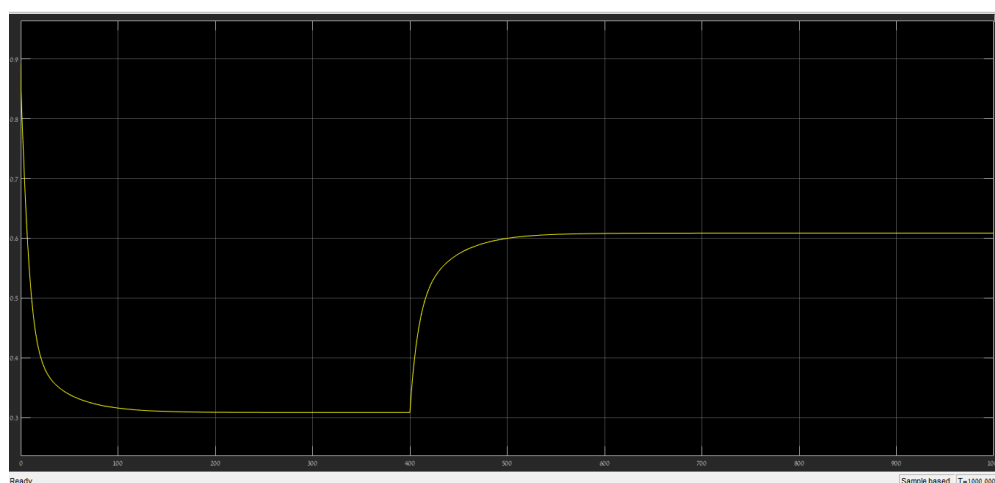
המודל:



גרף המהירות בפועל (צהוב):



כוח כתלות בזמן:



ניתן לראות כי כאשר הרכב מגיע למצב יציב בהתחלה לפני ההתנגדות, נדרש להפעיל כוח קטן יותר מאשר הכוח שמופעל לאחר ההתנגדות במצב יציב לשמירה על אותה מהירות קבועה.

## שאלה 2

סעיף א

•

$$\begin{aligned} X_s^f(\theta) &= F_d\{\cos(2\pi f_0 T_s n)\} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n] e^{-jn\theta} \\ &= \pi \sum_{n=-\infty}^{\infty} (\delta(\theta - 2\pi n + 2\pi f_0 T_s) + \delta(\theta - 2\pi n - 2\pi f_0 T_s)) \end{aligned}$$

כפי שראינו בעבר:

$$\begin{aligned} X_T^F(w) &= \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(nT) e^{-jnwT} \\ \Rightarrow X_T^F\left(\frac{\theta}{T_s}\right) &= X_s^f(\theta) \end{aligned}$$

כמו כן כידוע:

$$\begin{aligned} X^F(w) &= \pi(\delta(w + 2\pi f_0) + \delta(w - 2\pi f_0)) \\ \Rightarrow X_s^f(\theta) &= \sum_{n=-\infty}^{\infty} X^F\left(\frac{\theta - 2\pi n}{T_s}\right) \end{aligned}$$

• כעת האות מחזורי במחזור  $2\pi$  ולכן ניתן לפשט את הביטוי כך:

$$X_s^f(\theta) = \frac{\pi}{T_s} \left( \delta\left(\frac{\theta}{T_s} - 2\pi f_0\right) + \delta\left(\frac{\theta}{T_s} + 2\pi f_0\right) \right)$$

ניתן לראות שמיקום הדלאות תלוי ב  $T_s$  ולכן כאשר נשנה אותו מיקום הדלתאות ישתנה בהתאם.

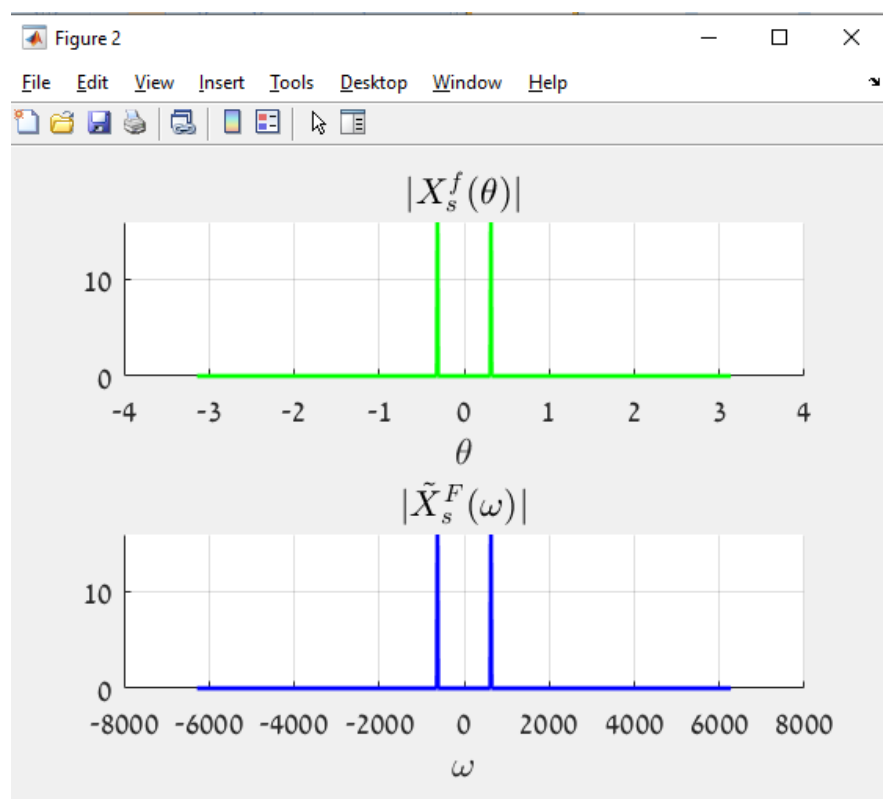
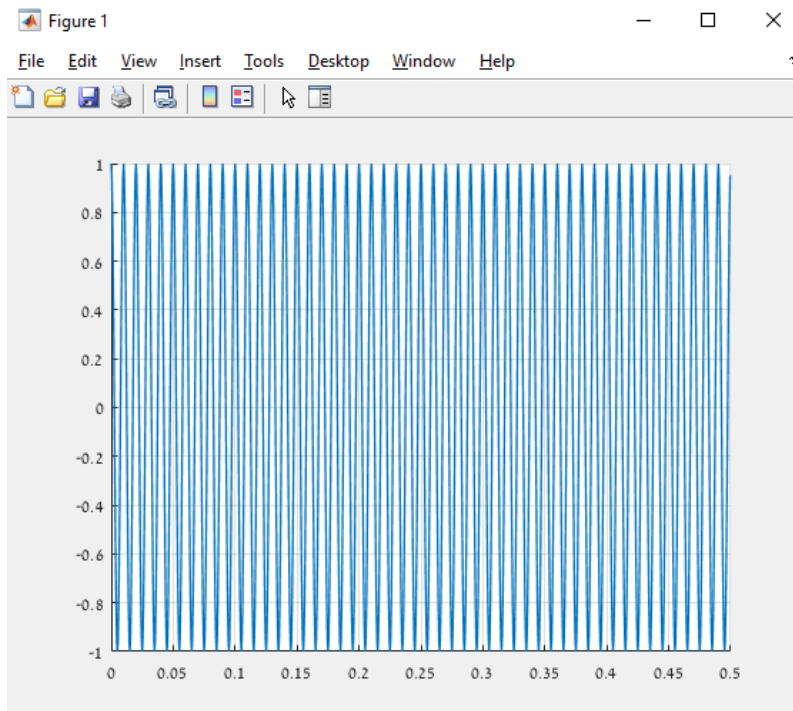
$$\tilde{X}_s^f(\theta) = X_s^f(wT_s) = \frac{\pi}{T_s} (\delta(w - 2\pi f_0) + \delta(w + 2\pi f_0)) \quad \bullet$$

כעת מיקום הדלתאות כבר לא תלוי ב  $T_s$ .

• עבור אות חסום סרט ותדר דגימה מעל תדר נייקויסט הצגה של  $\tilde{X}_s^f$  יכולה להיות נוחה יותר מכיוון שהיא אינה משתנה כאשר משנים את תדר הדגימה (בהנחה שהוא נשאר מעל תדר נייקויסט)

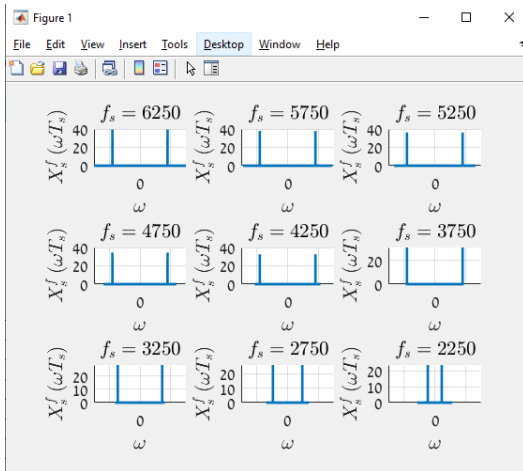
החלפנו בקוד את סימן השאלה בטטא. כלומר  $w = th * F_s$ .

מה שקיבלנו:



## סעיף ב

(.1



מס איטרציה	תדר דגימה
1	6250
2	5750
3	5250
4	4750
5	4250
6	3750
7	3250
8	2750
9	2250

(.2 נפסיק לשמוע את האות  $x$  כאשר יפסיק להתקיים תנאי ניקויסט.

$$\frac{f_s}{2} < f_0$$

זה יקרה מהאיטרציה השבעית ואילך.

(.3

מס איטרציה	תדר אפקטיבי
1	1800
2	1800
3	1800
4	1800
5	1800
6	1800
7	1450
8	950
9	450

(.4

$$f = \begin{cases} f_0, & \frac{f_s}{2} > f_0 \\ f_s - f_0, & else \end{cases}$$