

תיאור המוצר

הפרויקט כולל שני אלמנטים מרכזיים:

1. **משך רעד אמה** - תחבובת תלת שכבתית הפועלת ע"פ עקרון (Tuned Mass Damper) TMD: טבעת חיצונית קשיחה המהווה את המסה, 3 טבעות ביניים הנתונות לכפיפה ומשמשות כקפיצי פיתול, 2 מגנטים המהווים מנגנון ריסון Eddy Current, וטבעת פנימית הצמודה לאמה (באמצעות מתאם לנוחות). המנגנון יתכן לתדר עצמי זהה לתדר הרעד הלא רצוני. בתדר זה תתקבל הנחתה משמעותית של אמפליטודת הרעד.

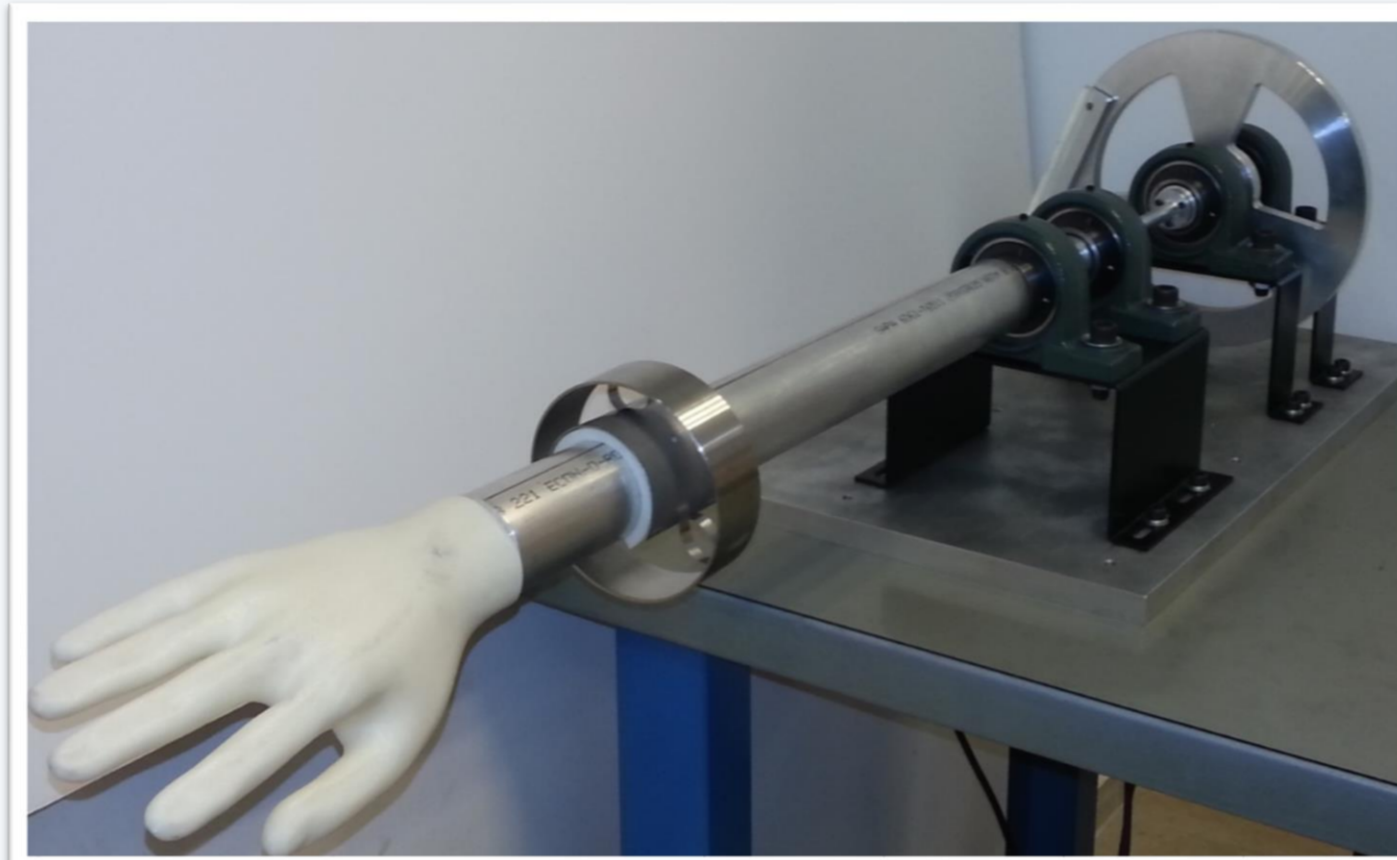
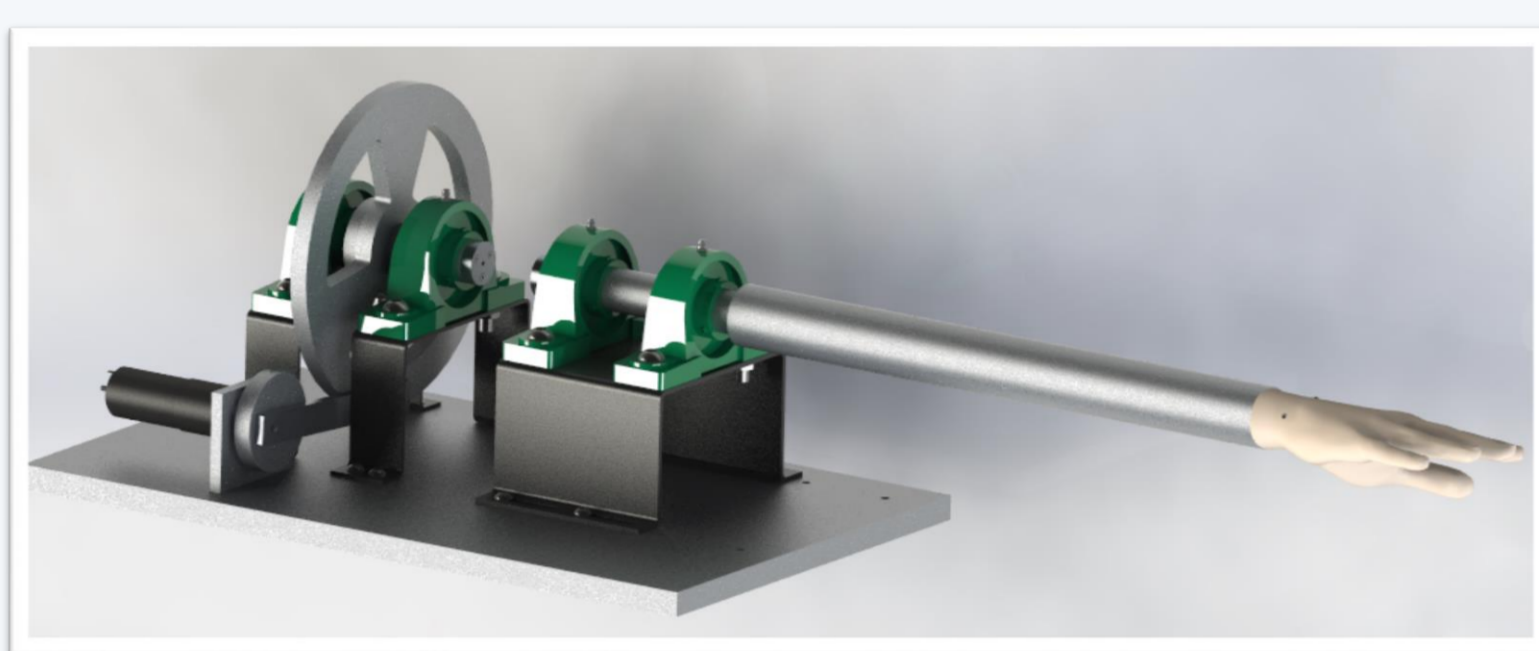


מודל CAD



מוצר סופי

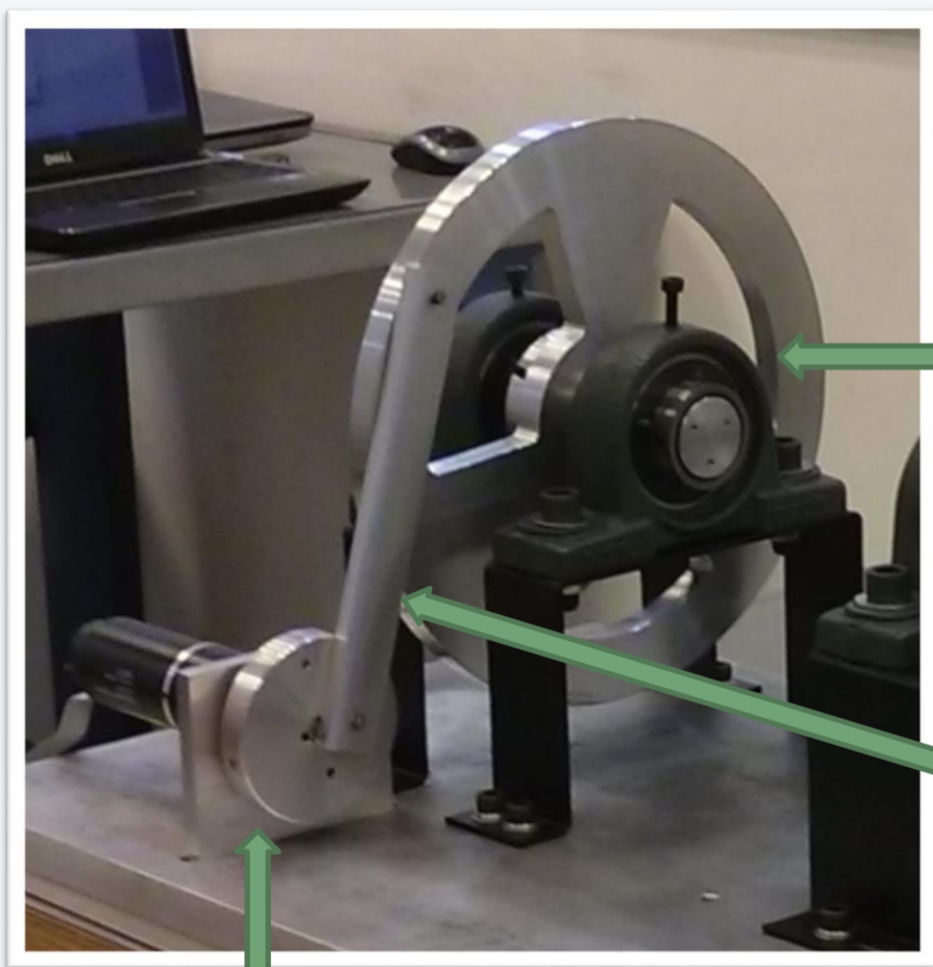
2. **מתקן סימולציה לרעידת אמה** - מערכת ניסוי שמטרתה לדמות ככל הניתן את אמת המשתמש הרועדת. הרעד מתבצע באמצעות מכניזם 4 מוטות, ומידול מבנה האמה הביולוגי המורכב מתבצע באמצעות קפיץ פיתול המתנגד לתנועת סיבוב האמה.



מפרט דרישות

- המכשיר חייב להיות בטיחותי למשתמש ועשוי מחומרים "ידידותיים" למשתמש.
- על המכשיר להיצמד על אמתו של החולה בהתאמה נוחה.
- המכשיר יקטין את עוצמת הרעד (אמפליטודת הסיבוב של האמה) בכ-60%.
- המכשיר לא יבלוט יותר מ- 30 [mm] מפני האמה.
- משקל מקסימלי, 300 [gr] מכאן ייגזר מומנט האינרציה.

מנגנון מערכת הניסוי

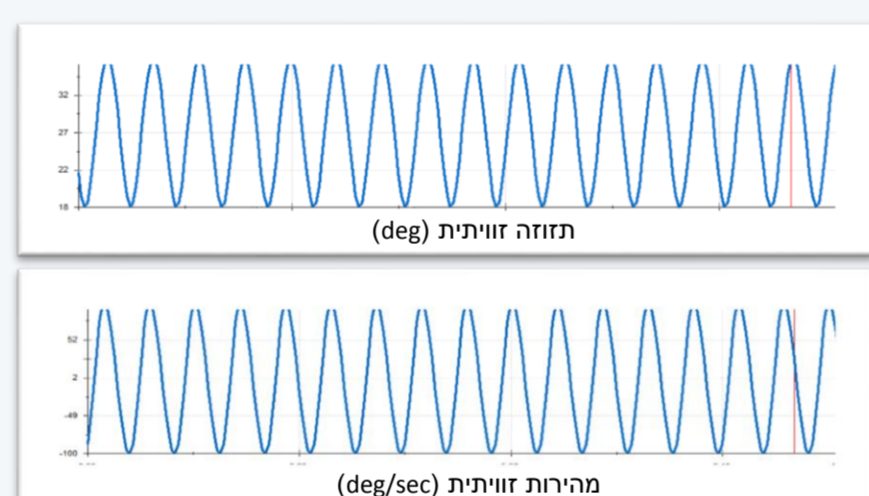


גלגל גדול

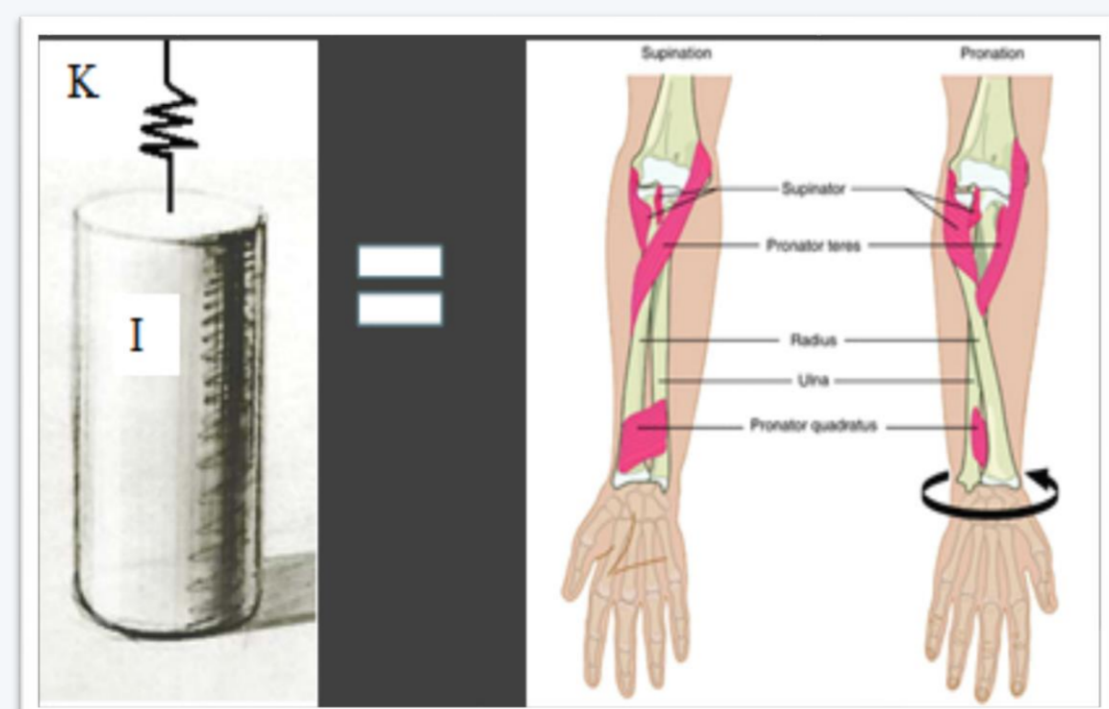
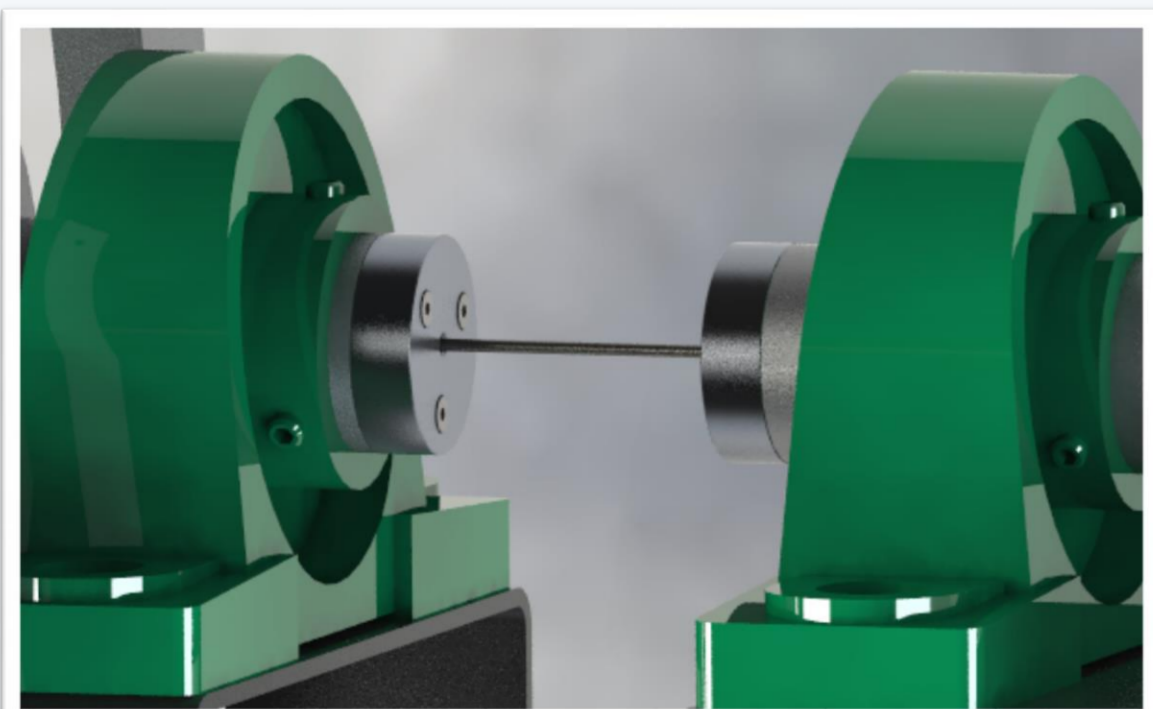
מוט מחבר

גלגל קטן

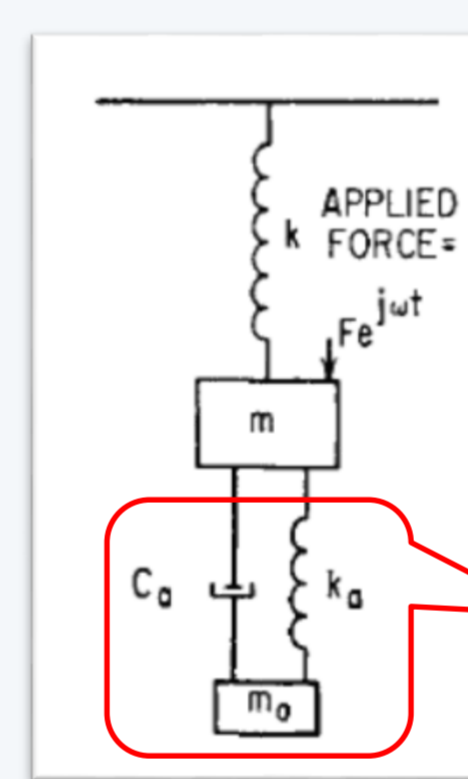
על מנת להמיר את התנועה הסיבובית המלאה של המנוע לתנועה מחזורית, נשתמש במנגנון "4 מוטות" העומד בכלל גרשהוף. מומנט הנכנס למנגנון ע"י מנוע מסובב את הגלגל הקטן במהירות קבועה. גיאומטריית המכניזם מגדירה את תנועת הגלגל הגדול לזווית מחזורית רצויה. במערכת הניסוי שנבנתה יש אפשרות להניע את הגלגל הגדול בזוויות של: $\pm 6^\circ$, $\pm 10^\circ$, $\pm 15^\circ$.



על מנת למדל את האמה נפשט את המבנה הביולוגי המורכב של האמה. אמתו של אדם מורכבת משני שרירים עיקריים שאחראיים על פיתול האמה סביב ציר המרפק. בכדי לדמות התנהגות זו במודל, יחובר קפיץ פיתול בין מערכת ההנעה למודל האמה.



רקע תיאורטי



פרויקט זה מתבסס על עקרון השימוש במסה אקוויולנטית להנחתת רטט של גוף. בידיעת תדר הרעד, ניתן לייצר מסה אקוויולנטית, ע"י הוספת מסה, קפיץ ומרסן, בעלת תדר עצמי קרוב ככל הניתן לתדר הרעד, כך שתנחית משמעותית את אמפליטודת הרעד בגוף. הוספת ריסון מביאה לפעמון רחב יותר של תדרי הנחתה סביב התדר העצמי.

$$\omega_a = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_a}{I_a}}, \beta = \frac{\omega}{\omega_a}, I_{eq} = \frac{I_a}{1-\beta^2}$$

המשוואה הבאה מתארת את תנודות המסה העיקרית כתלות במומנט המופעל ובתדירות.

$$\theta = \frac{T/K_f}{1 - \frac{\omega^2}{K_f}(I_f + I_{eq})}$$

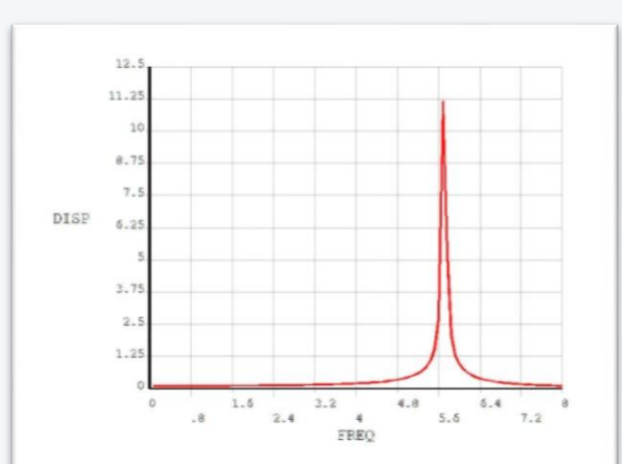
ניתן לראות כי כאשר התדר העצמי של המסה הנוספת זהה לתדר הכניסה תנודות המסה העיקרית מתאפסות.

האתגרים

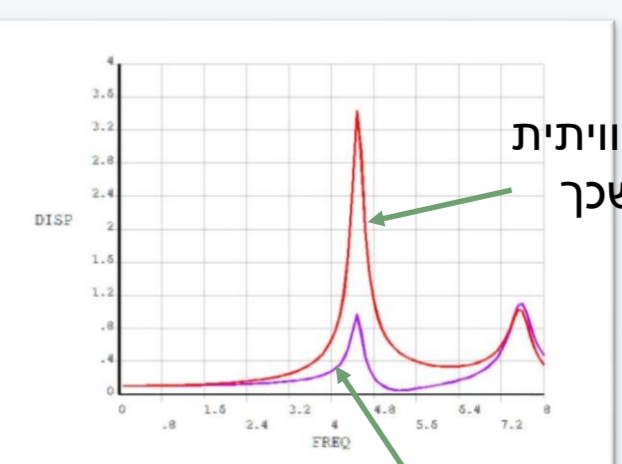
- האתגר העיקרי של הצוות היה בחירת קונספט למשך העונה על דרישות הלקוח מחד, ומאפשר למשתמש הרגשת נוחות מלאה בעת השימוש מאידך.
- אתגרים נוספים עימם התמודדנו לאורך הדרך:
- תיכון מנגנון היוצר רטט עקב מומנט ובכך לא מאלץ זווית, בכדי שבעת הפעלת הריסון הזווית תקטן.
- מידול האמה למערכת מכאנית מבחינה ביולוגית וגיאומטרית (מומנט האינרציה).
- עמידה במימדי ומשקל המשך הדרושים.
- בחירת קונספט למרסן שינחית את רמת רעידות האמה תוך עמידה בדרישות המפרט.
- הצמדת המשך לאמה באופן מלא מבלי שייצור לחץ על האמה ואי נעימות למשתמש.

אנליזות וסימולציות

תגובת המערכת לעירור הרמוני (זווית) ללא משך:



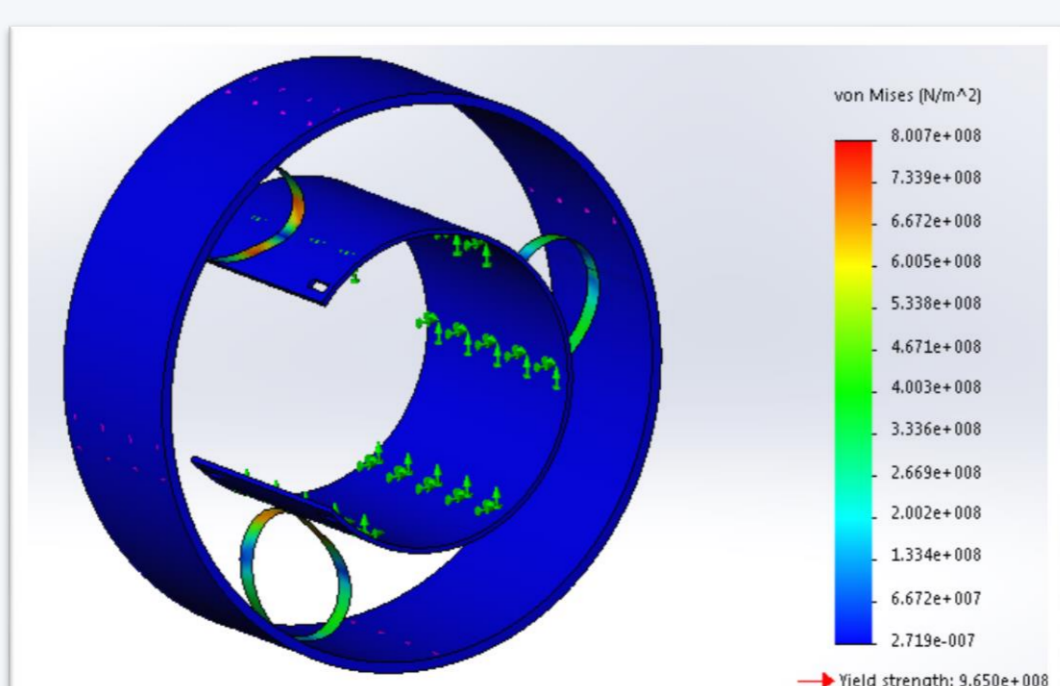
תגובת המערכת לעירור הרמוני (זווית) עם המשך:



תנועה זוויתית של המשך

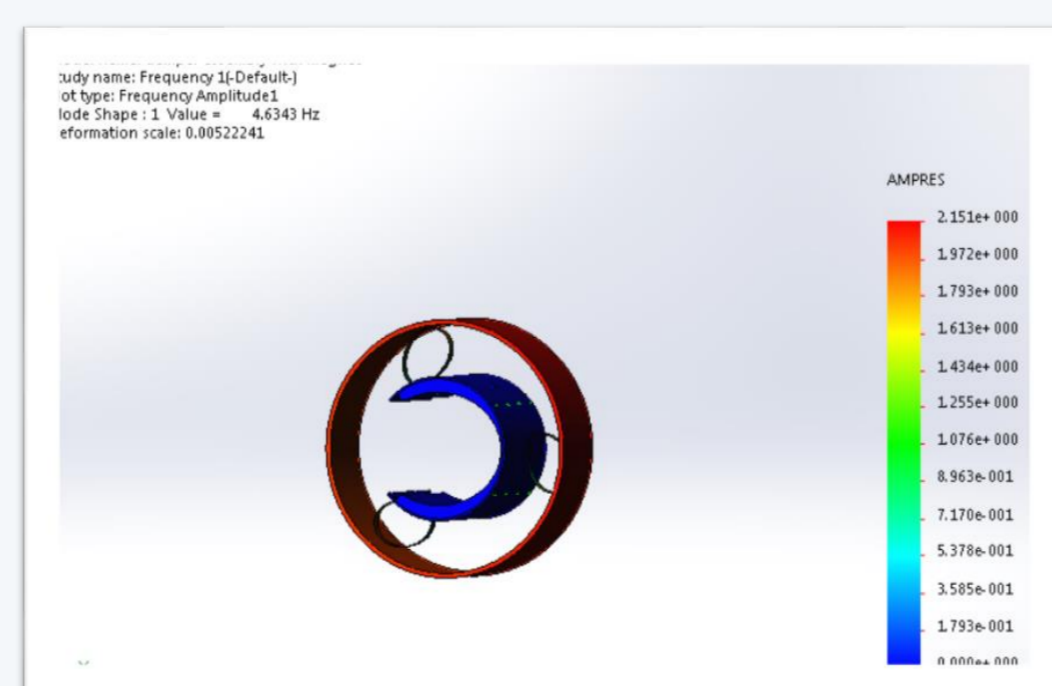
תנועה זוויתית של המערכת

תוצאת סימולציית מאמצים בזווית של 15° על הקפיצים. עולה כי המאמץ המקסימלי הוא $0.740 [MPa]$.



נציין כי מאמץ הכניעה של SS shimes 302 Hard הוא $0.965 [MPa]$.

תוצאת סימולציה דינמית למציאת התדר העצמי של הקפיצים, עבור מימדי קפיצים של 5 מ"מ, מניבה את התוצאה הבאה:



ניתן לראות מתוצאות הסימולציה כי התדר העצמי המתקבל הינו: $4.63 Hz$.