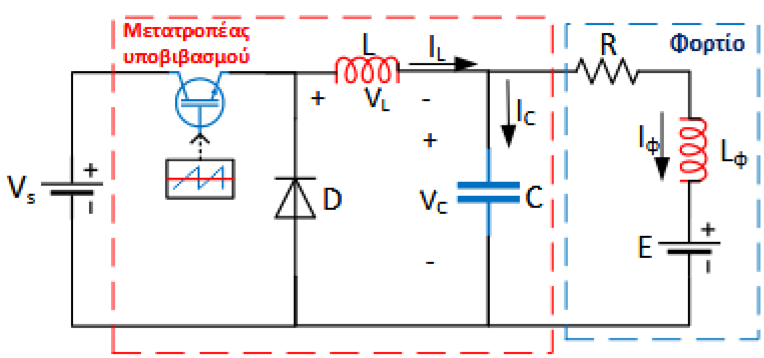
Αναφορά Τρίτης Εργαστηριακής Άσκησης Ηλεκτρονικά Ισχύος

ΑΝΔΡΕΑΣ ΚΑΡΟΓΙΑΝΝΗΣ

1.

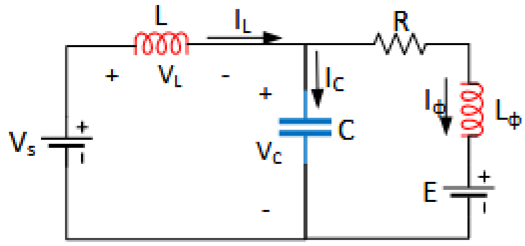
Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται ο μετατροπέας υποβιβασμού Σ.Ρ. που τροφοδοτείται από σταθερή τάση Vs και τροφοδοτεί ένα R-L φορτίο με εσωτερική τάση E που θα αναλυθεί η λειτουργία του.



Ο ηλεκτρονικός διακόπτης είναι ενεργοποιημένος και δίνεται σε εκείνον παλμό έναυσης όταν η τιμή του duty cycle είναι μεγαλύτερη από αυτή του τριγωνικού παλμού. Αντίστροφα όταν η τιμή του duty cycle είναι μικρότερη από αυτή του τριγωνικού παλμού ο διακόπτης είναι κλειστός και το σύστημα έχει 2 φάσεις λειτουργίας.

1η φάση

Φ1 : Διακόπτης κλειστός $0 \leq t < DT$



$$V_L(t) = V_s - V_c(t) = L \cdot \frac{dI_L(t)}{dt}$$

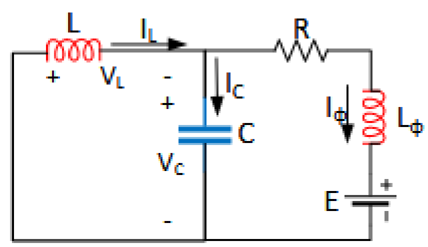
$$V_c(t) = R \cdot I_\Phi(t) + L_\Phi \cdot \frac{dI_\Phi(t)}{dt} + E$$

$$I_c(t) = C \cdot \frac{dV_C(t)}{dt}$$

$$I_L(t) = I_C(t) + I_\Phi(t)$$

2η φάση

Φ2 : Διακόπτης ανοικτός $DT \leq t < T$



$$-V_C(t) = L \cdot \frac{dI_L(t)}{dt}$$

$$V_c(t) = R \cdot I_\Phi(t) + L_\Phi \cdot \frac{dI_\Phi(t)}{dt} + E$$

$$I_c(t) = C \cdot \frac{dV_C(t)}{dt}$$

$$I_L(t) = I_C(t) + I_\Phi(t)$$

Από τις 2 παραπάνω φάσεις και με την βοήθεια των εξισώσεων καταλήγουμε στους πίνακες...

$$\frac{d}{dt}\begin{bmatrix} I_L(t) \\ I_\Phi(t) \\ V_C(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -\frac{1}{L} \\ 0 & -\frac{R}{L_\varphi} & \frac{1}{L_\varphi} \\ \frac{1}{C} & -\frac{1}{C} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_L(t) \\ I_\Phi(t) \\ V_C(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L} & 0 \\ 0 & -\frac{1}{L_\varphi} \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_s \\ E \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} I_L(t) \\ I_\Phi(t) \\ V_C(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_L(t) \\ I_\Phi(t) \\ V_C(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_s \\ E \end{bmatrix}$$

Από το Matlab με την χρήση των κατάλληλων συναρτήσεων καταφέρνουμε να βγάλουμε τις τιμές στους παραπάνω πίνακες και να επιβεβαιώσουμε το αποτέλεσμα μας (Ακολουθεί η μορφή του συστήματος που παίρνουμε στο Matlab).

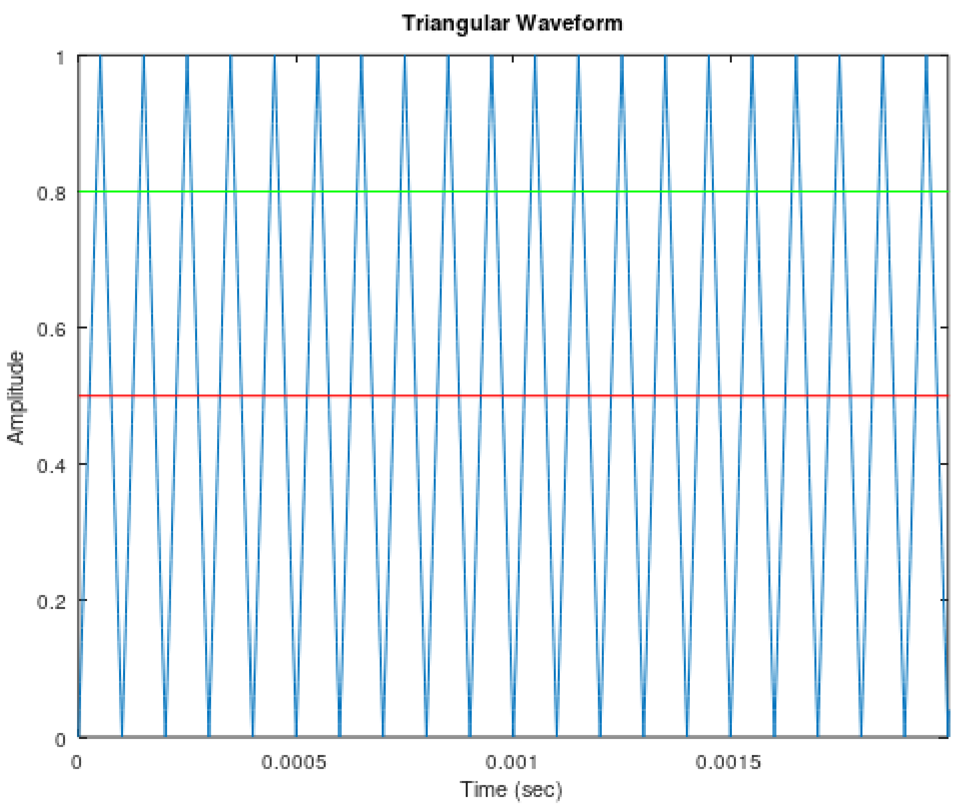
$$\mathrm{x(k+1)} = \mathrm{A_{1,d}x(k)} + \mathrm{B_{1,d}u(k)}$$
$$\mathrm{y(k)} = \mathrm{C_{1,d}x(k)} + \mathrm{D_{1,d}u(k)}$$

Οι τιμές έχουν υπολογιστεί για όλες τις τιμές του duty cycle και του L.

```
Discrete time matrixes for Phase 1 and  Duty cycle=:0.5and L=0.001.
Discrete A matrix:
   9.9995e-01   4.9899e-05  -9.9995e-04
   9.9798e-05   9.9392e-01   1.9939e-03
   9.9995e-02  -9.9696e-02   9.9985e-01
Discrete B matrix:
   9.9998e-04  -3.3283e-08
   3.3283e-08  -1.9939e-03
   4.9999e-05   9.9798e-05
Discrete C matrix:
   1   0   0
   0   1   0
   0   0   1
Discrete D matrix:
   0   0
   0   0
   0   0
Discrete time matrixes for Phase 2 and  Duty cycle=:0.5and L=0.001.
Discrete A matrix:
   9.9995e-01   4.9899e-05  -9.9995e-04
   9.9798e-05   9.9392e-01   1.9939e-03
   9.9995e-02  -9.9696e-02   9.9985e-01
Discrete B matrix:
            0  -3.3283e-08
            0  -1.9939e-03
            0   9.9798e-05
Discrete C matrix:
   1   0   0
   0   1   0
   0   0   1
Discrete D matrix:
   0   0
   0   0
   0   0
Discrete time matrixes for Phase 1 and  Duty cycle=:0.5and L=0.01.
Discrete A matrix:
   1.0000e+00   4.9899e-06  -9.9997e-05
   9.9799e-05   9.9392e-01   1.9939e-03
   9.9997e-02  -9.9697e-02   9.9990e-01
Discrete B matrix:
   1.0000e-04  -3.3283e-09
   3.3283e-09  -1.9939e-03
   4.9999e-06   9.9799e-05
Discrete C matrix:
   1   0   0
   0   1   0
   0   0   1
Discrete D matrix:
   0   0
   0   0
   0   0
Discrete time matrixes for Phase 2 and  Duty cycle=:0.5and L=0.01.
Discrete A matrix:
   1.0000e+00   4.9899e-06  -9.9997e-05
   9.9799e-05   9.9392e-01   1.9939e-03
   9.9997e-02  -9.9697e-02   9.9990e-01
Discrete B matrix:
            0  -3.3283e-09
            0  -1.9939e-03
            0   9.9799e-05
```

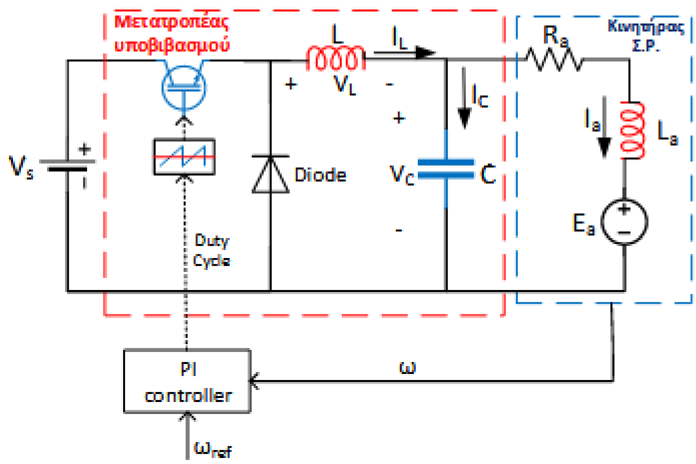
```
Discrete C matrix:
   1   0   0
   0   1   0
   0   0   1
Discrete D matrix:
   0   0
   0   0
   0   0
Discrete time matrixes for Phase 2 and  Duty cycle=:0.8and L=0.001.
Discrete A matrix:
   9.9995e-01   4.9899e-05  -9.9995e-04
   9.9798e-05   9.9392e-01   1.9939e-03
   9.9995e-02  -9.9696e-02   9.9985e-01
Discrete B matrix:
            0  -3.3283e-08
            0  -1.9939e-03
            0   9.9798e-05
Discrete C matrix:
   1   0   0
   0   1   0
   0   0   1
Discrete D matrix:
   0   0
   0   0
   0   0
>> |
```

Στο Matlab καταφέραμε να επιβεβαιώσουμε και την μορφή του τριγωνικού παλμού συγκριτικά με τις αντίστοιχες τιμές του Duty Cycle.



2.

Στην παρακάτω εικόνα ακολουθεί το δεύτερο μας σύστημα. Έχουμε μία διάταξη μετατροπέα υποβιβασμού Σ.Ρ. για τον έλεγχο των στροφών κινητήρα Σ.Ρ. μόνιμων μαγνητών που τροφοδοτείται από σταθερή τάση Vs. Η τάση Vs, για κάθε περίοδο, είναι ένας μη αρνητικός τετραγωνικός παλμός πλάτους 300V. Η διάρκεια του παλμού εξαρτάται από το duty cycle του διακόπτη(0 έως 1).Μέσω του PI ελεγκτή μπορούμε να σταθεροποιήσουμε τις στροφές. Ακολουθούν οι παράμετροι του κινητήρα. Όπως και στην πρώτη περίπτωση έχουμε 2 φάσεις(μια για διακόπτη ανοιχτό και μια για διακόπτη κλειστό)



Πίνακας 1 Παράμετροι κινητήρα Σ.Ρ.

Παράμετρος	**Σύμβολο**	**Τιμή**
Αντίσταση τυλίγματος οπλισμού	R_a	3Ω
Αυτεπαγωγή τυλίγματος οπλισμού	L_a	$0.5 \cdot 10^{-3}$ H
Σταθερά αδρανείας	J	$5 \cdot 10^{-3}$ kgm²
Σταθερά Ροπής Κινητήρα	k_T	0.3 Nm/A
Ηλεκτρική Σταθερά Κινητήρα	k_e	0.3 V/rad/s

Ακολουθούν οι διαφορικές εξισώσεις του κινητήρα όπως υπολογίστηκαν από την θεωρία

$$J\frac{d\omega(t)}{dt} = T_e(t) - T_L(t)$$

$$E_a(t) = k_e \cdot \omega(t)$$

$$T_e(t) = k_T \cdot I_a(t)$$

$$D(t) = K \cdot \left(\omega_{ref}(t) - \omega(t)\right) + K_I \cdot \int \left(\omega_{ref}(t) - \omega(t)\right) \cdot dt$$

Ακολουθούν οι διαφορικές εξισώσεις του συστήματος όπως υπολογίστηκαν από το Matlab...

```
Discrete time matrixes for Phase 1
Discrete A matrix:
    1.0000    0.0000   -0.0010   -0.0000
    0.0001    0.9939    0.0020   -0.0003
    0.1000   -0.0997    0.9999    0.0000
    0.0000    0.0001    0.0000    1.0000

Discrete B matrix:
   1.0e-03 *

    1.0000    0.0000
    0.0000    0.0000
    0.0500   -0.0000
    0.0000   -0.2000

Discrete C matrix:
     1     0     0     0
     0     1     0     0
     0     0     1     0
     0     0     0     1

Discrete D matrix:
     0     0
     0     0
     0     0
     0     0
```

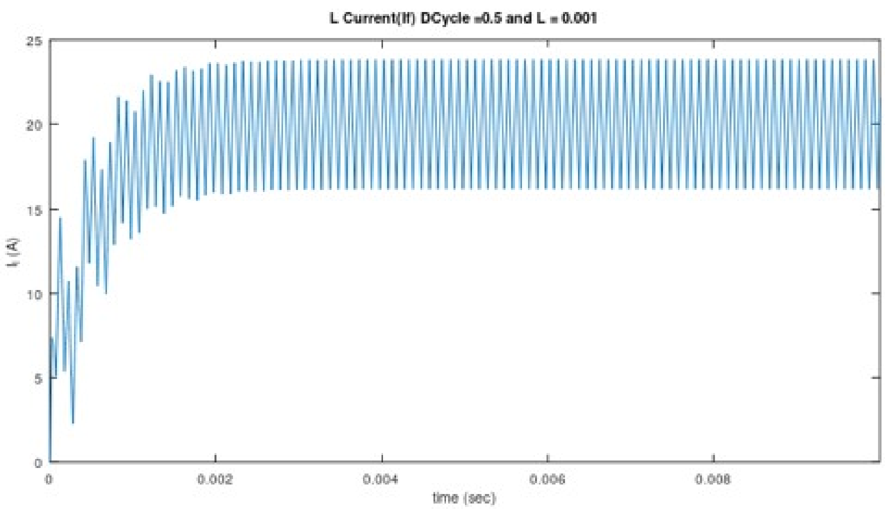
```
Discrete time matrixes for Phase 2
Discrete A matrix:
    1.0000    0.0000   -0.0010   -0.0000
    0.0001    0.9939    0.0020   -0.0003
    0.1000   -0.0997    0.9999    0.0000
    0.0000    0.0001    0.0000    1.0000

Discrete B matrix:
   1.0e-03 *

         0    0.0000
         0    0.0000
         0   -0.0000
         0   -0.2000

Discrete C matrix:
     1     0     0     0
     0     1     0     0
     0     0     1     0
     0     0     0     1

Discrete D matrix:
     0     0
     0     0
     0     0
     0     0
```

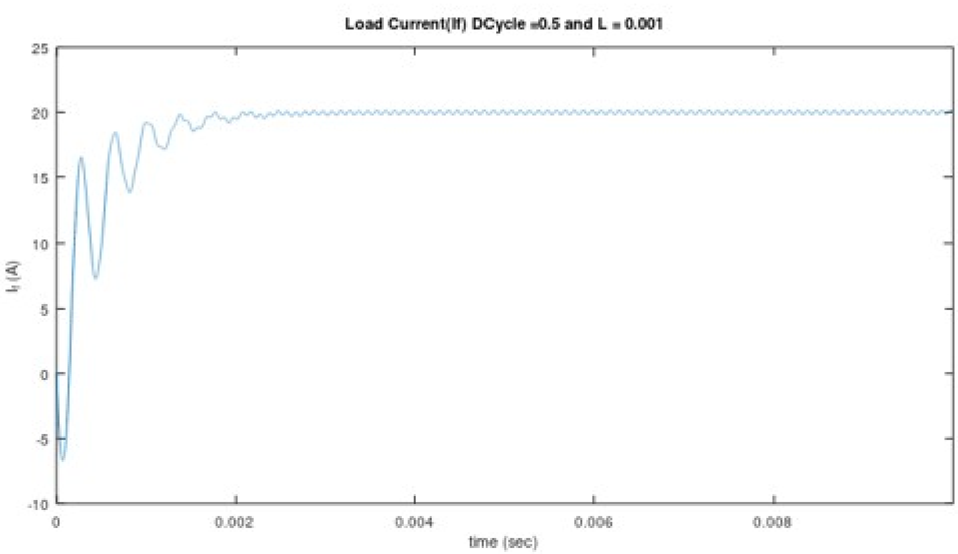
3.

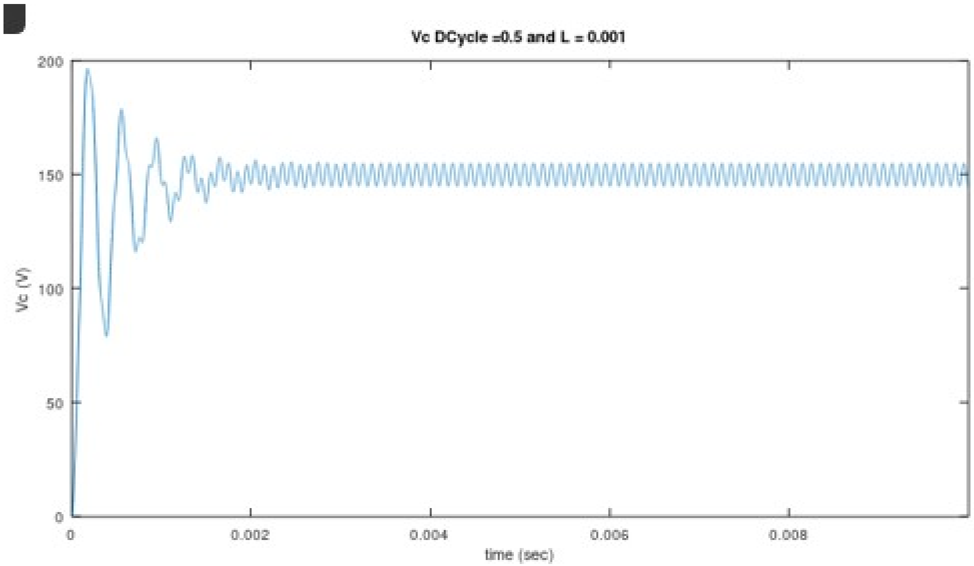
Για το συγκεκριμένο ερώτημα και τις προϋποθέσεις που μας δόθηκαν στην εκφώνηση ακολουθούν οι γραφικές παραστάσεις για τις εξής περιπτώσεις.

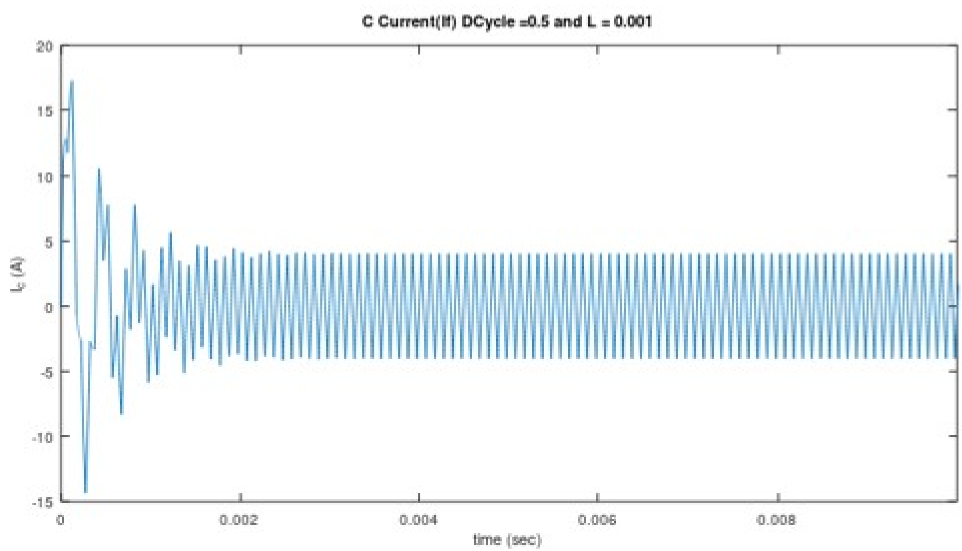
- Duty cycle=0.5 L=0.001H

*Οι γραφικές έγιναν zoom για καλύτερη τους εμφάνιση.

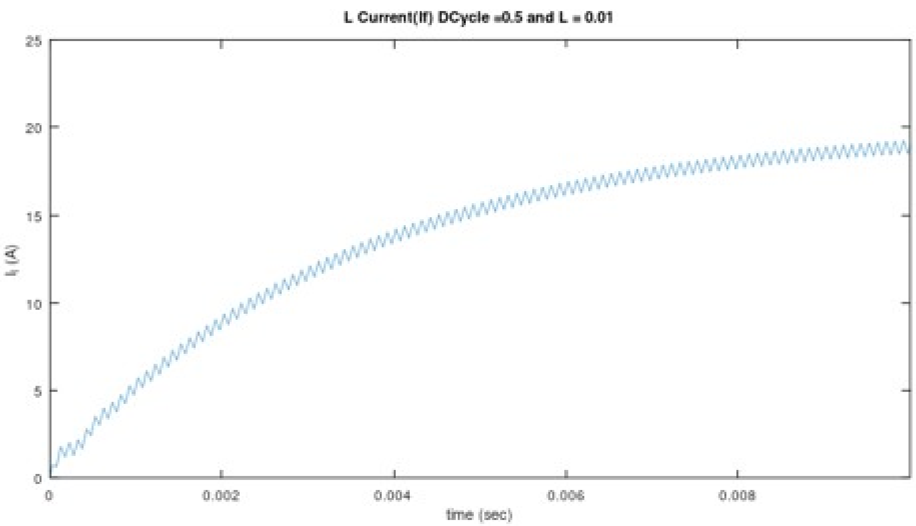


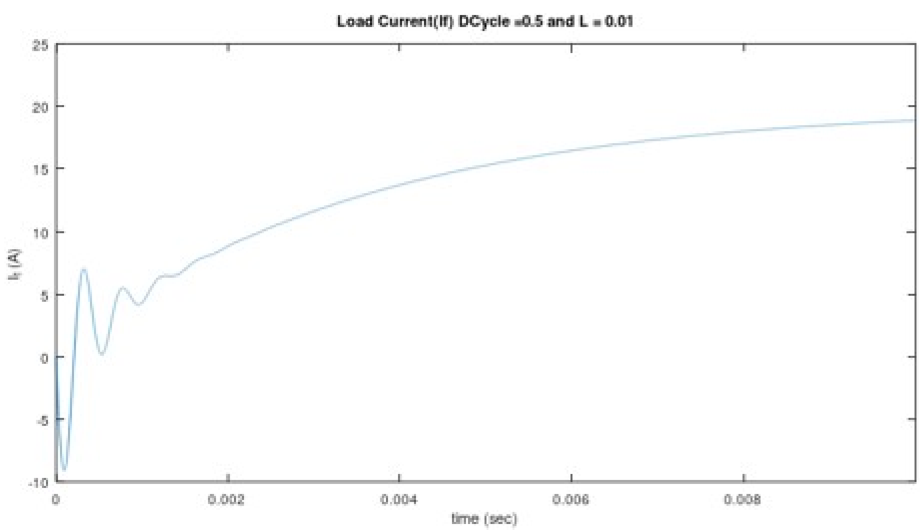


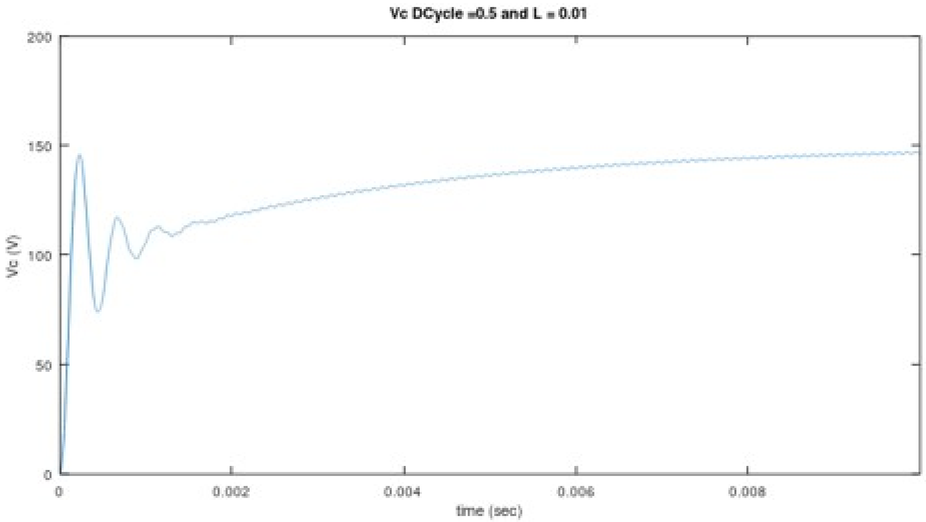

Vc DCycle =0.5 and L = 0.001
Vc (V)
time (sec)
200
150
100
50
0
0
0.002
0.004
0.006
0.008


C Current(If) DCycle =0.5 and L = 0.001
I_C (A)
time (sec)
20
15
10
5
0
-5
-10
-15
0
0.002
0.004
0.006
0.008

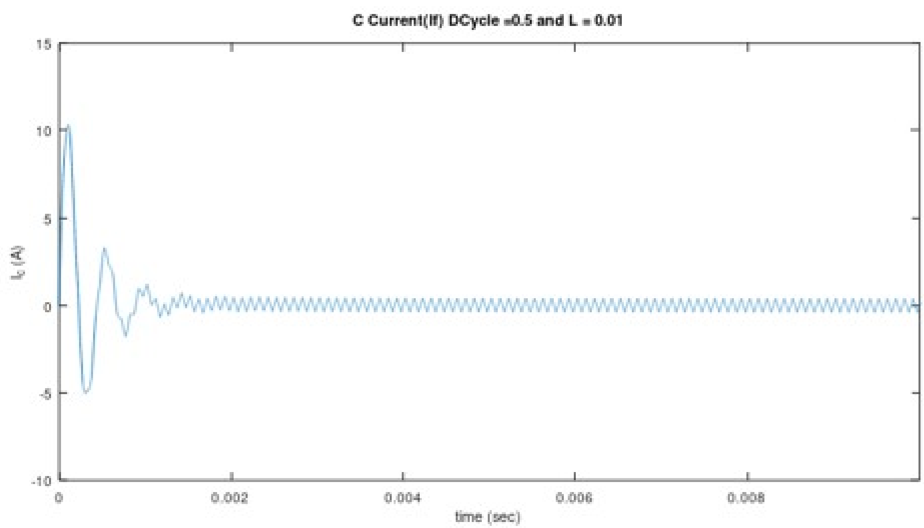
- Duty cycle=0.5 L=0.01H





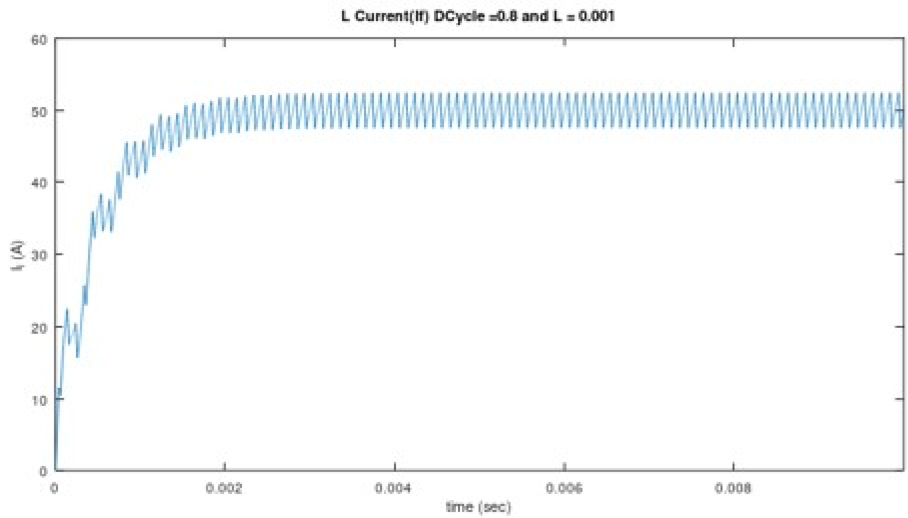


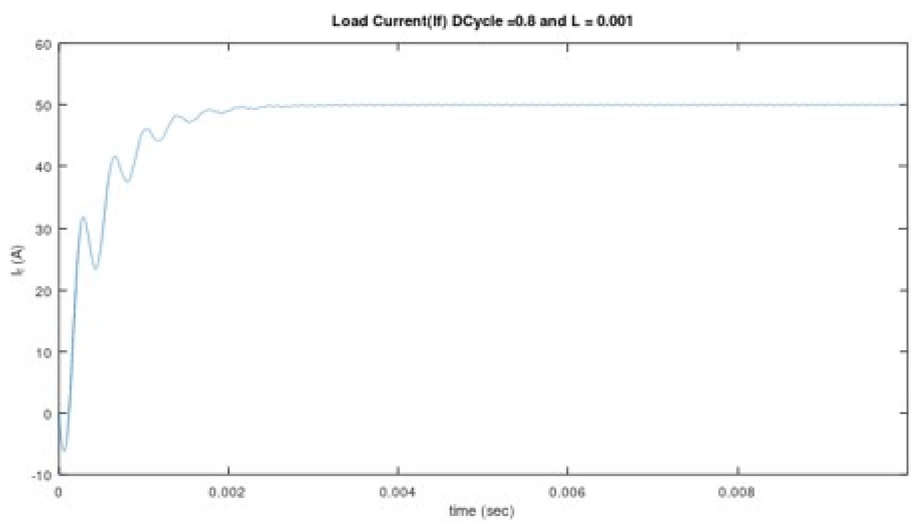
Vc DCycle =0.5 and L = 0.01
Vc (V)
time (sec)

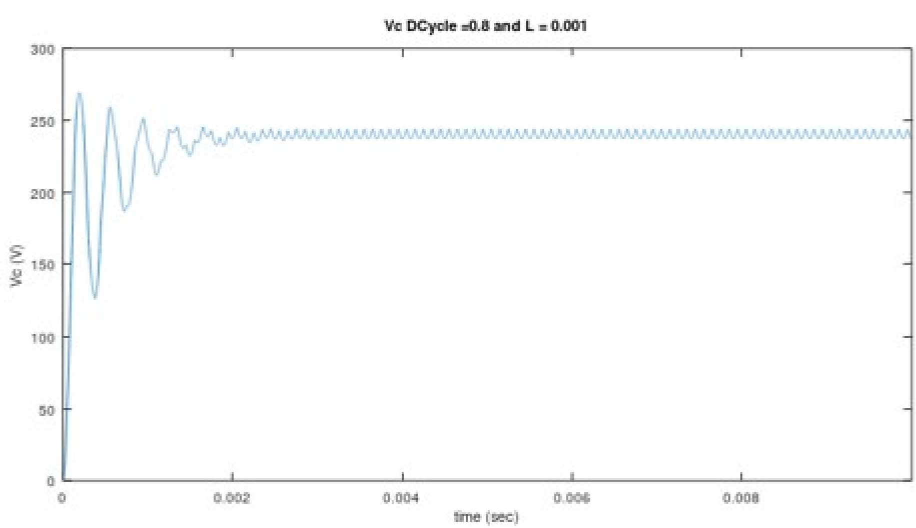


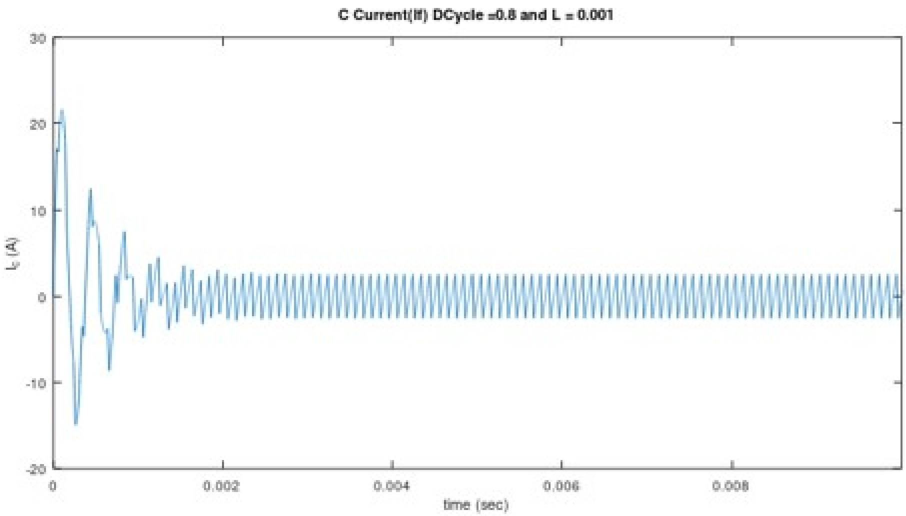
C Current(If) DCycle =0.5 and L = 0.01
I_c (A)
time (sec)

• Duty cycle=0.8 L=0.001H









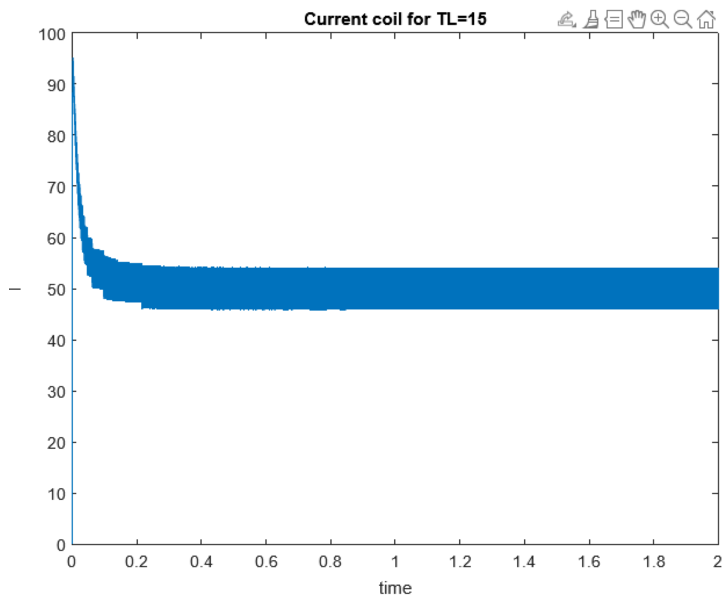
Παρατηρήσεις

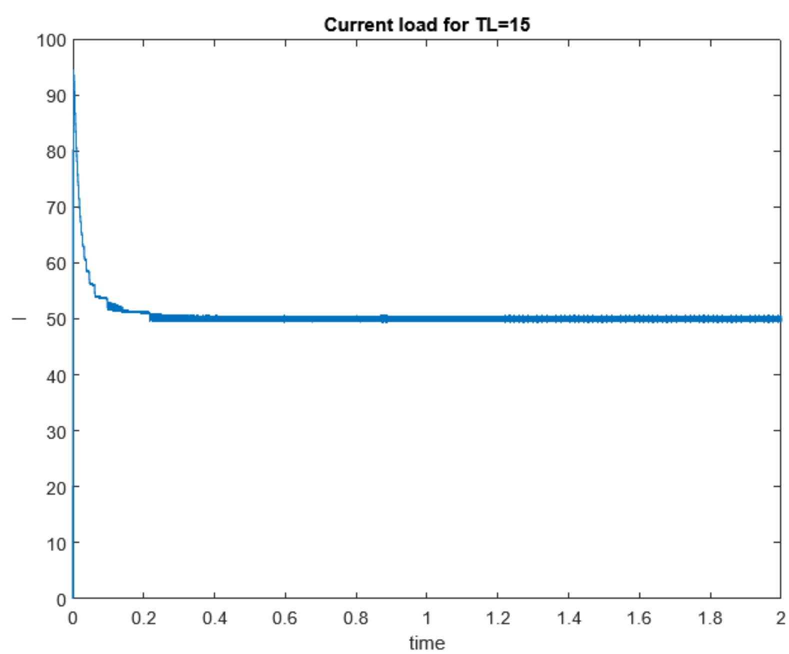
Αρχικά παρατηρούμε ότι με την αύξηση του duty cycle αυξάνονται οι μέγιστες τιμές των ρευμάτων και των τάσεων. Στην περίπτωση που έχουμε σταθερό duty cycle και μεταβαλλόμενο L,η γραφική με την μεγαλύτερη τιμή του L έχει λιγότερες διακυμάνσεις σε σχέση με αυτήν της μικρότερης τιμής όπως είχαμε παρατηρήσει και στην προηγούμενη μας άσκηση(τείνει να γίνει ευθεία).Όταν όμως οι τιμές του L είναι σταθερές και αυξάνεται το duty cycle έχουμε και πάλι μικρότερες διακυμάνσεις.

4.

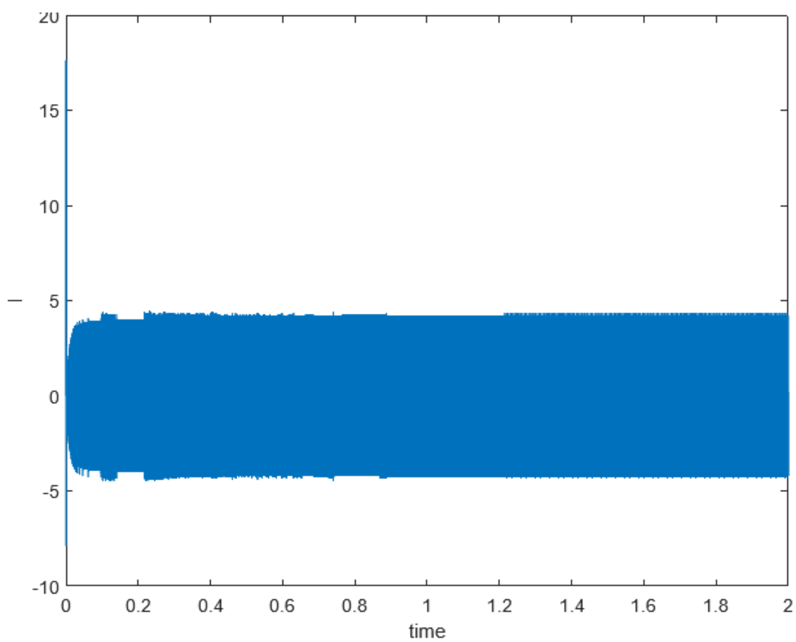
Για το συγκεκριμένο ερώτημα και τις προϋποθέσεις που μας δόθηκαν στην εκφώνηση ακολουθούν οι γραφικές παραστάσεις για τις εξής περιπτώσεις.

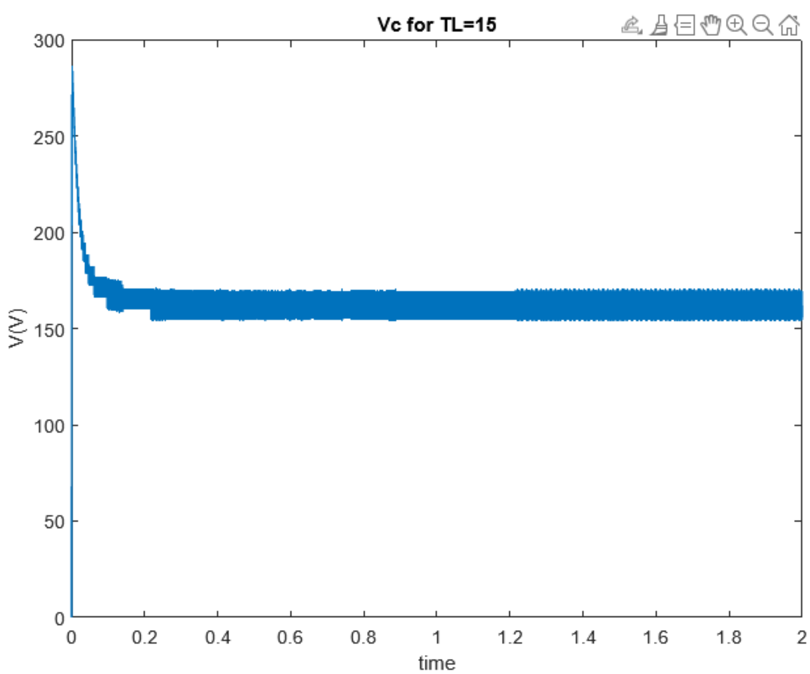
- TL=15Nm, αρχικές στροφές κινητήρα ω=0 rad/s

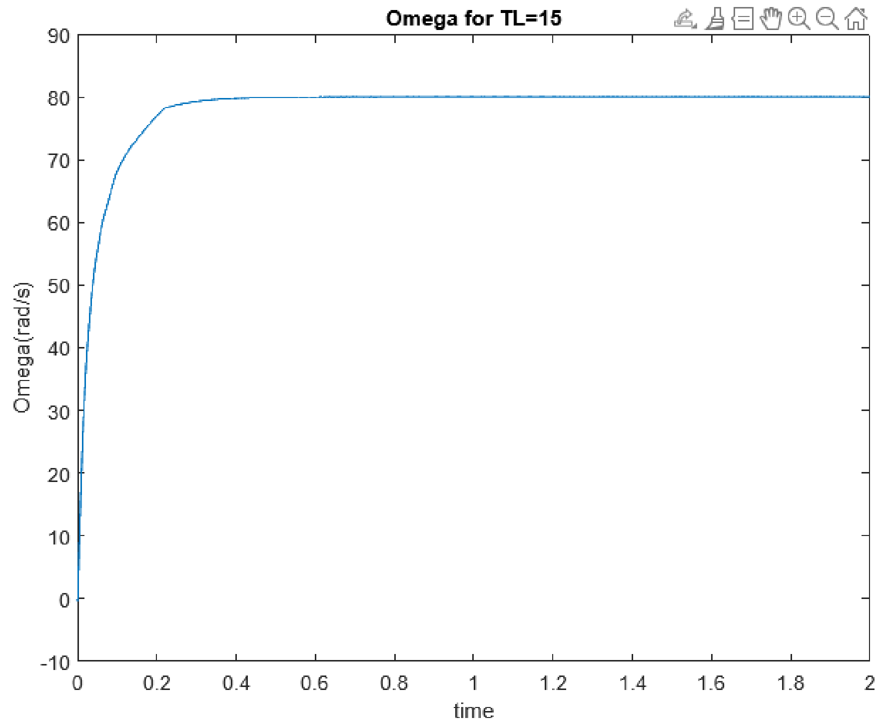


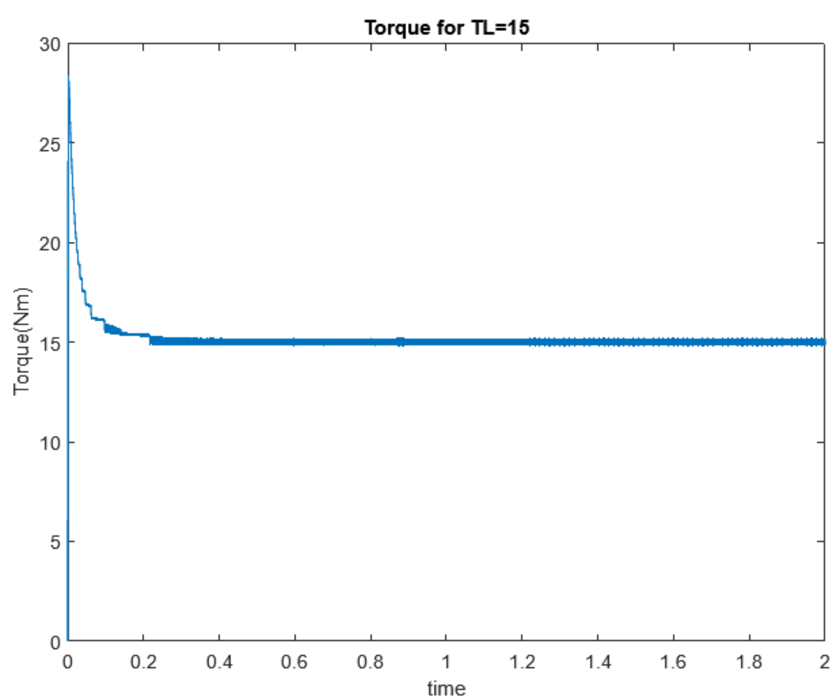


Ρεύμα πυκνωτή

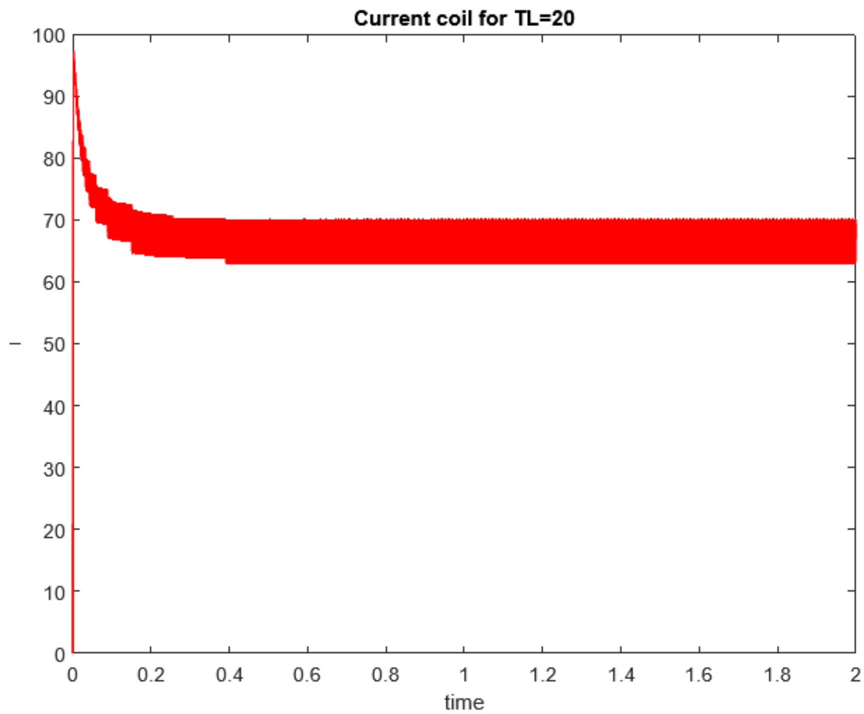


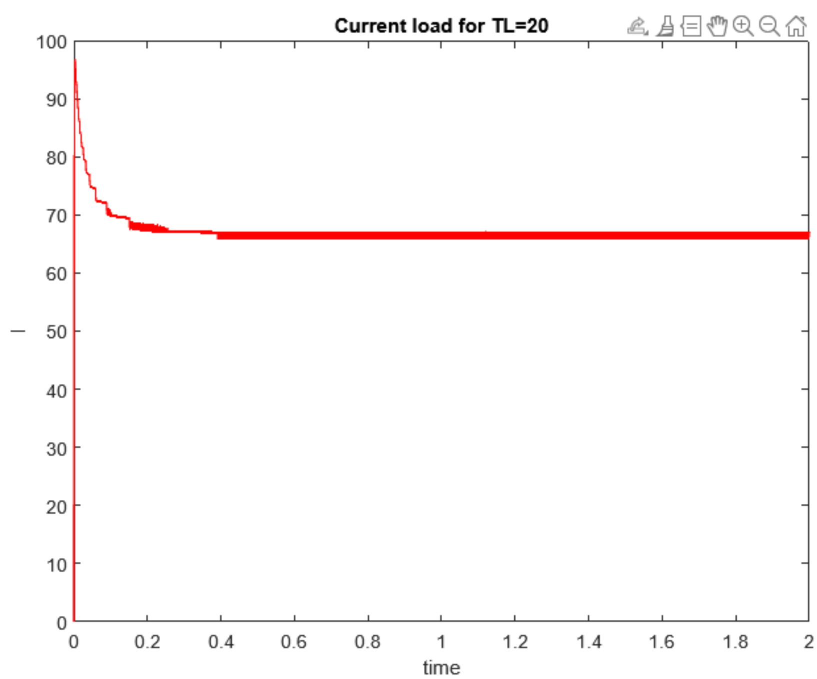


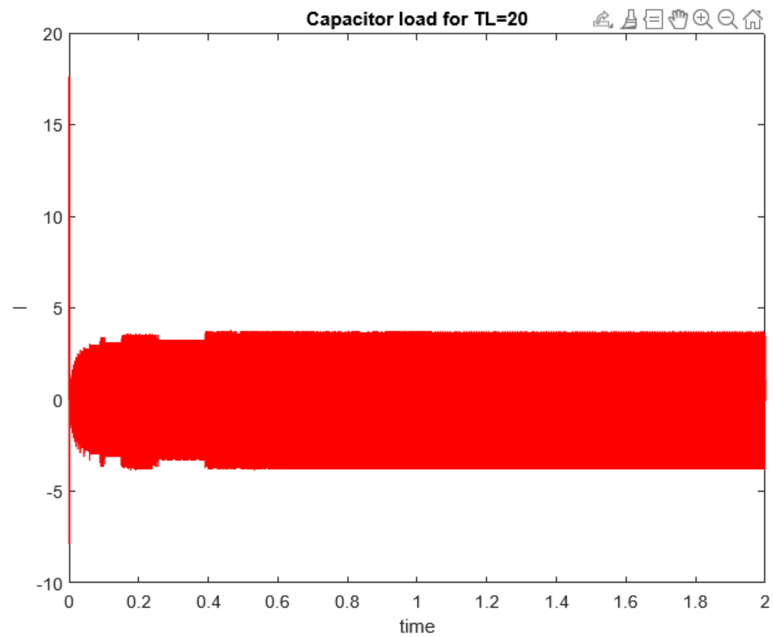

Omega for TL=15
Omega(rad/s)
time
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
-10
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
1.4
1.6
1.8
2

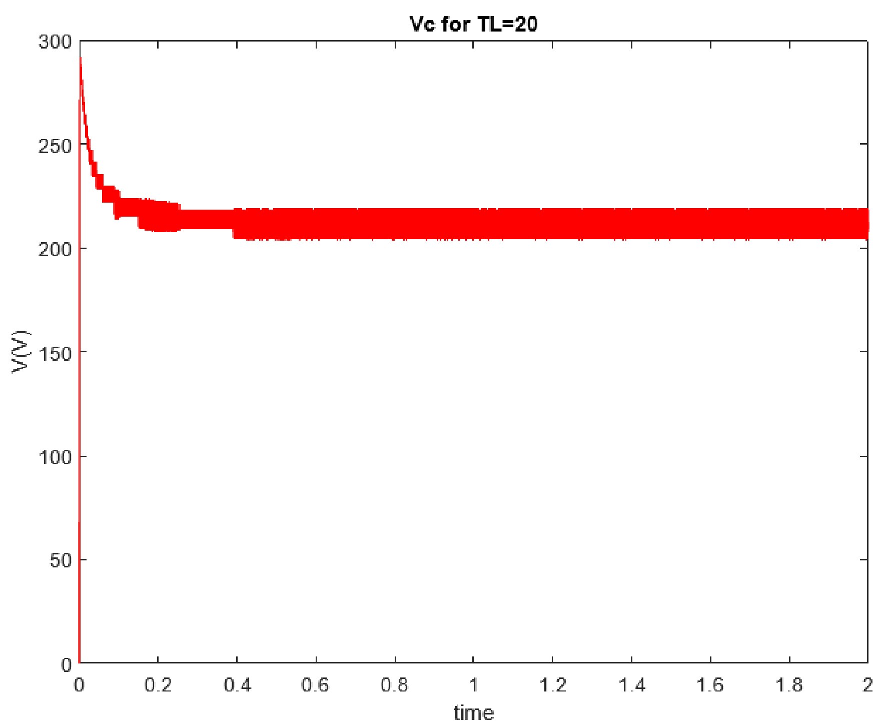

Torque for TL=15
Torque(Nm)
time
30
25
20
15
10
5
0
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
1.4
1.6
1.8
2

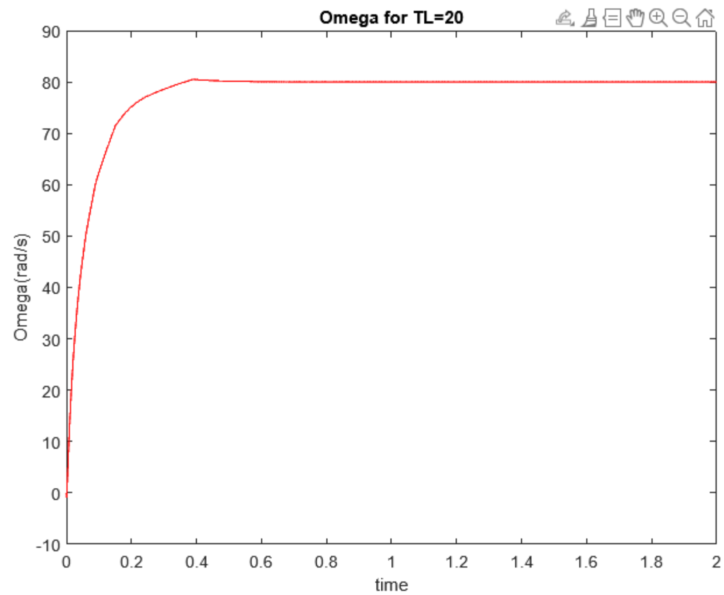
• TL=20Nm, αρχικές στροφές κινητήρα ω=0 rad/s

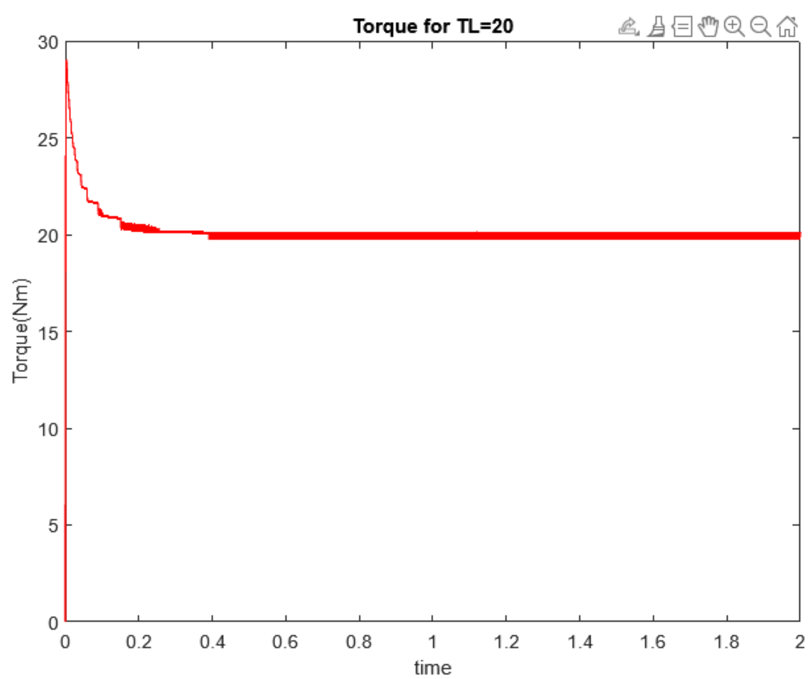




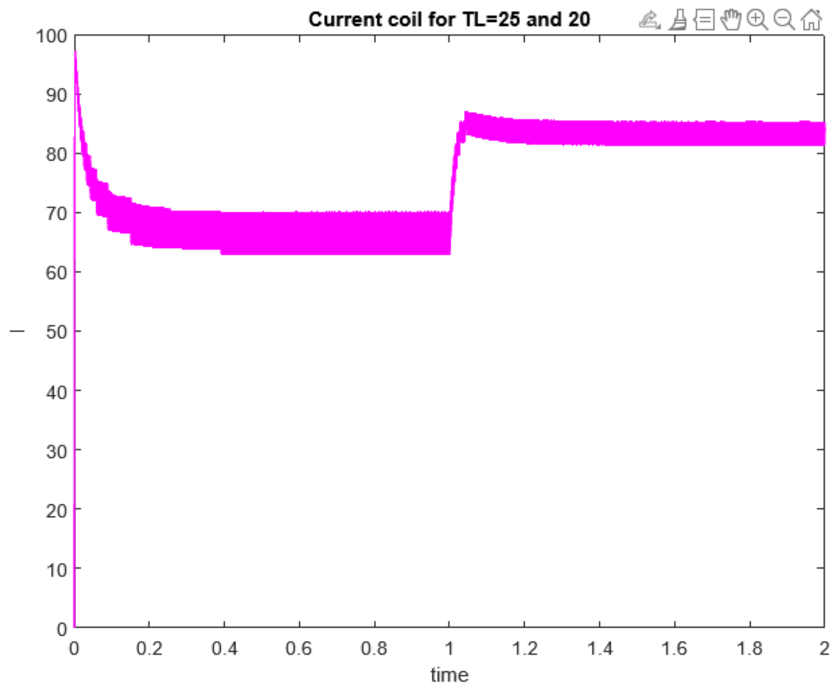

Capacitor load for TL=20
I
20
15
10
5
0
-5
-10
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
1.4
1.6
1.8
2
time

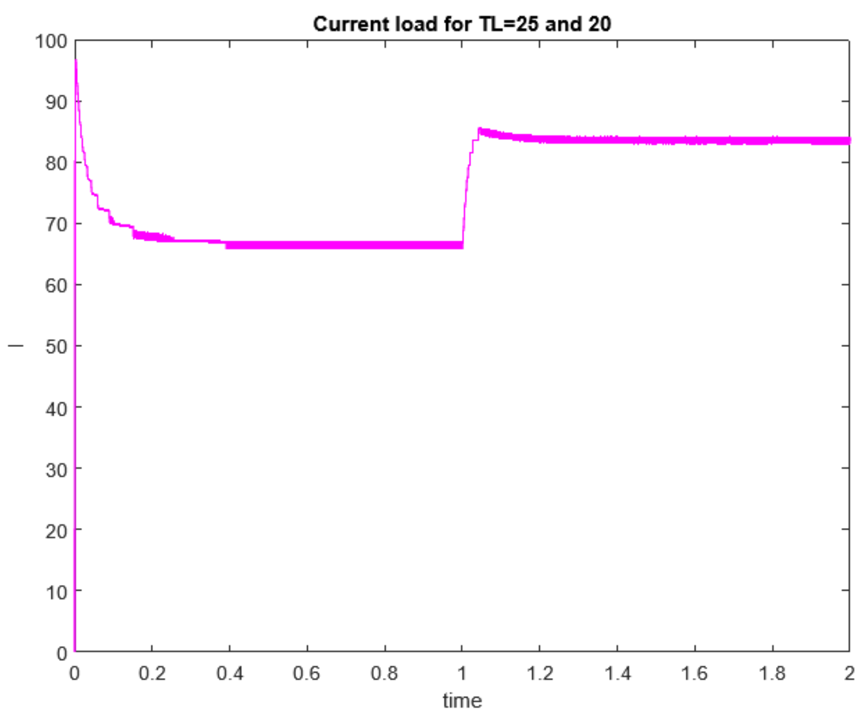

Vc for TL=20
V(V)
300
250
200
150
100
50
0
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
1.4
1.6
1.8
2
time

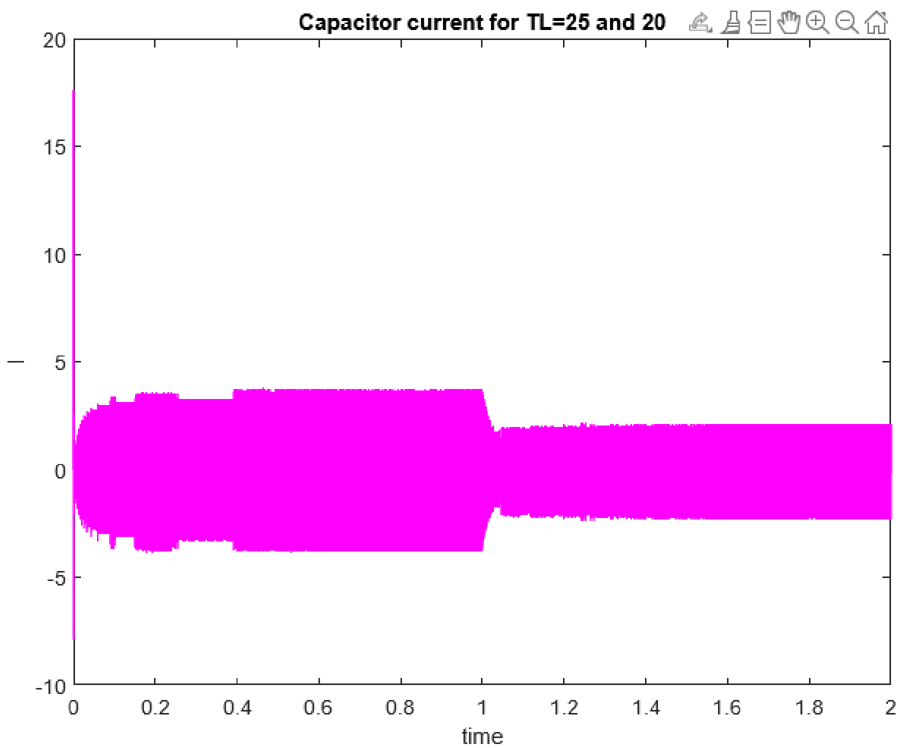

Omega for TL=20
Omega(rad/s)
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
-10
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
1.4
1.6
1.8
2
time


Torque for TL=20
Torque(Nm)
30
25
20
15
10
5
0
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
1.4
1.6
1.8
2
time

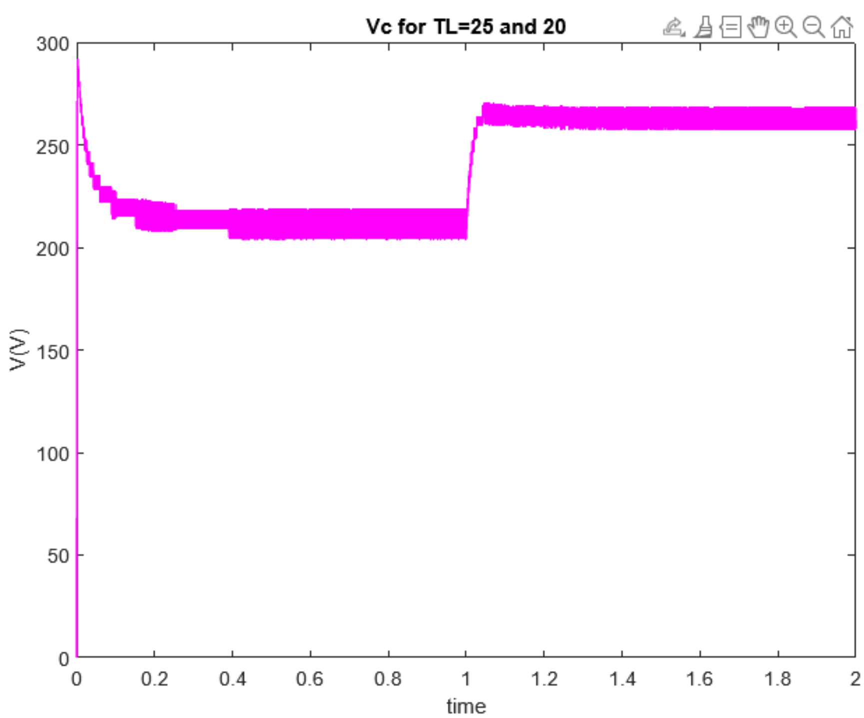
- Ροπή φορτίου TL=20Nm από t=0s έως t=1s και για t>1s βηματική αύξηση της ροπής του φορτίου σε TL=25Nm. Αρχικές στροφές κινητήρα ω=0 rad/s



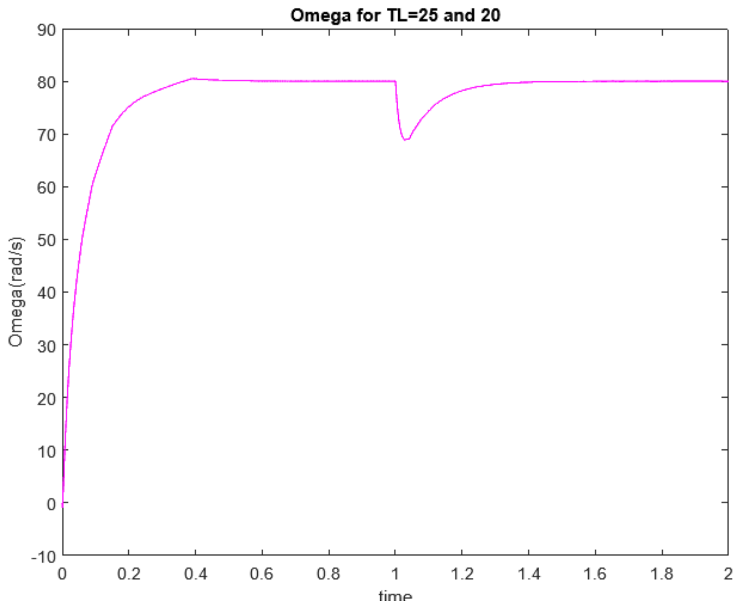


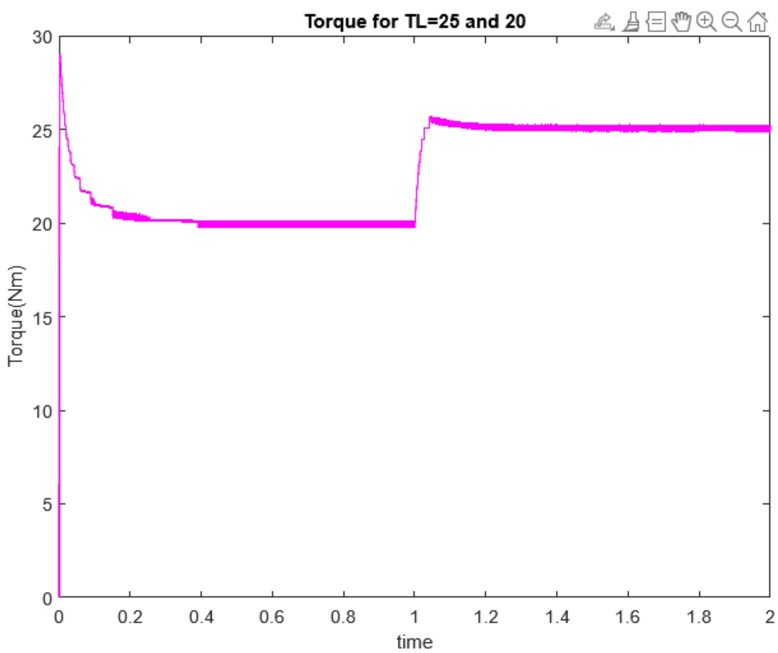


Capacitor current for TL=25 and 20
I
time



Vc for TL=25 and 20
V(V)
time






```
Discrete time matrixes for Controller
Discrete A matrix:
     1

Discrete B matrix:
   1.0000e-06

Discrete C matrix:
   13.6000

Discrete D matrix:
    1.2000
```

Παρατηρήσεις

Αρχικά παρατηρούμε ότι όσο μικρότερη τιμή ροπής έχουμε τόσο μικρότερη τιμή έχουμε στα ρεύματα στην τάση και στην ροπή. Για τις τιμές του ω βλέπουμε ότι μετά από λίγο χρόνο φτάνουν στην τιμή που θέλουμε να βρίσκονται(ωref).Εξαίρεση σε αυτό αποτελεί στην περίπτωση την τρίτη που αυξάνουμε την ροπή και πέφτουν οι στροφές του κινητήρα. Στην συνέχεια όμως με την βοήθεια του PI ελεγκτή επανέρχονται στην τιμή που τις θέλουμε. Ακόμα παρατηρούμε στην χρονική στιγμή που θέλουμε t=1 το κόψιμο και την αύξηση της τιμής των ρευμάτων της τάσης και της ροπής λόγω αύξησης της ροπής.