

	1. תוכן עניינים	1
2	תוכן עניינים	1
3	מבוא	2
3	2.1. הגדרת הפרויקט	
3	2.2. אופן מימוש ובחירת הרכיבים	
4	3. בחירת רכיבים	3
4	3.1. רכיבים מכאניים	
10	3.2. מנוע DC עם תמסורת מובנית	
16	3.3. חיישן Ultrasonic למדידת מרחק	
18	3.4. מד משקל *	
20	3.5. מד תאוצה לצורך מדידת הזווית *	
23	3.6. מודול RF	
25	3.7. מיקרו בקר	
26	3.8. ממיא אנלוגי/דיגיטלי (ADC)	
27	3.9. מצבר	
29	4. אינטגרציה	4
29	4.1. תרשים זרימה של תוכנה	
31	4.2. תרשים מעגל חשמלי	
32	4.3. מכלולי העגלה העיקריים	

2. מבוא

2.1 הגדרת הפרוייקט

בפרוייקט זה ביצענו איפיון, תכנון ובדיקה למערכת "עגלת רובוט לילדים", המערכת מתוכננת לנשיאת ילד, נסיעה וניהוג באמצעות צמד מנועים חשמליים (DC) תוך כדי הנחיה מרחוק באמצעות משדר RF. העגלה כוללת מספר חיישנים המאפשרים שליטה בתנועה והמנועות ממכשולים, החיישנים העיקריים אשר נכללו במפרט הינם חיישן משיקל, תאוצה ומד מרחק ממכשול.

2.2 אופן מימוש ובחירת הרכיבים

תהליך בחירת הרכיבים לעגלה מורכב מכמה תתי מכלולים אשר תלויים בזה בזה, תהליך מידול השלדה, בחירת החלקים ואופן הרכבתם נעשה לפי העיבודים הבאים:

a. קביעת גודל העגלה ומאפיינים כלליים

העגלה מתוכננת לשאת בילד במשקל מקסימלי של $40[kg]$, העגלה נעה באמצעות שלושה גלגלים זהים, 2 גלגלים קדמיים בעלי הנעה וגלגל אחורי חופשי. מהירות המקסימלית של העגלה נקבעה להיות 1- קמ"ש והשליטה עליה תתבצע באמצעות שלט RF.

b. מידול השלדה

מידול השלדה נדרש לענות למספר קריטריונים, האחד, גודל מתאים להושבת ילד בכיסא והכלת כל הרכיבי המערכת באופן מיטבי. משיקול זה נבחרה הקונפיגורציה הכללית של השלדה. השיקול השני הינו שיקול חוזק מבני, על העגלה לשאת בעומס המתוכנן, כולל מקימי בטחון ללא הוצרות של כשל.

c. בחירת מנוע

העגלה מכילה שני גלגלים בעלי הנעה ומבצעת פניות על ידי הפעלת מנוע יחיד ועצירת המנוע השני. מתוך כך נגזרו הדרישות למנוע. על מנוע יחיד להיות מסוגל להתנגד לכוחות הפועלים על העגלה מכוח הכובד (הפועל על כתוצאה ממשקלה העצמי ומשקל הילד) וכוחות חיכוך במערכת.

d. חיישן מדידת מרחק

ממהירות התנועה המקסימלית של העגלה זמני התגובה לבלימת המערכת נגזר המרחק המינימלי להמצאות מכשול במסלול התנועה ומכאן הדרישה למרחק הזיהוי של חיישן מדידת המרחק.

e. מד משקל

מתוך קביעת המשקל המקסימלי לילד עלינו לוודא כי העומס אינו עולה על משקל זה, החיישן נבחר כך שיוכל למדוד משקלים בטווח הרלוונטי-עד $40[kg]$

f. מד תאוצה

מד זה הינו המדד לכך שהעגלה חווה תאוצות שאינה מתוכננת לעמוד בהם, תאוצות אלה יכולות להגרם מנפילת העגלה או פגיעה במכשול כלשהו. העגלה תוכננה לעמוד בתאוצות מישוריות של עד $\pm 3g$.

g. מודול RF

מודול זה הינו אחראי ליצירת הקשר בין העגלה לבין המפעיל, טווח העבודה נבחר להיות $0.5[m]$.

h. מיקרו בקר

תפקידו של המיקרו בקר הינו לקשר בין רכיבי המערכת, מאפייניו נקבעים לפי הרכיבים שעליו לחבר במערכת.

i. מצבר

בחירת המצבר מתבצעת לפי ההספק והמתח הדרוש למערכת, ההספק המשמעותי ביותר דרוש להפעלת המנועים ולכן בחירת המצבר הנבצעת לפי אלו ונבחן זמן העבודה ללא הטענה.

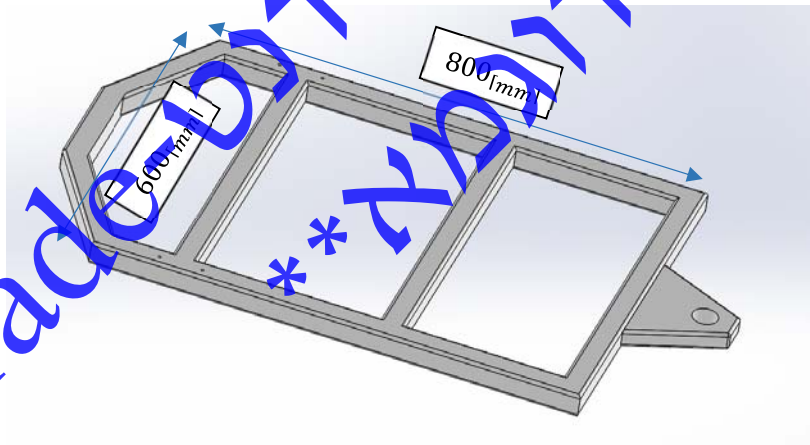
3. בחירת רכיבים

3.1 רכיבים מכאניים

3.1.1 שלדה

גאומטריה:

מידות העגלה נבחרו כך שיאפשרו הטובה של ילד במושב ומקום נוסף לחלקי המערכת- מצבר, גלגלים, מנועים וכו'. מתוך כך נגזר כי שלדת העגלה הינה בעלת המידות המפורטות באיור המצורף:



נתוני חומר:

השלדה עשויה מפסלטיק ABS, תכונות החומר מצורפות בטבלה:

Mass Density	Yield strength	Young's modulus	Material
$\sim 1050 \frac{Kg}{m^3}$	$\sim 180 [Mpa]$	$\sim 2 [Gpa]$	ABS-Plastic

הערה: תכונות החומר בפלסטיק משתנות כתלות באופן בניית המודל, לדוגמא הדפסה, יציקה, כרסום וכו'. לכן נבחרו ערכים ממוצעים עבור חומר גלם סטנדרטי בטמפ' החדר.

חישובים מכאניים:

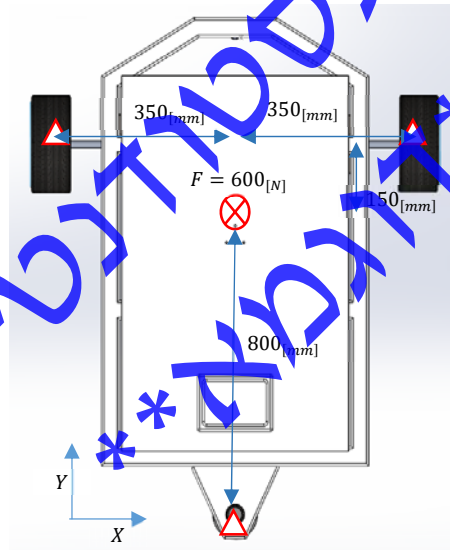
מקור העומס המרכזי המופעל על העגלה הינו במשקל הילד, הוספת העומס כתוצאה מהרכיבים השונים ומכוחות ספונטניים כתוצאה מהפעלת העגלה נלקחו בחשבון במקדם הבטחון הגבוהה יחסית על עומס זה.

הערכת הכוחות הפועלים:

לשם פישוט הנעיה נבחר להתייחס למשקל הילד ככוח נקודתי הפעול במרכז הכיסא. גודלו הנומילי של כוח זה הינו $F_{Nom} = m \cdot g = 40 \cdot 9.81 = 392.4_{[N]}$, על מנת לקחת בחשבון את משקלה העצמי של העגלה, כוחות ועומסים שמקורם בפעולת הרכיב והבטחת פעולה תקינה לאורך זמן נבחר מקדם בטחון- $N = 1.5$. מכאן כי על העגלה לעמוד בעומס של $F_{Max} = 1.5 \cdot 392.4 \approx 600_{[N]}$.

חישוב המומנטים:

מודל העגלה, באופן מפושט ניתן לתיאור באופן הבא:



כאשר נקודות המסומנות במשולש הינן נקודות המגע עם הקרקע אשר משמשות כנקודות ריתום.

EZ-Grade-בטיחות לילדים

חישוב המאמצים ובחירת פרופיל:

נסתכל על המקרה בו הגלגל האחורי אינו נושא עומס והעומס מתחלק באופן שווה בין הגלגלים הקדמיים. לחישוב המאמץ המקסימלי נבחר את הנקודה הקריטית לכשל כנקודה הרחוקה ביותר ממקום הפעלת הכוח ובעלת המומנט הגבוה ביותר. נקודה זו הינה הנקודה על השלדה הקרובה ביותר לגלגל. המאמצים הפועלים בחתך, לפי משוואת אויילר ברנולי:

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M_x \cdot y}{I_y} + \frac{M_y \cdot x}{I_x}$$

כאשר:

$$M_y = F \cdot x = \frac{600[N]}{2} \cdot \frac{350[mm]}{1000[\frac{mm}{m}]} = 105[N \cdot m] \text{ מומנט הכפיפה הפועל בחתך, מחושב לפי הנוסחה:}$$

-y הינו המרחק המקסימלי מהציר הנייטרלי, עבור חתף ריבועי מרחק זה הינו מחצית אורך הצלע-תסומן ב-a.

$$I_x = \frac{a^4}{12} \text{ מומנט האינרציה של החתך, עבור חתף ריבועי מתקיים}$$

$$M_x = F \cdot y = \frac{600[N]}{2} \cdot \frac{150[mm]}{1000[\frac{mm}{m}]} = 45[N \cdot m] \text{ מומנט הפיתול הפועל בחתך, מחושב לפי הנוסחה}$$

$$I_y = \frac{a^4}{12} \text{ מומנט האינרציה של החתך, עבור חתף ריבועי מתקיים}$$

-N הכוח הנורמלי בחתך, במקרה הנל אין מאמץ צירי ולכן $N = 0$.

ומכאן כי המאמץ המקסימלי בחתך הינו:

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M_x \cdot y}{I_y} + \frac{M_y \cdot x}{I_x} = 0 + \frac{45 \cdot \frac{a}{2}}{\frac{a^4}{12}} + \frac{105 \cdot \frac{a}{2}}{\frac{a^4}{12}} = \frac{900}{a^3}$$

על מנת למנוע כשל יש לדרוש כי המאמץ בחתך יהיה נמוך ממאמץ הכשל של החומר, מתוך דרישה זו נקבע את מידות החתך המינימאליות לפרופיל השלדה:

$$\sigma_y > \sigma_{Max} \rightarrow 330 \cdot 10^9 > \frac{900}{a^3} \rightarrow a > \sqrt[3]{\frac{900}{180 \cdot 10^6}} \rightarrow \boxed{a > 17.01[mm]}$$

משיקולי בטיחות ונוחות, נבחר את פרופיל השלדה: $40 \times 40[mm]$ על מנת למנוע כשל במבנה במקרה של עומס יתר, פגיעה בעצם כלשהו או פגמים ביצור.

מידות הפרופיל:

מידות הפרופיל נגזרו מחישובי המאמצים הפועלים על המסגרת כתוצאה מפעולת הכוחות והמומנטים. מידות הפרופיל שנבחר הינו פרופיל ריבועי בחתך מלא בגודל $40 \times 40[mm]$, פירוט חישובי המאמצים ושיקולים החוזק מפורטים בסעיף 2.1.3.

3.1.2. מוט הנעה

על מנת לחבר את גלגלי העגלה והמנועים יש השתמש במוט הנעה אשר תפקידו להעביר את תנועת המנוע אל הגלגל. קוטר מוט ההנעה נקבע לפי המלצות יצרן המנוע ועליו לעמוד במאמצים הנגרמים מהפעלת העומס. מתוך חישוב הכוחות בסעיף 2.1.1 נבחר את קוטר מוט ההנעה להיות $D = 15_{[mm]}$ העשוי מאלומיניום.

3.1.3. מיסים

קוטר המיסב נקבע לפי קוטר מוט ההנעה ולכן הינו $15_{[mm]}$.

סוג המיסב נקבע לפי סוג העומס הפועל עליו, במקרה העגלה, אומם המיסב מתוכנן לעבוד רק בעומס ניצב (משקל העגלה) אך ייתכן כי בעת הפעלתה יתפתחו גם כוחות ציריים. לשם הבטחת פעילות המנגנון נבחר מיסב כדורי (Ball Bearing).

נבחר מיסב של חברת NTN אשר עומד בדרישות הגאומטריות ובעומס הפועל, מפרט המיסב מצורף בטבלה:

Units: INCHES
Millimeters

Bearing No.	Bore d	O.D. D	Width B	Fillet Radii		Basic Load Ratings (lbs)		Weight (lbs)
				r	r ₁	Dyn. C ₁₀	Static C ₀	
6300	.3937 10	1.3780 35	.4331 11	.024 .6	.020 .5	1,840	785	.117
6301	.4724 12	1.4567 37	.4724 12	.039 1.0	.030 .8	2,180	940	.132
6302	.5906 15	1.6535 42	.5118 13	.039 1.0	.020 .5	2,570	1,220	.181

חישוב אורך חיים:

לשם הערכת אורך חיי המיסב נשתמש בנוסחה המופיעות בספר - Shigley's Mechanical engineering design:

הנוסחה המקשרת בין מאפייני המיסב, העומס הפועל עליו ואורך החיים הצפוי הינה:

$$L_{[hours]} = \frac{10^6}{60 \cdot n} \left(\frac{C}{P} \right)^a$$

כאשר:

L - מספר הסיבובים שיבצע המיסב לפני הגעה לכשל.

C - עומס דינמי בסיסי, מוגדר על ידי היצרן כעומס עברו אורך חיי המיסב הינו 10^6 סיבובים.

P - עומס דינמי שקול, במקרה הנל אין עומס צירי ולכן $P = F_{Nom} = 300_{[N]}$

a - מקדם הנקבע לפי סוג המיסב: עבור מיסב כדורי $a = 3$, עבור מיסב גלילי $a = \frac{10}{3}$

n - מספר סיבובים לדקה בעבודה נומינלית, במקרה הנל $n = 163_{[RPM]}$

ולכן, עבור מקרה העגלה נוכל לקבל הערכה לאורך חיי המיסב:

$$L_{[hours]} = \frac{10^6}{60 \cdot 163} \left(\frac{2570}{300} \right)^3 = 1286_{[hours]}$$

קיבלנו אורך חיים גבוה משום שהמיסב שנבחר מתאים לעבודה בעומסים גבוהים בהרבה ולכן יחווה שחיקה נמוכה חסית בתנאים אלו.

3.1.4. בחירת פין נעילה למצמד

על מנת להעביר את תנועת סיבוב המנוע אל מוט ההנעה בוצע שימוש במצמד, תפקידו הוא לחבר בין החלקים הנעים ולאפשר שחורףם בעת הצורך. לשם כך, נדרש לתכנן פין נעילה אשר יוכל לעבוד בעומסי המערכת.

ישנם שני פרמטרים עיקריים לבחירת קוטר הפין:

מאמץ גזירה- נתון על ידי הנוסחה:

$$\tau = \frac{F}{2A}$$

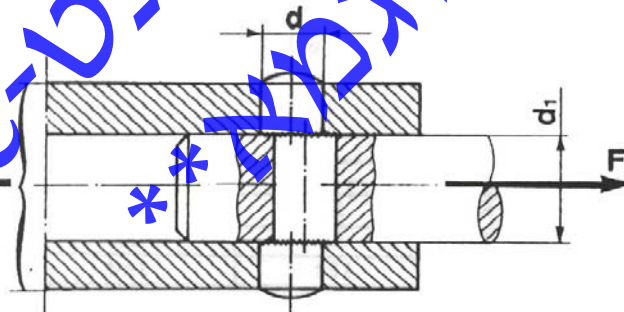
כאשר:

F - כוח המופעל בניצב לציר הפין, עבור המקרה שלנו $F_{max} = 400 [N]$ אשר נגזר מתוך תכנון המערכת לעמידה בכוח צירי (מכות צד, איסימטריות בייצור וכו').

A - שטח החתך של הפין, עבור פין עגול $A = \frac{\pi D^2}{4}$.

τ - מאמץ הגזירה.

תיאור אופן הכשל במקרה זה מצורף באיור הבא:



נדרוש כי המאמץ המתפתח בחתך יהיה קטן ממאץ הכשל בגזירה של הפין, במקרה הנל, נבחר פין העשוי מפלדה ולכן

$$\tau_{max} = 90 [Mpa]$$

ולכן נוכל לחשב את הקוטר המינימלי לפין על ידי:

$$\tau = \frac{F}{2A} < \tau_{max} \rightarrow \frac{400}{2 \cdot \frac{\pi D^2}{4}} < 90 \cdot 10^6 \rightarrow D > \sqrt{\frac{400 \cdot 4}{2\pi \cdot 90 \cdot 10^6}}$$

$$D > 1.68 [mm]$$

הקריטריון השני הינו מאמץ מעיכה אשר נתון על ידי הנוסחא:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

כאשר:

$$F = \frac{M}{0.5 \cdot 8 \cdot 10^{-3}} \rightarrow F = 10.06_{[kN]}$$

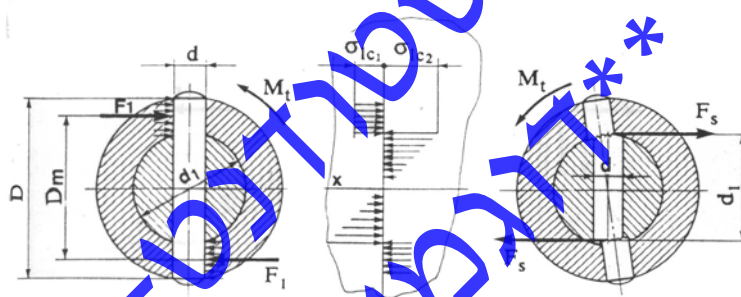
F - כוח המופעל בניצב לצד הפינ, כוח זה יגזר ממונט המנוע לפי

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

A - שטח החתך של הפין, עבור פין עגול

σ - מאמץ מעיכה.

תיאור אופן הכשל במקרה זה מצורף באיור הבא:



חישוב הקוטר הדרוש:

נדרוש כי המאמץ המתפתח בחתך יהיה קטן ממאץ הכשל בגזירה של הפין, במקרה הול, נבחר פין העשוי מפלדה ולכן

$$\tau_{max} = 160_{[Mpa]}$$

ולכן נוכל לחשב את הקוטר המינימלי לפין על ידי:

$$\sigma = \frac{F}{A} < \sigma_{max} \rightarrow \frac{10.06 \cdot 10^3}{\frac{\pi D^2}{4}} < 160 \cdot 10^6 \rightarrow D > \sqrt{\frac{10.06 \cdot 4}{\pi \cdot 160 \cdot 10^3}}$$

$$D > 2.31_{[mm]}$$

סיכום ובחירת הקוטר לפין הנעילה:

מתוך שתי הדרישות למניעת כשל קיבלנו כי הדרישה המחמירה הינה הדרישה לכשל במעיכה, ולכן נבחר קוטר הגדול מהקוטר המינימלי הנדרש:

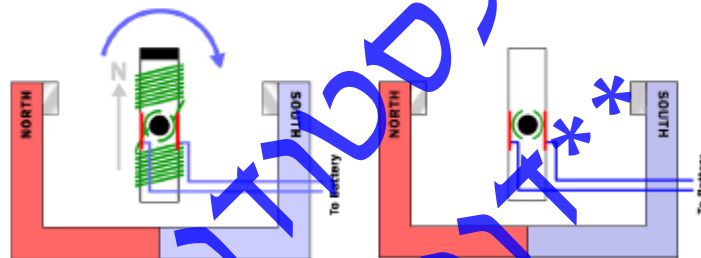
$$D_{pin} = 2.5_{[mm]}$$

3.2. מנוע DC עם תמסורת מובנית

מנוע חשמלי הינו מכונה אשר הופכת הספק חשמלי- זרם ומתח להספק מכאני- מהירות זוויתית ומומנט. ישנם מספר סוגים של מנועים חשמליים, בעיקר מנועי זרם ישר – DC, ומנועי זרם חלופי- AC. בפרויקט זה נבחר לעשות שימוש במנוע DC משום שמקור המתח שלנו הינו מצבר המספר זרם ישר.

3.2.1. עקרונות פעולה

עקרון הפעולה- כוח הפועל על מוליך נושא זרם במרחב בו שורר שדה מגנטי. על מנת לקבל עבודה מנועית חייבים לספק לרוטור מתח שיגרום לזרימת זרם למרות הופעת כא"מ נגדי המנסה להזרים את הזרם בכיוון ההפוך. מלים אחרות, המתח בכניסה חייב להיות גדול מהכא"מ הנגדי. סכמה כללית למנוע DC מצורפת באיור.



מנוע חשמלי מורכב משני חלקים פיזיים עיקריים:

1. רוטור - זהו החלק המסתובב על ציר המכונה,
2. סטטור - זהו החלק הנייח המורכב בדפנות המכונה.

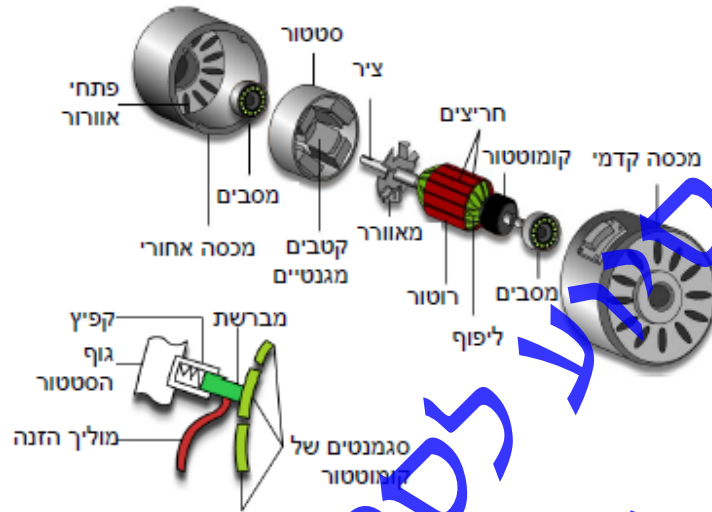
שני חלקים אלו חולקים ביניהם שני תפקידים: ערעור שדה מגנטי המהווה מוליך חשמל ועוגן המהווה מוליך חשמלי. למעשה, כל אחד משני החלקים של המכונה (רוטור או סטטור) יכול לשמש הן כערעור והן כעוגן. לכן קיימות שתי אפשרויות:

- א- ערעור מסתובב עם הרוטור ועוגן נמצא בסטטור,
- ב- עוגן מסתובב עם הרוטור וערעור נמצא בסטטור.

במנועים לזרם ישר הערעור בד"כ נמצא בסטטור והעוגן ברוטור.

ערעור הינו פעולה בה מוזרם זרם הנקרא זרם ערעור דרך סלילי הסטטור או הרוטור כדי ליצור שדה ושטף מגנטי. זרם הערעור הוא זרם ישר לכן השדה המגנטי קבוע. בין מעגלים חשמליים נייחים לבין מעגלים חשמליים נעים קיים צימוד מגנטי. כתוצאה מהתנועה הסיבובית היחסית בין הסטטור לרוטור מתפתח המתח המושרה בסליל (בחלק) השני שאינו משמש לערעור. המתח המושרה מתפתח בחלק המשמש כעוגן. בעוגן מתבצעת הפעולה העיקרית של המכונה - המרת האנרגיה (חשמלית למכאנית או ההיפך).

מבנה אופייני למנוע DC הינו מהצורה:



3.2.2. שיקולים בבחירת מנוע

לשם בחירת מנוע נגדיר את המומנט הנומינלי הדרוש, מומנט זה נגזר מתוך הכוח שעל המנוע להפעיל בנסיעה אופקית. חישוב הכוח לפי הנוסחא:

$$F_{Engine} = \mu \cdot mg \cdot \cos(\theta) + mg \cdot \sin(\theta)$$

כאשר:

F - הינו הכוח הדרוש מהמנוע.

μ - מקדם החיכוך בין העגלה ומשטח הנסיעה (מקדם חיכוך אופייני לגומי וחול הינו $\mu \cong 0.6$).

g - תאוצת הכובד $g = 9.81 \frac{m}{Sec^2}$

θ - שיפוע הכביש ביחס לאופק, בנסיעה אופקית $\theta = 0^\circ$.

m - מסת העגלה.

המרת כוח נומינאלי למומנט נומינאלי:

על מנת להמיר כוח למומנט נשתמש בנוסחא:

$$M_{Engine} = R_{wheel} \cdot F_{Engine}$$

ולאחר הצבת הנוסחא לכוח הדרוש ושקלול המומנט הנוצר משני המנועים נקבל:

$$M_{Engine} = R_{wheel} (\mu \cdot m \cdot g \cdot \cos(\theta) + mg \cdot \sin(\theta))$$

אופן בחירת הדגם המתאים:

נבחר דגם התחלתי של מנוע, נציב את משקל המנוע אל חישוב המשקל הכולל ונחשב את המומנט הנומינלי הדרוש. נבחן האם המומנט הנומינלי של המנוע שבחרנו עומד בדרישה (כולל מקדם בטחון). אם הדרישה אינה מתקיימת נחזור על התהליך עם מנוע בעל מומנט נומינלי גבוה יותר. לאחר בחירת דגם המתאים לנו נוכל לחשב את הזווית המקסימלית בה יוכל לתפקד המנוע שבחרנו.

הערכת מסת העגלה:

משקל מירבי לילד: $40_{[kg]}$.

מצבה: $2.66_{[kg]}$ (לפי מפרט יצרן).

מנוע: $0.46_{[kg]}$ (משקל לפי דגם 78WWJS-1).

שלדה:

נפח מתוך מתוך המודל הינו $V = 6.44 \cdot 10^{-3}_{[m^3]}$.

צפיפות החומר הינה $\rho_{ABS} = 1050_{\frac{[kg]}{[m^3]}}$.

ומכאן כי משקל השלדה הינו $m = V \cdot \rho_{ABS} = 6.44 \cdot 10^{-3} \cdot 1050 = 6.76_{[kg]}$.

כיסא:

נפח מתוך מתוך המודל הינו $V = 2.12 \cdot 10^{-3}_{[m^3]}$ (בהנחת כיסא חלול).

צפיפות החומר הינה $\rho_{ABS} = 1050_{\frac{[kg]}{[m^3]}}$.

ולכן משקל השלדה הינו $m = V \cdot \rho_{ABS} = 2.12 \cdot 10^{-3} \cdot 1050 = 2.3_{[kg]}$.

חישוב משקל כולל:

בהנחה כי משקלם של שאר רכיבי המערכת הינו $0.5_{[kg]}$ נחשב את משקל העגלה הכולל:

$$m_{cart} = m_{chair} + 2 \cdot m_{engine} + m_{frame} + m_{battery} + 0.5 = 2.3 + 2 \cdot 0.46 + 6.76 + 2.66 + 0.5$$

$$\rightarrow m_{cart} = 13.14_{[kg]}$$

ומכאן כי המשקל הכולל מחושב לפי: $m_{tot} = m_{child} + m_{cart} = 13.14 + 40 = 53.14_{[kg]}$.

מומנט נומינלי דרוש:

$$M_{Nominal} = R_{wheel} \cdot \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos(\theta) = 0.1 \cdot 0.6 \cdot 53.14 \cdot 9.81 \cdot \cos(0) = 31.27_{[Nm]}$$

בחינת המנוע:

המומנט הנומינלי המסופק מהמנוע הינו $25_{[Nm]}$ ומשקלו $0.46_{[kg]}$. המומנט המתקבל על ידי שימוש בשני מנועים

הינו $50_{[Nm]}$.

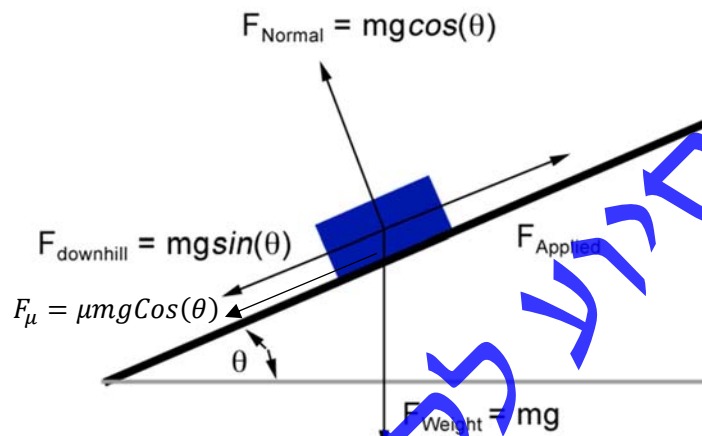
המומנט הנומינלי שחושב לאחר מקדם בטחון של 1.25 הינו $31.27 \cdot 1.25 = 39.1_{[Nm]}$.

לפיכך, המנוע שנבחר עובד בדרישות התכן משום שמתקיים $M_{Engine} < M_{Nominal} \rightarrow 39.1 < 50$.

EZ-Grade-לומד

חישוב זווית מקסימלית:

נניח את המומנט המתקבל מהמונעים אל הנוסחא לחישוב הזווית מתוך דיאגרמת הכוחות המצורפת:



$$\frac{(M_1 + M_2)}{R} = \mu \cdot mg \cdot \cos(\theta) + mg \cdot \sin(\theta) \rightarrow$$

$$\frac{50}{0.1} = 0.6 \cdot 53.14 \cdot 9.81 \cdot \cos(\theta) + 53.14 \cdot 9.81 \cdot \sin(\theta)$$

$$\theta = 23.29^\circ$$

כלומר, העגלה יכולה לנסוע בשיפוע מירבי של 23.29°

בדיקת המנוע לפניה אופקית:

פנית העגלה תתבצע על ידי עצירה של מנוע אחד והפעלת האחרות כולות בכיוון הפניה הרצוי. על מנת לחשב את המומנט הנומינלי הדרוש נניח כי משקל העגלה מתחלק באופן שווה בין שני הגלגלים הקדמים ואילו הגלגל האחורי אינו נושא משקל.

חישוב המומנט הנומינלי הדרוש מהמנוע, לפי אותה הנוסחא שבסעיף קודם:

$$M_{Engine} = R_{wheel}(\mu \cdot m \cdot g \cdot \cos(\theta) + mg \cdot \sin(\theta))$$

רק שהפעם המסה הינה מחצית מהמסה הכוללת של העגלה ולכן:

$$M_{Nominal} = \frac{39.1}{2} = 19.55 [Nm]$$

מומנט זה קטן מהמומנט הנומינלי של דגם המנוע הנבחר:

$$M_{Engine} < M_{Nominal} \rightarrow 19.55 < 25$$

כלומר, מנוע בודד אכן עומד בדרישות לביצוע פניה.

חישוב מהירות קווית:

במפרט המנוע מצויין כי מהירות המנוע בעומס נומינלי, כלומר, בנסיעה אופקית כולל ילד. מהירות הסיבוב הינה $\omega = 30$ [RPM] מתוך הנוסחא לחישוב המהירות הקווית:

$$V = \omega \cdot P$$

כאשר:

-V מהירות קווית.

- ω מהירות סיבוב המנוע.

-P היקף הגלגל, נתון על ידי $P = 2\pi R = 0.6283$ [m].

הצבת הנתונים:

$$V = 30 \cdot 0.6283 \left[\frac{m}{min} \right] \rightarrow 1.13 \left[\frac{km}{hour} \right]$$

כלומר, מהירות הנסיעה הנומינלית של העגלה הינה 1.13 קמ"ש.

Ez-Grade-לסטודנט
****דוגמא****

3.2.3. מפרט דגם המנוע שנבחר

הדגם הנבחר הינו מנוע של חברת Guanlian מדגם 78WWJS-1.
מפרט:

Overview

Place of Origin: Zhejiang, China (Mainland)	Brand Name: New Guanlian 200kg cm high t...	Model Number: 78WWJS-1 200kg cm high torq...
Torque: 25-35N.m	Speed(RPM): 48±2rpm	Output Power: 360W
Voltage(V): 12V DC	Product Name: 200kg cm high torque dc motor	Sample Lead Time: 20days after order
Item name: factory directly 200kg cm high ...	Name: New product 200kg cm high to...	

SPECIFICATION	
RATED VOLTAGE	12V DC
NO-LOAD SPEED	48±2RPM
NO-LOAD CURRENT	4A
REDUCE RATIO	1/90
LOAD SPED	30RPM
RATED OUT POWER	360W
RATED CURRENT	60A
DUTY	S2



מכירת מנועים
דורמאק
* * *
EZ-Grade-ב-קטגוריה

3.3. חיישן Ultrasonic למדידת מרחק

ישם הימנעות ממכשולים נבחר להציב חיישן מרחק בקדמת העגלה לשם גילוי והתראה על מכשולים הקרובים באופן מסוכן לעגלה. את המרחק המינימלי להמצאות מכשול נגדיר על ידי מתן זמן תגובה סביר לעצירת העגלה ללא התקלות במכשול. את מרחק זה נוכל לחשב באמצעות הערכת הזמן הכולל לתגובה ובלימה בשקלול עם מהירות הנסיעה.

זמן תגובה- זמן התגובה של אדם בוגר הינו כ- 0.75 שניות, בהוספת מקרה של חוסר תשומת לב ניקח מקדם בטחון של 2, כלומר 1.5 שניות.

זמן הבלימה- הינו הזמן שנובר מרגע מתן הפקודה לעצירת העגלה ועד להגעה לעצירה. זמן זה נגזר ממערכת ההנעה ועומד על כ-0.5 שניות.

מהירות הנסיעה- מהירות הנסיעה המינימלית לעגלה הינה כ-1 קמ"ש.

חישוב המרחק המינימלית ממכשול:

נשתמש בנוסחא:

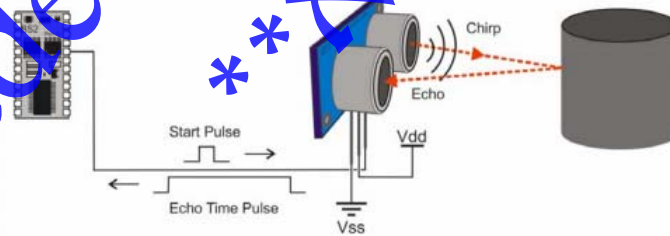
$$X = V \cdot t$$

$$x = 1000 \left[\frac{m}{hour} \right] \cdot \frac{2}{3600} \cong 0.5 \left[\frac{m}{hour} \right]$$

ולאחר הצבת הנתונים נקבל המרחק אשר על החיישן למודד *

3.3.1. עקרון פעולה

חיישן אולטראסוני למדידת מרחק מבצע את חישוב המרחק על ידי שידור גלי אולטראסוני מהחיישן אל עבר הסביבה ומדידת הזמן שלוקח עד לקליטת הגל החוזר במקלט. מתוך מדידת הפרש זמנים זה ניתן לחשב את המרחק אל העצם הקרוב ביותר. סכמת הפעולה מתוארת באיור:



היתרון הבולט בשימוש בחיישן זה הינו שהמדידה אינה תלויה בסוג המכשול, צבעו או שקיפותו לאור.

אופן מדידת המרחק:

1. שידור אות US מהמשדר.
2. הפעלת הטיימר במיקרו בקר.
3. קליטת אות חוזר על ידי המקלט.
4. עצירת הטיימר במיקרו בקר.
5. חישוב המרחק לפי הפרש הזמנים, כאשר מהירות הגל באוויר הינה כ- $340 \left[\frac{m}{sec} \right]$.