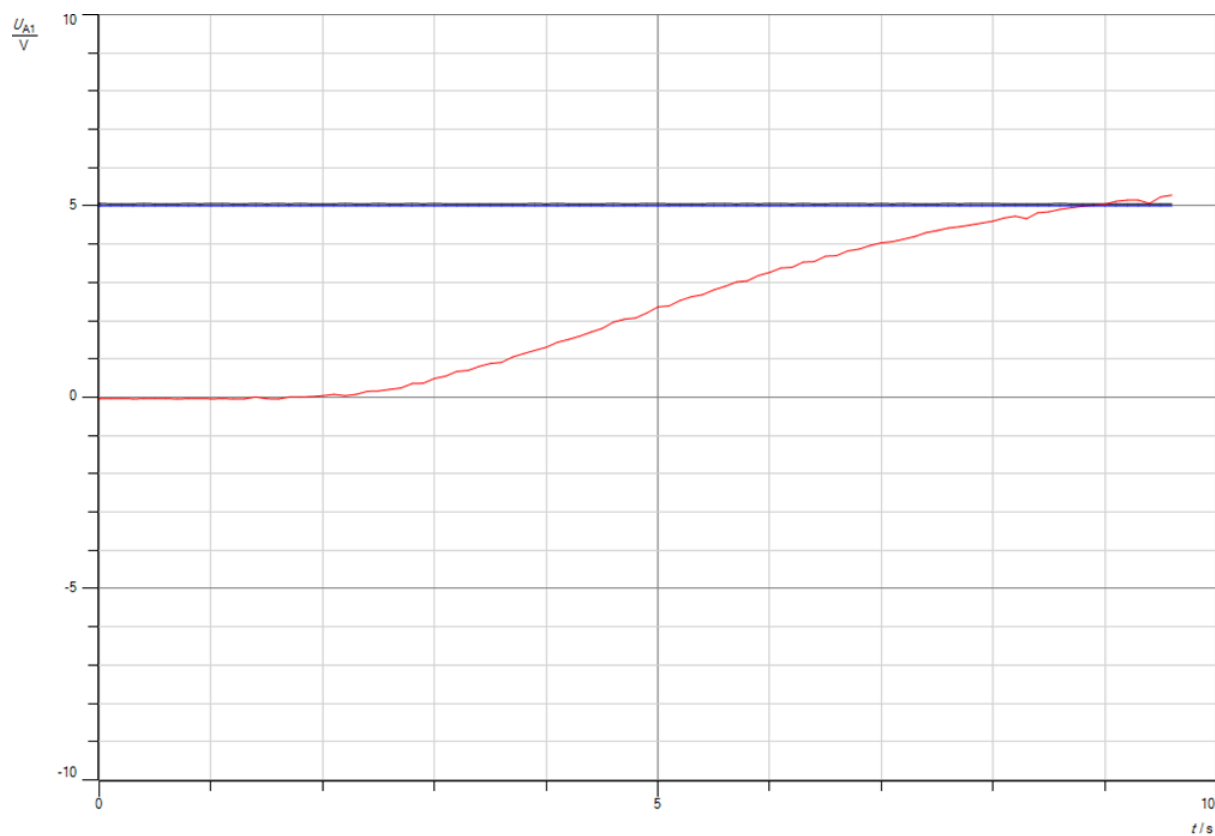


Συστήματα Ελέγχου
Αναφορά 1^{ης} εργαστηριακής άσκησης

Ομάδα εργαστηρίου	25
Σιώτος Μόδεστος	2016030030
Μελάκης Αντώνης	2019030016
Σαΐνη Γεωργία	Δεν εργάστηκε

Μέθοδος ΖΝ

Βηματική απόκριση ανοικτού συστήματος χωρίς ανάδραση



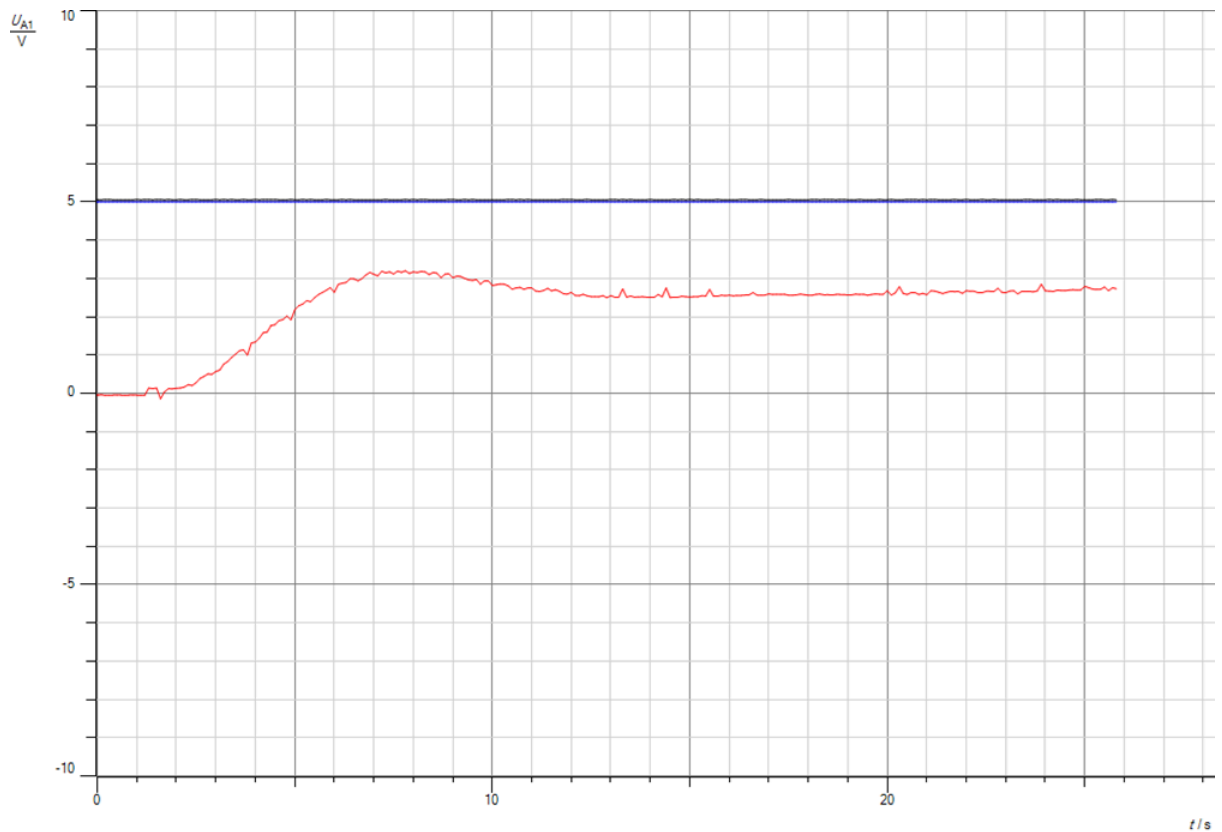
Υπολογισμός συνάρτησης μεταφοράς :

Για $K_s = 1.0$, $T_1 = 2.0 \text{ sec}$, $T_2 = 2.0 \text{ sec}$ και $T_3 = 2.0 \text{ sec}$ η συνάρτηση μεταφοράς είναι :

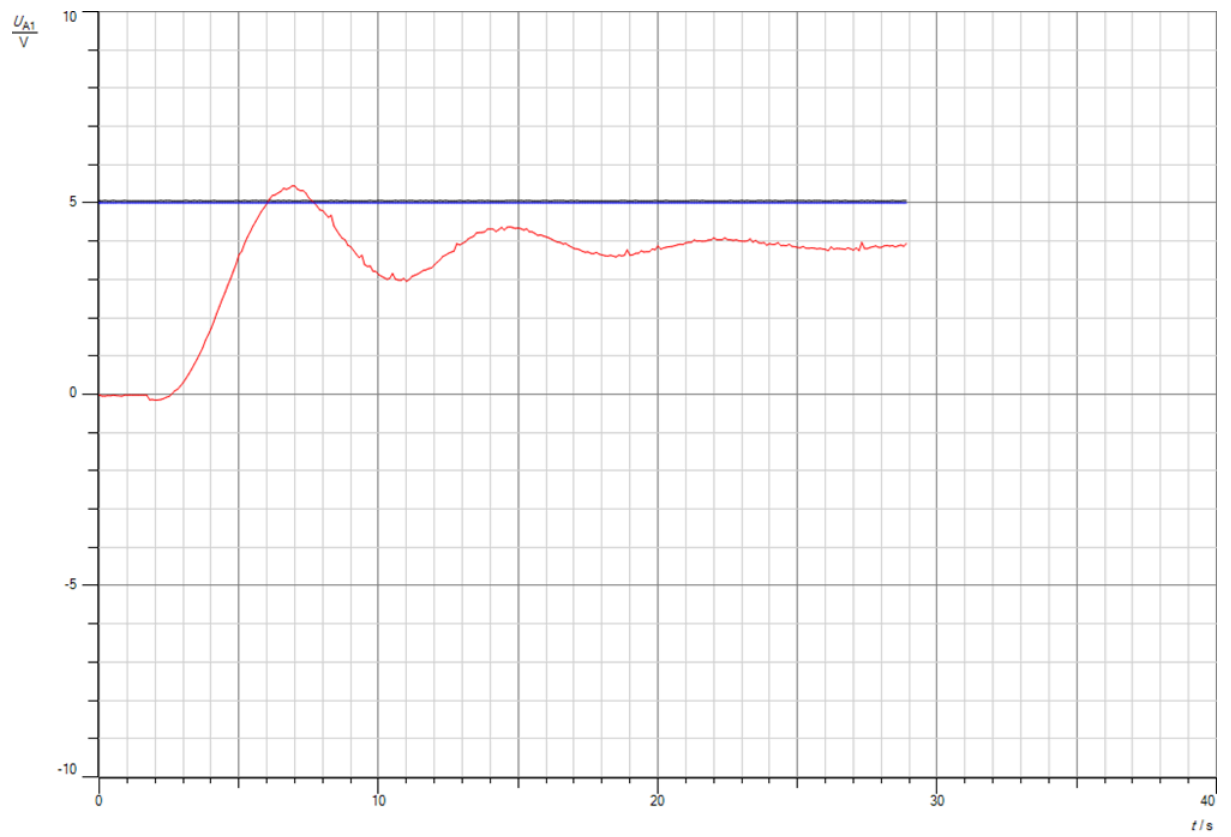
$$G(s) = \frac{1}{(2s+1)^3} = \frac{1}{8s^3 + 12s^2 + 6s + 1}$$

Κλειστό σύστημα, με ανάδραση

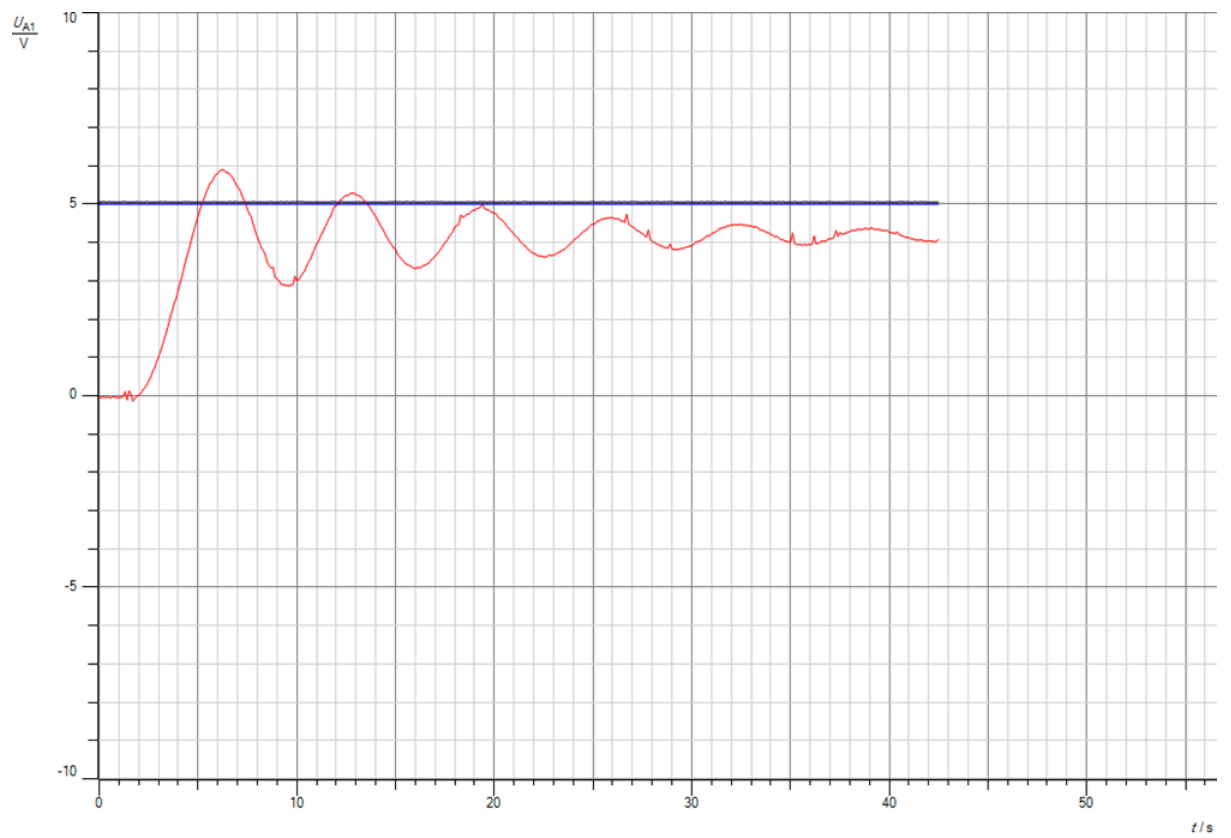
- $K_p = 1.0$



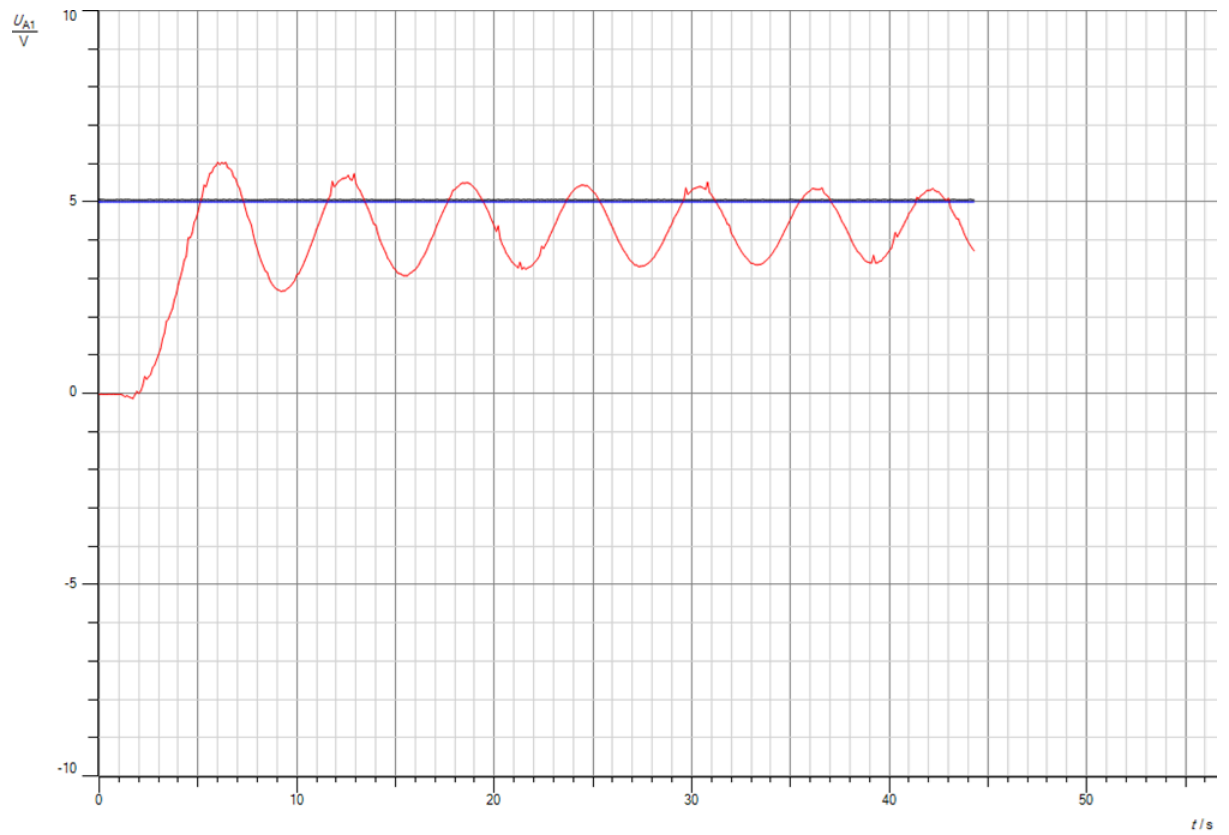
- $K_P = 3.0$



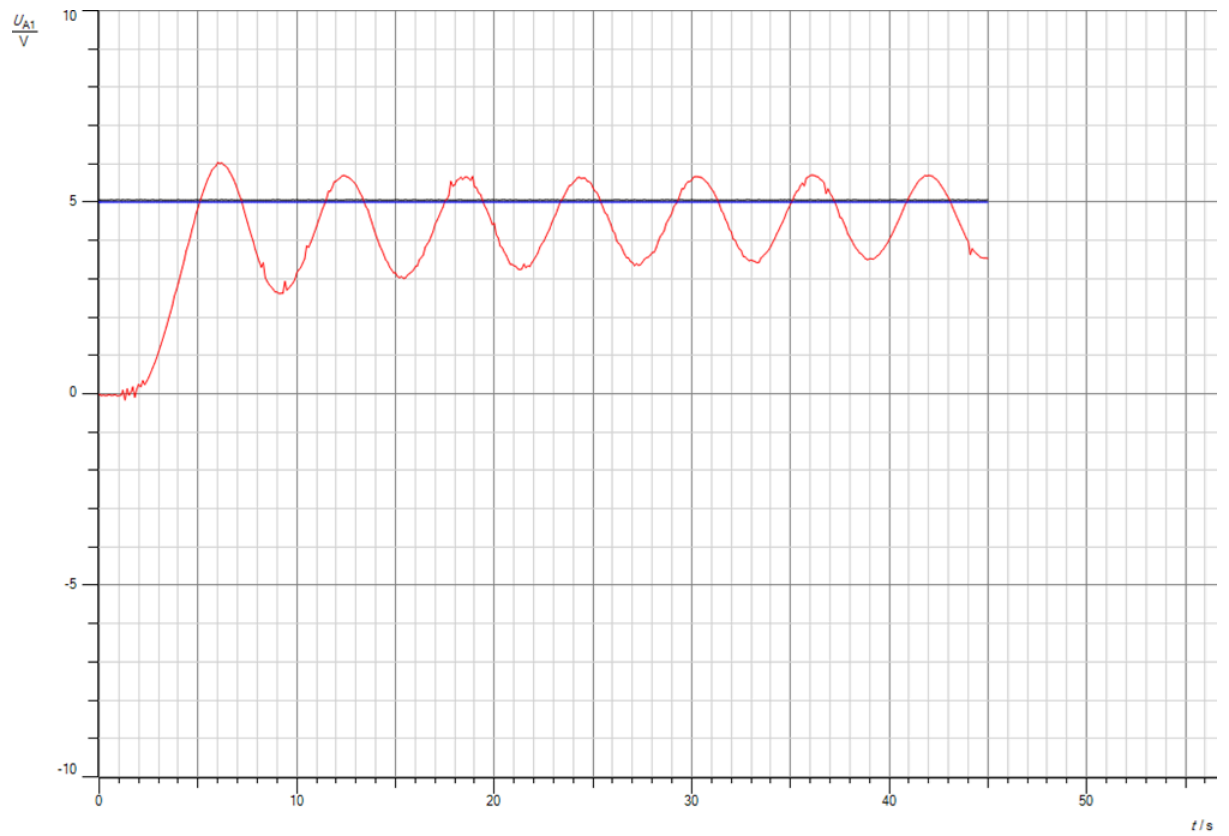
- $K_P = 5.0$



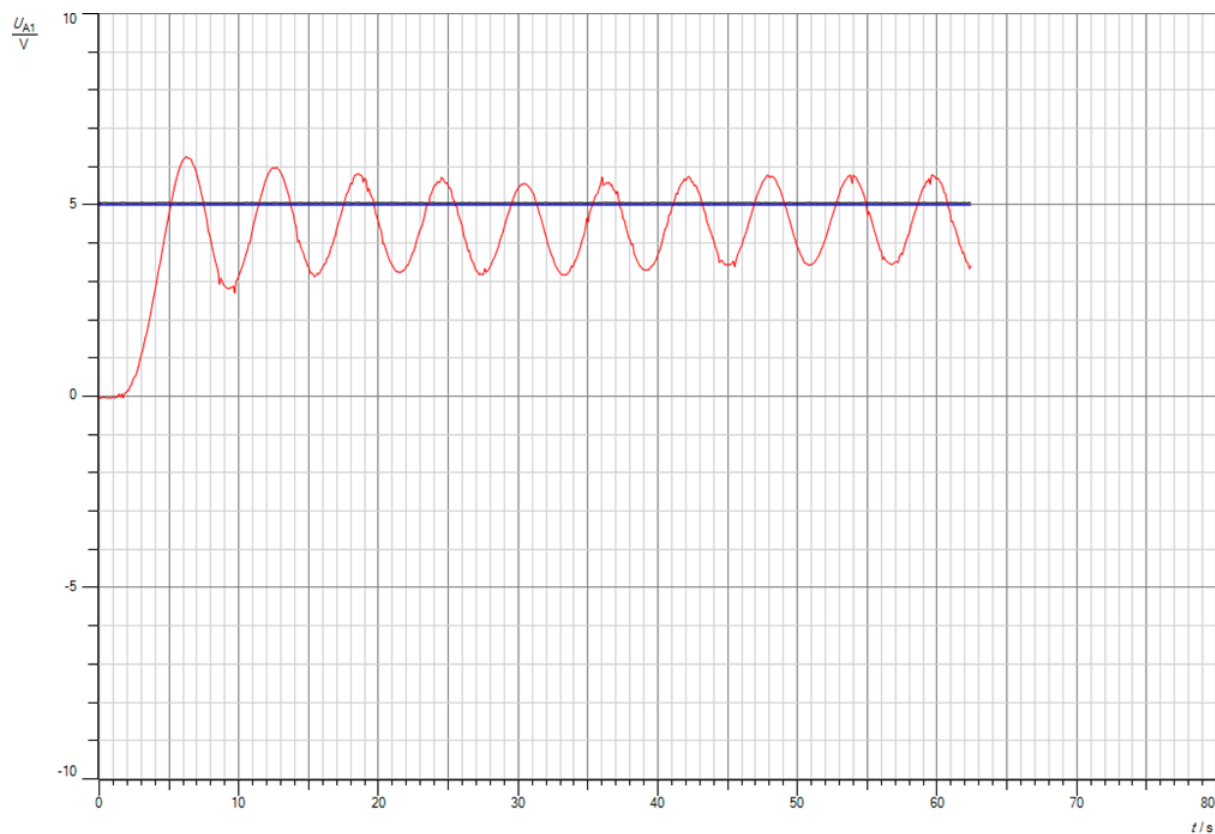
- $K_p = 7.0$



- $K_p = 7.5$



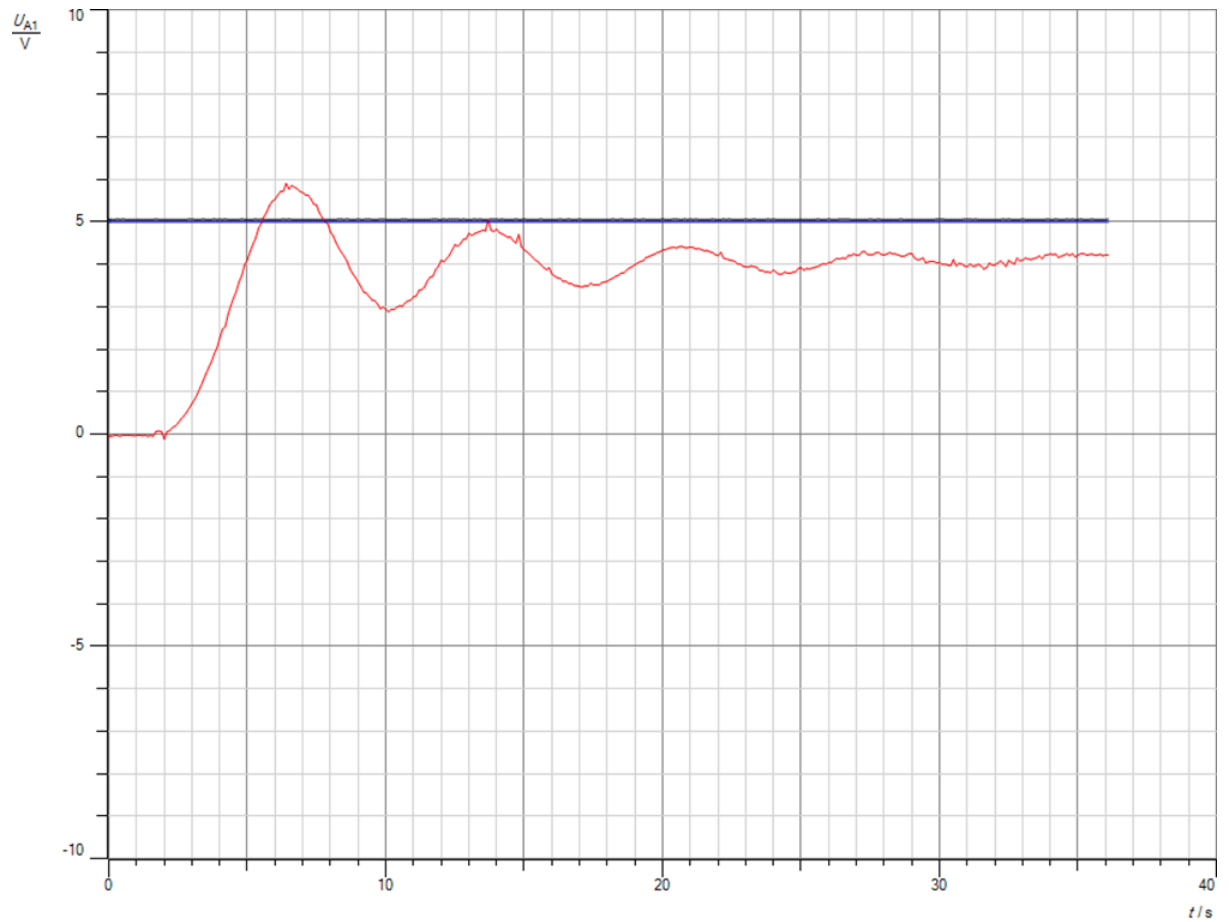
- $K_p = 8.0$



Πήραμε $K_{pcrit} = 8.0$ Υπολογίσαμε απο τη διαφορά του χρόνου μεταξύ δύο κορυφών ότι $T_{crit} = 5.7$

Ελεγκτής	K	T_i	T_d
P	4		
PI	3.6	4.845	
PID	4.8	2.85	0.684

P ελεγκτής



Συνάρτηση μεταφοράς P ελεγκτή:

$$K_p(s) = K_p = 4$$

Συνάρτηση μεταφοράς συστήματος υπό έλεγχο:

$$F_p(s) = K_p(s) \cdot G(s) = \frac{4}{8s^3 + 12s^2 + 6s + 1}$$

Συνολική συνάρτηση μεταφοράς:

$$H_p(s) = \frac{F_p(s)}{1 + F_p(s)} = \frac{4}{8s^3 + 12s^2 + 6s + 5}$$

Χρόνος Ανόδου:

$$T_r \cong 4.5 - 2.5 = 2.0 \text{ sec}$$

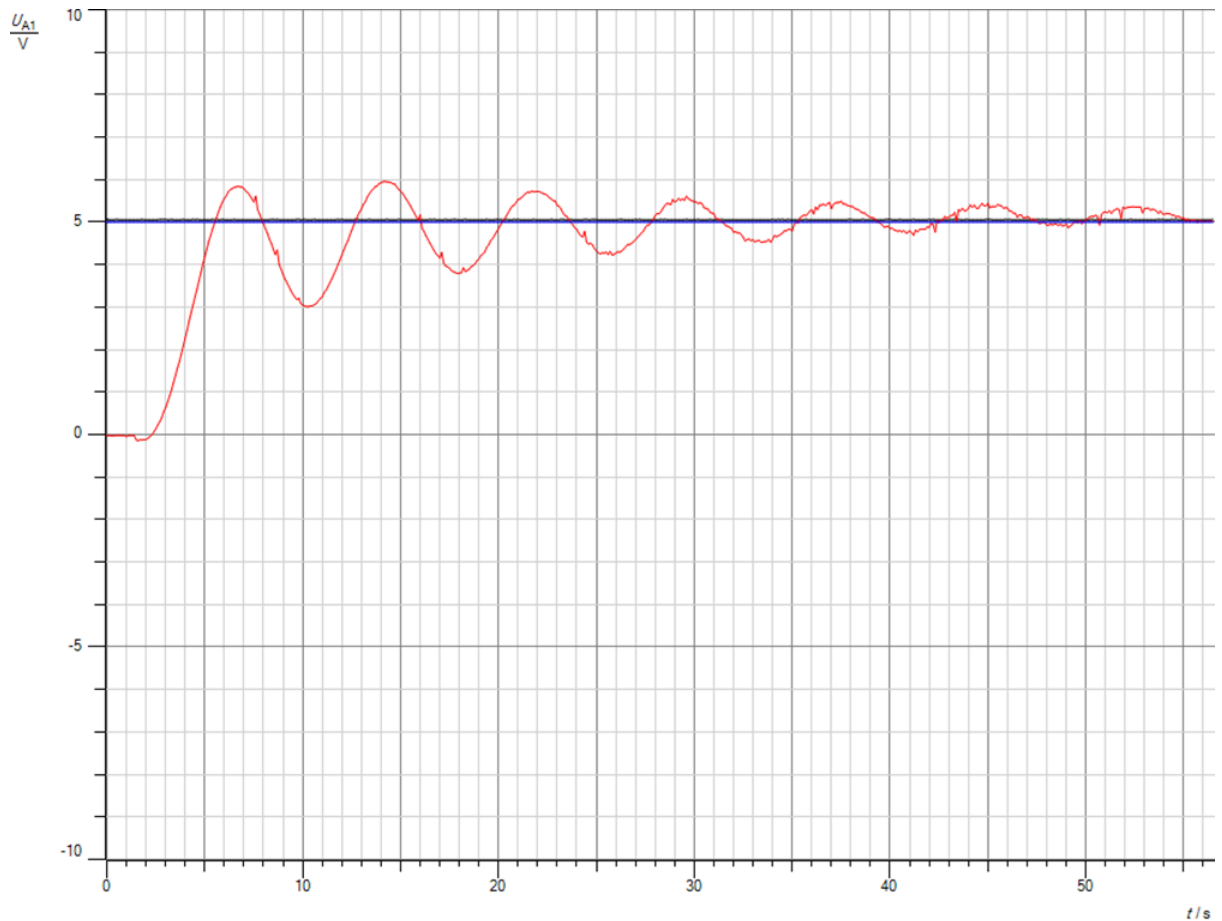
Χρόνος Αποκατάστασης:

$$T_s \cong 25.5 - 2.0 = 23.5 \text{ sec}$$

Χρόνος αιχμής:

$$T_p = 6.5 - 2.0 = 4.0 \text{ sec}$$

PI ελεγκτής



Συνάρτηση μεταφοράς PI ελεγκτή:

$$K_{PI}(s) = K_p * (1 + \frac{1}{T_i} * \frac{1}{s}) = 3.6 + 0.74 * \frac{1}{s}$$

Συνάρτηση μεταφοράς συστήματος υπό έλεγχο:

$$F_{PI}(s) = K_{PI}(s) \cdot G(s) = \frac{3.6s+0.74}{8s^4+12s^3+6s^2+s}$$

Συνολική συνάρτηση μεταφοράς:

$$H_{PI}(s) = \frac{F_{PI}(s)}{1+F_{PI}(s)} = \frac{3.6s+0.74}{8s^4+12s^3+6s^2+4.6s+0.74}$$

Χρόνος Ανόδου:

$$T_r \cong 5.5 - 3.0 = 2.5 \text{ sec}$$

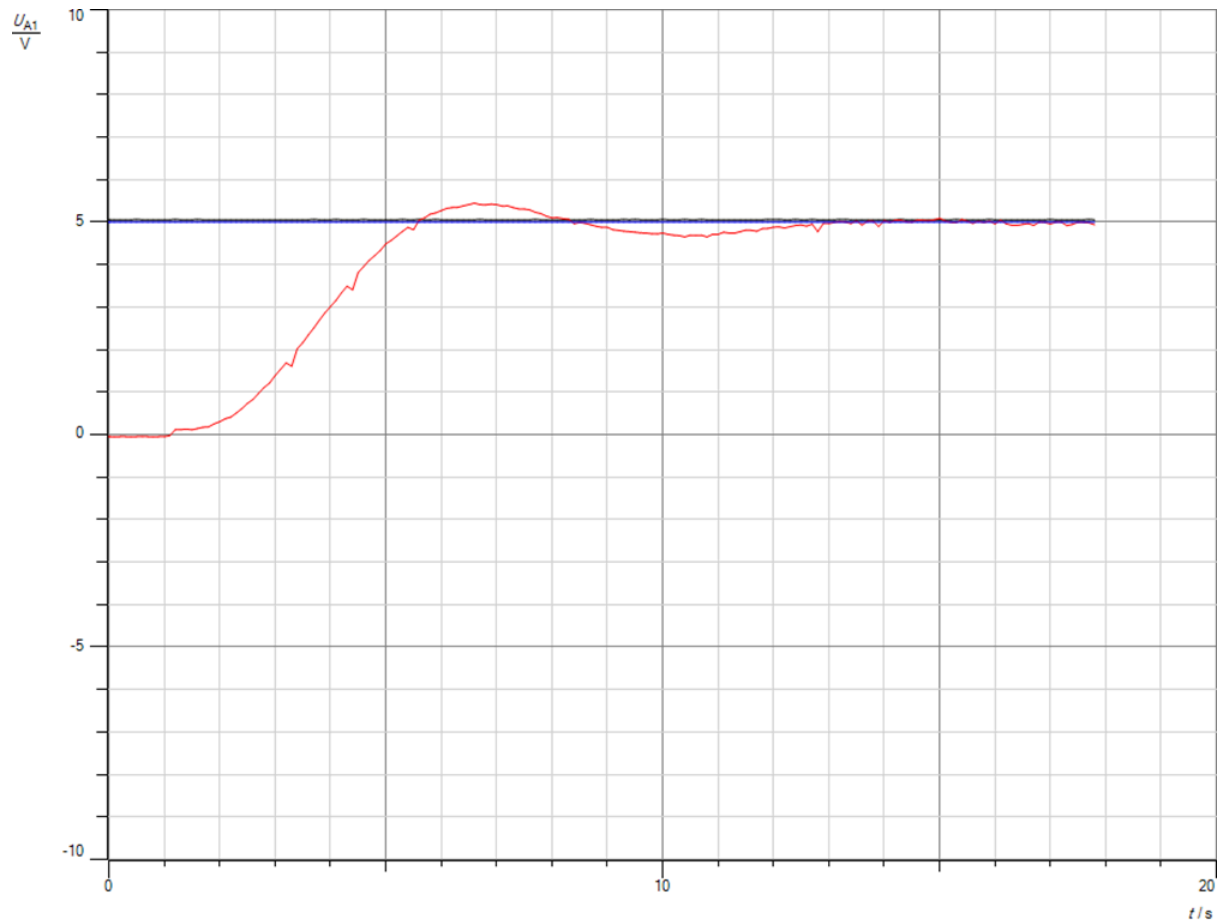
Χρόνος Αποκατάστασης:

$$T_s \cong 40 - 2.2 = 27.8 \text{ sec}$$

Χρόνος αιχμής:

$$T_p = 6.7 - 2.2 = 4.5 \text{ sec}$$

PID ελεγκτής



Συνάρτηση μεταφοράς PID ελεγκτή:

$$K_{PID}(s) = K_p * (1 + \frac{1}{Ti} * \frac{1}{s} + T_d * s) = 4.8 + 1.68 * \frac{1}{s} + 3.3 * s$$

Συνάρτηση μεταφοράς συστήματος υπό έλεγχο:

$$F_{PID}(s) = K_{PID}(s) \cdot G(s) = \frac{3.3s^2 + 4.8s + 1.68}{8s^4 + 12s^3 + 6s^2 + s}$$

Συνολική συνάρτηση μεταφοράς:

$$H_{PID}(s) = \frac{F_{PID}(s)}{1 + F_{PID}(s)} = \frac{3.3s^2 + 4.8s + 1.68}{8s^4 + 12s^3 + 9.3s^2 + 5.8s + 1.68}$$

Χρόνος Ανόδου:

$$T_r \cong 5.0 - 2.5 = 2.5 \text{ sec}$$

Χρόνος Αποκατάστασης:

$$T_s \cong 8.0 - 1.1 = 6.9 \text{ sec}$$

Χρόνος αιχμής:

$$T_p = 7.5 - 1.1 = 6.4 \text{ sec}$$

Ο PID είναι ο καταλληλότερος ελεγκτής, καθώς έχει το χαμηλότερο χρόνο αποκατάστασης. Επιπλέον, ο PID δεν προλαβαίνει να ταλαντωθεί, σε αντίθεση με τους υπόλοιπους ελεγκτές.

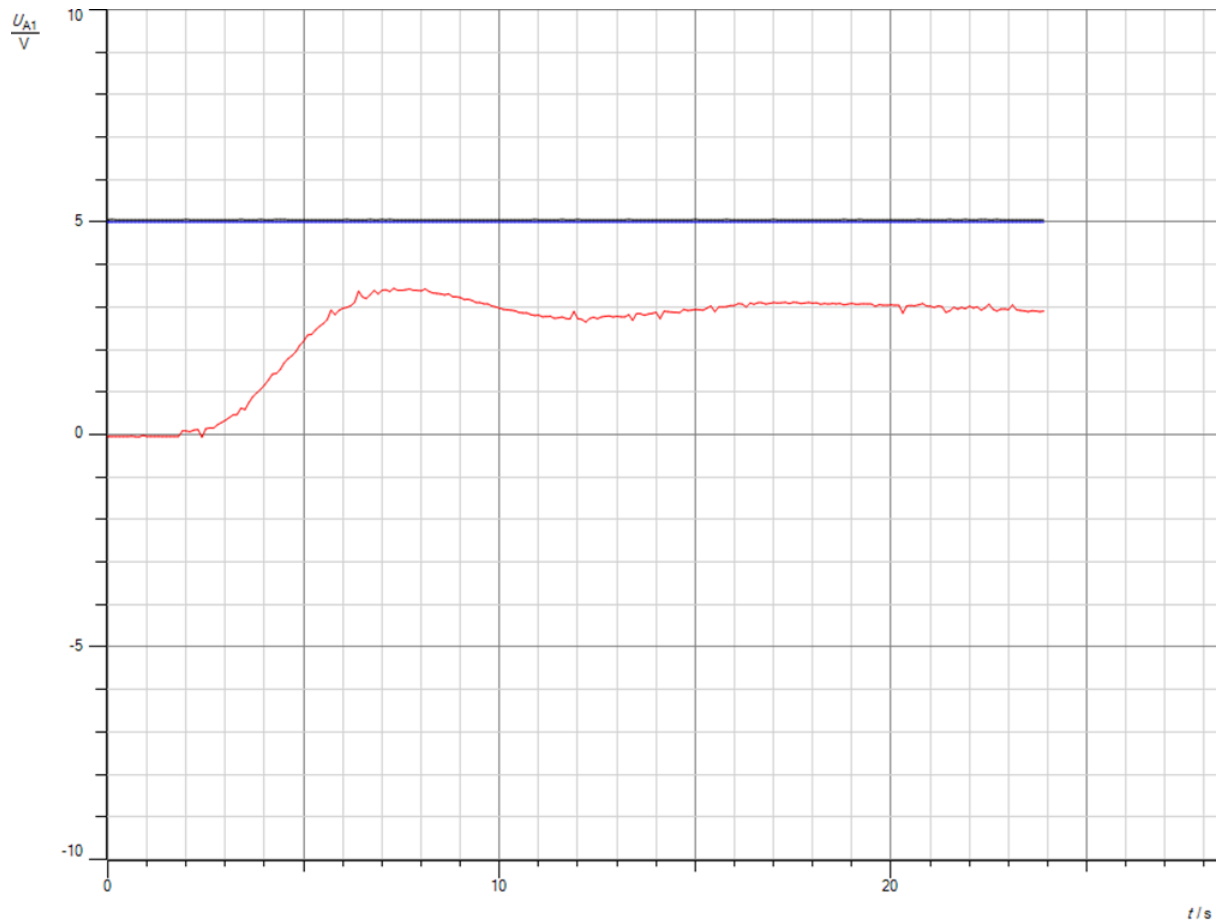
Μέθοδος CHR

Για $T_u = 1.7 \text{ sec}$ και $T_g = 6.7 \text{ sec}$ υπολογίζουμε:

Η τάξη του συστήματος θα είναι $n = \frac{T_u}{T_g} * 10 + 1 \approx 3$

Overshoot	0%			20%		
Ελεγκτής	K	T _i	T _d	K	T _i	T _d
P	1.18			2.75		
PI	1.38	8.04		2.36	6.70	
PID	2.36	6.70	0.85	3.74	9.38	0.80

Για 0% υπερύψωση - P ελεγκτική



Συνάρτηση μεταφοράς ελεγκτική:

$$K_p(s) = K_p = 1.18$$

Συνάρτηση μεταφοράς συστήματος υπό έλεγχο:

$$F_p(s) = K_p(s) \cdot G(s) = \frac{1.18}{8s^3 + 12s^2 + 6s + 1}$$

Συνολική συνάρτηση μεταφοράς:

$$H_p(s) = \frac{F_p(s)}{1 + F_p(s)} = \frac{1.18}{8s^3 + 12s^2 + 6s + 2.18}$$

Χρόνος Ανόδου:

$$T_r \cong 5.5 - 3.0 = 2.5 \text{ sec}$$

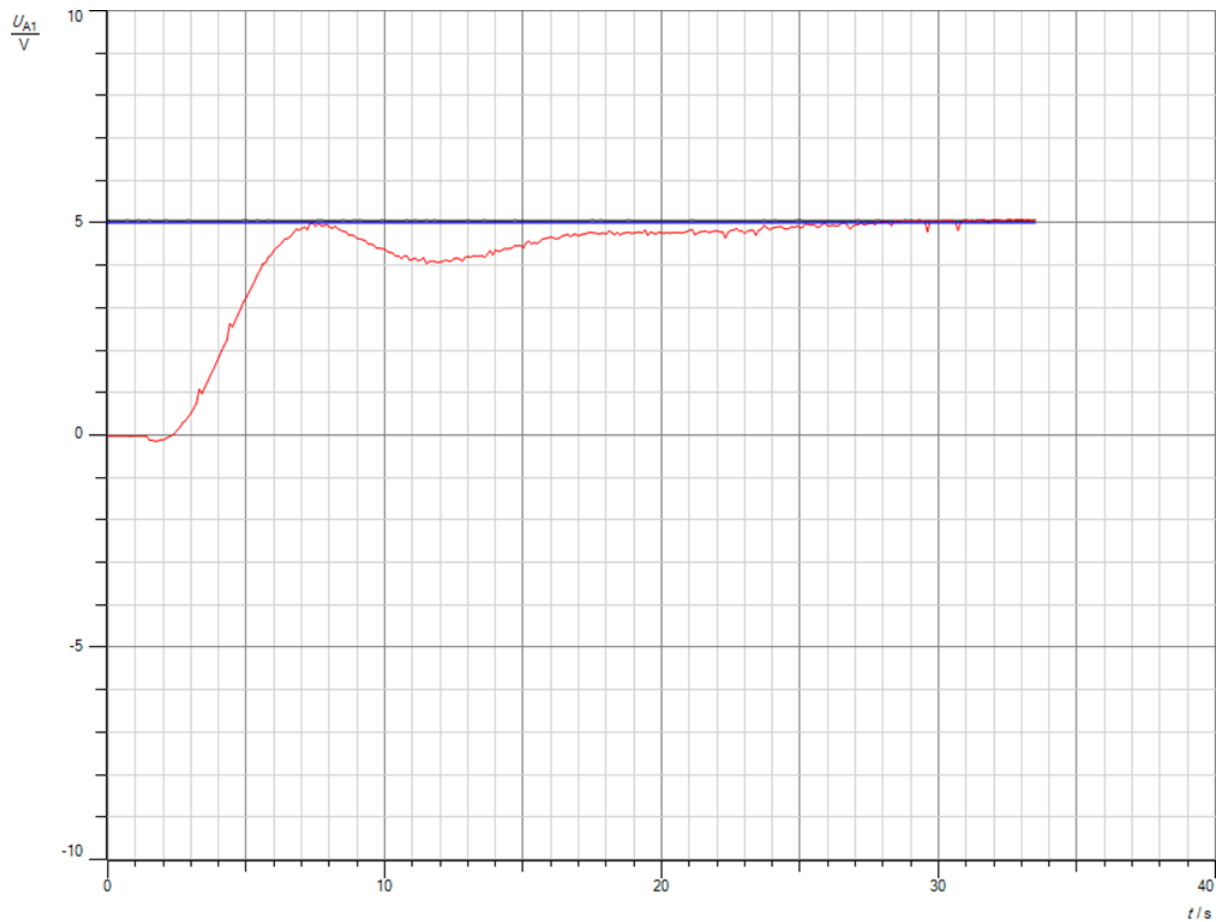
Χρόνος Αποκατάστασης:

$$T_s \cong 10.0 - 2.0 = 8 \text{ sec}$$

Χρόνος αιχμής:

$$T_p = 7.5 - 2.0 = 5.5 \text{ sec}$$

Για 0% υπερύψωση - PI ελεγκτή



Συνάρτηση μεταφοράς ελεγκτή:

$$K_{PI}(s) = K_p * (1 + \frac{1}{Ti} * \frac{1}{s}) = 1.38 + 0.17 \cdot \frac{1}{s}$$

Συνάρτηση μεταφοράς συστήματος υπό έλεγχο:

$$F_{PI}(s) = K_{PI}(s) \cdot G(s) = \frac{1.38s+0.17}{8s^4+12s^3+6s^2+s}$$

Συνολική συνάρτηση μεταφοράς:

$$H_{PI}(s) = \frac{F_{PI}(s)}{1+F_{PI}(s)} = \frac{1.38s+0.17}{8s^4+12s^3+6s^2+2.38s+0.17}$$

Χρόνος Ανόδου:

$$T_r \cong 6.5 - 3.0 = 3.5 \text{ sec}$$

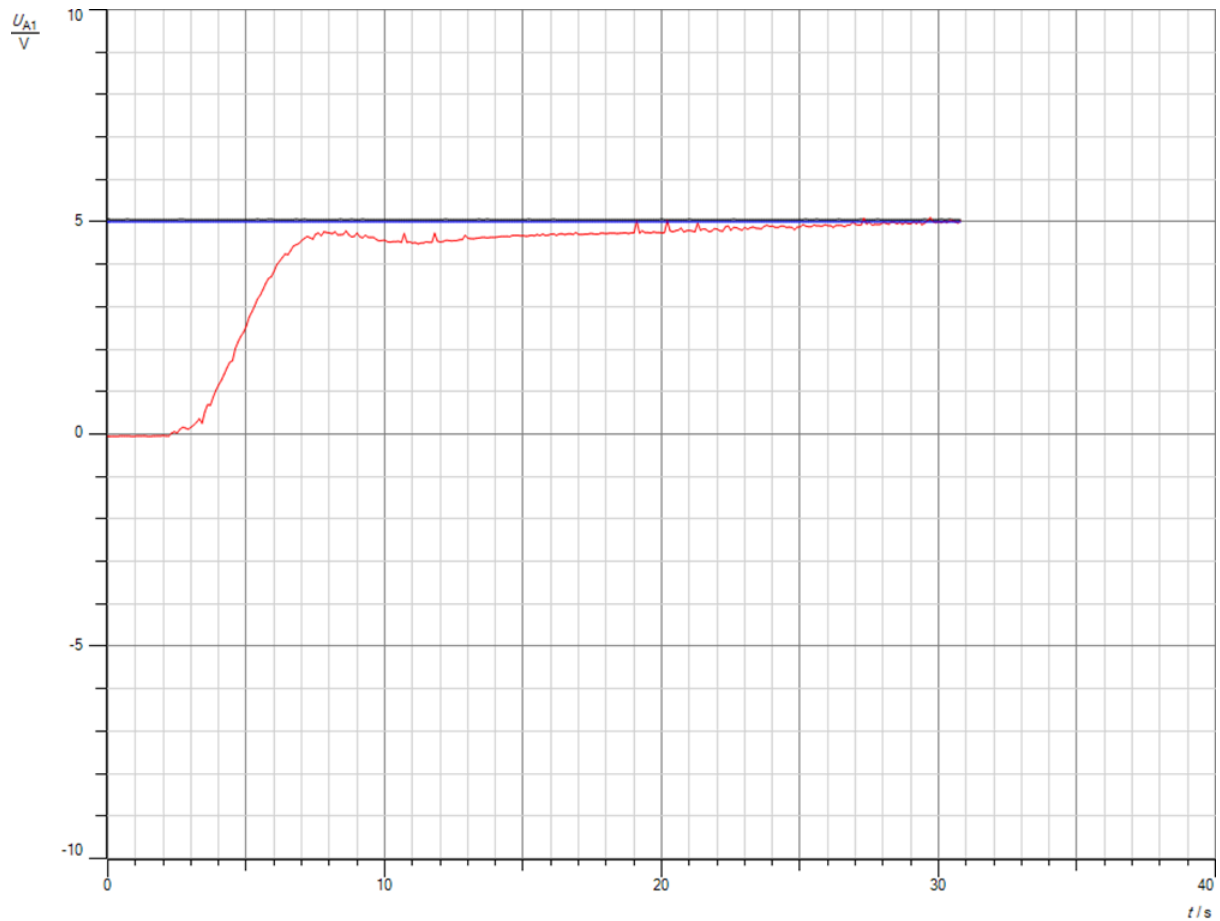
Χρόνος Αποκατάστασης:

$$T_s \cong 17.0 - 2.0 = 15.0 \text{ sec}$$

Χρόνος αιχμής:

$$T_p = 7.5 - 2.0 = 5.5 \text{ sec}$$

Για 0% υπερύψωση - PID ελεγκτική



$$K_{PID}(s) = K_p \cdot \left(1 + \frac{1}{T_i} \cdot \frac{1}{s} + T_d \cdot s \right) = 2.36 + 0.35 \cdot \frac{1}{s} + 2 \cdot s$$

Συνάρτηση μεταφοράς συστήματος υπό έλεγχο:

$$F_{PID}(s) = K_{PID}(s) \cdot G(s) = \frac{2s^2 + 2.36s + 0.35}{8s^4 + 12s^3 + 6s^2 + s}$$

Συνολική συνάρτηση μεταφοράς:

$$H_{PID}(s) = \frac{F_{PID}(s)}{1 + F_{PID}(s)} = \frac{2s^2 + 2.36s + 0.35}{8s^4 + 12s^3 + 8s^2 + 3.36s + 0.35}$$

Χρόνος Ανόδου:

$$T_r \cong 6.8 - 3.5 = 3.3 \text{ sec}$$

Χρόνος Αποκατάστασης:

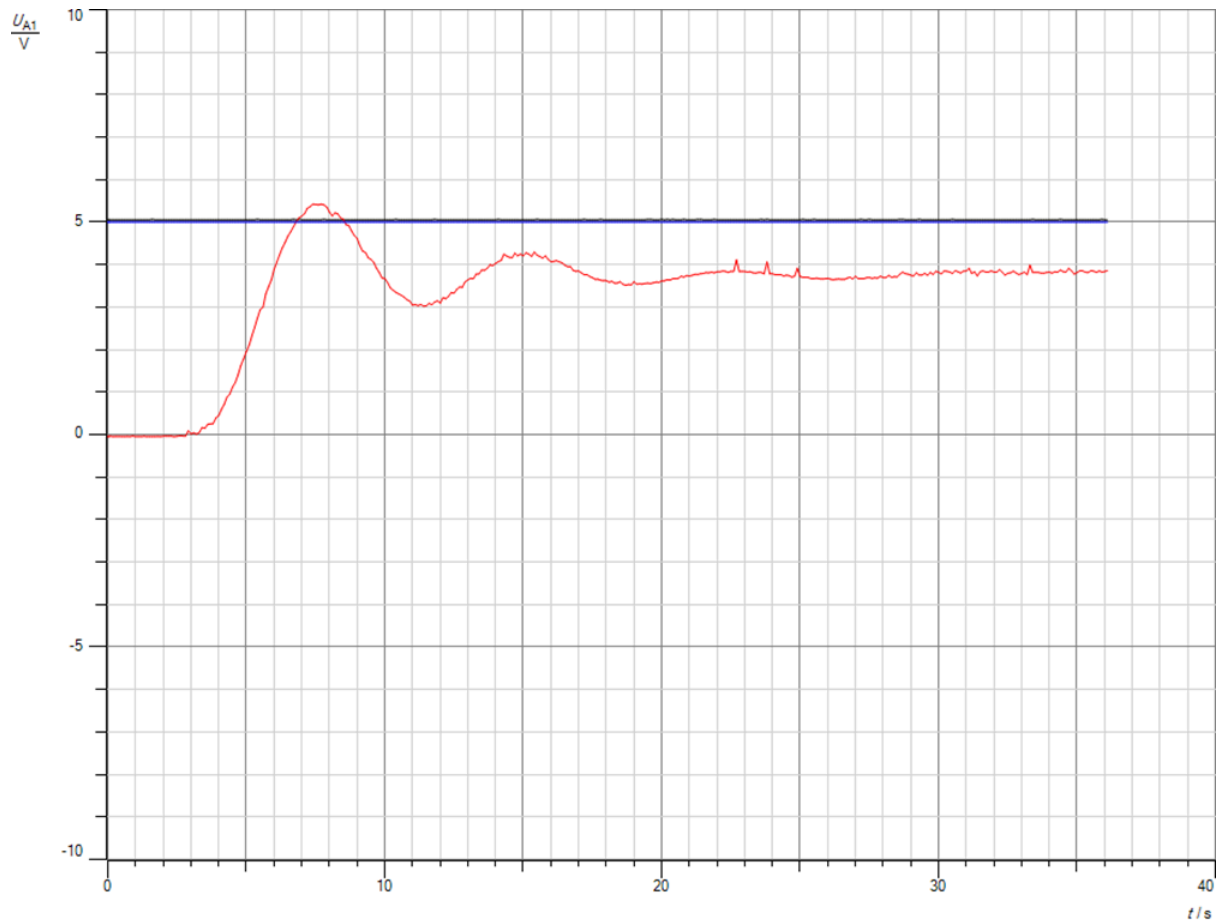
$$T_s \cong 14 - 2.5 = 11.5 \text{ sec}$$

Χρόνος αιχμής:

$$T_p = 8 - 2.5 = 5.5 \text{ sec}$$

Ο καταλληλότερος ελεγκτής φαίνεται πως είναι ο PID καθώς δεν προλαβαίνει να κάνει ταλάντωση σε σχέση με τους άλλους δύο.

Για 20% υπερύψωση - P ελεγκτή



Συνάρτηση μεταφοράς ελεγκτή:

$$K_p(s) = K_p = 2.75$$

Συνάρτηση μεταφοράς συστήματος υπό έλεγχο:

$$F_p(s) = K_p(s) \cdot G(s) = \frac{2.75}{8s^3 + 12s^2 + 6s + 1}$$

Συνολική συνάρτηση μεταφοράς:

$$H_p(s) = \frac{F_p(s)}{1 + F_p(s)} = \frac{2.75}{8s^3 + 12s^2 + 6s + 3.75}$$

Χρόνος Ανόδου:

$$T_r \cong 5.5 - 4.0 = 1.5 \text{ sec}$$

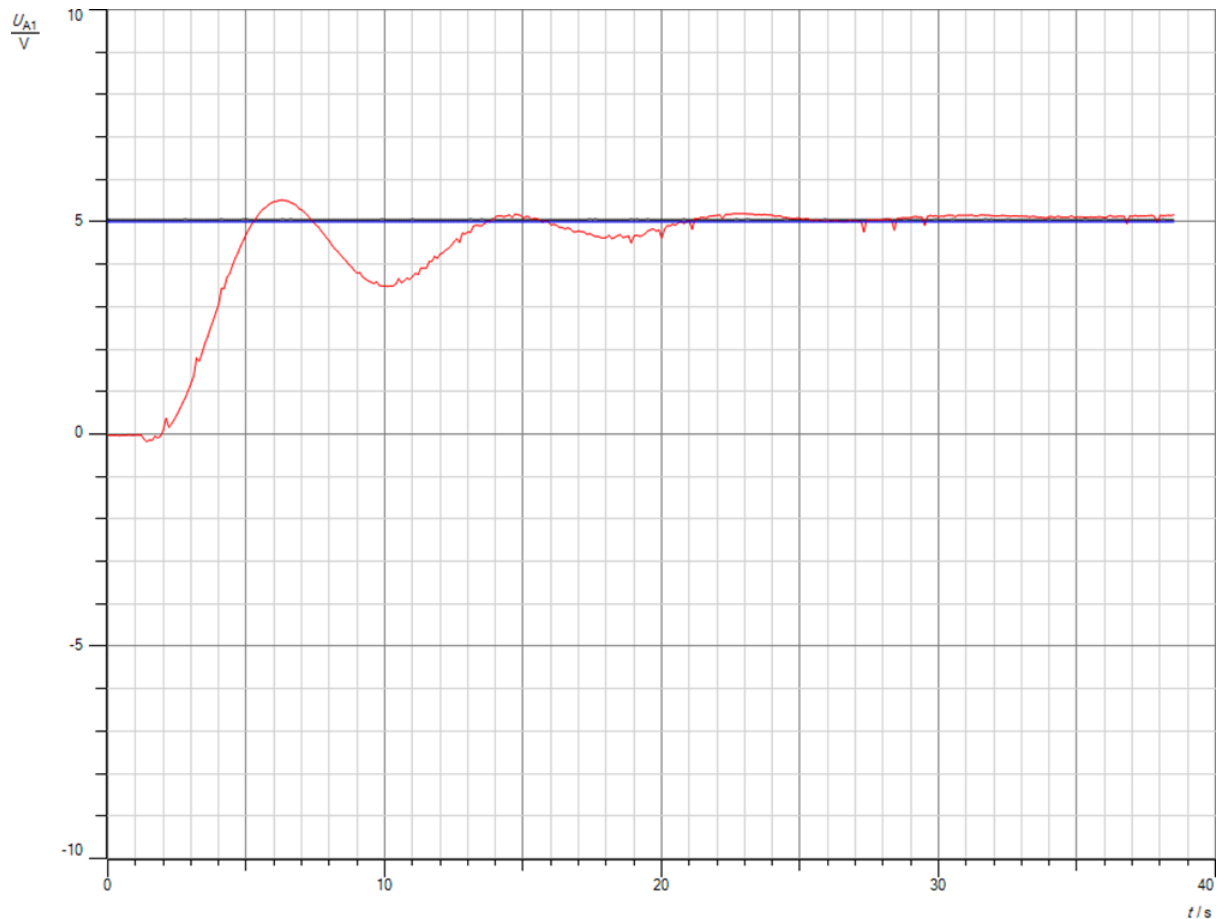
Χρόνος Αποκατάστασης:

$$T_s \cong 21.0 - 3.0 = 18 \text{ sec}$$

Χρόνος αιχμής:

$$T_p = 7.5 - 3.0 = 4.5 \text{ sec}$$

Για 20% υπερύψωση - PI ελεγκτική



Συνάρτηση μεταφοράς ελεγκτική:

$$K_{PI}(s) = K_p * (1 + \frac{1}{Ti} * \frac{1}{s}) = 2.36 + 0.35 \cdot \frac{1}{s}$$

Συνάρτηση μεταφοράς συστήματος υπό έλεγχο:

$$F_{PI}(s) = K_{PI}(s) \cdot G(s) = \frac{2.36s+0.35}{8s^4+12s^3+6s^2+s}$$

Συνολική συνάρτηση μεταφοράς:

$$H_{PI}(s) = \frac{F_{PI}(s)}{1+F_{PI}(s)} = \frac{2.36s+0.35}{8s^4+12s^3+6s^2+3.36s+0.35}$$

Χρόνος Ανόδου:

$$T_r \cong 4.8 - 2.5 = 2.3 \text{ sec}$$

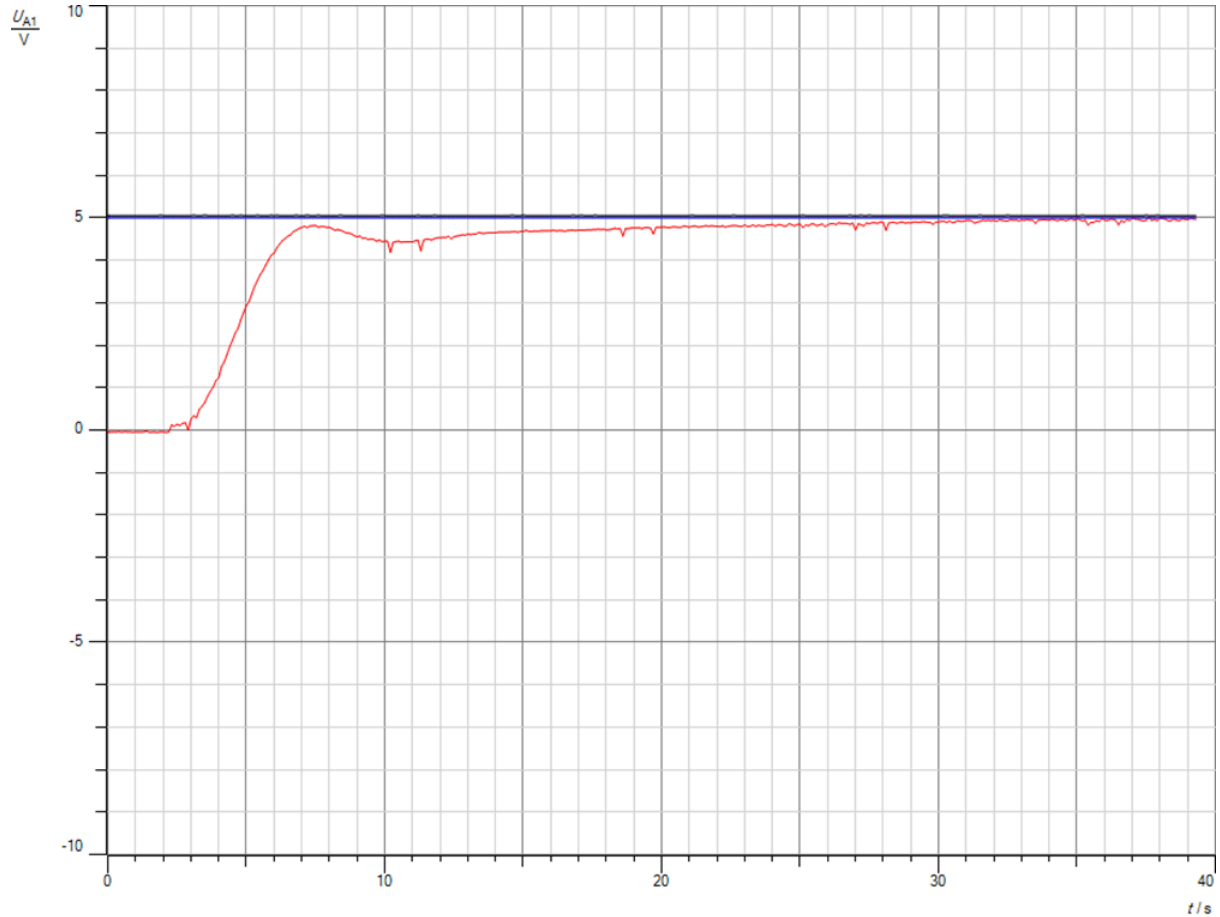
Χρόνος Αποκατάστασης:

$$T_s \cong 20.0 - 2.0 = 18.0 \text{ sec}$$

Χρόνος αιχμής:

$$T_p = 6.2 - 2.0 = 4.2 \text{ sec}$$

Για 20% υπερύψωση - PID ελεγκτή



Συνάρτηση μεταφοράς ελεγκτή:

$$K_{PID}(s) = K_p * (1 + \frac{1}{T_i} * \frac{1}{s} + T_d * s) = 3.74 + 0.4 \cdot \frac{1}{s} + 3 \cdot s$$

Συνάρτηση μεταφοράς συστήματος υπό έλεγχο:

$$F_{PID}(s) = K_{PID}(s) \cdot G(s) = \frac{3s^2 + 3.74s + 0.4}{8s^4 + 12s^3 + 6s^2 + s}$$

Συνολική συνάρτηση μεταφοράς:

$$H_{PID}(s) = \frac{F_{PID}(s)}{1 + F_{PID}(s)} = \frac{3s^2 + 3.74s + 0.4}{8s^4 + 12s^3 + 9s^2 + 4.74s + 0.4}$$

Χρόνος Ανόδου:

$$T_r \cong 6.5 - 3.5 = 3.0 \text{ sec}$$

Χρόνος Αποκατάστασης:

$$T_s \cong 15 - 2.0 = 13 \text{ sec}$$

Χρόνος αιχμής:

$$T_p = 7.2 - 2.0 = 5.2 \text{ sec}$$

Ο καταλληλότερος ελεγκτής και σε αυτή την περίπτωση είναι ο PID καθώς δεν προλαβαίνει να κάνει ταλάντωση σε σχέση με τους άλλους δύο και έχει τον μικρότερο χρόνο αποκατάστασης.

Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων εξομοίωσης.

ΜΕΘΟΔΟΣ ZN

Στην πειραματική εύρεση του $K_{critical}$ μέσω της αύξησης του K_p , οι κυματομορφές συμπίπτουν με τις αντίστοιχες θεωρητικές που φτιάξαμε στο matlab. Και στις 2 περιπτώσεις καταλήξαμε ότι το $K_{crit} = 8$, ενώ το T_{crit} έχει απόκλιση (Πειραματικά βρήκαμε 5.7 και θεωρητικά 7.3)

Για τους ελεγκτές P,PI,PID παρατηρούμε ότι οι πειραματικές μετρήσεις ταυτίζονται αρκετά με τις θεωρητικές στο Matlab. Η βασική διαφορά εντοπίζεται στα ποσοστά υπερύψωσης που εμφανίζουν οι πειραματικές μετρήσεις (χαμηλότερες) σε σχέση με τις θεωρητικές.

ΜΕΘΟΔΟΣ CHR

0% Υπερύψωση

Για τους ελεγκτές P,PI,PID παρατηρούμε ότι όλες οι πειραματικές μετρήσεις ταυτίζονται με τις θεωρητικές.

20% Υπερύψωση

Για τους ελεγκτές παρατηρούμε ότι ταυτίζονται οι θεωρητικές με τις πειραματικές τιμές, αλλά στις τιμές που πήραμε εργαστηριακά παρατηρούμε μεγαλύτερο ποσοστό υπερύψωσης.