

מנועי בית שמש בע"מ אגף הפיתוח

זיהוי מקדמי הבקרה של מנוע

מיכאל ליכטצינדר
אלברט לוי

זיהוי מקדמי הבקרה של מנוע

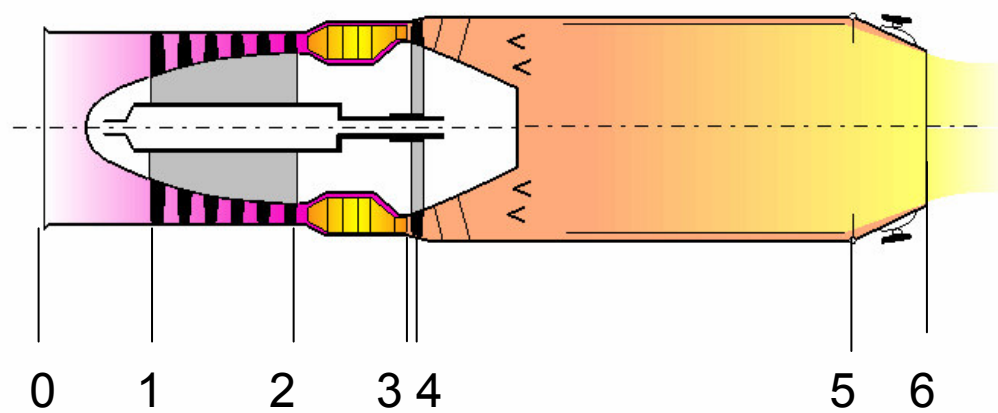
מטרת העבודה

העמקת הידע בנושא בקרת מנועים במב"ש כהכנה לפיתוח מערכות בקרה עבור מנועים עתידיים.

מהות העבודה

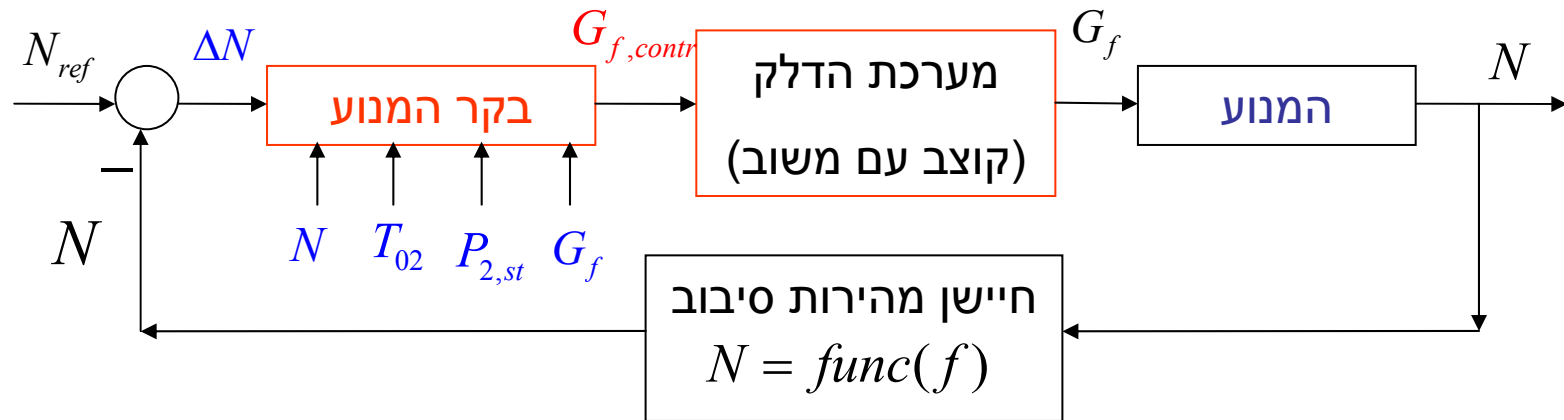
חקירת אלגוריתם הבקרה של מנוע שיפוצי חדש במב"ש והשוואתו לאלגוריתמי בקרה הידועים במנועי סילון.

תחנות המנוע

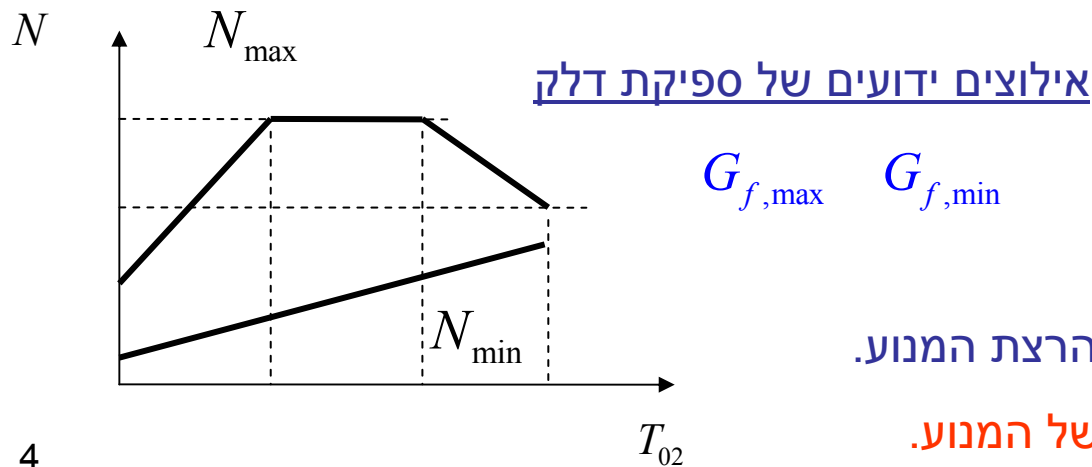


תרשים בקרת המנוע

אינו נמדד אות הבקרה במתקן הרצת המנוע



אילוצים ידועים של בקר המנוע



חוק הבקרה בהחשה (ידוע)

$$Q_{f,contr.law} = f_1(P_{2,st})$$

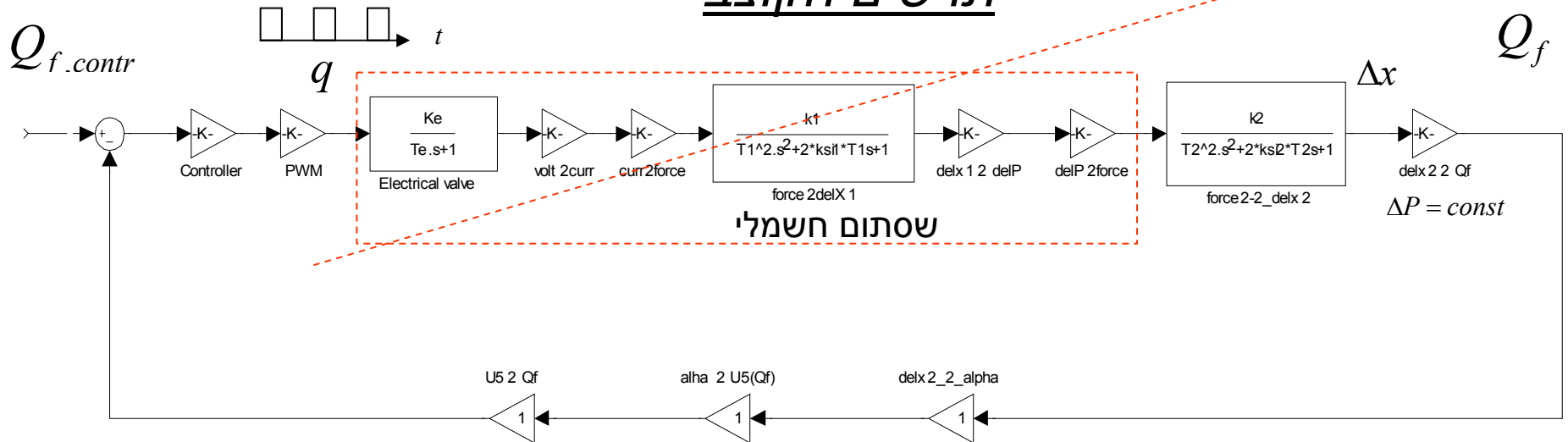
$$\Delta Q_{f,contr} = Q_{f,contr.law} - Q_f$$

נתונים תוצאות ניסוי במתקן הרצת המנוע.

יש לשחזר אלגוריתם בקרה של המנוע.

1. שיחזור מודל מתמטי של הקוצב

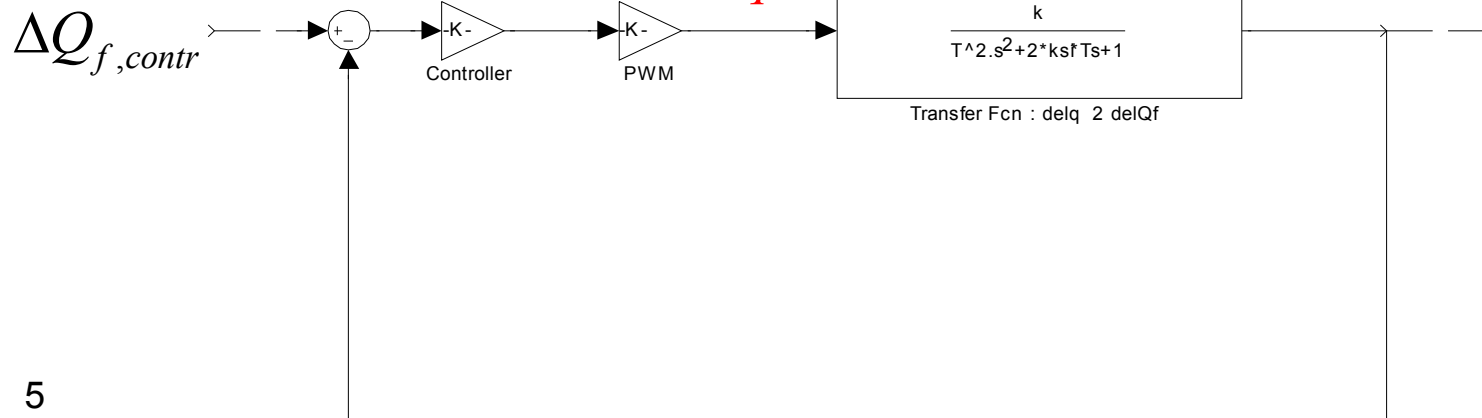
תרשים הקוצב



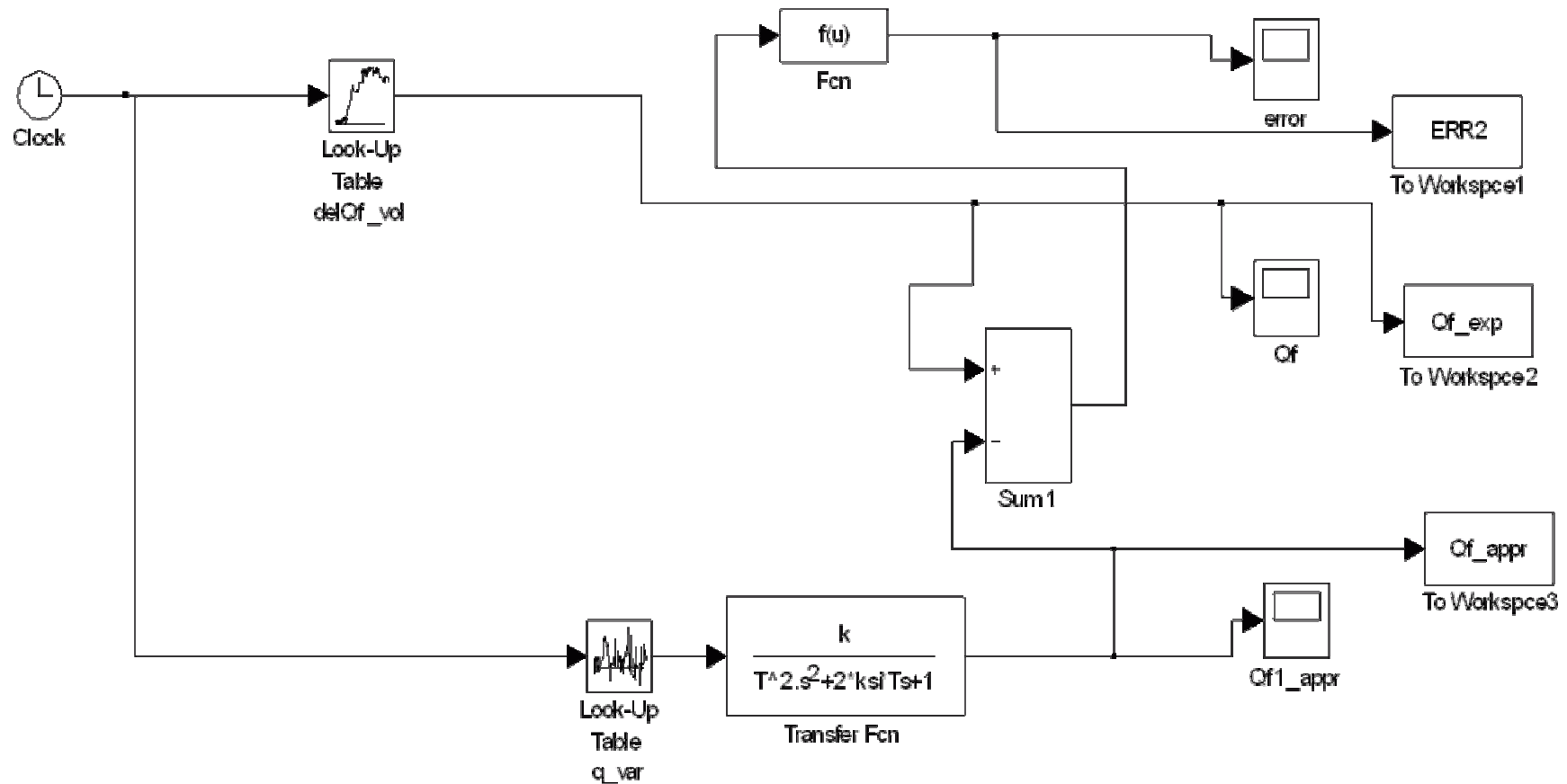
אין גישה

נתון
 Δq

נתון
 ΔQ_f

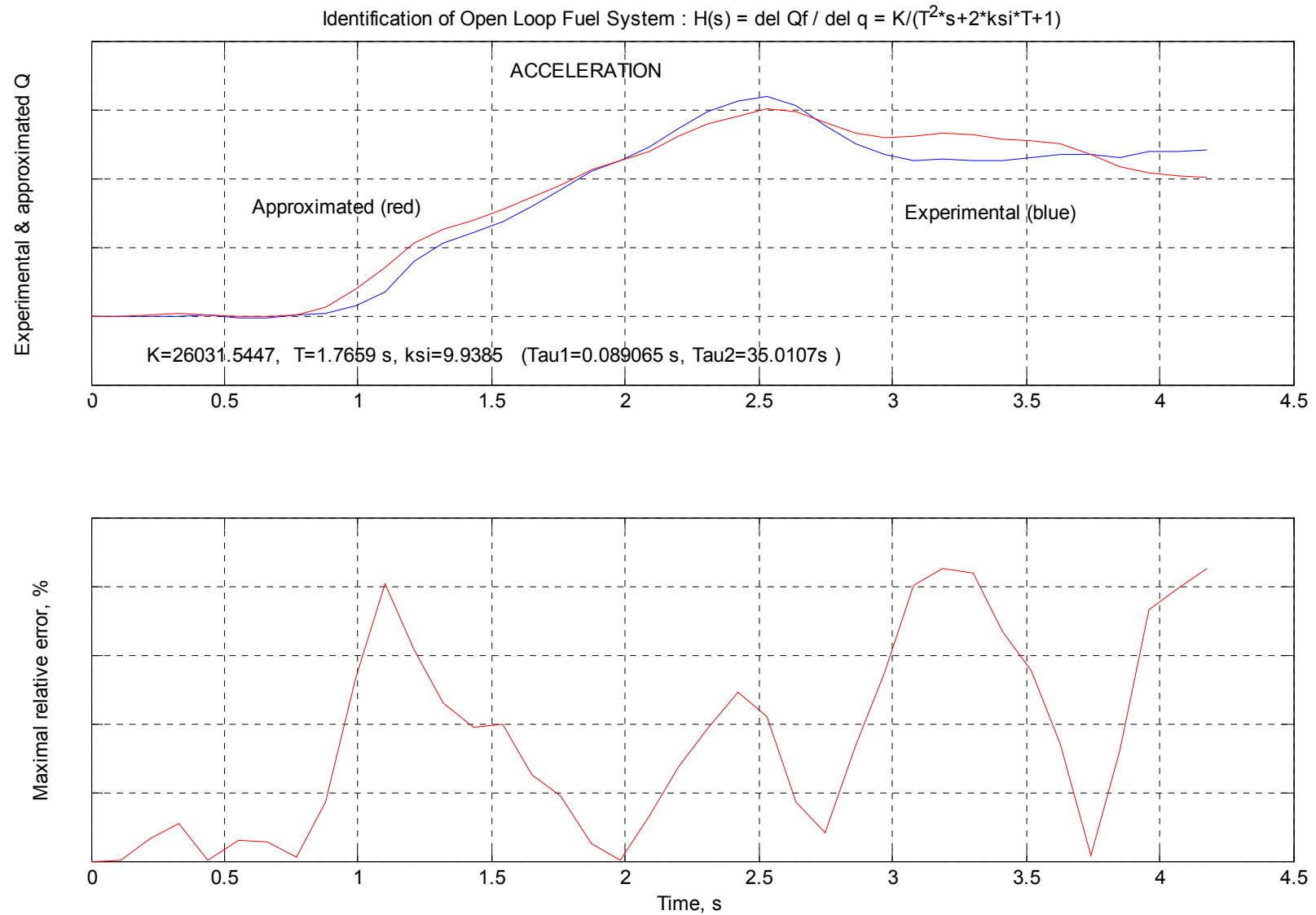


שיחזור פונקצית התמסורת של הקוצב בחוג פתוח ב-Simulink



$$K, T, ksi \rightarrow \min[\max(Error)]$$

שיחזור פונקצית התמסורת של הקוצב בחוג פתוח (החשה)

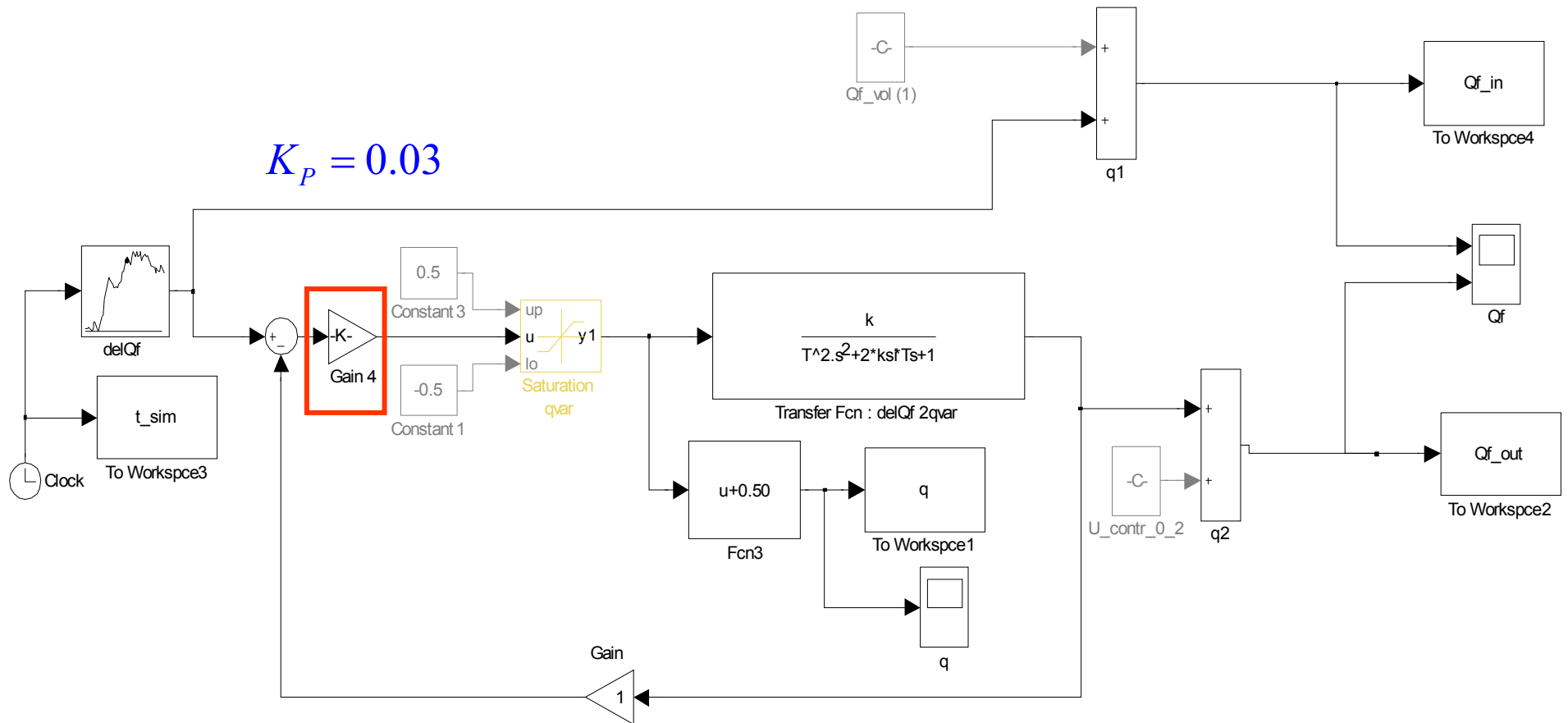


שיחזור פונקצית התמסורת של הקוצב בחוג פתוח

$$H_{f,OL}(s) = \frac{\Delta Q_f(s)}{\Delta q(s)} = \frac{K_{f,OL}}{T_{f,OL}^2 \cdot s^2 + 2 \cdot \xi_{f,OL} \cdot T_{f,OL} \cdot s + 1} = \frac{K_{f,OL}}{(\tau_{1,f,OL} \cdot s + 1) \cdot (\tau_{2,f,OL} \cdot s + 1)}$$

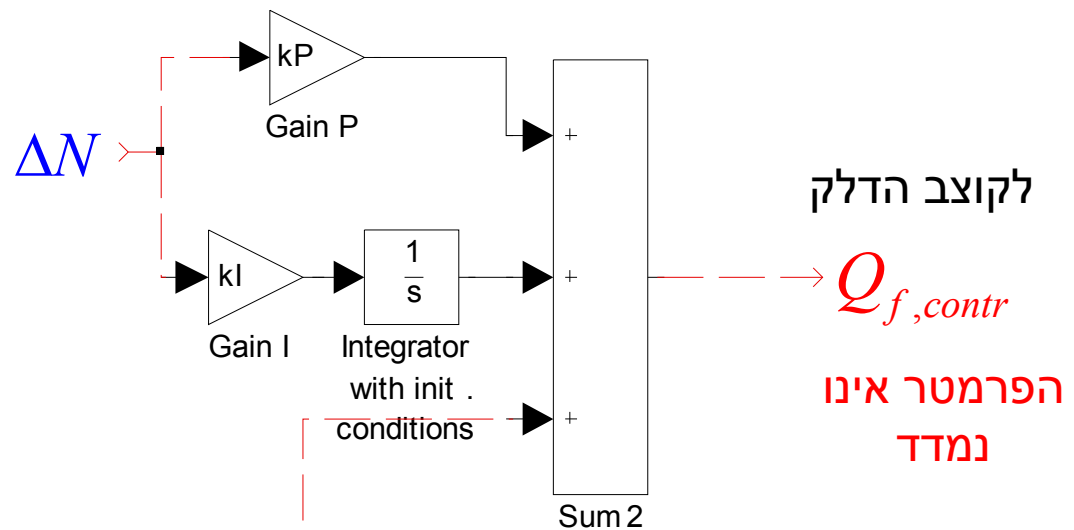
#	max.Qf error v.s. t, s	N	$K_{f,OL}$	$T_{f,OL}$	$\xi_{f,OL}$	$\tau_{1,f,OL}$	$\tau_{2,f,OL}$
		%	-	s	-	s	s
1	Accel. Er=8%	70.9...84.5	23943	1.866	10.23	38.08	0.091
2	Accel. Er=4%	85.6...93.9	16932	2.20	11.48	50.45	0.096
3	Accel. Er=6%	93.9...98.7	19042	1.798	11.63	41751	0.077
4	Decel. Er=3%	100...96.1	19429	1.724	9.094	31.26	0.095
5	Decel. Er=8%	94.3...83.8	16005	1.779	9.660	34.29	0.092
6	Decel. Er=8%	85.3...71.1	16674	1.819	9.220	33.47	0.099

שיחזור בקר פרופורציוני של הקוצב ב-Simulink





2. שחזור בקר מסוג PI של המנוע



חוק הבקרה

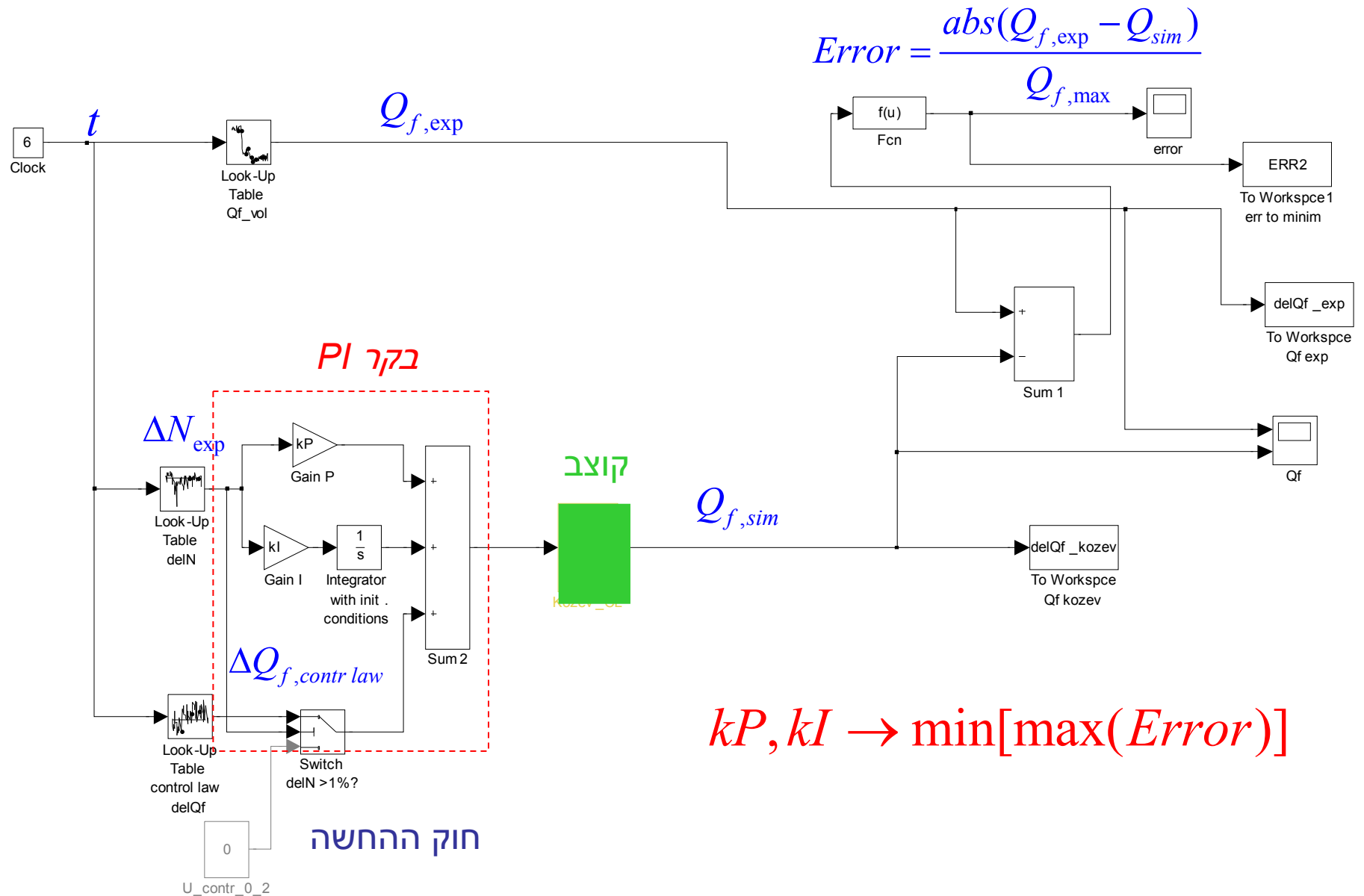
בהחשה :

$$\Delta Q_{f,contr} = Q_{f,contr.law} - Q_f$$

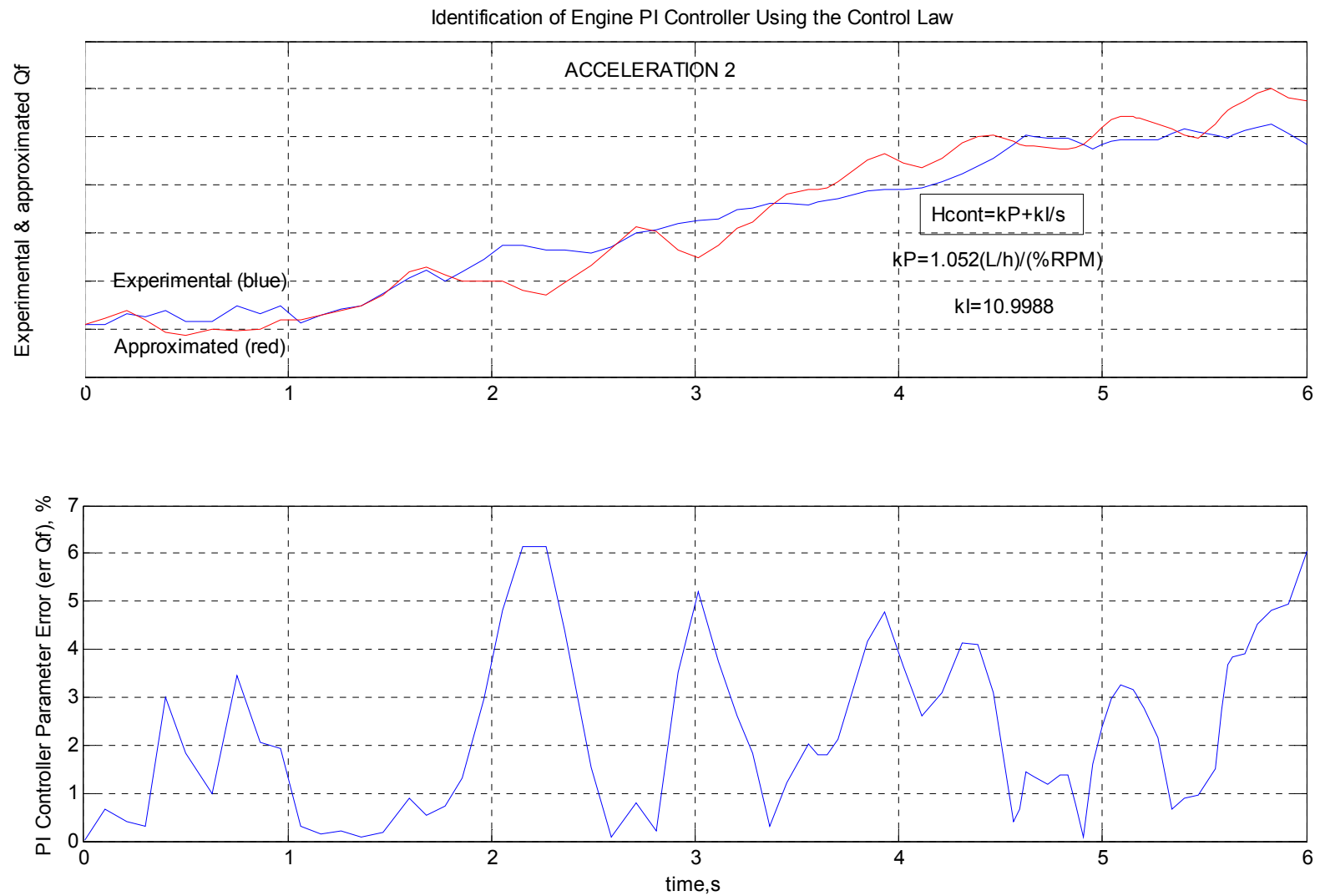
$$\Delta Q_{f,contr} = 0 \quad \text{בהאטה}$$

kI, kP הם נעלמים

שיחזור בקר המנוע בהחשה ובהאטה. תכנת אופטימיזציה ב-Simulink



שיחזור בקר המנוע



שיחזור בקר PI של המנוע

$$H_{contr}(s) = \frac{Q_{f,contr}(s)}{\Delta N(s)} = K_P + \frac{K_I}{s}$$

No.	max.Qf error	N	K_P	K_I
		%		
1	Accel.1 Er=15%	70.9...84.5	1.294	7.52
2	Accel.2 Er=6%	85.6...93.9	1.052	11.0
3	Accel.3 Er=4%	93.9...98.7	0.883	13.66
4	Decel.1 Er=6%	100...96.1	1.025	12.10
5	Decel.2 Er=3%	94.3...83.8	1.091	13.91
6	Decel.3 Er=8%	85.3...71.1	1.046	12.26

ערכים ממוצעים

של הבקר:

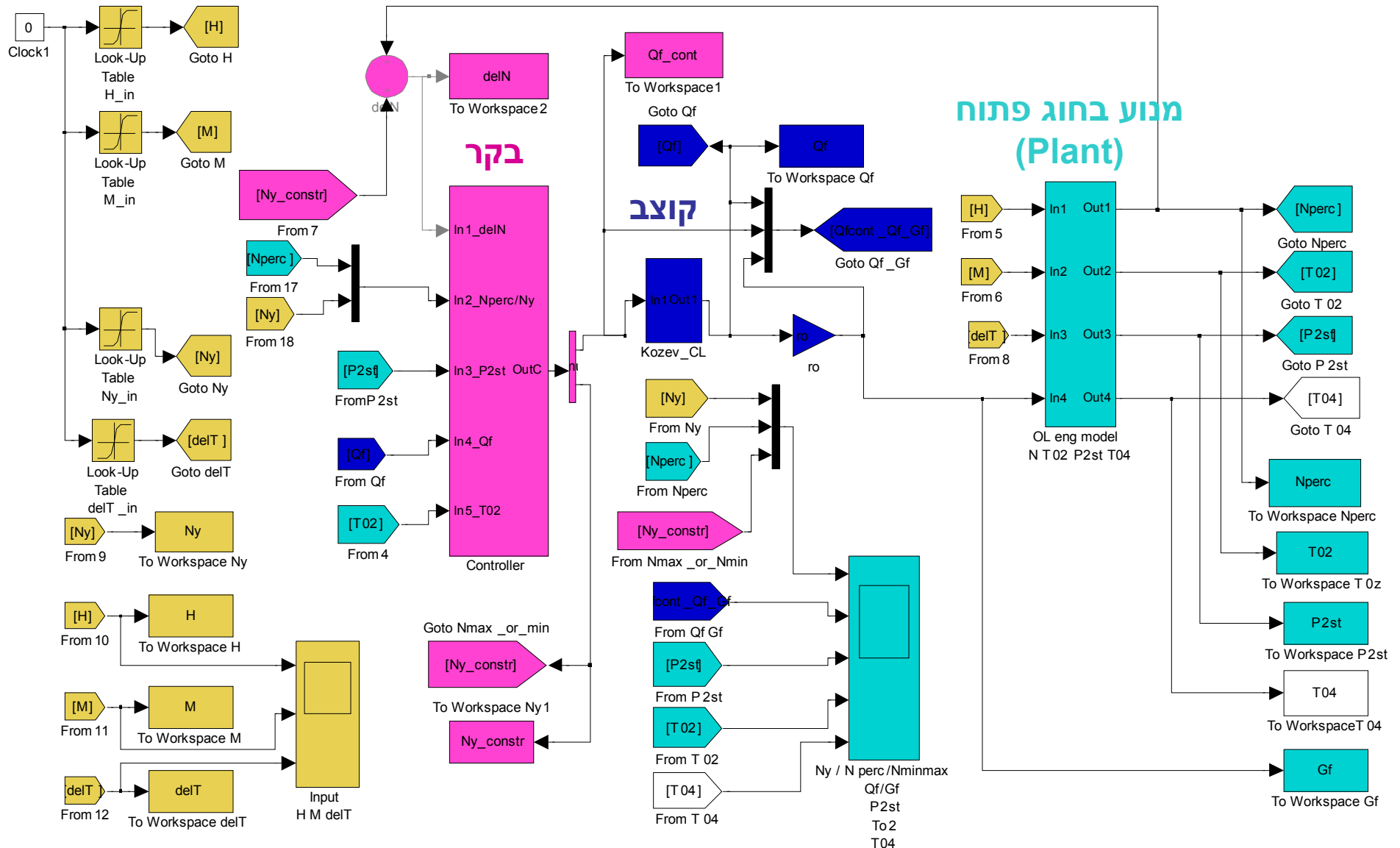
$$\bar{K}_p = 1.06$$

$$\bar{K}_I = 11.74$$



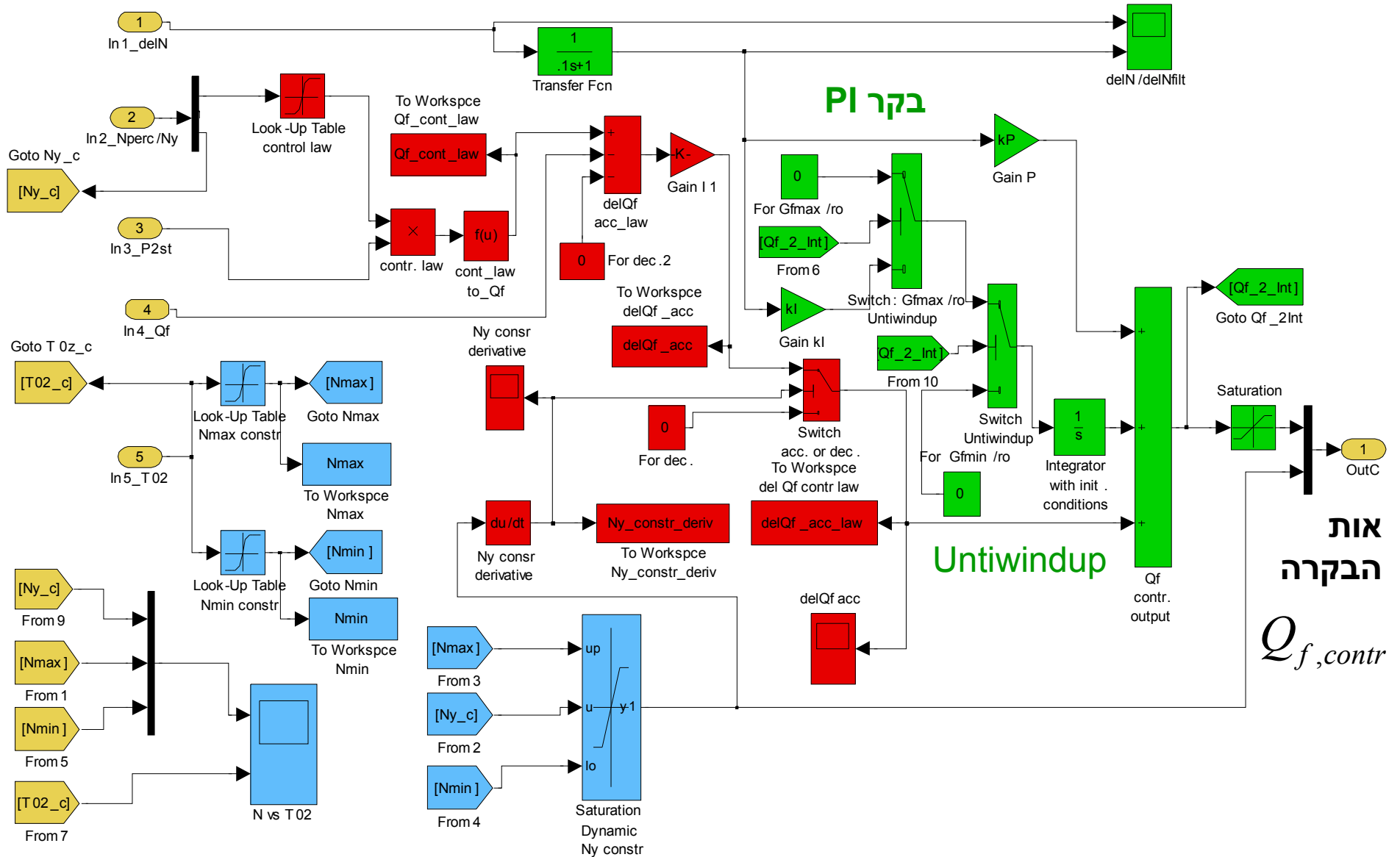
3. בדיקת מודלים משוחזרים של הקוצב והבקר באמצעות סימולציות

קוד SIMULINK לסימולציות המנוע בחוג סגור בזמן האמת



הבקר (תת מערכת)

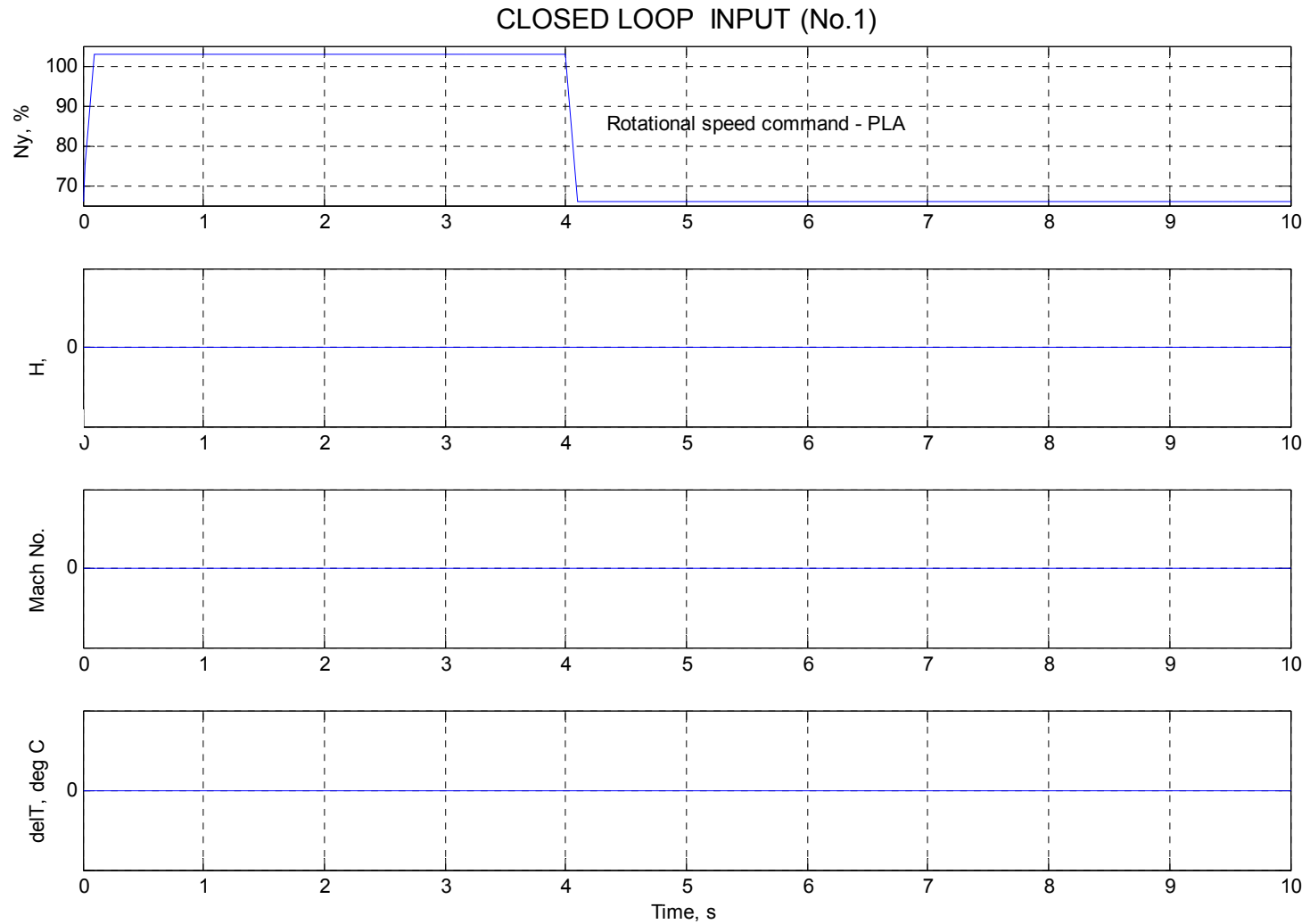
בקרת החשה



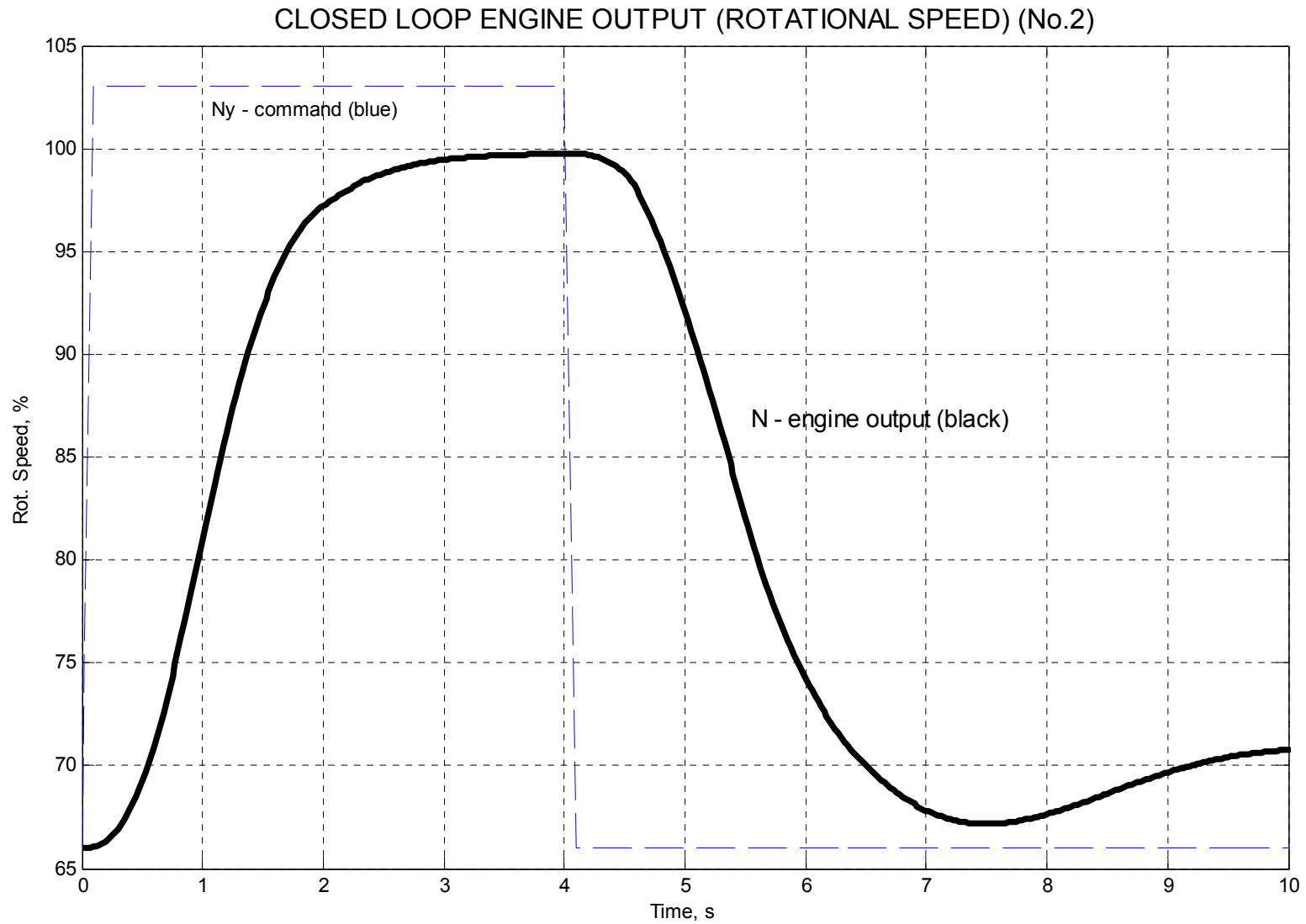
אילוצי מהירות סיבוב (מגבלים)

תגובה למדרגה של המנוע בחוג סגור בהחשה ובהאטה:

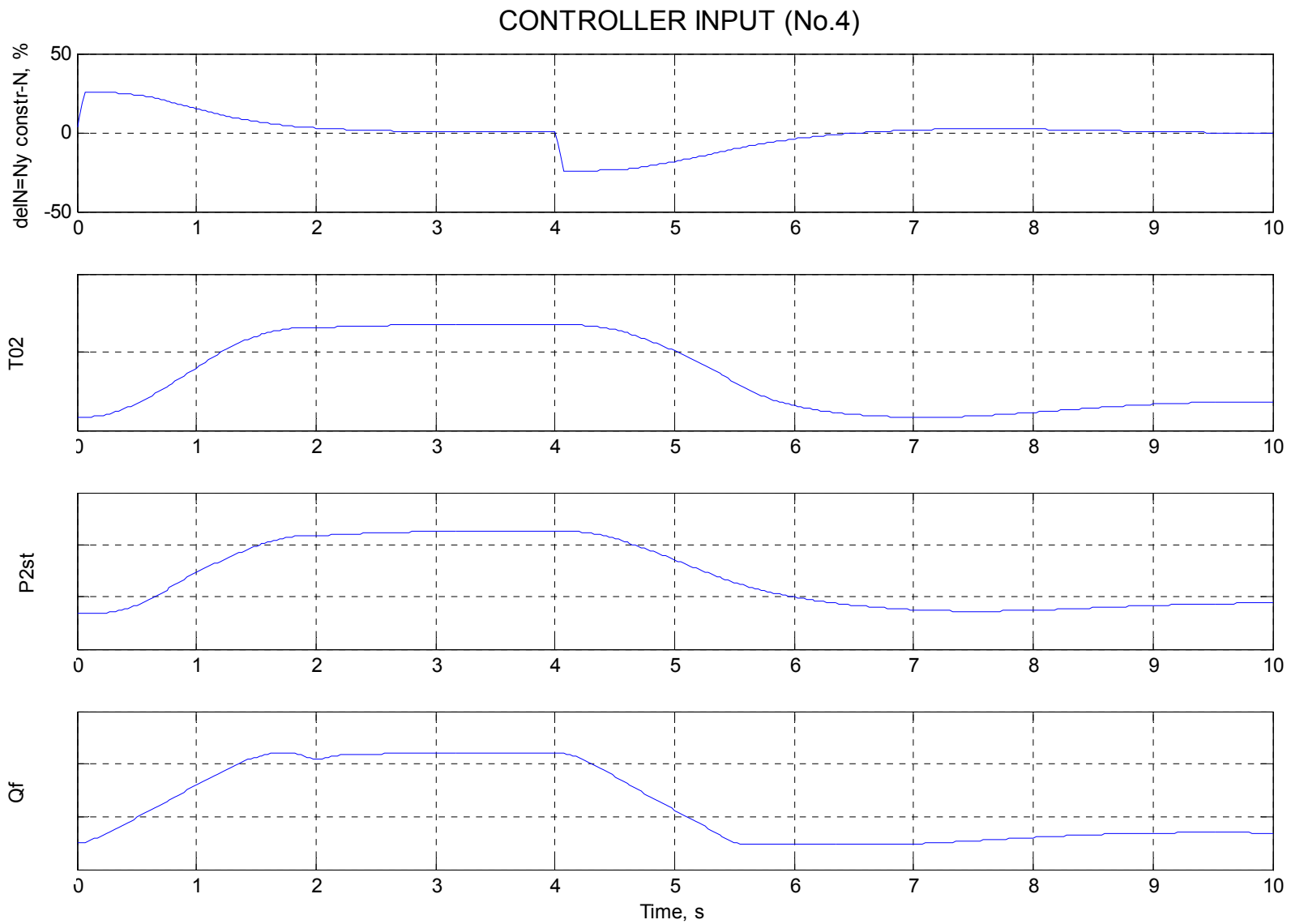
(א) קלט המנוע



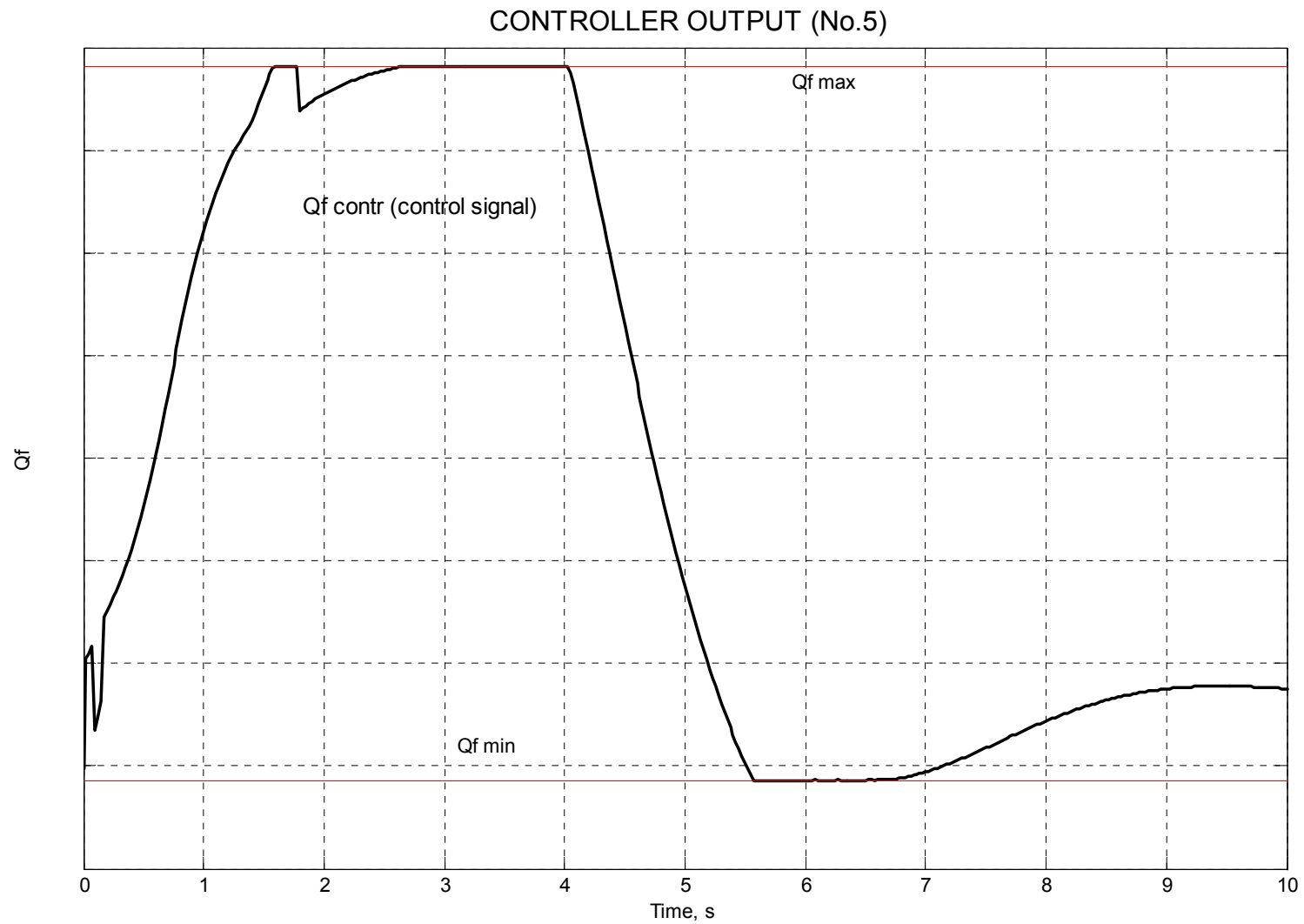
תגובה למדרגה של המנוע בחוג סגור : ב) פלט



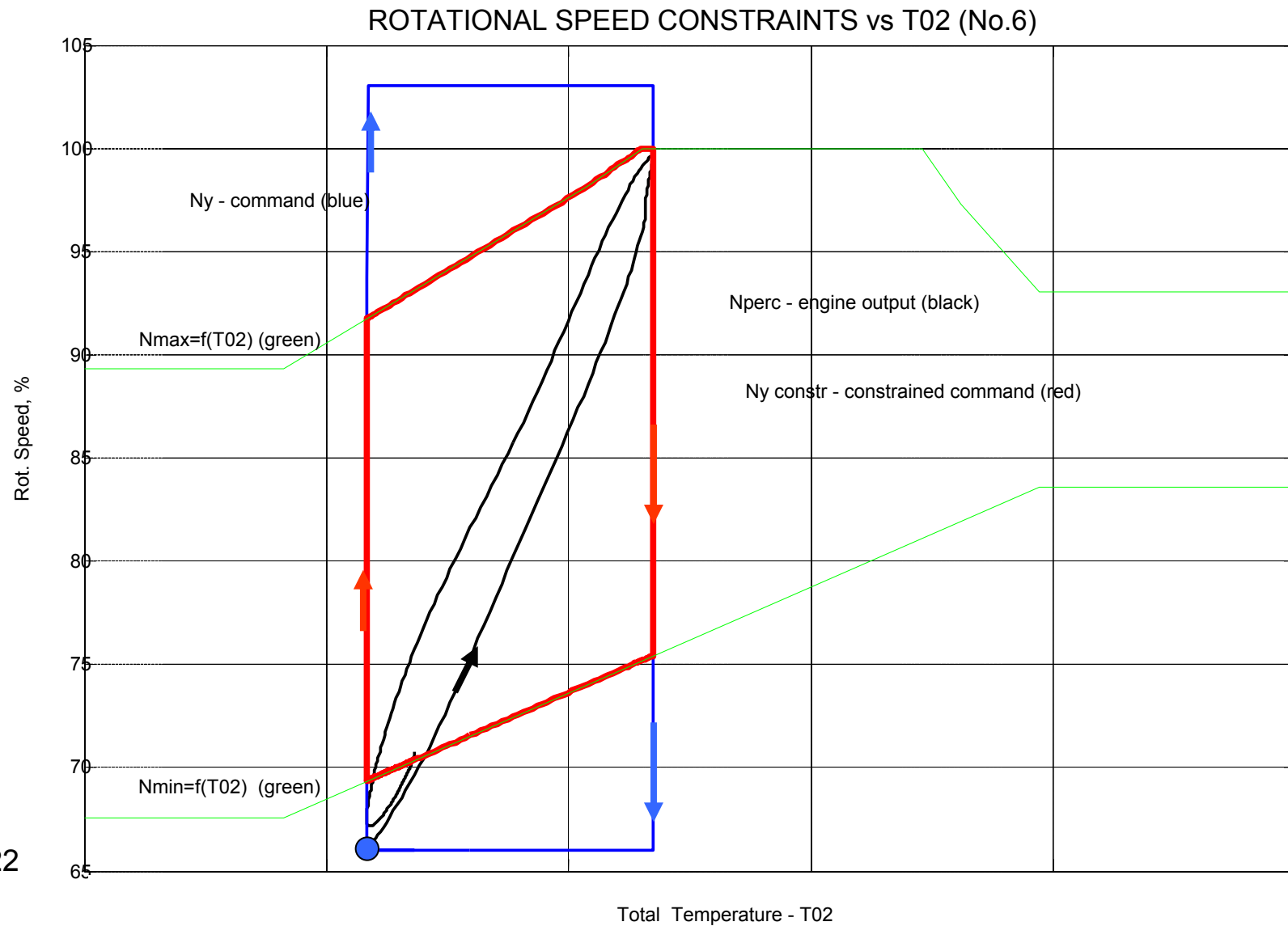
תגובה למדרגה של מנוע בחוג סגור : ג) קלט הבקר



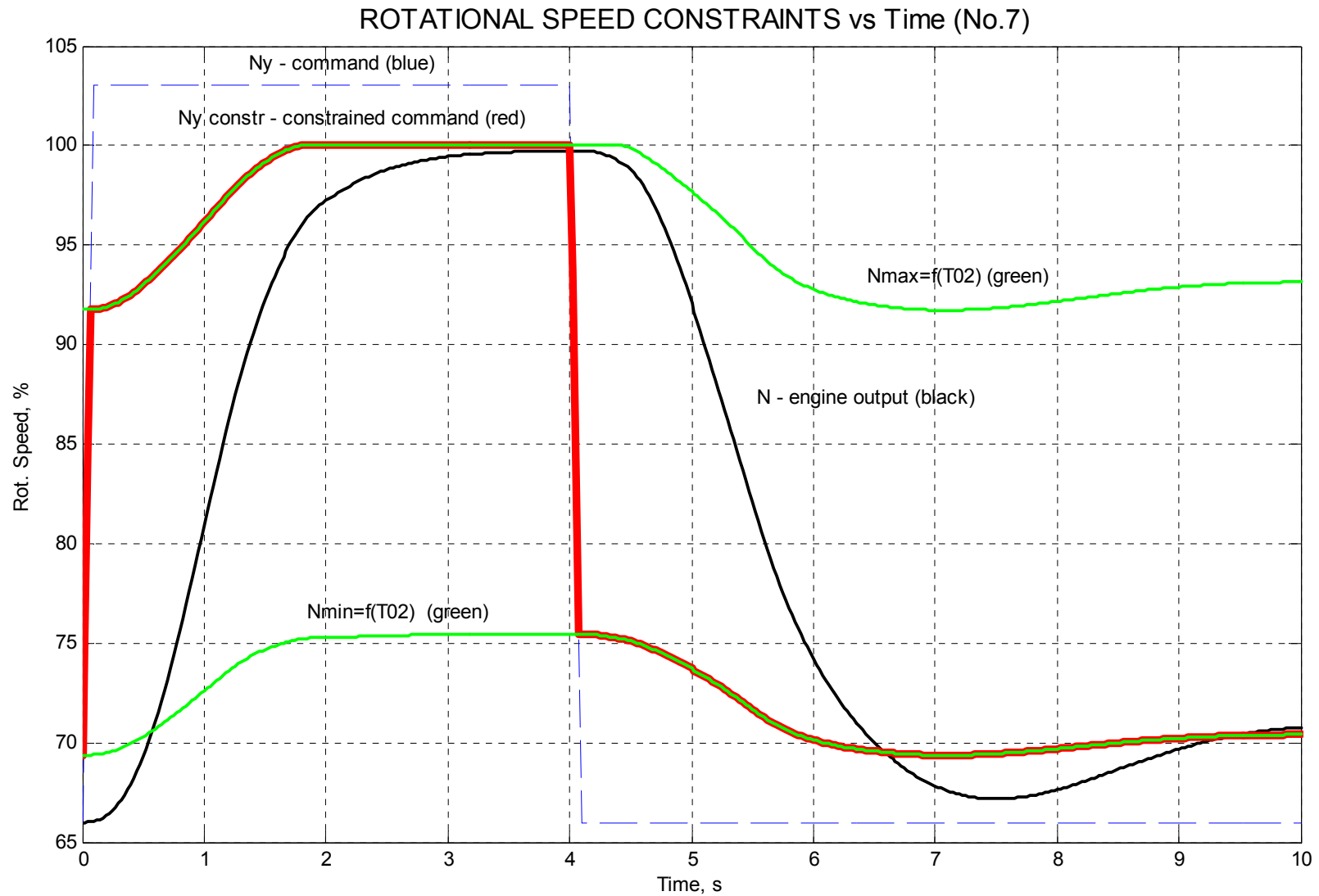
תגובה למדרגה של מנוע בחוג סגור : ד) פלט הבקר



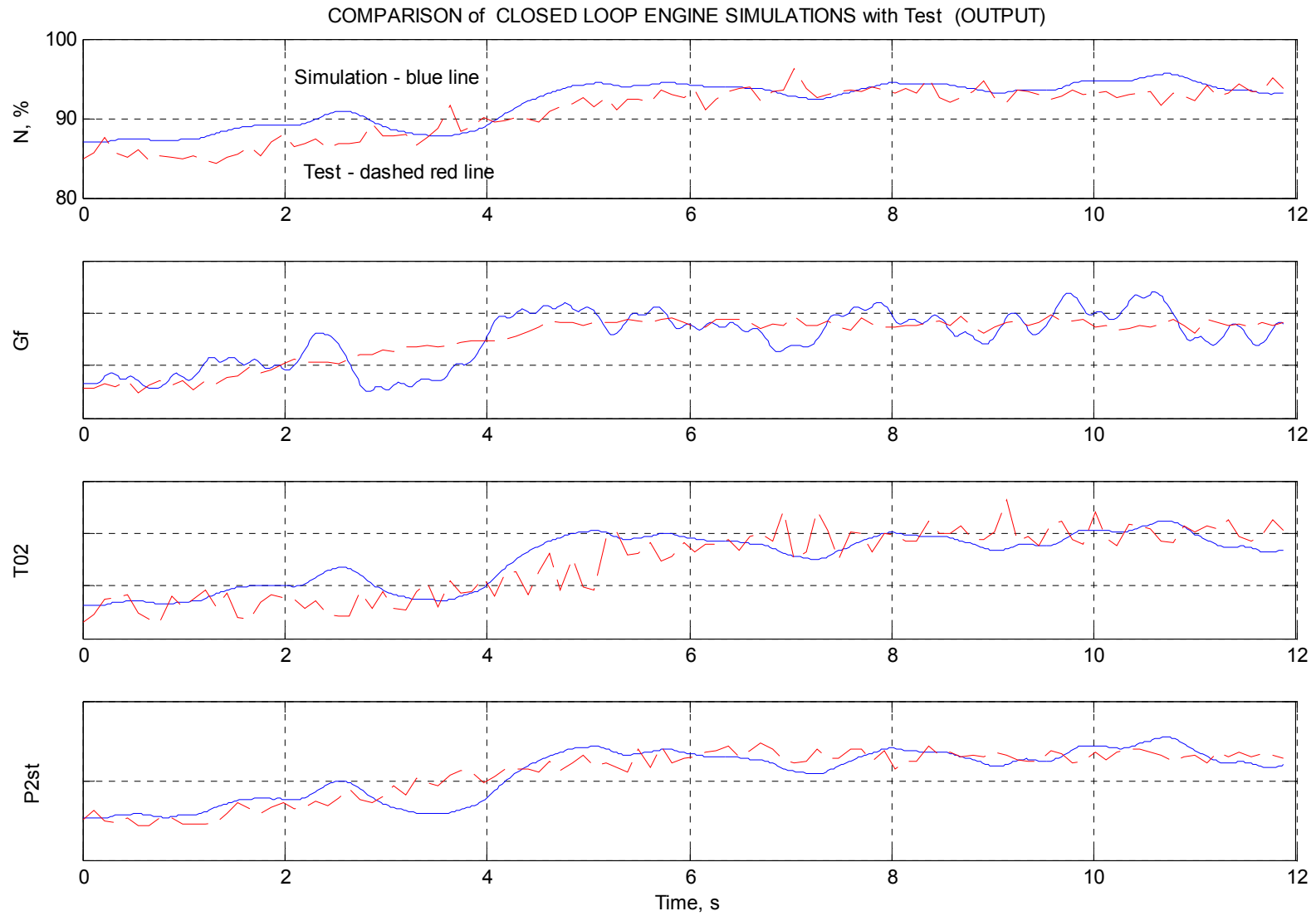
תגובה למדרגה של מנוע בחוג סגור :
(ה) אילוצי מהירות סיבוב כנגד T_{02}



תגובה למדרגה של בחוג סגור : ו) אילוצי מהירות סיבוב כנגד זמן



השוואה בין תוצאות סימולציות בחוג סגור לניסוי של המנוע. פלט



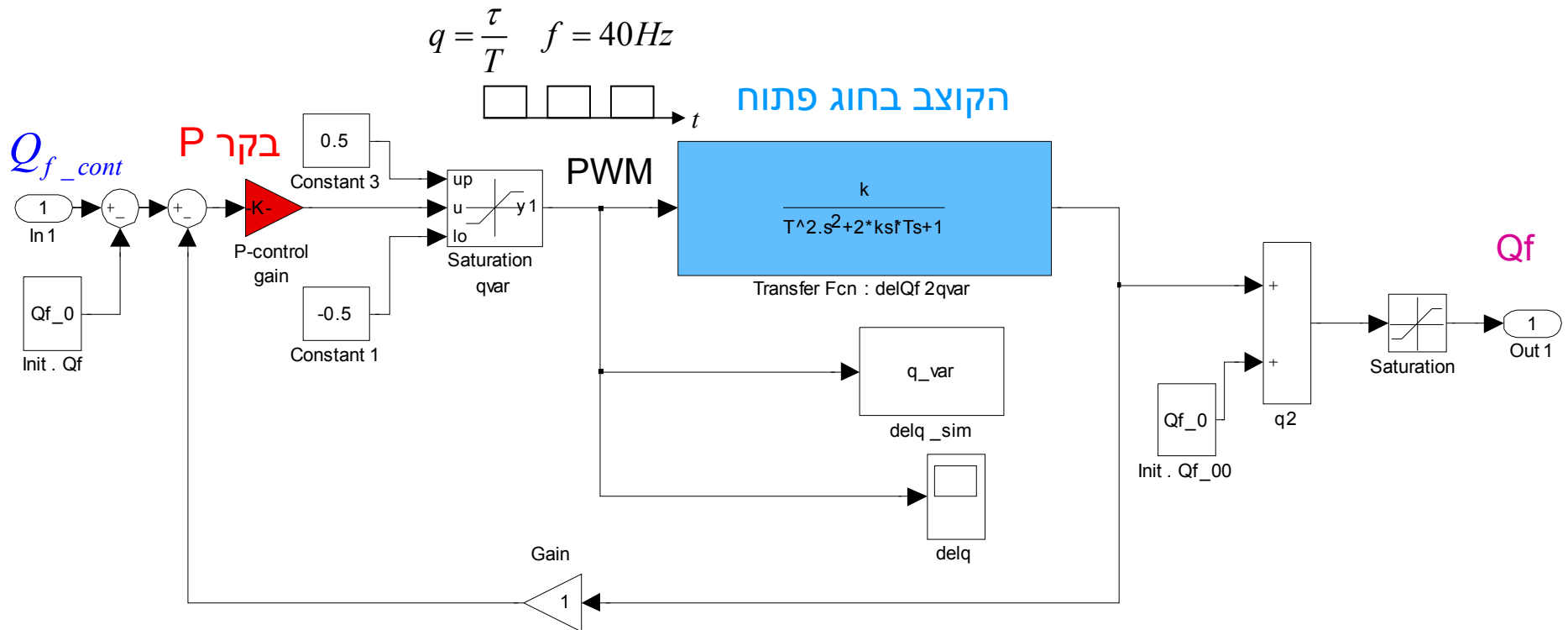
לסיכום:

1. שוחזר ומומש ב- Matlab/Similink בקר של מנוע הכולל :
 - בקר PI
 - בקר החשה
 - אילוצי מהירות סיבוב מקסימאלית ומינימאלית כפונקצית טמפרטורה טוטלית
 - אילוצי ספיקת דלק מקסימאלית ומינימאלית.
2. שוחזר מודל קוצב הדלק של המנוע.
3. נבנה קוד Simulink לסימולציה של המנוע בחוג סגור שכולל את הרכיבים המשוחזרים.
4. בוצעה השוואה בין תוצאות הסימולציה לתוצאות ניסוי.

נספח 1:

הקוצב עם בקר מסוג P

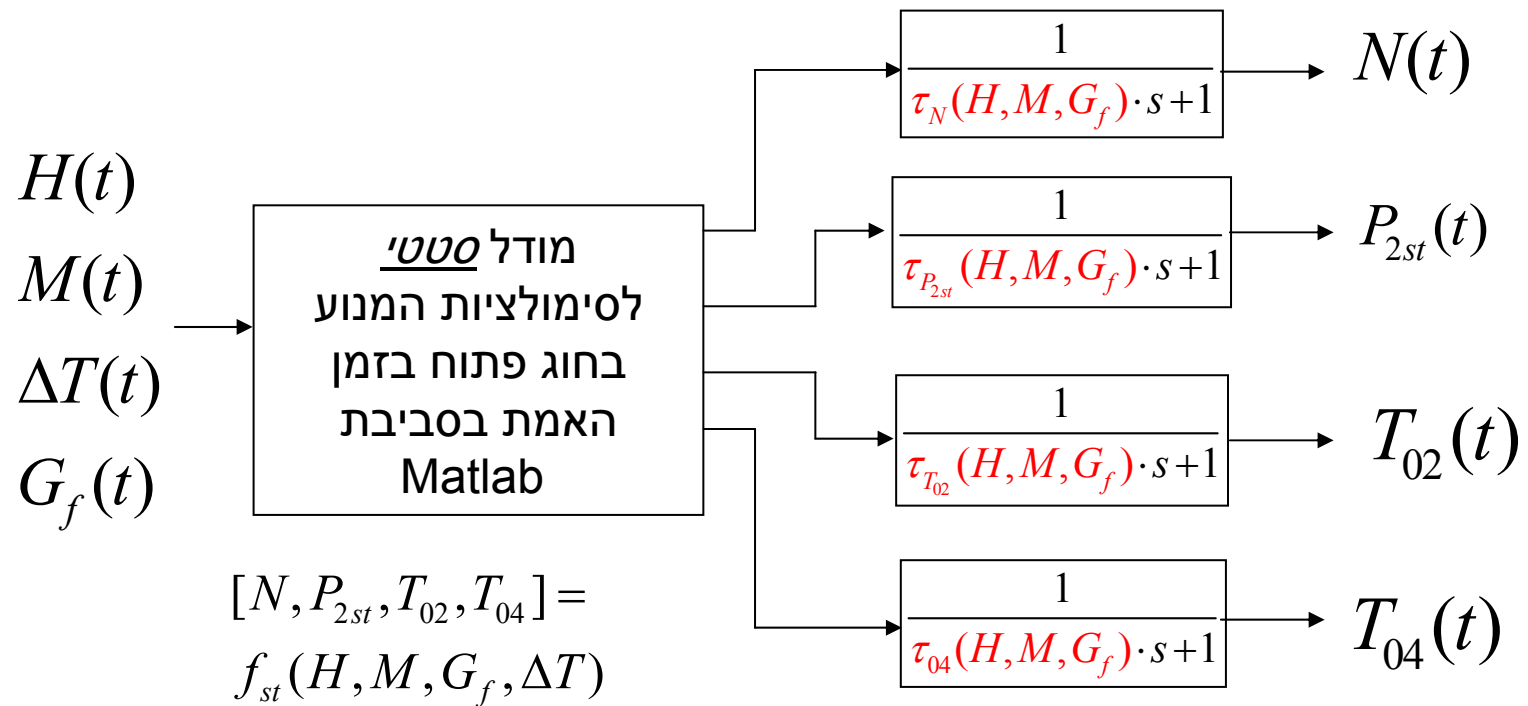
הקוצב עם בקר מסוג P (תת מערכת)



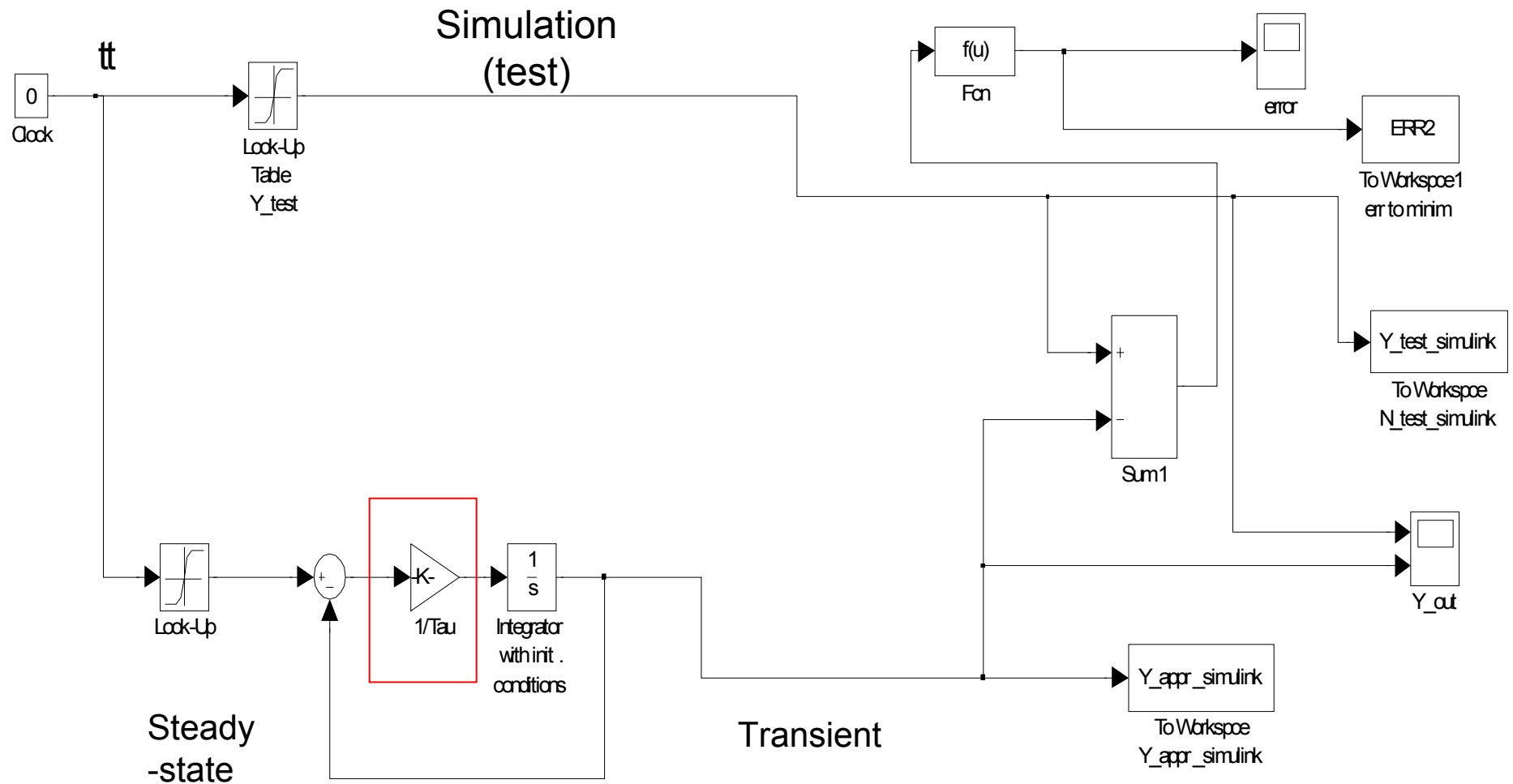
נספח 2:

מודל דינאמי לסימולציות המנוע בחוג פתוח בזמן אמת

3. מודל דינאמי לסימולציות המנוע בזמן אמת (חוג פתוח)



קוד Simulink לשחזור קבועי הזמן של המודל הדינמי



$$\tau \rightarrow \min[\max(Error(t))]$$

תוצאות חישוב קבועי זמן של המודל הדינאמי

Tau_N(:, :, 1) = ...
[0.7800 0.7000 0.4800 0.4100
0.8500 0.8000 0.5500 0.4700
0.9598 0.9000 0.7000 0.5500
1.1767 1.0409 0.8000 0.6000
1.4696 1.2000 0.9181 0.7000];

Tau_T02(:, :, 1) = ...
[0.4900 0.4500 0.4000 0.3500
0.5500 0.4800 0.4500 0.3700
0.6345 0.5200 0.4900 0.4000
0.6900 0.5803 0.5200 0.4200
0.8000 0.7200 0.5547 0.4700];

Tau_P2st(:, :, 1) = ...
[0.8500 0.6000 0.45000 0.3000
0.9000 0.6800 0.52000 0.3500
0.9538 0.7800 0.6000 0.4000
1.1852 0.9888 0.6800 0.4500
1.4000 1.2000 0.7540 0.5000];

המנוע בחוג פתוח - Plant (תת מערכת)

מנועי בית שמש בע"מ אגף הפיתוח

