

# המרת טיסון דלק לחשמלי

## חלק א' - תכנון

נכתב ע"י Photon

### מבוא

מאמר זה עוסק בהתאמת מערכת חשמלית לטיסון שבמקורו תוכנן למנוע דלק. למרות שאפשרי להסב טיסון שכבר טס על דלק, יותר קל לבצע הסבה בשלב הבנייה / הרכבה. במאמר זה יופיע טיסון מקטגוריה פופולרית בקרב טיסנאים. קטגוריה המכונה "טיסון שני". חלקי המאמר יעברו על כל שלבי ההמרה, מתכנון ועד טיסה.

### הבהרות

כל ההספקים המוזכרים הם הספקי כניסה. נצילות המנוע אינה 100%, אבל זה נלקח בחשבון. מנועי הבראשולס נותנים נצילות של בסביבות בין 70 ל 80 אחוז ולפעמים יותר. מאמר זה מתווסף למצגת על טיסנאות חשמלית שמכילה מידע כללי שיכול לעזור להבין חלק ממה שמוצג פה.

### בחירת טיסון

בעקרון, טיסונים בקטגוריה המדוברת דומים והבחירה ביניהם לא קריטית. במאמר זה נעשה שימוש בטיסון ששמו **AT - 40**



טיסון זה מתוכנן למנועי GLOW שתי פעימות בנפח בסביבות 0.40 - 0.46 אינצ' מעוקב. לטיסון כזה יש שני יתרונות שמקלים על מלאכת ההסבה.

1. איזור המנוע פתוח ומאפשר קצת חופש במיקום המנוע.
2. לאיזור מיכל הדלק יש חלק עליון שטוח. מקום זה ישמש עבור הסוללה והכיסוי העליון יוסב לפתח עבור הכנסת/הוצאת הסוללה.

### בחירת מערכת הינע - פרמטרים

יש כמה דרכים לגשת אל בעייה זו, ויוצגו פה כמה כללי אצבע שעוזרים להעריך מהי המערכת המתאימה.

כלל פשוט שמביא אותנו מהר אל הערכת ההספק הדרוש הוא כזה: נפח מנוע הדלק X 1000

כלומר, עבור מנוע 0.40 נצטרך בסביבות 400 וואט כלל נוסף שניתן להיעזר בו הוא כלל הביצועים לפי הספק המערכת חלקי משקל הטיסן. מדד זה, ביחידות של וואט לקילו נותן לנו הערכה של הביצועים שהטיסן יוכל לעשות עם מערכת ההינע.

טיסן זה נחשב לטיסן ספורטיבי, ועבורו מספיק בסביבות 130-165 וואט לקילו. אם נעריך שהטיסן ישקול בסביבות 2.5 ק"ג מוכן לטיסה, נקבל ש 400 וואט ייתנו יחס של 160 וואט לקילו. גם אם נבחר ברכיבים כבדים יחסית ונגיע ל 3 ק"ג, נקבל יחס של 133 וואט לקילו. כמובן שעבור מערכת הינע מסוימת הביצועים יהיו פחות מרשימים ככל שהמשקל יגדל.

השלב הבא הוא לבחור פרמטרים של סגנון טיסה. שני הבסיסיים הם דחף ומהירות. לשם פשטות משתמשים בדחף סטטי ומהירות פסיעה בתור מייצגים. דחף סטטי - כמות הדחף המיוצר במהירות 0 מהירות פסיעה - ההתקדמות התאורטית של מדחף בסל"ד מסוים. זוהי מכפלה של הסל"ד בפסיעת המדחף.

עבור טיסן 3D, חשוב שהיחס בין הדחף הסטטי למשקל הטיסן יהיה גבוה (אפילו 2:1) ומהירות הפסיעה פחות חשובה, כיוון שרוב התרגילים מבוצעים במהירות נמוכה יחסית. עבור טיסן ספורט כמו שמתואר פה, חשוב ששני הפרמטרים יהיו בעלי ערכים מתאימים באזור אמצע הסקלה.

יחס של דחף סטטי למשקל בתחום של בין 1/2 ל 1 ייתן תוצאות טובות. זה אומר דחף סטטי של 1.25 ק"ג ועד 3 ק"ג, תלוי במשקל הטיסה. עבור המהירות, נרצה לשוות לו תנועה שדומה לטיסה של מטוס. כדי לקבל תנועה דומה, היחס בין מהירות הטיסן לגודלו צריך להיות דומה ליחס של מטוס הדומה לו. אם מטוס, לדוגמא, T-34 MENTOR טס במהירות של 400 קמ"ש, ומוטת כנפיו היא 392 אינצ', אז עבור טיסן של 60 אינצ' נרצה מהירות טיסה בסביבות ה 60 קמ"ש. מכיוון שהמדחף לא מתקדם בצורה אידיאלית, ניקח טווח ביטחון ונרצה מהירות פסיעה של בין 80 ל 100 קמ"ש.

שני פרמטרים נוספים שצריך להתחשב בהם הם: משקל - משקל המנוע + בקר + סוללה צריך להיות דומה (בקירוב לפחות) למשקל מנוע דלק. במקרה שלנו, מערכת של 1/2 ק"ג תהיה מתאימה. גודל מדחף - פה אנחנו מוגבלים ע"י גובה מיקום המנוע מעל הקרקע. במקרה זה, מדחף של 12 אינצ' הוא הגבול העליון.

## **בחירת מערכת הינע - הלכה למעשה**

אחרי שמצאנו את הפרמטרים הרצויים, צריך לחפש מנוע שייתן את התוצאה הרצויה. חיפוש זה הוא כבר אומנות של איזון הפרמטרים ומציאת הפשרה המתאימה. בשלב הזה גם נכנס ענין התקציב, כיוון שתחום המחירים די גדול. לשם החיפוש, ניתן להיעזר בטבלאות מדידה שמופיעות באתרים כלליים, פורומים ואתרי יצרני המנועים.

מספר מנועים שמתאימים למטרה זו:  
Model Motors - AXI 2826  
Hyperion Z3025  
Hacker A30 XL

בדוגמאות אלו, הדגם המדויק, שמציין את מספר הכריכות ומכאן את ה KV של המנוע צריך לקבוע סופית לפי הסוללה, הבקר והמדחף כדי שהכל יתאים. לדוגמא, מנוע עם KV נמוך

אפשר שיצרוך פחות זרם אך עם יותר תאי סוללה (יותר מתח) וההיפך.

עבור פרוייקט ההסבה הנוכחי נבחר מנוע AXI 2826/12 מהסיבה הפשוטה שהוא היה זמין. מהתבוננות בטבלאות

[http://www.flyingmodels.org/motortest/brushless/model\\_motors/axi\\_2826-12.htm](http://www.flyingmodels.org/motortest/brushless/model_motors/axi_2826-12.htm)  
ניתן לראות כי השורה שנותנת את הביצועים המתאימים היא עם מדחף 12x8 וסוללה של 12 תאים (ניקל)

כל 3 תאי ניקל שקולים בערך לתא ליטיום אחד, כך שנקבל צורך בסוללת ליטיום עם 4 תאים.

שילוב זה נותן לנו 350 וואט, 1.7 ק"ג דחף ו 90 קמ"ש מהירות פסיעה.  
ניתן היה לקבל ביצועים יותר טובים ע"י שימוש בסוללה 5 תאים ומדחף 11x7, אבל אז נקבל משקל גבוה יותר של הסוללה, או זמן טיסה קצר יותר.

ברגע שנבחר שילוב המנוע, המדחף ומספר תאי הסוללה, שאר הבחירות יותר קלות. צריך בקר שיכול לעמוד ב 30 אמפר, אבל עדיף לקחת יותר גדול בשביל מקדם בטחון. במקרה זה נבחר Hyperion TITAN-50-PO

כמו כן צריך סוללת ליטיום 4 תאים שמסוגלת לספק זרם קבוע של 30 אמפר. בשלב זה צריך לעשות חשבון משקל כדי לקבל סדר גודל של משקל הסוללה הרצוי. המנוע שוקל 180 גרם והבקר שוקל 38 גרם.

זה משאיר לנו משקל של כ 280 גרם עבור הסוללה. בדיקה קצרה מראה שסוללות בסביבות 3.5 אמפר שעה שוקלות בסביבות ה 300 גרם.

סוללה כזו, אם לוקחים טיסה של מצערת מלאה כל הזמן, צריכה להספיק ב 30 אמפר ל - 7 דקות טיסה תאורטית. מעשית צריכת הזרם קצת נמוכה יותר באוויר יחסית לבדיקה סטטית. כמו כן, אם הטיסה אינה במצערת מלאה כל הזמן, אפשר להגיע לטיסות של 10 עד 15 דקות.

הסוללה שנבחרה פה (שוב מסיבות זמינות) היא סוללה של POLYQUEST המורכבת משתי סוללות של 1800mah במקביל. התוצאה היא סוללה של 3600 mah ששוקלת 320 גרם.

## שיקולי מרכז כובד

אחת הבעיות המרכזיות של הסבות מהסוג המתואר פה היא שטיסני דלק מתוכננים מראש בידיעה שהמנוע, שמשקלו נכבד נמצא במיקום קדמי מאוד. בטיסן חשמלי, משקל מערכת ההינע מתחלקת בין המנוע והסוללה בעיקר, כאשר הסוללה היא בדרך כלל החלק הכבד יותר. מכיוון שהסוללה לא נמצאת במקום קדמי כמו המנוע, נוצר מצב של מרכז כובד אחורי מדי בטיסן. כדי לפתור את הבעיה, צריך למצוא דרכים להזיז את מרכז הכובד קדימה. האפשרות הראשונה היא ע"י הזזת מיקום מנועי הסרוו קדימה ככל האפשר. אם לא ניתן להזיזם, מומלץ לפחות להשתמש במיקרו סרוו כך שהמשקל מאחורי מרכז הכובד הרצוי יקטן. אפשרות נוספת היא ע"י שינוי מבני להקלת החלק האחורי של הטיסן. שינוי כזה אינו מומלץ למי שלא יודע להעריך את השפעות השינוי על חוזק גוף ו/או זנב הטיסן. אפשרות שלישית וגם לא רצויה היא ע"י הוספת משקל מלאכותי בחלק הקדמי ביותר שאפשר. פתרון זה לא רצוי מהסיבה הברורה שהתוצאה היא טיסן כבד יותר עם ביצועים ירודים יותר.

במקרה הנוכחי, התברר שהקטנת מנועי הסרוו לגודל מיקרו של 15 גרם כל אחד פתרה את הבעיה.

קישורים:

מטוס ה T-34 לדוגמא: <http://www.limalima.com/mentor.html>

טבלאות מנועים <http://www.flyingmodels.org/motortest>