

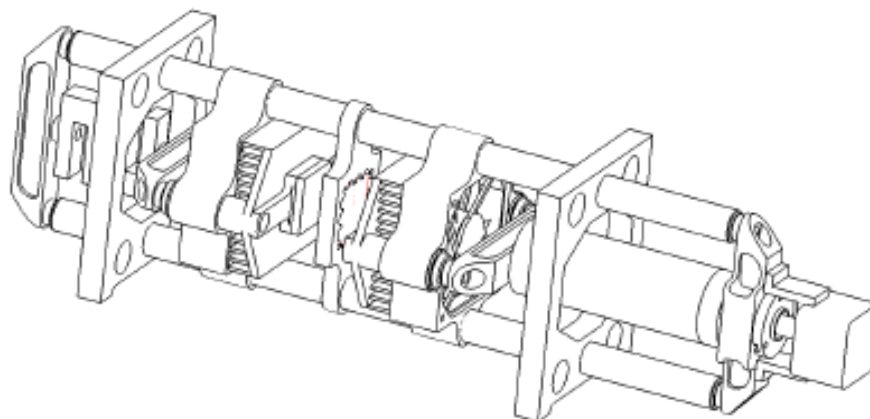
תכן מכשיר למדידת מוליכות תרמית של לוחות, המיועדים לשמש כתווך מקשר.

תקציר לספר פרוייקט הגמר

מנחה: קובי עדולמי

מגיש: דני ליבשיץ

ת.ז.: 308816214



22.06.06

כיום, עם פיתוחם של מערכות קירור ציוד אלקטרוני, עליית הספק הרכיבים וצפיפות האריזות, מתעורר יותר ויותר הצורך בפתרונות קירור של הציוד על מנת לספק עבודה תקינה שלו.

בכדי לקרר רכיב מסויים יש צורך לעיתים קרובות בהצמדה של הרכיב לאלמנט מכני הנקרא מפזר חום (HEATSINK). ההצמדה למפזר החום מגדילה את שטח הפנים החשוף למגע עם האויר (או זורם קירור אחר) לצורך הקירור וכך מקטינה את הטמפרטורה על פני הרכיב.

כאשר ההצמדה הנ"ל נעשית בפועל, במקרים מסויימים טמפרטורות הרכיב הנמדדות יכולות להיות יותר גבוהות מאלו שהתקבלו בחישובים על הנייר. מדוע?
התשובה לזאת, נובעת מתופעה שנקראת – "התנגדות מגע". התופעה נוצרת עקב משטח מגע לקוי בין הרכיב ומפזר החום כך שבפועל יש אוויר אשר כלוא בין שני משטחים המוצמדים ויוצר את ההתנגדות להעברת החום – התנגדות המגע, לכן פחות חום מסולק מן הרכיב ולכן הוא מתחמם יותר.

תופעה ידועה זו הנקראת התנגדות מגע נחקרה במהלך שנות השבעים ועד שנות התשעים במקומות שונים בעולם ונוסחה באופן חישובי על ידי Dr Yovanovich בשנת 1991. באופן כללי ידוע כי המגע המלא בין הרכיב למפזר החום לצורך העברת החום הוא כ 2% מסך השטח הכולל והוא מושפע מגורמים שונים כגון רמת חיספוס המשטחים, לחץ המגע, החומר שבין משטחי המגע, קושי החומרים, רמת נקיונם ועוד.

על מנת לשפר ביצועי מערכות קירור של רכיבים אלקטרוניים משתמשים בפדים תרמיים, חומר אשר משמש כתווך מקשר בין המשטחים המוצמדים. תווך זה הינו מוליך חום ותפקידו למלא את הסדקים וחספוס המשטחים בין שני החלקים המוצמדים במקום החלל. הכרות עם הנתונים התרמיים של הפדים מאפשרת תכנון טוב ופעולה שוטפת של מערכות קירור של רכיבים אלקטרוניים.

בפועל מוליכות הפד התרמי ($0.5-30 \text{ W/mK}$) נמוכה בסדרי גודל ממתכות, לאלומיניום נקי למשל המוליכות כ- 200 W/mK , אך גבוהה בסדרי גודל ממוליכות האוויר כ- 0.03 W/mK .

כיום בתעשייה קיימות שיטות בדיקת תכונות תרמיות של הפדים תוך כדי מדידות ארוכות ומסובכות יחסית. אומנם, לא קיימים מכשירים היעודיים למטרת בדיקת הפדים התרמיים בתעשייה בשימוש שוטף, לכן קיים צורך במכשיר יעודי למטרת בדיקות מוליכות תרמית של הפדים, תחת לחצים שונים.

לפיכך צורך במציאת שיטה זולה ויעילה על מנת לאמת את הנתונים התרמיים של הפדים המסופקים על ידי חברות שונות בתחום.

דרישות המערכת

דרישה	תיאור	ערך
טווח מדידה	טווח מדידת מוליכויות תרמיות	0.5-30 [W/mK]
דיוק מדידה	דיוק מדידה כולל, לפחות	7 %
תקציב	תקציב לפרוייקט	3000 \$
הפעלת כוח לחיצה	מערכת מבוקרת, הפעלת לחץ על פד הנבדק, עומס מירבי	43 kgf
דיוק הפעלת כוח	דיוק הפעלת כוח על הפד, לפחות	0.5 %
מידות	מידות המכשיר	200X200X400 [mm]
כללי	המכשיר ללא חיבורי צנרת נוזלים ו/או גזים	

שיטות לבדיקת מוליכויות תרמיות

1. שיטה: TRANSIENT METHOD

מידדות במערכת מסוג זה, נעשות במצב בלתי עמיד. השיטה טובה למדידות ערכי מוליכויות נמוכים, ו/או עובי הדגם גבוה. אינו תואם ליישום, עקב כיסוי חלקי בלבד של תחום מוליכויות הנדרש, בנוסף לעובי נמוך של הפד.

2. שיטה: GUARDED HOT PLATE METHOD

השיטה מבוססת על עקרונות הולכת חום במצב עמיד, השיטה מסובכת ויקרה, עקב שימוש במערכות קירור נוזלי ואי יכולת בדיקת דגמים דקים.

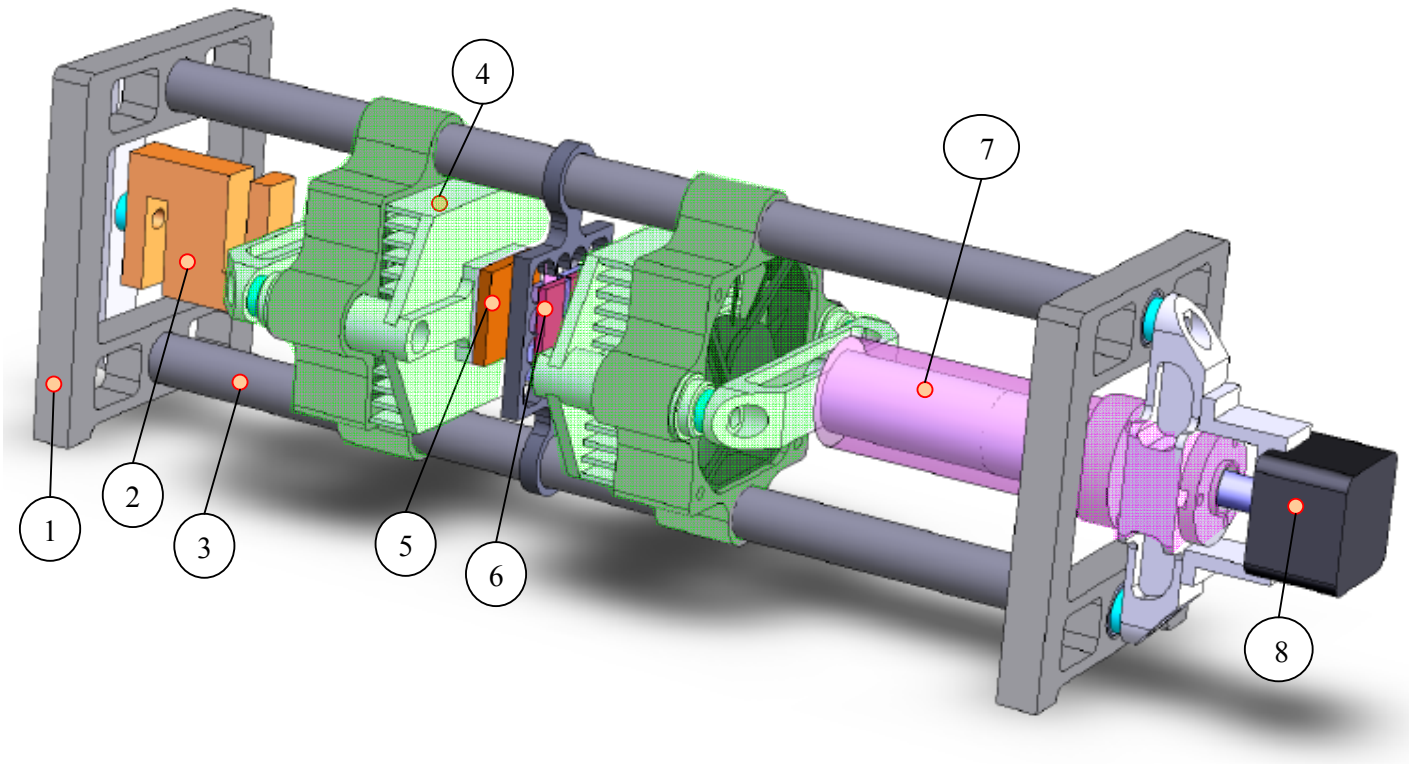
3. שיטה: STEADY STATE 1

השיטה מבוססת על עקרונות הולכת חום במקביל למישור הדגם הנבדק, במצב עמיד. להבדיל משיטה 2, תאורטית השיטה תואמת לדרישות הפרוייקט כי ביכולתה לבדוק דגמים דקים. אומנם יישום השיטה, מחייב שילוב של תכונות מכאניות ותרמיות ספציפיות בחומר אחד. לא ניתן למצוא חומרים עם שילוב תכונות הנ"ל, כך שיענו לדרישות.

4. שיטה: STEADY STATE 2 - הנבחרת

השיטה מתבססת על עקרונות הולכת חום. בשיטה נכלל שימוש בעקרונות שיטות 2,3, עם שינויים ותוספות המתאימות לביצוע דרישות הפרוייקט. בשיטה קיים שימוש בעקרון הסימטריה, אשר משפר את הדיוק, מקטין כמות החום, המתפזר באופן לא מבוקר ומפשט את הפתרון, אינו דורש שימוש נרחב בחומרי בידוד.

המערכת המתוכננת מתוארת בסרטוט הרכבה הבא



תמצית חלקי המערכת מוצגים בטבלה הבאה:

מספר חלק /מנגנון	תיאור
1	תמיכות
2	חיישן כוח - Load Cell
3	מחליקים
4	מפזר חום מחוזק – מסומן במרקם ירוק
5	פד תרמי
6	גוף חימום
7	מנגנון הנעה בורגית – מסומן במרקם וורוד
8	מנוע צעד

תיאור פעולה:

שני מפזרי חום מחוזקים - 4, כוללים בתוכם מאוורר כל אחד. כל מפזר חום - 4, יכול להחליק חופשית על זוג מחליקים צינוריים 3. מחליקים 3, מהווים מסגרת קשיחה ריבועית, על ידי חיבורם בקצוות על ידי קורות חיזוק. גוף חימום - 6, הכולל בתוכו חיישני טמפרטורה נמצא במסגרת תומכת, אשר יכולה להחליק חופשית על מחליקים - 3. מפזר חום אחד, מחובר אל חיישן הכוח - 2. צד שני של חיישן הכוח מחובר אל קורת חיזוק. הכוח המועבר ממערך צלעות השני, נמדד על ידי החיישן הנ"ל. מפזר חום שני, מחובר אל מנגנון הנעה בורגית - 7. מנוע צעד - 8, מבצע סיבוב של בורג הנעה, אשר מזיז את האום המיסבי בתוך מנגנון - 7. כוח לחיצה מועבר מן האום אל מפזר החום. שני פדים - 5, כל אחד בצד אחר של גוף החימום, נלחצים בין שני מפזרי החום. מדידת עובי הפד, מתבצעת על ידי ספירת צעדי מנוע צעד, תוך ידיעת פסיעת בורג הנעה. אומנם קיימים אמצעים מדויקים יותר למדידת מרחק ותזוזה, אך אינם נכנסים למסגרת התקציב. כמו כן מדידת תזוזה על ידי ספירת צעדי מנוע, מספקת את דרישות המערכת. שני חיישני טמפרטורה, מושתלים, כל אחד בתחתית מפזר החום, קרוב למשטח מגע עם הפד. מפל טמפרטורה על הפד נמדד זהה למפל טמפרטורה בין גוף חימום ותחתית מפזר חום (קרוב למשטח מגע עם הפד). המפלים זהים עקב פילוג טמפרטורות אחיד במתכות של תחתית מפזר חום וגוף חימום, בקרבת משטח מגע עם הפד.

בידיעת כל הפרמטרים הדרושים:

הספק החום q , הנמדד על ידי מד הספק חשמלי,

מפל טמפרטורות על הפד ΔT , עובי הפד ΔL , שטח הפד A – ידוע, ניתן להשתמש בביטוי

הולכת חום בסיסי $k = \frac{q\Delta L}{A\Delta T}$ ולחשב את מוליכות התרמית של הפד, כפונקציית לחץ

המופעל. החישוב ולקיחת הנתונים נעשית בצורה ממוחשבת.

מדדים להצלחה

1. הדמיית CFD

חישוב תיאורטי הינו תואם לתוצעות הדמיית CFD, כאשר חישוב התיאורטי יותר מחמיר. תוצאות CFD בהחלט מספקות מבחינה של דרישות המערכת ומראות על מוכנות לבנייה מעשית של אב טיפוס.

2. אנליזת תכן מכני

תוצאות אנליזה ממוחשבת של חלקי המערכת לקריסה/חוזק, תואמות לדרישות החוזק.

3. ניסיון מוכח בפעולת מערכת הנעה בורגית

מערכות בקרה, על בסיס בורגי הנעה, מופיעים בהמון מערכות מתוחכמות ומדויקות, אשר אמינות ומהוות פתרון המספק את הדרישות. לכן גם כאן הסתברות גבוהה שמערכת לחיצה, המבוססת על עקרון הנעה בורגית, תבצע את תפקידה כראוי, בהתאם לדרישות.

שגיאת מדידה

שגיאת מדידה הכוללת של המכשיר הינה כ – 6.3%, ניתן להקטין את השגיאה במידה מסויימת על ידי הוספת בידוד סביב פד הנבדק. אך הדבר אינו הכרחי, כי השגיאה בתחום המותר של הדרישות.

עלות כלכלית

עלות הכלכלית של החלקים מסתכמת בסכום של כ – \$2750.

כללי

המכשיר ימדוד מוליכות אפקטיבית של הפד. מוליכות אפקטיבית מורכבת ממוליכות הנקיה של הפד, והשפעת התנגדות מגע. מדידת מוליכות אפקטיבית יותר חשובה בתכנון תרמי, כי נותנת מידע על התנהגות הפד במצב אמת.