

## פרוייקט בבקרה

### 1. כללי

#### 1.1. מטרות הפרוייקט הינן:

- ליישם טכניקות בקרה קלאסיות ומודרניות על מערכת נשק לא מאויישת
- לתכנן את מערכות הבקרה לעמידה בביצועי כינון ייצובות כנגד אלמנטים לא לינאריים
- תכן בקרה להשגת טיב ייצוב אינרציאלי של תותח כנגד הפרעות קרקע
- תכן את חוגי הבקרה לעמידה טובה לצורורות הלמי ירי והחזרה מהירה של הקנה לנקודת מיכוון ראשיתית

#### 1.1. שלבי העבודה כוללים:

- קבלת פרמטרים של העמדה (צריח ותותח) ופוד תצפית (הגבהה וצידוד) בצירי הגבהה וצידוד של המרכיבים האלקטרו מכאניים לצורך בניית סימולציה
- אימות בתחום התדר של המודלים על ידי השוואה לתוצאות ספקטראליות מדודות על העמדה תוך שימוש בספקטרום אנלייזר בתוכנה
- סינטזה של בקרים לאופני כח) על בסיס אנקודרים) וייצוב) על בסיס ג'ירוסקופים)
- אופטימיזצית התכן להשגת ביצועי כינון וייצוב כנגד הפרעות קרקע מדודות
- אופטימיזצית התכן להשגת טיב החזרת התותח לנקודת מכוון ראשיתית בין כדוד לכדור בצרור
- יישום טכניקות בקרה בתחום המצב להשגת הביצועים לעיל דהיינו משוב מצב ואובזרוור .

### 1. פירוט שלבי הפרוייקט:

1.1. נתונים פרמטרים מיכאניים של עמדת הנשק ופוד תצפית ונדרש לבנות סימולציה לינארית בצירי הגבהה וצידוד .

יש להתבסס על החומר התיאורטי .

לצורך אימות הסימולציות יש להשתמש בתוצאות נתונות של בדיקות ספקטראליות בתחום התדר הכוללות עקומת היענויות ג'ירו תותח/צריח ואנקודר תותח/צריח לקלט הרמוני של פקודות זרם למנוע וכנה"ל לפוד תצפית.

כל וקטור o2i1x.mat כולל את וקטור התדרים המתחיל מ- 1Hz עד 100Hz. וכל וקטור o2i1.mat

כולל וקטור היענות קומפלקסי המתאים לווקטור התדרים.

א. בעזרת Matlab ציירו גרף Bode של המדידה הספקטראלית. לצורך כך בצעו: ( ) load לקבלת o2i1x.mat  
o2i1.mat

בצעו סימולציה ב-Simulink של המודל על פי המשוואות לעיל .  
על סמך משוואות תדירות עצמית וריסון של מערכת מסדר שני של רזוננס המערכת העריכו את שיעורי השיכוך וקפיציות .  
הזינו את נתונים שמצאתם בסימולציה ומצאו גרף Bode מהסימולציה והעתיקו אותו על-Bode מהמידות .  
בצעו אופטימיזציה על ערכי הקפיציות והשיכוך (והגבר כולל אם נדרש) עד לקבלת התאמה מיטבית באיזור הרזוננסים

יש לבצע זאת על מדידות הטכו ועל מדידות הגירו לכל ציר

ב. האם המערכת יציבה בחוג סגור עם משוב יחידה? נתחו את יציבות המערכת עבור כל הנקודות הקריטיות שלה.  
הדרכה: לצורך תכן הבקר למערכת המדודה מומלץ לעבוד עם sisotool.  
: sys=frd(o2i1,o2i1x,'FrequencyUnit','Hz'); היעזרו בפקודה

ג. מצאו בקר פשוט כך שלמערכת בסימולציה ולמערכת מהמידות עודף הגבר גדול מ- 10[dB] לפחות .  
מה הוא עודף הפאזה של המערכת עם הבקר הפשוט ?  
העריכו את ביצועי המערכת הזו בחוג סגור (עודף פאזה ? רוחב סרט ? שגיאת מצב מתמיד לתגובה למדרגה ?)

ד. תכננו בקרים לאופני כח וייצוב שיעניקו למערכות בצירי הגבהה וצידוד את הביצועים הבאים:

שגיאת מצב מתמיד לקלט ריצה אפס.

תדר חיתוך 0[dB] מעל 5[Hz]

הגבר מערכת בחוג פתוח בתדר 1[Hz] מעל 20[dB]

עודף פאזה של המערכת בסימולציה ובמציאות – מעל 40[deg]

עודף הגבר של המערכת בסימולציה ובמציאות – מעל 7[dB]

לצורך תכן הבקרים לאופני כח וייצוב:

ד.1. הנחיתו כ-פי 11 את עוצמת הרזוננס/ים בעזרת מסננים Notch Filter ותכננו את מקדמי הריסון

כך ששיעור פגיעת הפאזה בתדר 5[Hz] בשתי המערכות לא תהיה נמוכה מ-10[deg]-

ד.1. מצאו הגבר עבור המערכות כך שתדר החיתוך 0[dB] כ- 5[Hz] ו עודף הגבר של המערכת בסימולציה ובמציאות – מעל כ- 7[dB]

ד.3. מצאו בקר P+I) הגבר ואינטגרטור) כך שעודף פאזה של המערכת בסימולציה ובמציאות – מעל 40[deg] וכן הגבר מערכת בחוג פתוח בתדר 1[Hz] מעל 20[dB]

בדקו את ביצועי המערכת לקלטי מדרגות של 0.05[rad/sec], 1[rad/sec]

ה. הוסיפו כעת את מומנטי החיכוך ואי איזון לכל ציר. בדקו את התגובות הספקטראליות בעזרת ספקטרום אנלייזר. בדקו את התוצאות מהיבט עמידה בביצועים נדרשים .

ו. באופן ייצוב :

ו.1. הריצו בסימולציה את ווקטורי הפרעות הקרקע מהירות זוויתית ותאוצה קווית) מפיילי אקסל)

בצעו אינטגרציה על תפוקת הג'ירו לקבלת זווית תותח אינרציאלית. חשבו את טיב הייצוב

Standard Deviation STD). במונחי אחת סיגמה (כלומר

בצעו אופטימיזציה על פרמטרי הבקרים עד לקבלת טיב הייצוב הרצוי תוך שמירה על כל דרישות הבקרה שצוינו .

בדקו את ביצועי את טיב ייצוב המערכת להפרעות קרקע מהירות זוויתית ותאוצות) מתוך קבצי אקסל).

שפרו את הבקרים לקבלת תוצאות טבות מ-0.5mrad אחת סיגמה.

ו.1. באופן ייצוב: הוסיפו מנגנוני אנטי חיכוך לשיפור ביצועי המערכת – העריכו את טיב השיפור .

ז. הזינו לסימולציות את הלמי הירי) ללא הפרעות הקרקע) ובדקו את טיב החזרת התותח לאחר ירי של כל כדור.

יש לבצע זאת עבור אופני כח וייצוב בהגבהה וצידוד .

שפרו את פרמטרי הבקרה לקבלת תוצאות מיטביות .

ח. תחזרו על הסעיפים הקודמים א – ו עבור פוד התצפית.

ט. יש לשעבד את התותח והצריח לצירי הגבהה וצידוד של פוד התצפית בעזרת בקרי מצב .

י. חיזרו על סעיפים ו ז לעיל כאשר הפוד משולב במערכת

בהצלחה.