תאורת LED חכמה ללולי פיטום

פרויקט תכן מוצר חדש – 034353/4

צוות Los Pollos Hermanos

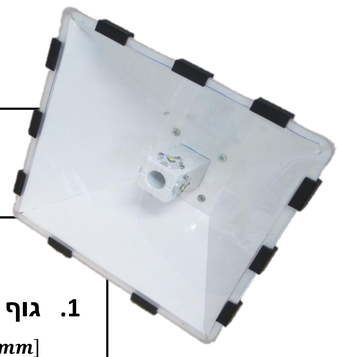
שי ליבוביץ', מאור אנגלנדר, זיו כהן

הלקוח

חברת "אלתם עין-השופט"

המנחה

מר שלמה נזר



תקציר

חברת אלתם – עין השופט מייצרת מוצרי תאורה מזה 20 שנים לענפים שונים, מלולי עופות ועד תעשייה ביטחונית בארץ ובחו"ל. כחלק מהתקדמות השוק לטכנולוגיית LED תוכנן עבור החברה מוצר תאורה מבוסס 4 נורות LED ללולי פיטום. הפרויקט כלל אתגרים רבים כשהעיקרי בהם הוא יצירת תאורה אחידה ברצפת הלול כדי לאפשר גידול אופטימלי של העופות תוך עמידה בתקציב לייצור המוני.

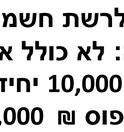
כ - 40 יום למחזור גידול

כ – 20,000 עופות בלול בכל מחזור

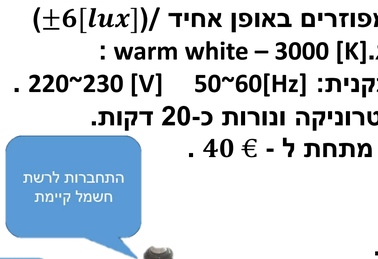
מעל 2.5 ק"ג משקל כל עוף בוגר

צרכן: $35\left[\frac{kg}{year}\right]$

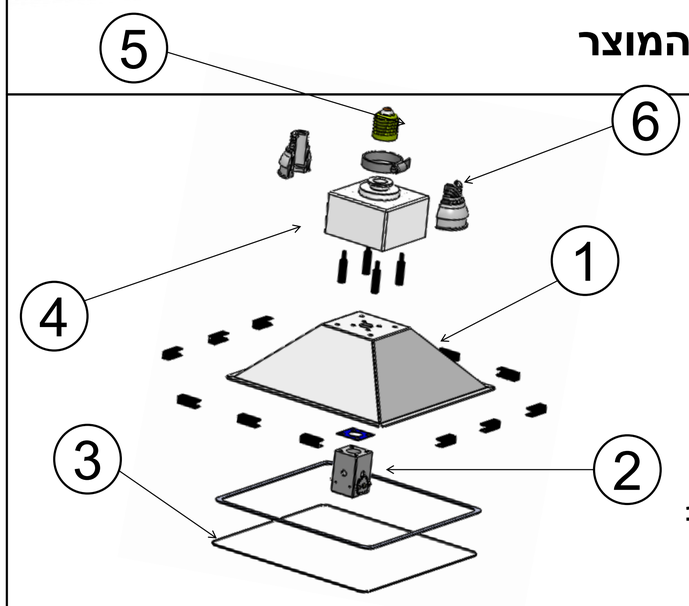
$\left[\frac{\text{מנורות}}{\text{לול}}\right]$



x60



תיאור המוצר

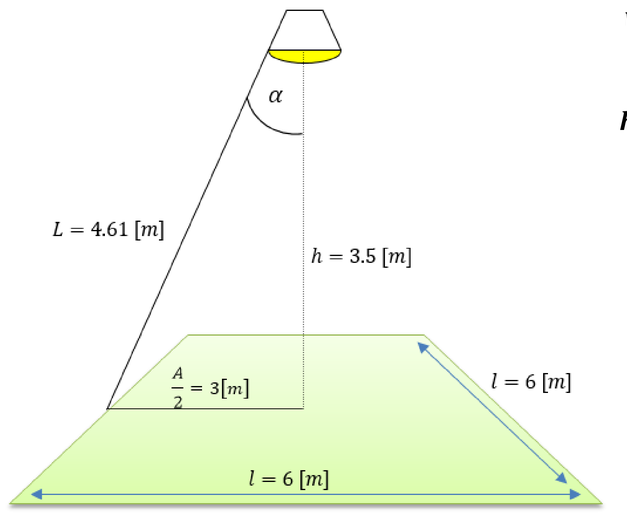


1. גוף התאורה שיוצר מורכב מפירמידת אלומיניום בעובי $2_{[mm]}$ הפתוחה בזווית של $45°$, המשמש לפיזור דיפוזיבי של האור ולסילוק החום הנוצר עקב פעולת הנורות.
2. בתוך חלל הפירמידה מותקן מוט אלומיניום, אשר עליו מותקנות נורות ה-LED עצמן.
3. כל חלל הפירמידה נאטם באמצעות לוח פרספקטס (PMMA) שקוף המוחזק באמצעות קליפסים לפירמידה.
4. הרכיבים האלקטרונים הדרושים לפעולת הנורות מותקנים בתוך חלל ייעודי בראש גוף התאורה.
5. הברגה תקנית $E27$ בקצה המוצר.
6. להברגה זו מחוברים שני חלקי פלסטיק, המאפשרים סיבוב מבוקר של כל גוף התאורה, ובכך מתאפשר יישור צלע גוף התאורה לאורך הלול.

רקע תיאורטי / מודל

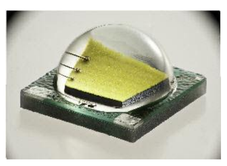
נתוני לול פיטום אופייני:

- רוחב הלול: $w = 12_{[m]}$
- מרחק בין כל 2 מנורות: $d = 6_{[m]}$
- מרחק בין מנורה לקיר: $b = 3_{[m]}$
- גובה הלול: $h = 3.5_{[m]}$



נורת הLED שנבחרה לפרויקט:

cree® Xlamp® Xm-l leds (Warm White)



נתונים: $1.4_{[A]} \cdot 3.1_{[V]} \cong 4.3_{[W]}$

האתגרים

הפרוייקט נתקל במספר אתגרים עיקריים, שכל אחד בפני עצמו אינו מהווה אתגר משמעותי, אך שילוב של כולם יחד, תוך עמידה בדרישות של כל אתגר בפני עצמו, יצר קושי במהלך התכן המתקדם.

האתגרים העיקריים הינם:

1. הארה אחידה בעוצמת $30\ [lux]$ על רצפת הלול, תוך הורדת עלות נורות ה-LED ומספרן.
2. אפשרות סיבוב נוסף לאחר הברגת גוף התאורה למקום לצורך יישור גוף התאורה לאורך הלול.
3. סילוק חום אפקטיבי, לצורך שמירה על הארה רצויה של נורות ה – LED.
4. על המוצר להיות בעל מסה הנמוכה מ- $1_{[kg]}$ לאחר כל האנליזות הדרושות.
5. אטימות מוחלטת של המוצר על פי תקן $IP55$.
6. טכנולוגיות ייצור המוני ואב-טיפוס של חלקי המוצר.
7. עמידה בתנאי סביבה המאפיינים לולי פיטום.
8. עמידה במסגרת התקציב לפיתוח אב-טיפוס.
9. עמידה במחיר יעד לייצור המוני.

דרישות הלקוח / הפונקציות / מטרות הפרויקט

- $30[lux]$ על רצפת הלול מפוזרים באופן אחיד /($\pm 6[lux]$)
- על אופי הLED להיות מסוג.[K] 3000 – warm white :
- התחברות לרשת חשמל תקנית: [Hz]50~60 [V] 220~230 .
- זמן הרכבה: לא כולל אלקטרוניקה ונורות כ-20 דקות.
- עלות ייצור 10,000 יחידות מתחת ל - 40 € .
- עלות אבטיפוס 4,000 ₪ .
- תקנים הכרחיים למוצר.
- הגבלת משקל ל- $1\ [Kg]$.
- 50,000 שעות עבודה רצופה.

ניסוי

ניסוי תאורה:

הצוות תכנן ניסוי תאורה בכדי ללמוד על פיזור ועוצמת ההארה עפ"י תכן המוצר והמוצרים שנבחרו. ניסוי התאורה כלל דגם ראשוני ופשוט התואם לדגם הסופי המתכונן עם אותן נורות לד שנבחרו ודרייבר מתאים. זווית פתיחת הפירמידה בניסוי הינה קבועה וערכה 90 מעלות. דפנות הפירמידה נצבעו בצבע לבן מט כפי שתוכנן.

תוצאות הניסוי:

מסקנות:

התקבלה צורה מרובעת על רצפת הלול, כלומר דפנות הפירמידה נותנות את קו ההפרדה כפי שתוכנן.

פיזור האור: שטח ההארה שנדרש עבור נורה בודדת הינו 6x6(m).

כאשר נבחנה נורה בודדת שטח ההארה בפועל היה גדול מהנדרש, 12x12(m). לאחר חישוב עוצמת ההארה ע"י סופרפוזיציה התקבל כי על רצפת הלול ישנה כמות אור של כ- 20-25lux. הפיזור הינו אחיד.

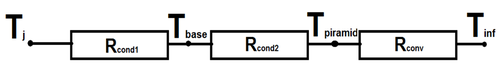
אנליזות וסימולציות עיקריות

אנליזת מעבר חום - תקציר:

מאחר ויעילות נורת ה- LED יורדת משמעותית כתלות בטמפ' הצומת, נדרש לבצע תהליך סילוק חום יעיל ומספק לחום הנוצר מפעולת הנורות. האנליזה בוצעה לפי מודל מצב מתמיד של סילוק חום ממקור ע"י הולכה דרך האלומיניום והסעה לאוויר.

$$R_{tot} = R_{cond1} + \left[4 \cdot \frac{1}{R_{cond2}}\right]^{-1} + \left[4 \cdot \frac{1}{R_{conv}}\right]^{-1}$$

$$R_{tot} = 1.2546_{\left[\frac{K}{W}\right]}$$



$$T_{\infty req} = T_j - q \cdot R_{tot} = 353.15 - 30 \cdot 1.246 = 315.5_{[K]} > T_\infty = 308.15_{[K]}$$

דפנות הפירמידה אכן מספיקות לסילוק החום הנוצר עקב פעולת הנורות עפ"י מפרט הדרישות, ועפ"י האנליזה הנ"ל גם בטמפרטורת סביבה של 42 מעלות צלזיוס, תפוקת הנורה תעמוד בדרישות.

אנליזת חוזק – תקציר:

ביצענו מספר סימולציות חוזק בעזרת התוכנה SolidWorks אשר מדמות את המאמצים בגוף המנורה כתוצאה מנפילות מגבהים שונים בזוויות שונות (drop test) כאשר זמן המדידה הינו $t = 60_{[\mu sec]}$

מסקנות:

- בנפילה מגובה של 1 מטר בזויות שונות הגוף לא עובר את מאמץ הכניעה $\sigma_{y_{aluminum}} = 55_{[MPa]}$.
- ישנם ריכוזי מאמצים בחיבורים בין פאות הפירמידה

תודות

ד"ר חגי במברגר - מרצה קורס תכן מוצר חדש

מר שלמה נזר - מנחה הפרויקט

אנשי חברת "אלתם" עין-השופט:

רענן לבנה – מהנדס מכונות, ניהול איכות

עוזי רוזן – מנהל מוצר תאורה מיוחדת

יעקוב שופר - שיווק תאורה מיוחדת

עמוס בן משה - מנהל טכני

אורי רם – מהנדס מכונות, מוצרי כבישה ומכלולים