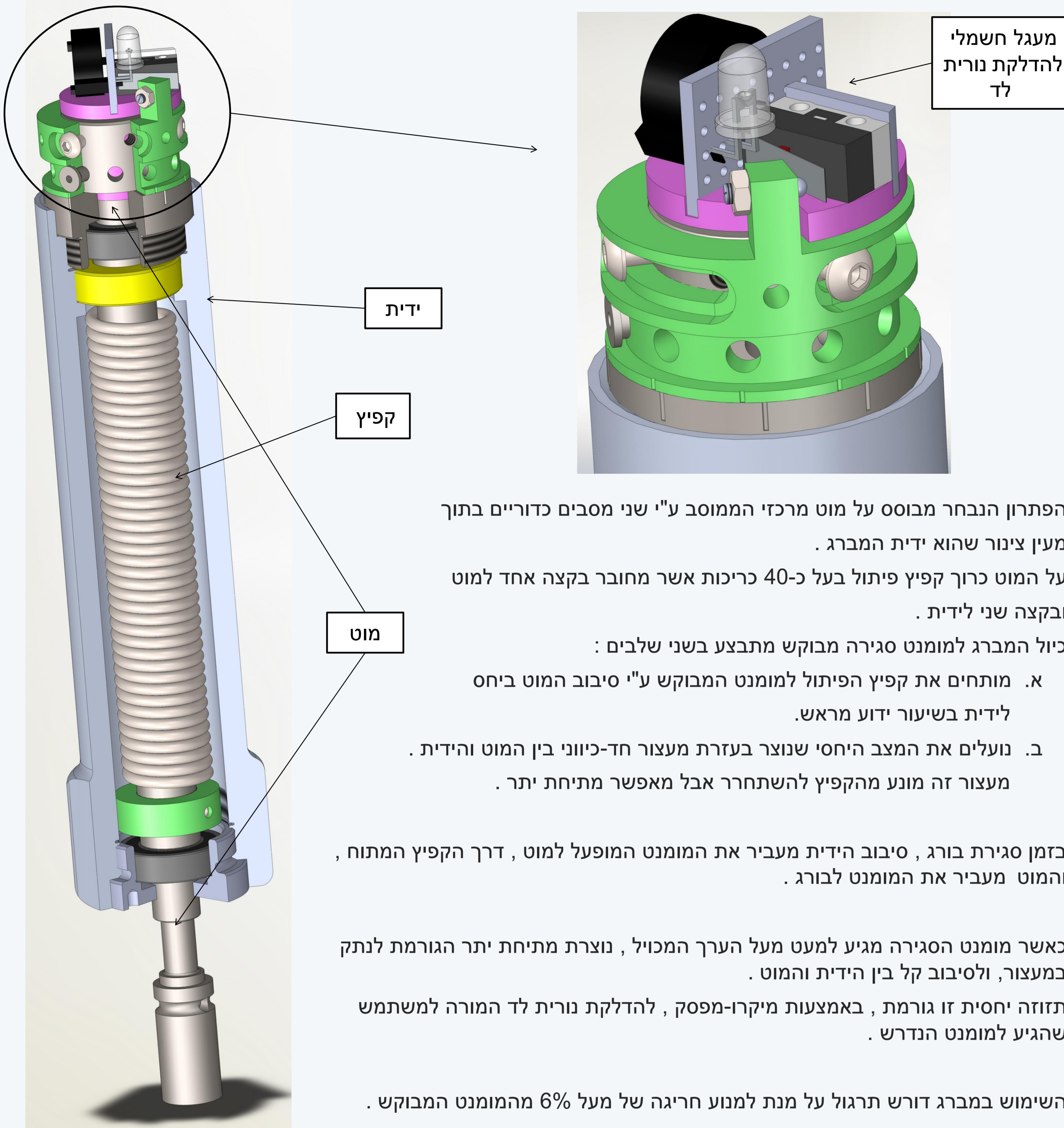


הלקוח
שלמה נזר
חברת "רפאל"

פרויקט תכן מוצר חדש - 034353/4
אלכסי נרדיז'ב, איגור חוחוטקין, גרשון אליאסוב

המנחה
ד"ר יורם קירזון

תיאור המוצר / הפרויקט



מעגל חשמלי להדלקת נורית לד

ידית

קפיץ

מוט

הפתרון הנבחר מבוסס על מוט מרכזי הממוסב ע"י שני מסבים כדורים בתוך מעין צינור שהוא ידית המברג. על המוט כרוך קפיץ פיתול בעל כ-40 כריכות אשר מחובר בקצה אחד למוט ובקצה שני לידית. כיוול המברג למומנט סגירה מבוקש מתבצע בשני שלבים: א. מותחים את קפיץ הפיתול למומנט המבוקש ע"י סיבוב המוט ביחס לידית בשיעור ידוע מראש. ב. נועלים את המצב היחסי שנוצר בעזרת מעצור חד-כיווני בין המוט והידית. מעצור זה מונע מהקפיץ להשתחרר אבל מאפשר מתחת יתר.

בזמן סגירת בורג, סיבוב הידית מעביר את המומנט המופעל למוט, דרך הקפיץ המתוח, והמוט מעביר את המומנט לבורג.

כאשר מומנט הסגירה מגיע למעט מעל הערך המכויל, נוצרת מתחת יתר הגורמת לנתק במעצור, ולסיבוב קל בין הידית והמוט. תזוזה יחסית זו גורמת, באמצעות מיקרו-מפסק, להדלקת נורית לד המורה למשתמש שהגיע למומנט הנדרש. השימוש במברג דורש תרגול על מנת למנוע חריגה של מעל 6% מהמומנט המבוקש.

תקציר

בחברת "רפאל" משתמשים במברג מומנט מתכוון (Torque screwdriver) לסגירת ברגים במומנט מבוקר במכוללים אופטיים עדינים. סוג זה של מברג, כאשר מגיע למומנט הרצוי משמיע נקישות, הנובעות מקפיצות של המנגנון. קפיצות אלה עלולות לגרום לטטיות בלתי מבוקרות במומנט ההידוק ולפעמים גם לנזק אחר במערכות עדינות. הלקוח מעוניין במברג מומנט מכני (Manual torque screwdriver) אשר יהיה בעל סגירה "רכה", כלומר ללא נקישות.

דרישות הלקוח / הפונקציות / מטרות הפרויקט

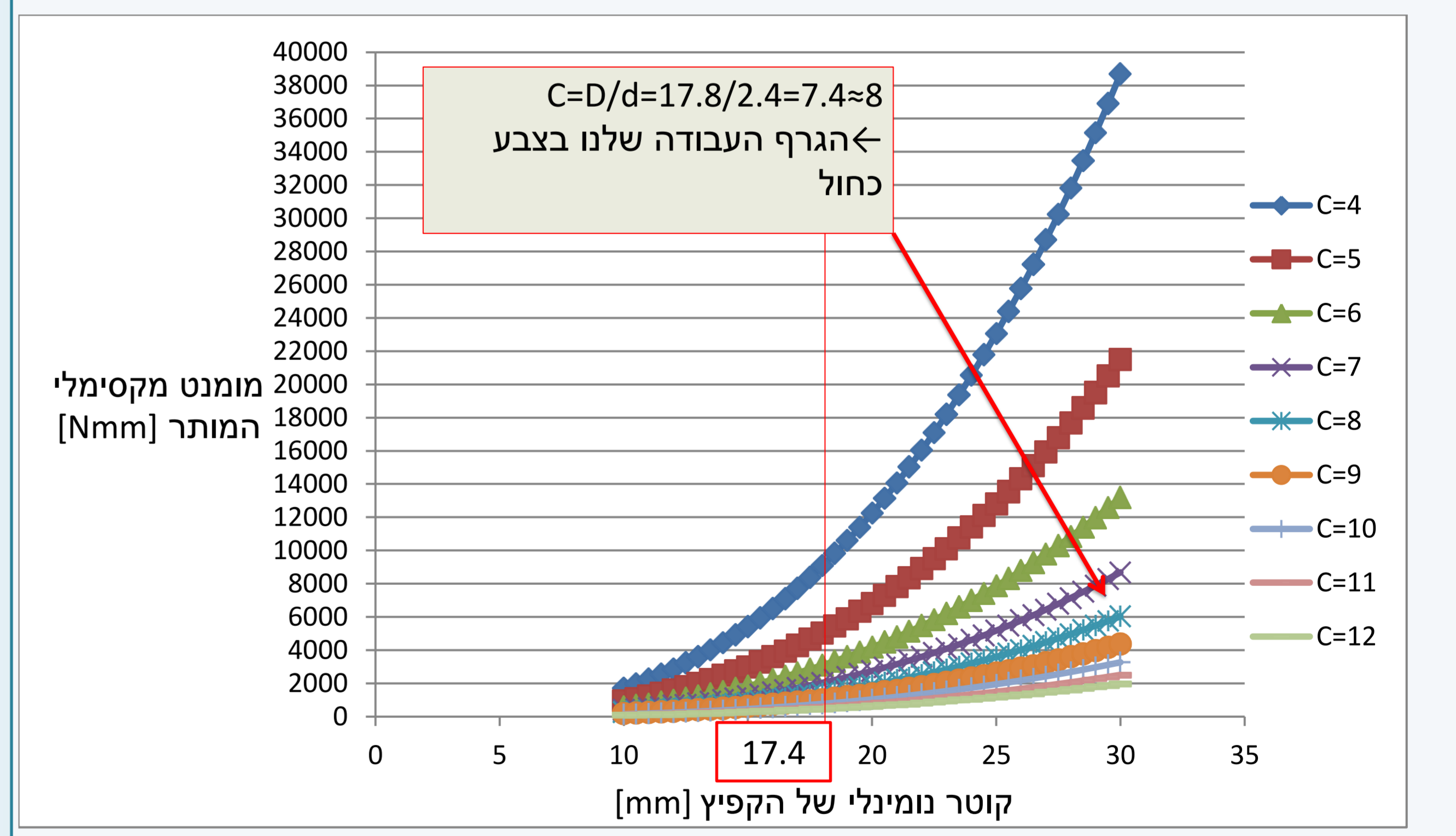
- דרישות הפרויקט:**
- נדרש לפתח מברג מומנט מתכוון בעל סגירה "רכה" (שלא משמיע נקישות).
 - גודל המומנטים המבוקשים: 0.4, 0.6, 0.8, 1.2, 1.8, 2.4, 3.6 [Nm].
 - דיוק של 6%.
 - מנגנון מכני בלבד.
 - תברגי ימני בלבד.
 - מומנט פתיחה לפחות פי 1.5 ממומנט הסגירה.
 - החלפת ראשים בעזרת מתאם תקני.
 - אטימות ברמה 65IP.
 - סביבת עבודה: חדר נקי.
 - עיצוב מוצר אסתטי.
 - הוראות תפעול פשוטות.
 - תיקון המוצר ניתן לביצוע תוך 48 שעות לכל היותר.

האתגרים

- גיבוש פתרון מעשי למבנה של מברג בעל סגירה "רכה".
- השגת טווח מומנטים לפי דרישות הלקוח.
- גודל מברג סביר.
- משקל מברג סביר.
- השגת דיוק של 6% מהערך המכוון.

רקע תיאורטי / מודל

המנגנון הנבחר מבוסס על קפיץ פיתול בעל מספר רב של כריכות. ניתן לראות מהגרפים שלא קיים קפיץ שמסכה את כל תחום המומנטים המבוקשים ולכן בחרנו בקפיץ שנותן פתרון עבור תחום 0-1.2 [Nm], ואם נרצה לכסות את שאר המומנטים (1.8-3.6) נצטרך להחליף קפיץ.



הנחות לבחירה ונתוני הקפיץ:

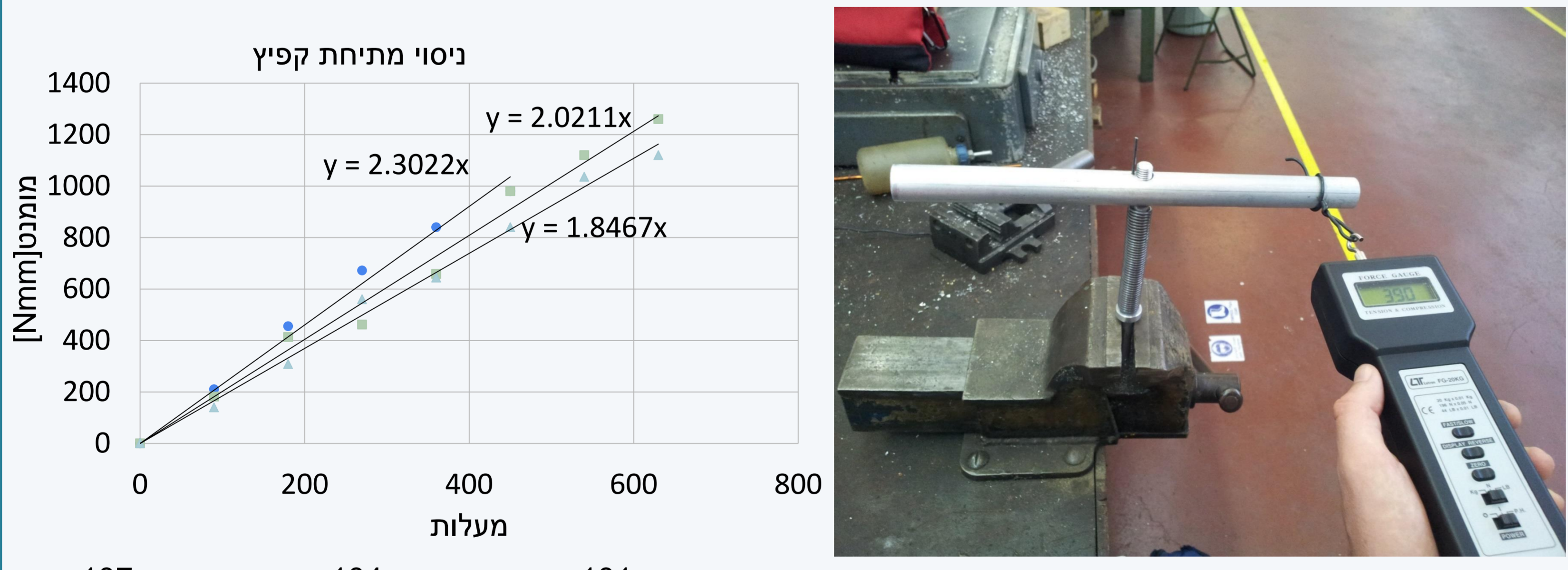
בחרנו שרירותית שאורך הקפיץ לא יעלה על 100 מ"מ על מנת להגביל את אורך המברג. החלטנו שקוטר הקפיץ החיצוני יהיה 19 מ"מ על מנת שידית המברג לא תהיה עבה מידי.

נתוני הקפיץ שהתקבלו:

- קוטר תייל: d=2.4 mm
- חומר: music wire
- קוטר חיצוני: 19mm
- סוג קצוות: straight offset
- כיוון הכריכות: L.H
- מס' כריכות: 40
- אורך חופשי מינימלי: 100 mm
- מומנט מקסימלי: 1585 Nmm
- זווית פיתול מקסימלית: 595 מעלות
- מומנט למעלה (קבוע קפיץ): 2.66 [Nmm/deg]

תוצאות הבדיקות והניסויים

לפני שהייצור יצא לפועל ערכנו ניסויים על קפיץ על מנת לבדוק נכונות חישובים והתאמת תאוריה לפרקטיקה. לצורך זה נבנה מתקן שבעזרתו פיתלנו 3 קפיצים באורכים שונים למומנטים שונים ובדקנו ערכים שהתקבלו. הצגנו אותם בעזרת גרף של מומנט כתלות בזווית סיבוב.



*כפי שניתן לראות מהגרפים קיבלנו קבוע קפיץ קטן מהתאורטי.

בדיקות שנערכו על הקפיץ:

❖ **בדיקות עומס יתר:** העמסנו את הקפיץ שלוש פעמים בעומס של 125% מהערך המרבי שבו הוא אמור לעבוד (1.5 [Nm]). לאחר התהליך בדקנו שלא נגרם שום נזק לקפיץ ושהוא לא התעוות.

תודות

לד"ר יורם קירזון על הנחייתו, מסירותו, והשקעתו בנו ובפרויקט. למר שלמה נזר על הצעת ומימון הפרויקט. לצוות בית המלאכה על תמיכתם הטכנית ובפרט ליעקב האוזר על ייצור מתקן הניסוי. לרומן שמסטינוב על תמיכתו המקצועית בבחירת הרכיבים האלקטרוניים והרכבתם. לכפיר כהן על עזרתו והנחייתו לאורך הפרויקט. ל"אחים חורי", עיבוד שבבי מדויק, על ייצור החלקים. לד"ר חגי במברגר על הדרכתו בפרויקט. לגברת לאה שטרן על טיפולה בהליך הרכש. לצבי שטרולוביץ, מעבדה לאיכות EQL, מת"ם, על הכלים שקיבלנו ממנו ועל כיוול המברג.