

### תיאור המנגנון



מצב פרוש



מצב מקופל



### תקציר

התעשייה האווירית מפתחת ומייצרת טילים לתעשייה הצבאית. לצורך ייצוב אווירודינמי של טילים משתמשים בכנפיים המחוברות אליהם מקופלות בזמן האחסון בזביל ונדרשות להיפתח מיד לאחר השיגור.

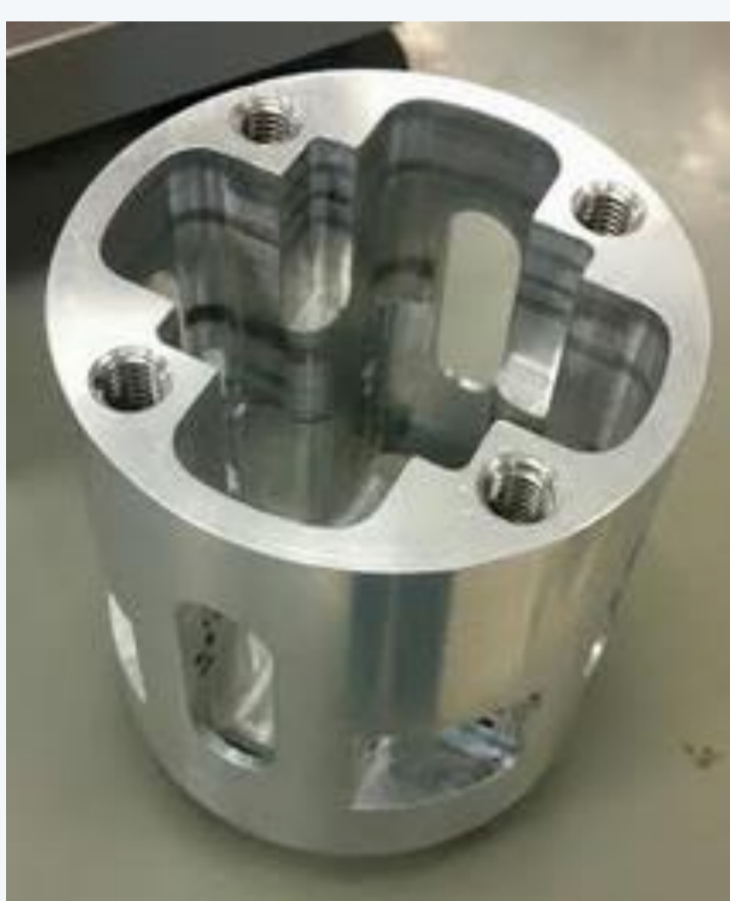
מטרת הפרויקט הינה פיתוח אב-טיפוס של מכניזם המורכב על גוף הטיל אשר פורש כנפיו בעת השיגור (היציאה מהזביל). הכנפיים מקופלות בשכיבה על הטיל ומשיקות לו, ובמהלך פרישתם המנגנון מסובב אותם סביב 2 צירים (ציר הניצב לטיל וציר הכנף) עד לכיוונית הרצויה.

עד כה השתמשה התעשייה האווירית במנגנוני פרישה בציר אחד, פתרון שהוא פשוט וקל ליישום אך יש לו השלכות משמעותיות על המימדים, הביצועים והמגבלות של הטיל. כעת מעוניינת התעשייה האווירית במנגנון שיפרוש את כנפי הטיל בשני צירים, לצורך שימוש עתידי בטיילים שתפתח.

התועלת העיקרית במנגנון כזה היא היתרונות המשמעותיים שיש לו מבחינת אורך הטיל, שמשפיע הלאה על המשקל, המחיר, הביצועים, והלאה אל קלות השימוש בטיל והאפקטיביות שלו בסופו של דבר בשדה הקרב. מנגנון פרישה בשני צירים יאפשר להוציא את הכנפיים מחוץ לטיל ובכך לאפשר את קיצורו ואת שיפור ביצועיו.

### מבנה המנגנון וחלקיו

גוף המנגנון



המוביל מונח על גבי הבוכנה

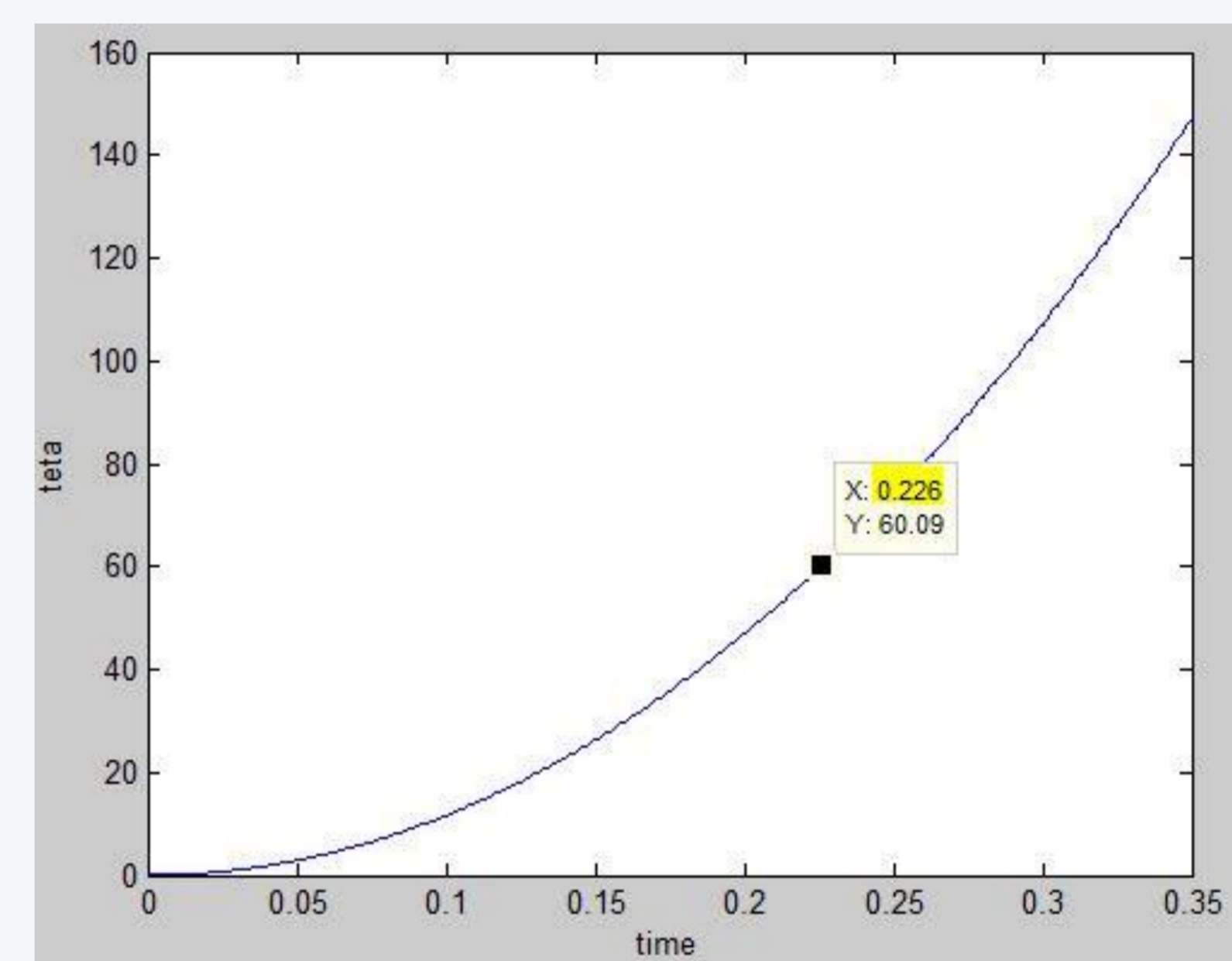
תנועת גוף המנגנון הצרית מעבירה לכל כנף תנועה סיבובית ע"י שתי תמסורות של גלגלי שיניים (גג"שים): פס שיניים, גג"ש ישר וזוג גג"שים קוויים.



הגלגלי שיניים מורכבים במקומם מימין: לפני הכנסת הבוכנה משמאל: לאחר הכנסת הבוכנה

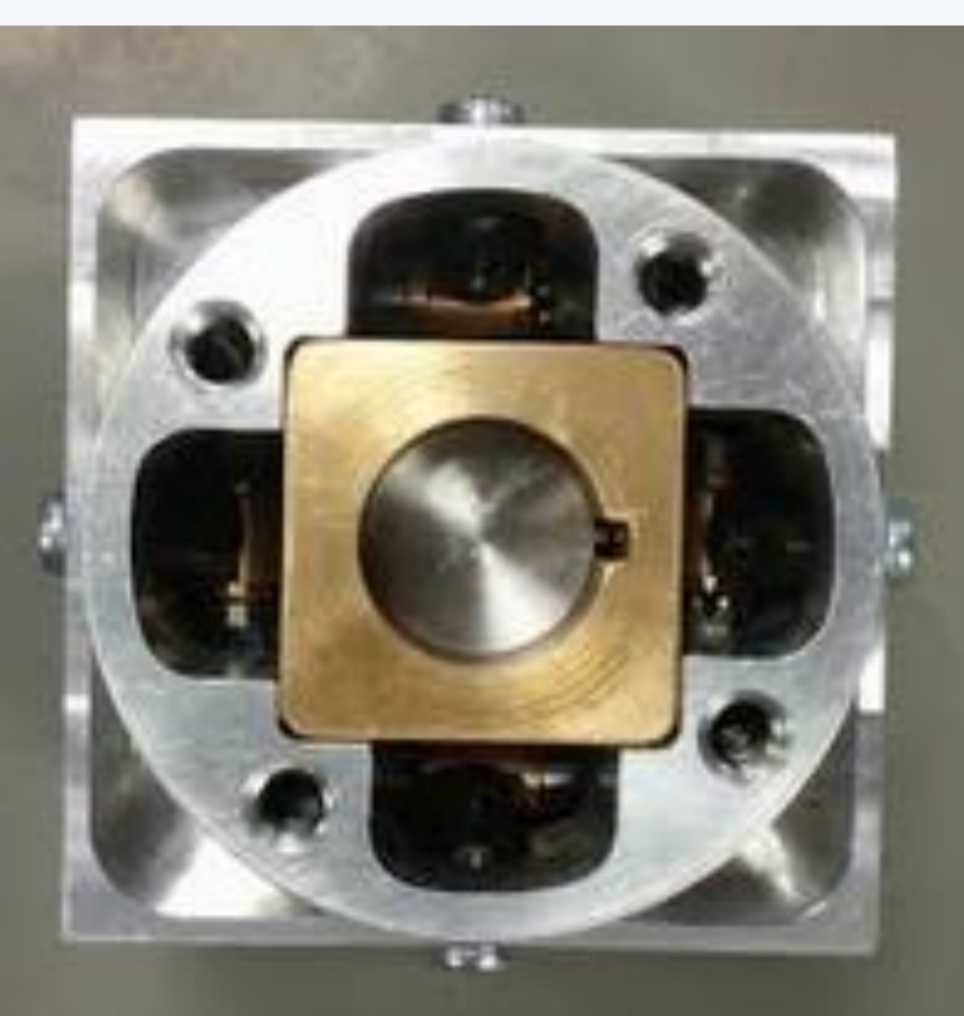
### חישובים מייצגים

תוצאות חישוב משך זמן פרישה:  $t = 0.226$  [sec]

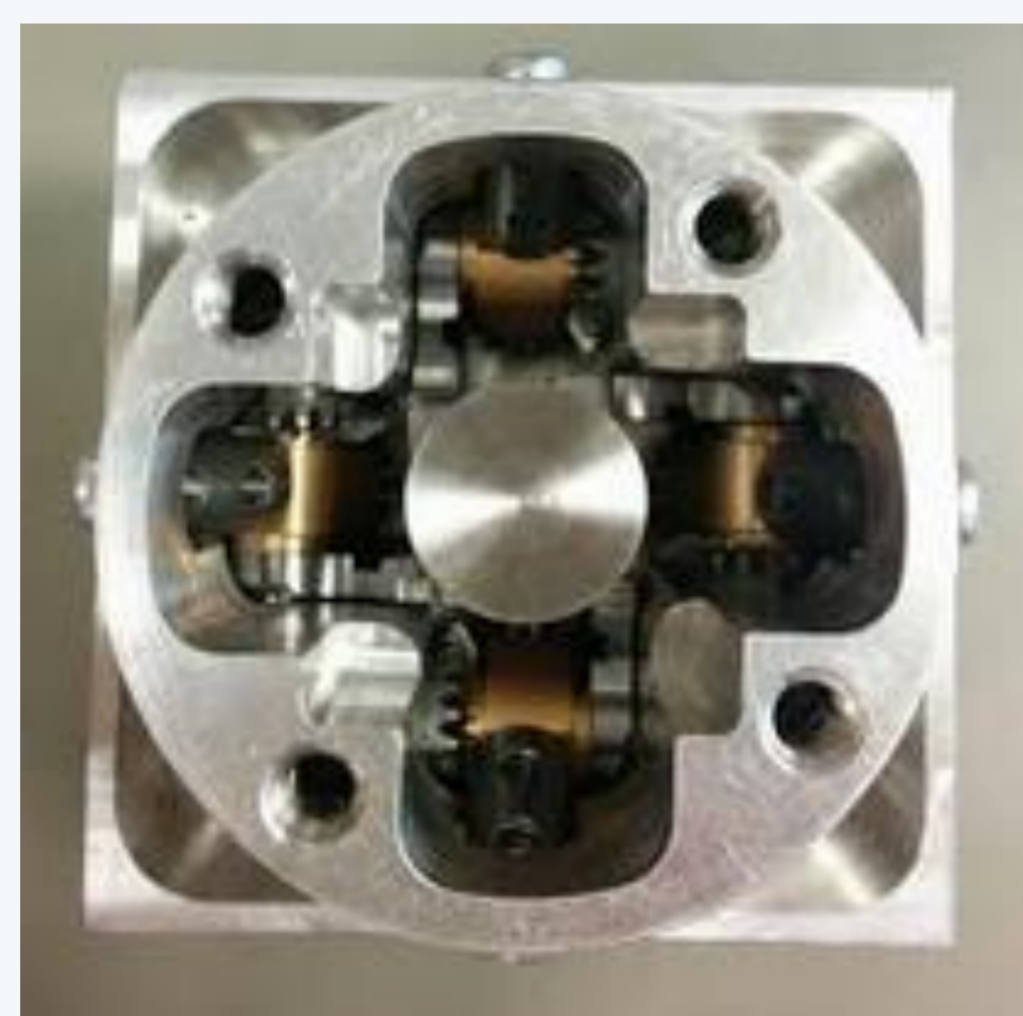


### דרישות הלקוח והמפרט ההנדסי

- מימדים:
  - קוטר המנגנון 80-100 מ"מ
  - אורך המנגנון עד 120 מ"מ
  - אורך הכנפיים 320-400 מ"מ
- משקל:
  - מנגנון עד 1 ק"ג
  - כנפיים: 250-350 גרם (כל כנף)
- אופני פרישה:
  - כיוון הפרישה עם כיוון הגרר
  - 90 מעלות סביב ציר הכנף
  - 90 מעלות סביב ציר הניצב לטיל
- זמן פרישה: עד 2 שניות
- התחלת פעולה: ע"י פקודה מכאנית/חשמלית, ללא שימוש בפירוטכניקה
- סיום פעולה: נעילה של הכנפיים
- עומסים:
  - תאוצה בשיגור 6g בשלושה צירים למשך דקה
  - מומנט בזמן מעוף: 15 ק"ג בניצב לכנף במרחק שליש מאורכה במצב פתוח
  - בלמים ניתן להכניס מקסימום 25g
  - תדר עצמי: 150 הרץ
  - טווח טמפרטורות (בזמן עבודה):  $-10^{\circ}\text{C} - +60^{\circ}\text{C}$
  - תחזוקתיות: ניתן להחליף כנף מבחוץ מבלי לפרק את המנגנון מהטיל
  - חליפיות: המערכת הינה אב טיפוס המוכיח היתכנות והיא לא אמורה להתאים לטיל מסוים
  - תכונות המערכת:
    - מחזורי עבודה עומד ב- 20 פרישות
    - אורך חיי מדף: 15 שנים



הקפיץ נכנס לתוך הבוכנה מלמטה ונסגר שם ע"י מכסה



המוביל



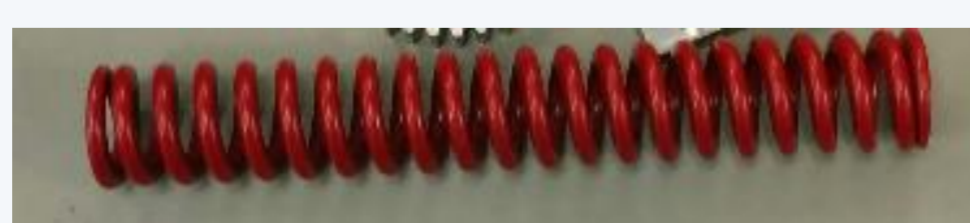
הבוכנה



קוביית המיסוב



הקפיץ



ציר הכנף



### תודות

- ברצוננו להודות לאנשים שעזרו תמכו והשקיעו מזמנם להצלחת הפרויקט:
- ד"ר צבי פרוכטר - על ההנחה והליווי המקצועי לאורך כל מהלך הפרויקט. על הסבלנות והידע הרב שהעשיר אותנו.
  - ד"ר חגי במברגר - מרצה הקורס, על התובנות שקיבלנו במהלך הקורס.
  - מר כפיר כהן - עזרה רבה במימוש זיכרון הוצאת הפרויקט לייצור.
  - גב, לאה שטרן - עזרה אדמיניסטרטיבית בתהליך רכישת הרכיבים.
  - מר יעקב האזור - א. בית מלאכה בטכניון ועזרו יוחאי אשר הקדישו לנו זמן רב לייצור ותיקון חלקים.
  - ואחרונים חביבים, הלקוחות הרמן ואבינדב, אשר שיתפו פעולה לאורך הפרויקט ותחושת הביטחון שנתנו לנו.

### האתגרים

- מימדים - הכנסת כל חלקי המנגנון לגוף קטן ככל האפשר. המימדים דרשו הקפדה ודיוק בבחירת מידות החלקים ונתינת הטולרנסים שלהם על מנת שיתפקדו נכון.
- תכן המערכת - מורכבות התכן עלתה על המצופה ודרשה חלקים בגיאומטריות לא שגרתיות. כמו בן אנליזה ידנית הפכה לכמעט בלתי אפשרית.
- משך זמן פרישת הכנפיים - מימוש דרישה זו ע"י מנגנון מכאני היווה קושי רב במציאת פתרון שיענה על כך.
- חיכוך גבוה - גורם להאטת הפרישה, ומקשה בהרכבה. לכן כל משטחי החיכוך עשויים מברונזה (בעלת מקדם חיכוך נמוך) ונעשה שימוש בחומרים מסככים.
- הרכבה מסובכת - חוסר יכולת להרכיב את המוצר בצורה מדויקת ותקינה. לצורך מניעתה הוכנו חלקים יעודיים הרכבה וכן נוהל הרכבה.
- פער טכנולוגי - לא קיים "פתרון מדף" למנגנון העונה לכלל דרישות הלקוח.
- עמידה בדרישות ומגבלות התקציב - לאור התקציב המוגבל נדרשו פתרונות יצירתיים.
- עמידה בלוח זמנים - מס' רב של הזמנות רכש וספקים חייבו פיקוח ובקרה מתמדת אחר תהליך הרכש.