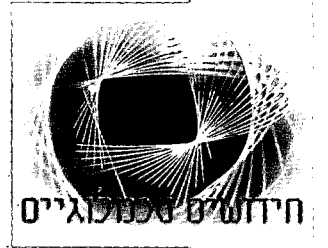


מקורות אנרגיה חשמלית לשדה הקרב



שדה הקרב המודרני הוא צרכן גדול של אנרגיה חשמלית. המקורות הנוכחיים - סוללות חד-פעמיות וסוללות נטענות - מתקשים לענות על הביקושים. בפיתוח נמצאים תאי דלק ומיקרו-טורבינות לייצור חשמל

אל"ם (מיל') יעקב צור

שדה הקרב המודרני הופך להיות מקום שבו גוברת התלות במקורות אנרגיה חשמלית. אם בעבר ניתן היה להסתפק בסוללות חשמליות כימיות חד-פעמיות למכשירי קשר ניידים ובמצברים נטענים כבדים להפעלת ציוד חשמלי בכלי רכב וברק"ם, הרי לקראת המאה ה-21 משתנים פני הדברים.

מכשירי קשר מתוחכמים, מערכות פוי"ש, מחשבים אישיים ממוזערים בתפוצה רחבה, אמצעים לתצפית ולראיית לילה, לייזרים - כל אלה ילוו את הכוחות הניידים בשטח, ברגל וברכב ויחייבו מתן פתרון הולם להספקה שוטפת של האנרגיה הדרושה להפעלתם.

לאור הדרישות הללו נוצר צורך לפתח מקורות חשמל חדשים, שהם גם יעילים מאוד ומסוגלים לספק אנרגיה לאורך זמן רב, אבל גם קלי משקל ומצומצמים בממדיהם כדי לאפשר את נשיאתם ואת שילובם במערכות הנשק ובמערכות העזר. נציג כאן שתי טכנולוגיות המוצעות כמענה לבעיה זאת: תאי דלק ומיקרו-טורבינות. שתיהן אמורות להניב אחרי השלמת תהליכי הפיתוח מקור חשמלי אמין, שיוכל לספק חשמל לאורך זמן רב והוא קל משקל וממוזער.

תא דלק לייצור חשמל

התא הוא מקור חשמלי היוצר את החשמל באמצעות מיזוגם של שני גזאים: מימן וחמצן. מוצר הלוואי הוא מים. המחקרים בתחום זה נעשים בעיקר במגזר האזרחי, אך צבא ארה"ב עוקב אחריהם בעניין רב.

עם כל ההתקדמות בטכנולוגיית

המזעור בשנים האחרונות באלקטרוניקה ובחלקים מכניים רבים, הרי שבתחום האמצעים לאגירת אנרגיה (מצברים), סוללות וכיו"ב) לא נצפו חידושים מסעירים

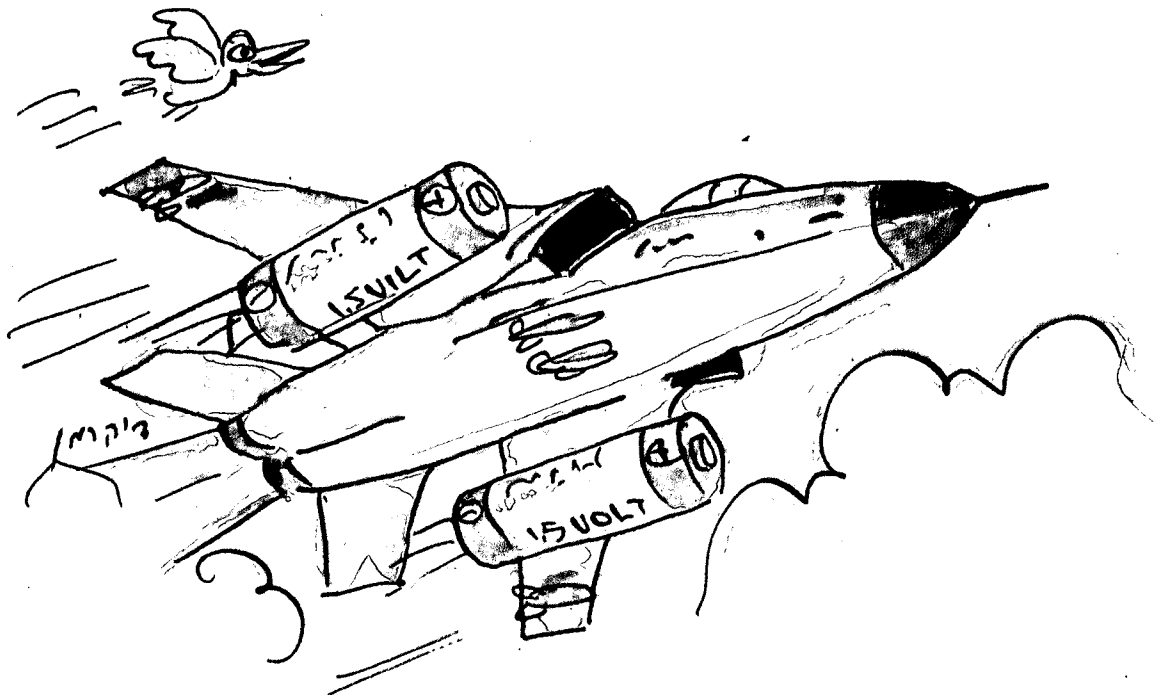
התא הוא מבנה של ממברנות כבושות בין אלקטרודות. מימן המוזרם בלחץ בצד אחד של הממברנה עובר אותה תוך הפרדת אלקטרון מכל אטום, כך שהאלקטרוניום הנשארים על האלקטרודה מהווים קוטב שלילי של התא. הפרוטונים שעברו את הממברנות פוגשים בורם אטומי המצן (המוזרם מצד שני) ומתמוגגים איתם למים ולמטען חיובי על האלקטרודה, שהיא

הקוטב החיובי.

מספר השכבות (צמדים), גודלן וצורתן קובעים את המתח ואת תפוקת הזרם שניתן לקבל מתא הדלק. את המימן הנדרש לתהליך ניתן לקבל מהפרדה בעזרת קטליזטורים ותנאי סביבה מתאימים מסוגי דלק מקובלים (כוהל, דיזל וכד'). תא דלק - כך טוענים המפתחים - יהיה קל פי 16 מסוללה חד-פעמית רגילה ופי 32 ממצבר רב-פעמי, שניתן לחזור ולהטענו. אף שמדובר בכיוון מבטיח מאוד, מעדיף הצבא - לפחות לעת עתה - להסתמך בעיקר על מאמצי הפיתוח של חברות הרכב האזרחיות.

למשל, חברת DAIMLER-CHRYSLER מסרה כי היא צופה שעד שנת 2004 יחל שיווקו של רכב חשמלי, המונע באמצעות תאי דלק.

העניין הרב שמעוררים תאי הדלק נובע גם מיעילותם הגבוהה - הם מנצלים 40%-45% מאנרגיית הדלק, בעוד שמנועי שריפה פנימית של כלי רכב מנצלים 15%-20%, ואילו גנרטור דיזל, המונע בתנאים אופטימליים, מגיע לנצולת של כ-35%. תחום הפעולה הרחב של תאי הדלק מאפשר להם להשיג יעילות הגבוהה עד פי 8 מיעילותו של גנרטור עזר, המונע באמצעות מנועי דיזל בתנאי עבודה בלתי אופטימליים.



ניתן יהיה לטובב אותה בקצבים גבוהים מאוד בלי להגדיל את הסיכון להתפרקות. באביב שעבר הראה הצוות את ישימותו של תא בעירה באורך 2 מילימטרים, המצויד בטורבינת גלגל בקוטר 4 מ"מ העשויה מסיליקון. הייצור נעשה באמצעים הדומים לאלו הנמצאים בשימוש לשם ייצור המוני של מעבדי מחשבים. ייצור החלק השלישי, הקומפרסור, ידרוש הכנסת שינויים מינוריים בטורבינה. במהלך החודשים הקרובים מתכנן הצוות להוכיח את היתכנותו של גנרטור חשמלי צר סרט, שלהבי הקומפרסור שלו יצופו במעטה, ולעבור לשלב הבא - איחוד החלקים לפיסת סיליקון יחידה.

מאחר שעמידות הסיליקון לטמפרטורה גבוהה היא מוגבלת, בוחן הצוות את האפשרות לעבור לייצור באמצעות סיליקון-קרביד, שעמיד יותר לחום.

מטרתם הסופית היא לייצר אב טיפוס של מתקן ייצור אנרגיה באמצעות טורבינה, השוקל פחות מגרם ומייצר 10-20 ואט חשמל. אם הם יצליחו, ניתן יהיה לייצר בזול כמויות גדולות של המכשיר הזעיר ולהפכו אולי להמוני בדומה לסוללות של היום.

Defense News, 8.3.99
Technology Review, 12/98



מקורות:

למשוך את תשומת ליבו של צבא ארה"ב, והוא הסכים לתמוך בעבודת המחקר והפיתוח, מתוך תקווה שמיקרו-טורבינות יהיו בעתיד מקור כוח נישא לכל חייל בודד. המיקרו-טורבינה תפעל בדומה למנוע סילון קונוונציונלי. השאלה היא, האם במידות כה זעירות יוכל המנוע לספק די אנרגיה. המפתח ליצירת כוח רב (צפיפות כוח גבוהה - high power density) במכונה מסתובבת טמון ביצירת מהירות היקפית (peripheral speed) גבוהה. כדי להשיג 2.5 מיליון סיבובים בדקה חייבת הטורבינה להגיע למהירות היקפית של 300-600 מטר בשנייה - מהירות שהיא כפולה ממהירותם של מנועי טורבינה רגילים.

אך ככל שהמהירות ההיקפית גדולה יותר, נדרשים חומרים חזקים יותר ליצירת המנוע כדי שיעמוד בכוחות הנוצרים. במחקר שביצע הצוות התבדו תחזיות בדבר קשיים שונים הצפויים בשל המזעור. למשל, היה חשש כי צמיגות האוויר תהיה בעיה, שכן היחס בין גודל המכונה למולקולות האוויר קטן במספר סדרי גודל מהרגיל.

במחקר התגלה כי בעיה זו לא הצריכה שינוי משמעותי בתכנון. נוסף על כך, מאחר שסביר להניח כי חומרים בגדלים כאלה יכלו הרבה פחות פגמים, הרי שהמכונה תהיה חזקה משמעותית ממכונות גדולות יותר, ולמעשה

לתאי הדלק יש, כמובן, גם מגרעות. הצורך לאחסן מימן כדלק יוצר בעיה בטיחותית. הפקת מימן מכוהל מתילי (מתנול) תחייב הכנסת דלק נוסף למערכת הדלקים הנוכחית - עם כל הסיבוכים הטכניים-לוגיסטיים הכרוכים בכך. יתר על כן, המערכת מפרשה מים ותוצרי לוואי נוספים בעקבות הפרדת הדלק הנוזלי בממיר הקטליטי. המים ותוצרי הלוואי האחרים עלולים לפגוע בצידוד האלקטרוני, ולכן יידרש פתרון מעשי לאיטום תאי הדלק. מגרעת נוספת: לייצור ממיר קטליטי, הצורך כוהל מתילי יש להשתמש בפלטינה. מדובר במתכת יקרה מאוד, שהשימוש בה עלולה לייקר את הממירים הקטליטיים.

מיקרו-טורבינות לייצור חשמל

עם כל ההתקדמות בטכנולוגיית המזעור בשנים האחרונות באלקטרוניקה ובחלקים מכניים רבים, הרי שבתחום האמצעים לאגירת אנרגיה (מצברים, סוללות וכיו"ב) לא נצפו חידושים מסעירים.

צוות במעבדות טורבינות הגז ב-MIT שוקד כעת על פיתוח מנוע טורבינה בגודל של כפתור חולצה. באמצעות גנרטור חשמלי זעיר מסוגל המנוע להפיק כוח חשמלי הגדול פי 10 עד 20 מהסוללות הכימיות הטובות ביותר. הפרויקט הצליח