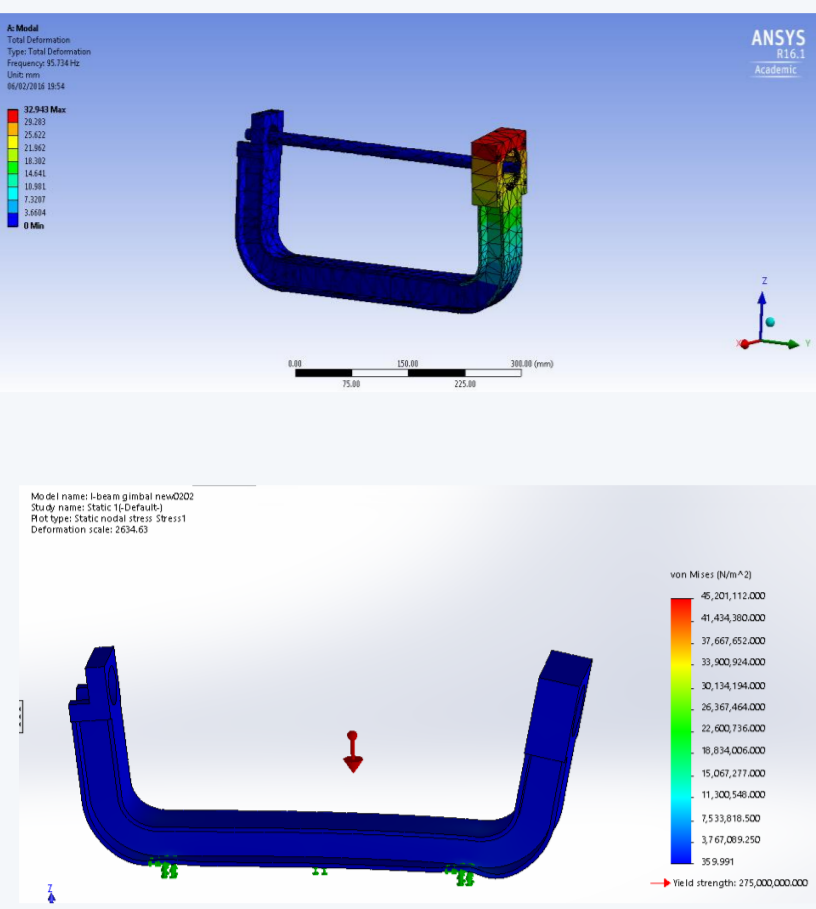


תוצאות הבדיקות והניסויים

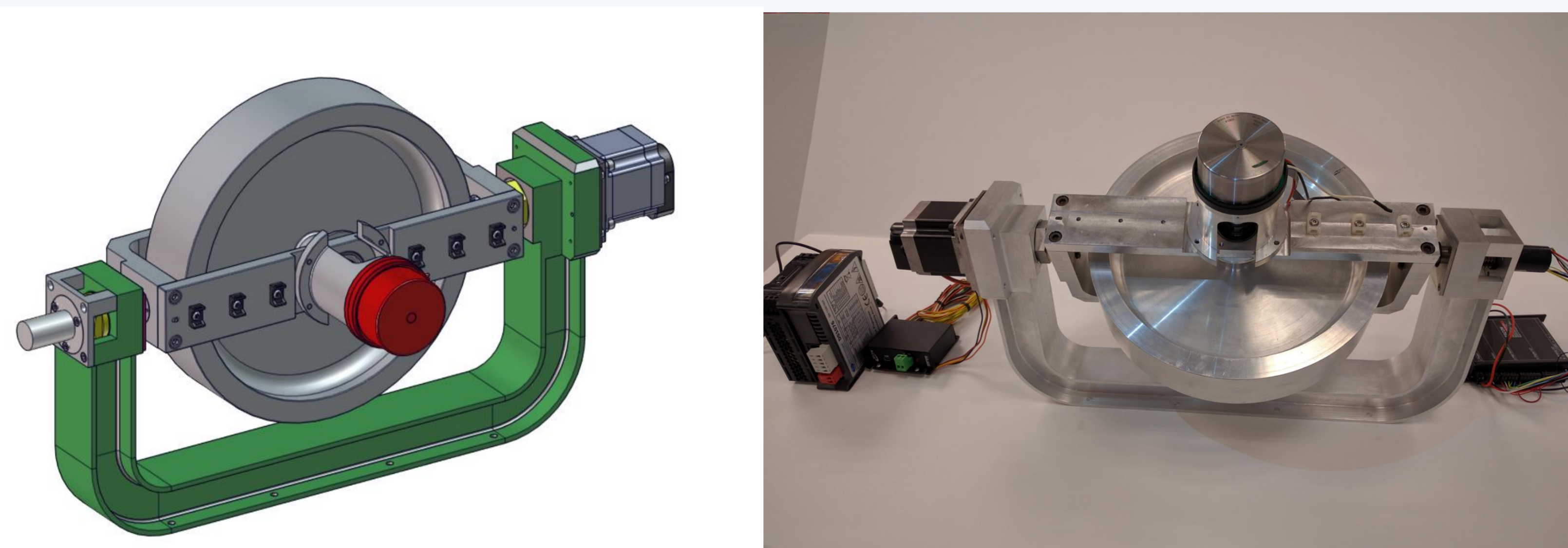


- בוצעה אנליזה מודלית בתוכנת ANSYS לבדיקת התדר העצמי של המערכת.
- בוצעה אנליזה לעמידות לגלג התנופה במהירות הסיבוב שבדרישות הלקוח.
- בוצעו אנליזות לעמידה בעומס סטטי של 25g.

תקציר

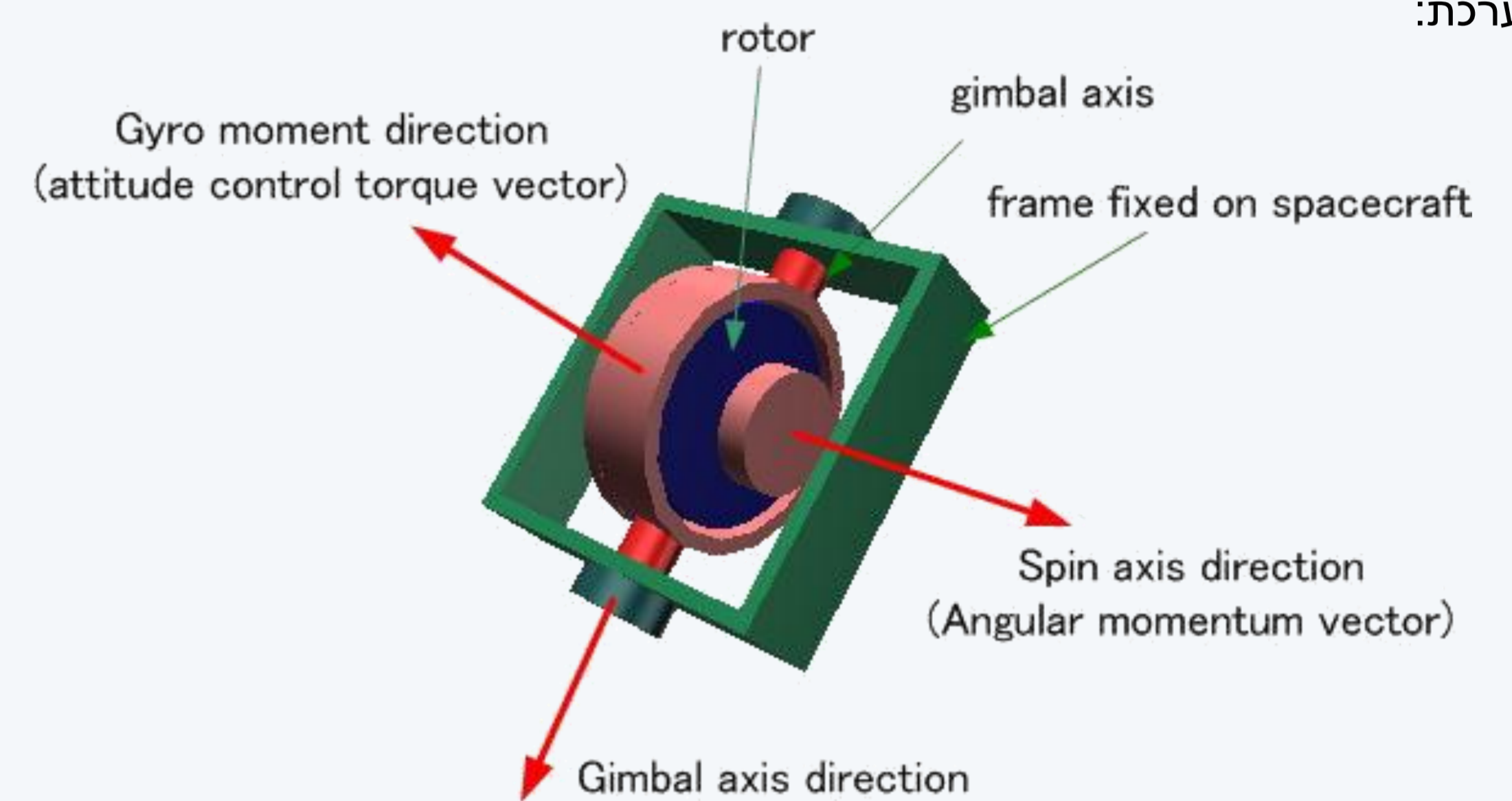
- מטרת הפרויקט היא לפתח אבטיפוס למערכת בקרת הכוון ללוויינים. מערכת זו נקראת - Control Moment Gyroscope (CMG).
- מערכת CMG מבצעית משמשת בתמרון לוויינים בחלל, על ידי הפעלת מומנט תוך שימוש באפקט ג'ירוסקופי.
- מערכת CMG יעילה אנרגטית יותר מאשר מערכות מסוג גלגל תגובה, אשר נמצאות בשימוש כיום ע"י התעשייה האווירית לישראל.

תיאור המוצר / הפרויקט



- | | |
|---------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Outside frame | 9. Bearing washer |
| 2. DFD NSK 7904 bearings | 10. DBD NSK 7904 bearings |
| 3. Slip ring shaft | 11. Washer |
| 4. Slip ring | 12. Gear shaft |
| 5. Bearing locker nut slip ring | 13. Harmonic Drive CSD-20-100 |
| 6. Bearing locker | 14. Kollmorgen CTM-21 |
| 7. Flywheel Assembly | 15. Motor house |
| 8. Bearing locker nut gear | 16. Anaheim automation ENC-A2N-1024 |

רקע תיאורטי



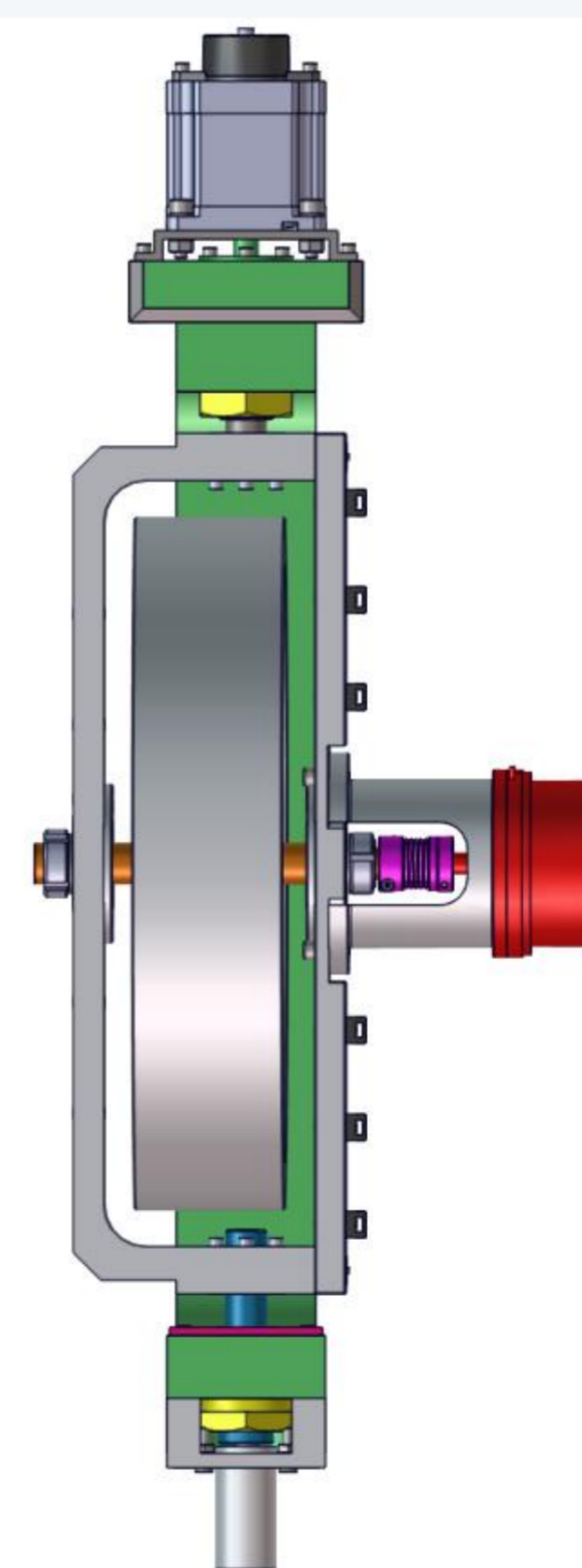
רכיבי המערכת:

$$M = \underbrace{I_{FW} \cdot \ddot{\theta}^f}_{\text{Flywheel Acceleration}} + \underbrace{I_G \cdot \ddot{\theta}}_{\text{Gimbal Acceleration}} + \underbrace{\dot{\theta} \cdot (I_{FW} \cdot \omega_{FW})}_{\text{Gyroscopic Effect}}$$

משוואת התנועה:

- המומנט שנוצר הינו מכפלה של מומנט האינרציה של גלגל התנופה, מהירות סיבוב גלגל התנופה ומהירות סיבוב המסגרת החיצונית.
- מומנט זה גורם לתנועה סיבובית של החללית סביב ציר הניצב לשני צירי הסיבוב. (בעזרת 3 מערכות CMG הממוקמות בזוויות שונות ניתן לשלוט על המצב הזוויתי של הלוויין)

מפרט דרישות



- משקל כולל של המערכת: 0.8 [KG]
- ממדים: 450x260x160 [mm^3]
- מהירות גלגל התנופה: 3000 [RPM]
- תנע זוויתי של גלגל התנופה: 10 [Nms]
- תדר עצמי מינימלי: 0.80 [Hz]
- אורך חיים: 1.5 · 10⁶ [Cycles]
- עמידה ב- 25 g.
- מסבים דרוכים.
- Zero Backlash של הגיר.
- עומס על המסגרת החיצונית: 1 [Nm]

האתגרים

- הבנה נכונה של דרישות הלקוח ומידול פיזיקלי של המערכת.
- עמידה בתדר עצמי גבוה כנדרש תוך מתן דגש על תכנון מסגרת חיצונית בעלת קשיחות גבוה.
- תכנון חלקי המערכת לעמידה בדיוקים הדרושים והתממשקות למערכת הקיימת.
- רכישת רכיבים אשר יתאימו לצרכי המערכת:
 - בחירת גיר אשר יעמוד בדרישה המערכת של Zero Backlash תוך התחשבות בזמן אספקה ארוך של רכיב בייצור מיוחד.
 - בחירת מנוע אשר יעמוד בדרישות המערכת.
 - בחירת מסבים מדויקים וקשיחים.
- דריכת מסבים בצורה שתבטיח דיוק מרבי ותאפשר הרכבה של המערכת.

תודות

- תודה לרומן שמסוטינוב על ההנחיה בבחירת האלקטרוניקה והעזרה בהרכבתה.
- תודה לכפיר כהן על ההכוונה ומתן ההערות הבונות בתיכון המערכת.
- תודה למר עמוס פורת על העזרה בבחירת המסבים ותיכון המערכת בהתאם.
- תודה לבית המלאכה בטכניון על ייצור החלקים.
- תודה לתעשייה אווירית על מימון הפרויקט, הזמינות וההיענות לכל שאלה ובקשה.
- תודה לד"ר יהודה רוזנברג על הנחייתו הצמודה, המעמיקה והמלמדת במהלך כל הפרויקט. תודה על הזמינות, הסובלנות והיחס האישי.
- תודה לצוות הקורס על העזרה לכל אורך הדרך.
- תודה ללאה שטרן על הסבלנות והסיוע בהזמנת הרכיבים.