

מודל תרמו-אקוסטי לבחינת אי-יציבות בעירה במנוע מגח עם דלק נוזלי

הדר חי

בהנחיית דר' דן מייקלס

תקציר המחקר שבוצע בסמסטר חורף תש"ף

ניתן להשיג בעירה יעילה ונקייה, עם רמות נמוכות של מזהמים, על ידי ערבוב טוב של הדלק והאוויר לפני שהם נכנסים לתא בעירה וע"י שריפה מעורבת מראש ענייה בדלק (Lean premixed combustion). למרבה הצער, אלו הם בדיוק התנאים הגורמים לתנודות עצמיות חזקות שיכולות להיות כה עזות עד שהן עלולות לגרום לנזק מבני, בין אם בגלל שתנודות הלהבה מגבירות את העברת החום לקירות המנוע או בגלל רעידות. אי-יציבויות אלה מתרחשות כתוצאה מהאינטראקציה בין גלי קול ללהבות: תנודות בשחרור החום מייצרים גלים אקוסטיים ואלה משנים את שדה הזרימה ומובילים להגברת התנודות בשחרור החום.

מטרת פרויקט מחקר זה למצוא את תדרי האקוסטיקה של תא הבעירה של מדגים המגח המפותח בשיתוף פעולה בין רפאל והטכניון. בניסוי שבוצע ברפאל נצפו תנודות חזקות בתא הבעירה, שנובעות ככל הנראה מתדרים אקוסטיים. בכדי למזער את התופעה, נדרש לצפות את תדרי האקוסטיקה מראש ולגבש המלצה לשינוי התכן או הוספת בקר.

לצורך האנליזה שבוצעה במסגרת פרויקט זה נבנה מודל אקוסטי לתא שריפה, מקורב לינארית ומניח הפרעות קטנות. המודל מבוסס על משוואות השימור, מסה, תנע, אנרגיה ומשוואת המצב. משוואות אלה נורמלו לצורה חסרת ממד. לאחר מכן, נלקחו בחשבון ההפרות ובוצעו הזנחות לקבלת קירוב מסדר ראשון.

הפיתוח התבסס על מודל תיאורטי שניתן למצוא בפרויקט המחקר של אלמוג אלבאום. המודל כפי שנכתב סבל מחוסר יציבות ואיבוד פתרונות והיה רגיש מאוד לקלט, בפרויקט זה בוצע תיקוף למודל לצורכי יעול הקוד ושיפור היציבות.

לבדיקת הפותרן בוצעה השוואה בין התוצאות במאמר של *speth*¹ לחישוב במודל הנוכחי ע"י שימוש בגיאומטריית תא השריפה המתוארת במאמר. התקבלה התאמה טובה ולכן יעשה שימוש במודל גם עבור מנוע המגח.

לצורכי הניסויים במדגים של מגח סילון נוזלי, בוצעה אנליזה להערכת המודים שאינם יציבים. באנליזה זו נבחנה השפעת פרמטרי המודל על יציבות הלהבה - המודים הלא יציבים כפונקציה של ההגבר β , טמפרטורת תוצרי הבעירה, מספר מאך (שמשפיע על הטמפרטורות במקטעים לפני הלהבה במנוע) והפרש הפאזה θ_{pq} . מכיוון שתכן המנוע אינו סופי, קיימת אי וודאות מסוימת בחלק מפרמטרי המודל, כדי לקבל את פיזור טווח התדרים המשוער, נדרש לנתח מספר ערכים עבור הפרמטרים. באמצעות אנליזה זו אותרו המודים הלא יציבים בהתאם לפרמטרים המשתנים של המודל שנמסרו לרפאל לצורך אפיון ניסויי הפיתוח של המנוע ושיפור תכן המנוע.