N/A INC.

שולחן XY - על עיקרון זוג מתפתל , במימוש משולש

פרויקט ברובוטיקה 034339

המנחה
רומן שמסוטדינוב

שמות חברי הקבוצה: נועם יוגב, אריאל בר-יהודה

הלקוח
פרופ' מרים זקסנהויז

תקציר

ממסרות למיניהן לוקות ברזולוציה מוגבלת כאשר הדרישה על הדיוק גדלה.
עקב חופשים בין גלגלי השיניים/רזולוציית מנוע צעד/צמיגות שמן בממסרת הידראולית/דחיסות אוויר בממסרת פניאומטית, רמת הדיוק והוודאות במיקום האבסולוטי של אלמנט הקצה גסה למדי ככל שמתקרבים לרמה המיקרונית.
לשם המחשה, בעת התבוננות במיקרוסקופ, נרצה שרזולוציית תזוזת שולחן הדגימה תהיה קטנה ככל האפשר, שכן, יחס הכפלת עדשות המיקרוסקופ כופל גם את רזולוציית התזוזה. לכן ככל שזו תהיה קטנה יותר, תחושת הרציפות בזמן התזוזה תהיה טובה יותר.
עקרון ה – Twisted Pair , (פטנט השייך לפרופ' משה שוהם, הפקולטה להנדסת מכונות, הטכניון), מאפשר שליטה על אלמנט קצה בשדה המיקרוני (ואף תת-מיקרוני), ביתר פשטות.

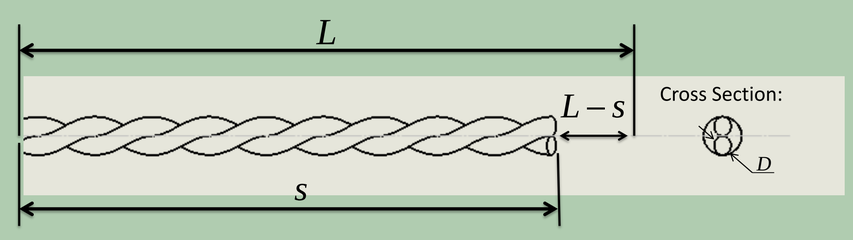
המודל המתמטי

עבור זוג מתפתל אחד, נסמן:

- L - אורך במצב התחלתי מסויים
- $s(\theta) = s$ - אורך הזוג כתלות בזווית הכניסה
- D - קוטר החוט
- θ - זווית פיתול הזוג, ביחס למצב ההתחלתי

עבור זוג הסובב סביב ציר פיתול הנמצא במרכז החתך, על הקו המחבר בין שני החוטים, בהנחה שלקצהו האחד של החוט נכנס מומנט פיתול דינמי, וצדו השני "רתום", מתקיים הקשר:

$$s = \frac{1}{2}\sqrt{4L^2 - (\theta D)^2}$$



מודל המערכת ממומש עבור על-ידי שלושה זוגות מתפתלים אקסיסימטריים.
האיור הבא מתאר את מיקום אלמנט הקצה במרחב העבודה לפי הקשר:

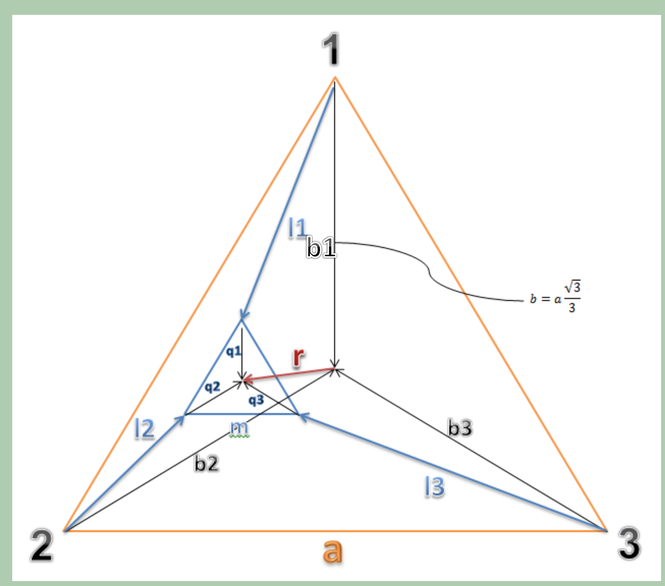
$$\boldsymbol{r}^k = -\boldsymbol{b}^k + \boldsymbol{l}^k + \boldsymbol{q}^k$$

K=[1,2,3]

קינמטיקה הפוכה:

$$\boldsymbol{l}^k = \boldsymbol{b}^k + \boldsymbol{r}^k - \boldsymbol{q}^k$$

שליטה באורך הסיב מתאפשרת ע"י הקשר בין מספר הסיבובים להתקצרות/התארכות של הסיב, כמתואר בהמשך.



יישומים אפשריים

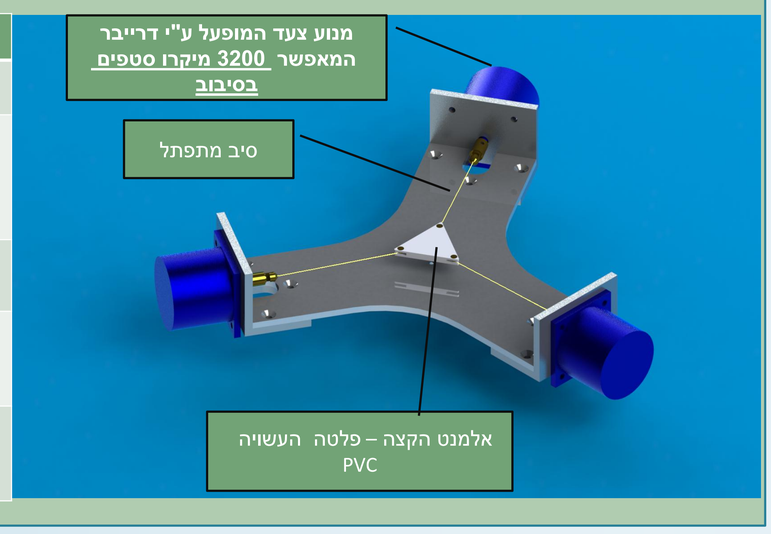
- בחינת עצמים תחת עדשת מיקרוסקופ
- הלחמות ציוד אלקטרוני זעיר

ניתן לבחור אלמנט קצה כרצוננו המאפשר תזוזות עדינות למנגנונים שונים :
למשל:
- אלמנט - סכין :חיתוך זעיר
- אלמנט – מחט: החדרה מדוייקת של מחט לרקמה תחת מיקרוסקופ
וכיוצא באלה.

האתגרים במהלך הביצוע

האתגר העיקרי במימוש מערכת מסוג זה הוא הדרישה על הדיוק. האלמנט המשפיע על הדיוק במידה הכי רבה במערכת זו, הוא הסיב המתפתל. אמנם הסיב הנבחר הינו בעל אלסטיות אפסית, אך זו היתה מגבלה מפני שעבור לולאה מתפתלת אחת , הסיב הגיע לכשל מוקדם באזור לא רחוק מנקודת העבודה. על כן, משחק עם פרמטרי אורך הסיב, מספר הכריכות (שטחי חתך), ומספר הליפופים ההתחלתי (Preload), מהווים את האתגר הניסויי במערכת מסוג זה.

תיאור המוצר



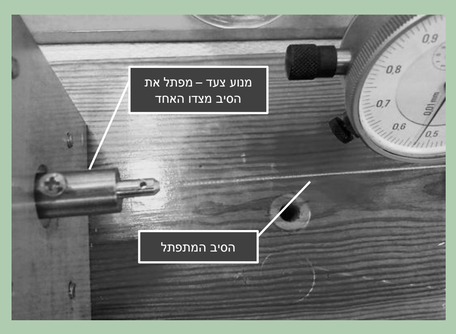
לשם השוואה

	המערכת החדשה	מערכת מקבילה הקיימת בשוק
הערכת עלות המערכת	**עלות מערכת עם רכיבים חדשים: 1000 USD ניתן להפחית את העלות משמעותית, בייצור המוני**	1700 USD
Repeatability	תלויה במנוע בעיקר (אין תמסורת מכנית).	תלויה במנוע, בתמסורת ובבחירת האנקודר.
ייצור	סיבוכיות ייצור והרכבה נמוכה	התמסורת הזעירות דורשות הרכבה מיוחדת ועדינה.
התיישנות	ברגע שהסיבים נשחקים. עלות החלפת סיב זניחה.	עלות תיקון וחלקי חילוף למערכת מסוג זה עשויה להגיע למאות דולרים.

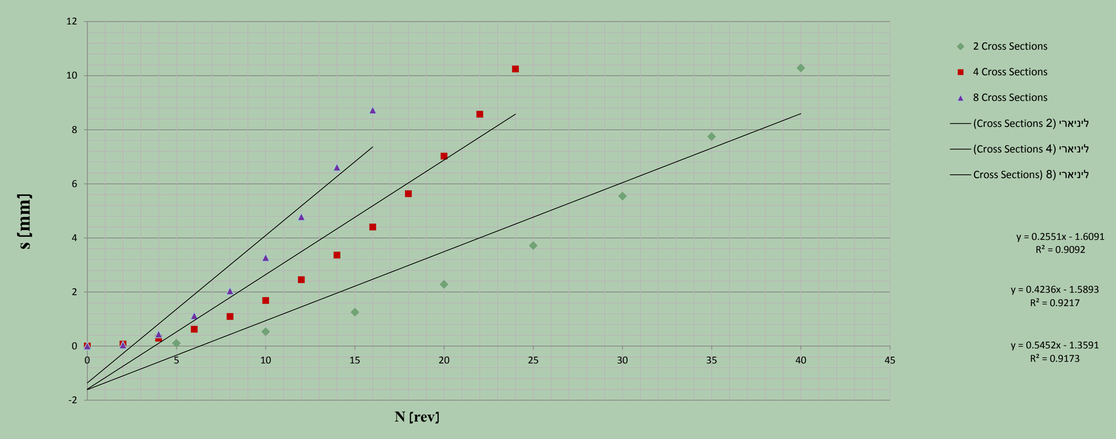
תוצאות הבדיקות והניסויים

מערכת הניסוי המקדים לפני מימוש המודל, נועדה לבחינת הקשר התיאורטי בין זווית הכניסה למידת ההתקצרות/התארכות של הסיב, ובנוסף למציאת קבוע המקשר בין אלו, שכן הקשר הטבעי אינו לינארי

מערכת הניסוי



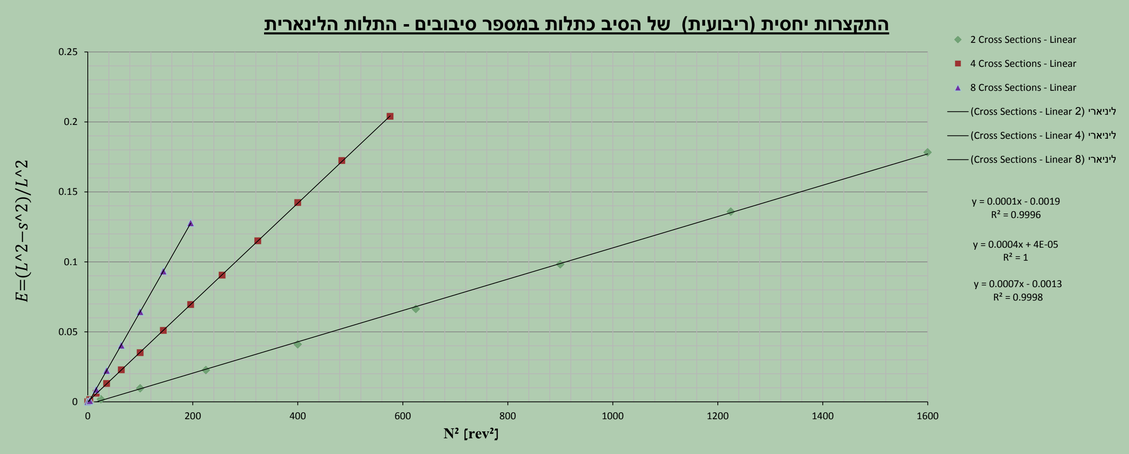
אורך הסיב כתלות במספר סיבובי המנוע



לאחר עבוד הנתונים, ניתן להראות כי מתקיים הקשר הלינארי:

$$E = \frac{L^2 - s^2}{L^2} \equiv \alpha N^2$$

התקצרות יחסית (ריבועית) של הסיב כתלות במספר סיבובים - התלות הלינארית



על קשר זה מתבסס שאר המידול המתמטי של המערכת – אנליזת התנועה במרחב העבודה מול התקשורת עם מנועי הצעד היא פועל יוצא של הרגישות להתארכות והתקצרות של הסיב. רזולוציית התנועה הגבוהה מתאפשרת הודות למימוש של מנוע הצעד עם 3200 מיקרו-סטפים לסיבוב.

תודות

למנחה הפרוייקט - רומן שמסוטדינוב

לפרופ' משה שהם – ממציא הפטנט

לראובן כץ – על שעות עבודה במעבדה, וציוד מעבדה

יעקב, משה וסבטלנה - סדנה - על העזרה בייצור

אלכס ואסף – אלקטרוניקה – על העזרה עם סידור המעגלים