

Ρομποτική II	Ονοματεπώνυμο	Αριθμός Μητρώου
Εξαμηνιαία 2 <sup>α</sup>	Αθανασία Μπαλακέρα	03116196
8 <sup>ο</sup> Εξάμηνο (2019 - 2020)	Σάββας Σιφναίος	03116080

### Εισαγωγή

Σκοπός της εργασίας είναι η υλοποίηση ενός αλγορίθμου με στόχο το ρομποτικό όχημα να ακολουθεί μία παράλληλη τροχιά ως προς κάποιο εμπόδιο. Πιο συγκεκριμένα, το ρομποτικό όχημα πρέπει να εκτελέσει μια τροχιά, η οποία να κάνει μια πλήρη περιφορά παράλληλη στα εμπόδια και διατηρώντας μια σταθερή απόσταση από αυτά. Η σταθερή αυτή απόσταση επιλέχθηκε να είναι  $y_d = 0,25m$ . Επίσης, από τους αριθμούς μητρώου μας (03116080 και 03116196) προκύπτει η μεταβλητή  $X = 0 + 6 = 6$  η οποία έχει χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό διάφορων παραμέτρων του κώδικα.

### Περιγραφή του Αλγορίθμου

Στο σημείο αυτό, παραθέτουμε μία σύντομη περιγραφή του αλγορίθμου μέσω του οποίου επιτυγχάνεται η παρακολούθηση του τοίχου από το ρομποτικό όχημα.

Αρχικά, λαμβάνοντας υπόψιν το τελευταίο ψηφίο του αριθμού μητρώου του εκάστοτε μέλους της ομάδας μας ,υπολογίζεται ο **κωδικός αριθμός  $X = 6$**  και συνεπώς , από την σχέση ***angle* = mod( $X, \pi$ )**, προκύπτει ότι η γωνία στροφής του οχήματος γύρω από τον άξονα Z θα είναι ίση με ***angle* = 2.858407346410207**. Επιπλέον, σημειώνεται πως η παρακολούθηση του τοίχου πραγματοποιείται σύμφωνα με την ωρολογιακή φορά , καθώς ο προκύπτων **κωδικός αριθμός  $X$**  είναι άρτιος.

Έχοντας καθορίσει τόσο τις παραμέτρους αρχικοποίησης του προσανατολισμού του ρομποτικού οχήματος, όσο και την φορά με την οποία θα παρακολουθεί αυτό τον τοίχο, μπορούμε να προσχωρήσουμε στην υλοποίηση του κύριου τμήματος του αλγορίθμου μας.

Στο συγκεκριμένο τμήμα του αλγορίθμου μας, ορίζουμε τις τρεις πιθανές καταστάσεις στις οποίες μπορεί να βρεθεί το ρομποτικό όχημα, βάσει των μετρήσεων που λαμβάνουμε από τα sonar. Η πρώτη πιθανή κατάσταση, έστω **κατάσταση 0**, είναι εκείνη στην οποία το όχημα τίθεται κατά την εκκίνηση του gazebo-περιβάλλοντος και στην οποία παραμένει όσο οι τιμές των μετρήσεων που λαμβάνονται από τα τρία μπροστινά sonar είναι μεγαλύτερες ή ίσες από την επιθυμητή απόσταση από τον τοίχο. Όσο το όχημα βρίσκεται σε αυτή την κατάσταση, κινείται με σταθερή γραμμική ταχύτητα στον άξονα x (*linear\_velocity* = 0.2 m/s) καθώς και με σταθερή γωνιακή ταχύτητα ως προς τον άξονα z (*angular\_velocity* = 0.1 rad/s) προκειμένου να προσεγγίσει κάποια από τις πλευρές του τοίχου. Μόλις η τιμή της μέτρησης κάποιου εκ των τριών προαναφερθέντων sonar γίνει μικρότερη από την επιθυμητή απόσταση  $y_d$ , τότε το ρομποτικό όχημα μεταβαίνει στην επομένη κατάσταση ,έστω **κατάσταση 1**, και το flag *trying\_to\_find\_wall* τίθεται στην τιμή *False*, αποτρέποντας έτσι την επιστροφή του οχήματος στην αρχική αυτή **κατάσταση 0**.

Όταν το ρομποτικό μας όχημα βρίσκεται στην **κατάσταση 1** , τότε θεωρούμε πως έχει εντοπίσει μία πλευρά του τοίχου και απέχει ικανοποιητική απόσταση από κάποια γωνία, όπου και πρέπει να στρίψει. Συνεπώς , για την παραμονή του οχήματος πάνω στην επιθυμητή τροχιά γίνεται εφαρμογή PD ελέγχου στην ταχύτητα περιστροφής ως προς τον άξονα z. Στο σημείο αυτό, αξίζει να αναφερθεί πως το σφάλμα θέσης ορίζεται από την παρακάτω σχέση :

$$position\_error = \max(y_d - sonar\_Left, y_d - sonar\_frontLeft * \cos(\pi/4))$$

,όπου *sonar\_Left* και *sonar\_frontLeft* οι τιμές των μετρήσεων του αριστερού και αριστερά μπροστινού sonar αντίστοιχα. Επιπλέον, σημειώνεται πως όσο το όχημα βρίσκεται στην δεδομένη κατάσταση, η γραμμική του ταχύτητα στον άξονα x παραμένει σταθερή και ίση με 0.2 m/s. Μόλις το όχημά μας αρχίζει να προσεγγίζει κάποια από τις τέσσερις γωνίες, μόλις δηλαδή η μέτρηση του αριστερού ή του αριστερά μπροστινού sonar γίνει μεγαλύτερη ή ίση από την απόσταση του μπροστινού sonar, τότε αυτό μεταβαίνει στην **κατάσταση 2**. Η κατάσταση αυτή αντιστοιχεί στην διαδικασία στροφής του ρομποτικού οχήματος, κατά την οποία οι ταχύτητες ως προς τους x και z άξονες τίθενται στις τιμές 0.2 m/s και 0.9 rad/s αντίστοιχα. Τέλος, όταν οι τιμές των μετρήσεων του αριστερού και αριστερά μπροστινού sonar γίνουν και οι δύο μικρότερες της τιμής της μέτρησης του μπροστινού sonar, τότε η διαδικασία στροφής ολοκληρώνεται και το ρομποτικό μας όχημα επιστρέφει στην **κατάσταση 1**.

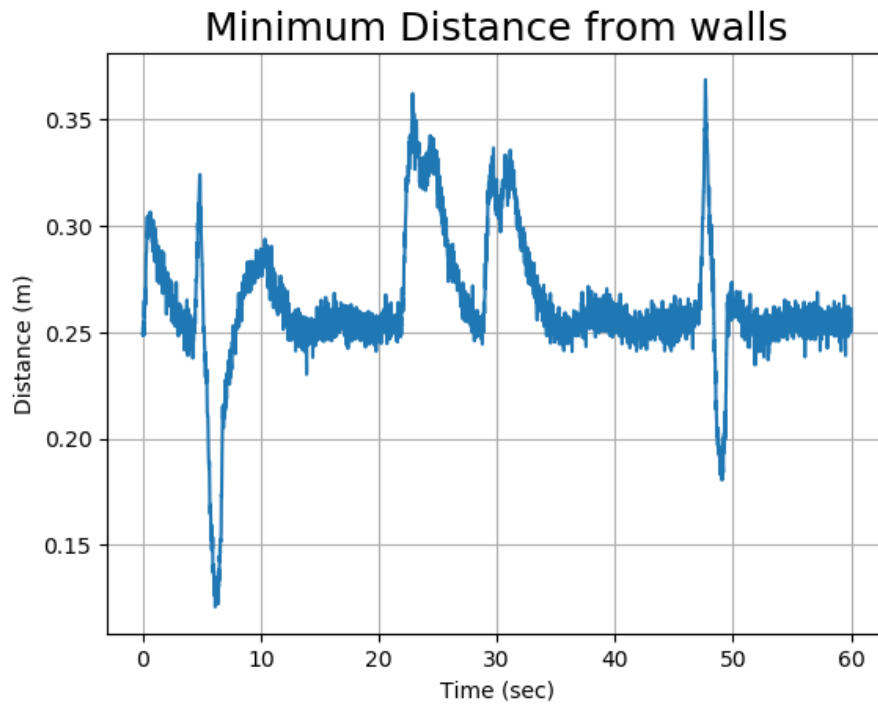
Στο σημείο αυτό, αξίζει να επισημανθεί πως η προαναφερθείσα διαδικασία επαναλαμβάνεται συνεχώς, μέχρι τον τερματισμό του gazebo-περιβάλλοντος.

### Προσομοίωση

Σε αυτό το κομμάτι θα παραθέσουμε ορισμένες παρατηρήσεις που διαπιστώσαμε κατά την εκτέλεση της προσομοίωσης, καθώς επίσης και θα σχολιάσουμε τα διαγράμματα, όπως αυτά προκύπτουν από δεδομένα που συλλέχθηκαν κατά την πρώτη περιφορά του ρομποτικού οχήματος.

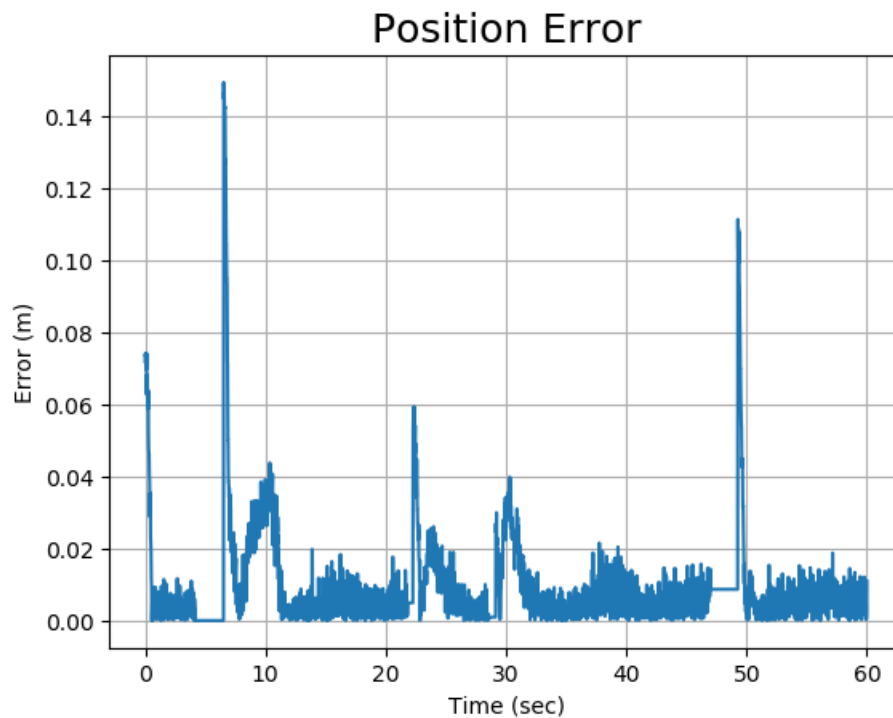
Έπειτα από διάφορες δοκιμές που κάναμε έτσι ώστε να αποφασίσουμε ποιες είναι οι κατάλληλες τιμές για τις παραμέτρους ελέγχου  $K_p$  και  $K_d$ , καταλήξαμε στο συνδυασμό  $K_p = 15$  και  $K_d = 8$ . Με βάση, λοιπόν, αυτές τις τιμές προέκυψαν και οι ακόλουθες γραφικές.

Καταρχάς, όσον αφορά την ελάχιστη απόσταση από τους τοίχους έχουμε την ακόλουθη γραφική παράσταση:



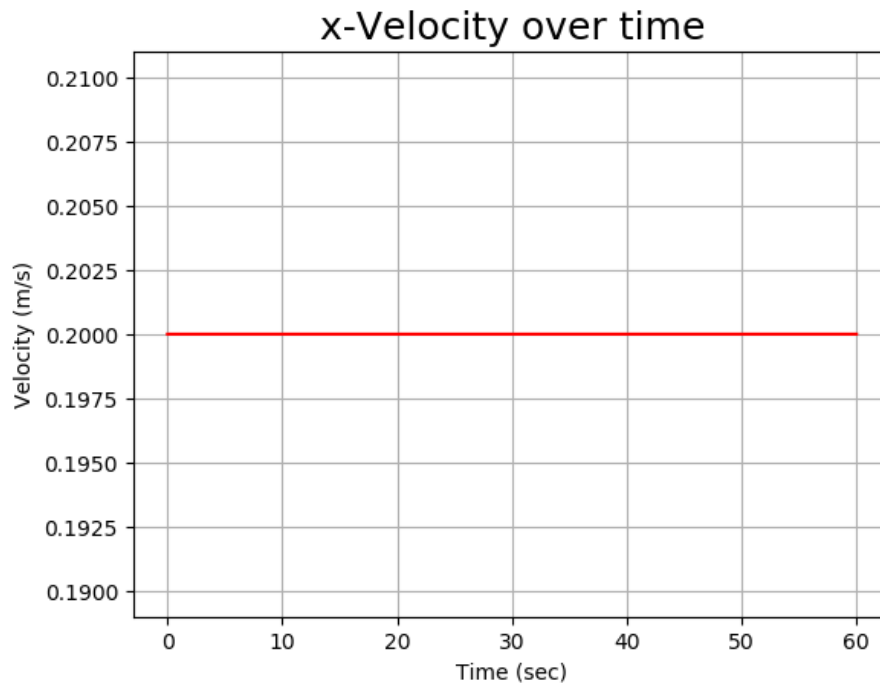
Εδώ, παρατηρούμε ότι υπάρχει μία μικρή διακύμανση γύρω από την επιθυμητή τιμή των 0,25m και πέντε spikes. Το πρώτο οφείλεται στην διαδικασία μετάβασης του ρομποτικού οχήματος από την **κατάσταση 0** στην **κατάσταση 1**. Τα υπόλοιπα τέσσερα spikes δημιουργούνται όταν το ρομποτικό όχημα μπαίνει στις τέσσερις γωνίες του περιβάλλοντος.

Επίσης, το διάγραμμα του σφάλματος θέσης παραθέτεται ακολούθως:

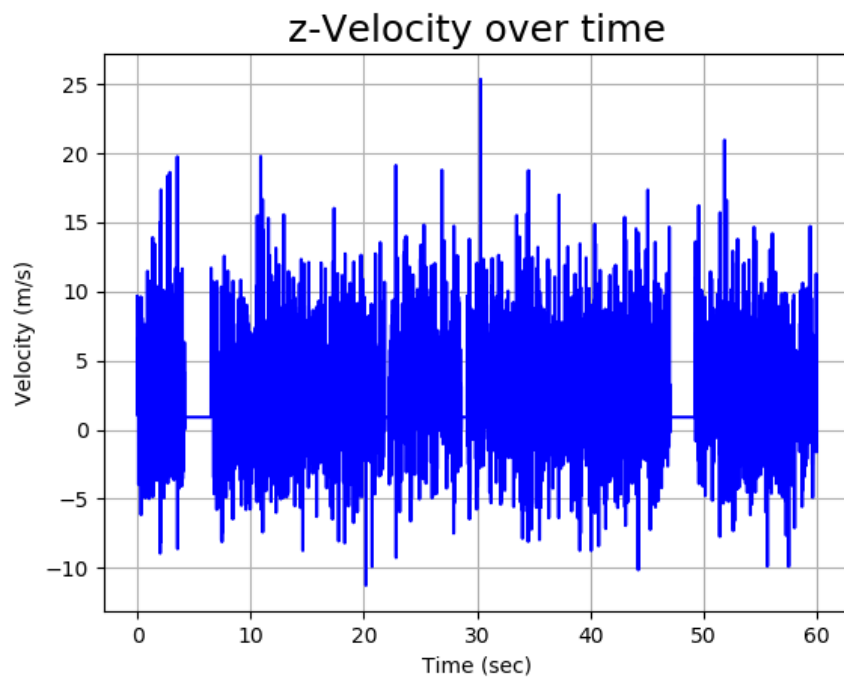


Σε αυτό το διάγραμμα παρατηρεί κανείς ότι το σφάλμα είναι μικρότερο του 0,02m αν εξαιρέσουμε την αρχική μετάβαση και τις τέσσερις στροφές, γεγονός που καθιστά τον κώδικα αρκετά ακριβή.

Έπειτα, ακολουθούν οι δύο γραφικές για την ταχύτητα του κινητού ως προς x και ως προς z άξονα αντίστοιχα:



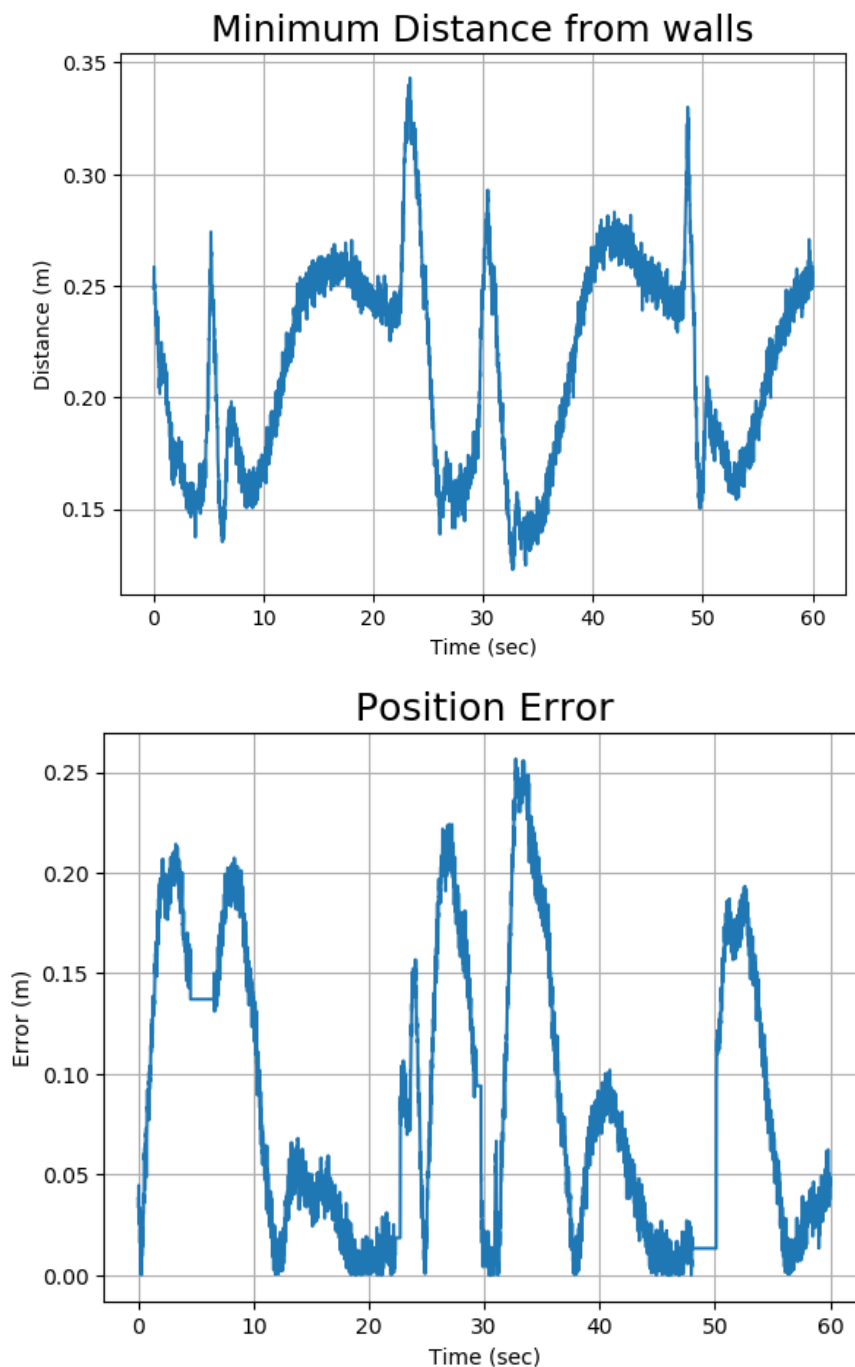
Όπως ήταν αναμενόμενο, η ταχύτητα ως προς τον x-άξονα είναι σταθερή και ίση με 0,2m/sec, αφού αυτή την συνθήκη την έχουμε καθορίσει στον κώδικα.



Εδώ, σε αντίθεση με την ταχύτητα ως προς τον x-άξονα, παρατηρούμε μεγάλες και πολλές διακυμάνσεις, καθώς η ταχύτητα ως προς z-άξονα εξαρτάται από το σφάλμα θέσης και την παράγωγό του σε ποσοστό ανάλογο των  $K_p$  και  $K_d$  αντίστοιχα, γεγονός που λειτουργεί διορθωτικά με σκοπό την επαναφορά του ρομπότ στην επιθυμητή τροχιά σε περίπτωση απόκλισης.

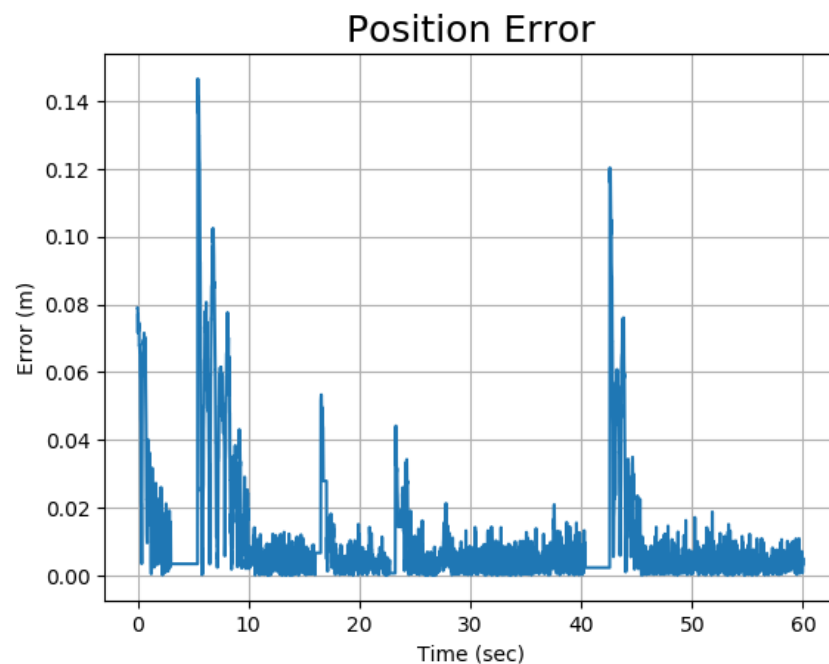
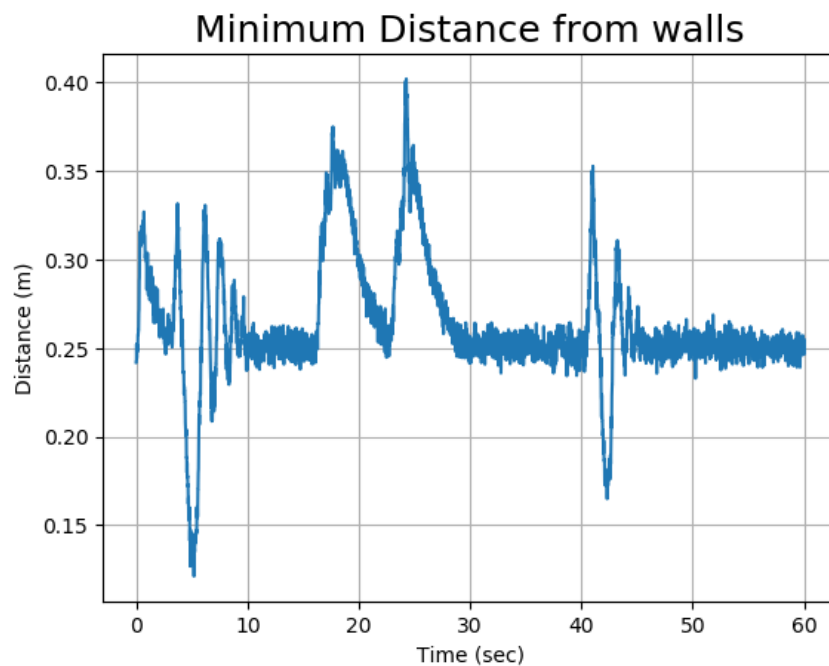
Επιπρόσθετα, όπως προαναφέρθηκε, για να καταλήξουμε στα επιθυμητά  $K_p$  και  $K_d$ , έγιναν διάφορες δοκιμές τα αποτελέσματα των οποίων παραθέτονται στη συνέχεια.

Για  $K_p = 5$  και  $K_d = 3$  προέκυψαν τα εξής διαγράμματα:



Σε αυτή την περίπτωση παρατηρούμε ότι επειδή οι τιμές που χρησιμοποιήσαμε είναι σχετικά μικρότερες από τις επιθυμητές το σύστημα αργεί να εκτελέσει τις διορθωτικές κινήσεις με αποτέλεσμα να αργεί να προσεγγίσει την επιθυμητή απόσταση. Αξίζει να σημειωθεί ότι όταν έχουμε μικρό  $K_p$  έχουμε μεγαλύτερη ακρίβεια και σταθερότητα κατά την μεταβολή του προσανατολισμού του ρομποτικού οχήματος, αλλά αυτή η διαδικασία απαιτεί αρκετό χρόνο. Αν, λοιπόν, οι τοίχοι είχαν μεγαλύτερο μήκος, τότε πολύ πιθανόν αυτή η καθυστέρηση να ήταν ανεπαίσθητη.

Για  $K_p = 500$  και  $K_d = 3$  προέκυψαν τα εξής διαγράμματα:



Με αυτές τις τιμές παρατηρούμε πως το ρομποτικό όχημα κατά την κίνησή του εκτελεί ταλαντώσεις και επομένως δύσκολα επανέρχεται στην επιθυμητή του θέση, αφού γίνονται μεγάλες αλλαγές εξαιτίας του  $p$ -ελέγχου. Επίσης, επειδή το  $K_p$  είναι πολύ μεγάλο, όταν επιχειρεί το ρομποτικό όχημα να στρίψει διορθωτικά, αναπτύσσεται μεγάλη στροφική ταχύτητα με αποτέλεσμα να αυξάνεται το σφάλμα θέσης. Βέβαια, παράλληλα με τα παραπάνω παρατηρείται ότι κάθε φορά που η γωνιακή ταχύτητα υπερβαίνει κατά πολύ την γραμμική, τότε αναπτύσσεται ανεξήγητα μια αρκετά μεγάλη γραμμική ταχύτητα, η οποία οδηγεί το ρομποτικό όχημα τελείως εκτός τροχιάς. Αντίστοιχο αποτέλεσμα παρατηρείται και αν το  $K_d$  γίνει πολύ μεγάλο. Παρ'όλ'αυτά, αξίζει να σημειωθεί ότι το σφάλμα θέσης σε σύγκριση με εκείνο για μικρότερες της επιθυμητής τιμές των  $K_p$  και  $K_d$  είναι καλύτερο και αρκετά κοντά στο επιθυμητό.