

Streszczenie rozprawy doktorskiej

mgr inż. DARIUSZ KOZAK

temat: **Numerical study on exhaust pulse separation problem for multicylinder engine**

dziedzina: nauki inżynierijno-techniczne

dyscyplina: inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka

promotor pracy: prof. dr hab. inż. Andrzej Teodorczyk - Politechnika Warszawska, Wydział MEiL

promotor pomocniczy: dr inż. Paweł Mazuro – Politechnika Warszawska, Wydział MEiL

Recenzenci:

prof. dr hab. inż. Krzysztof Wisłocki – Politechnika Poznańska

prof. dr hab. inż. Marek Brzeżański – Politechnika Krakowska

prof. dr hab. inż. Stanisław Szwaja – Politechnika Częstochowska

W kontekście zmian klimatycznych i neutralności pod względem emisji dwutlenku węgla producenci silników muszą sprostać wyższym ograniczeniom dotyczącym emisji. Dlatego nowoczesny silnik musi być sprawny, aby spełnić obecne wymagania dotyczące ochrony środowiska. Kluczem do poprawy sprawności silnika spalinowego jest minimalizacja strat ciepła. Wiadomo, że główne straty ciepła generowane są przez gazy spalinowe. Dlatego zastosowanie turbosprężarki z jednoczesnym zmniejszeniem pojemności skokowej silnika wydaje się skutecznym sposobem na poprawę osiągnięć silnika oraz redukcję emisji.

W idealnym przypadku układ turbodoładowania powinien być jak najprostszy, z minimalną liczbą rur wydechowych. Taka sytuacja jest jednak możliwa tylko w przypadku silników czterocyldrowych. W przypadku takich silników interakcja pomiędzy impulsami wydechowymi z poszczególnych cylindrów jest niwelowana poprzez długie odstępy między fazami wydechowymi podczas jednego obrotu wału korbowego. Sytuacja komplikuje się wraz z wzrostem liczby cylindrów, co prowadzi do krótszych przerw między fazami wydechowymi poszczególnych cylindrów. Dlatego układy wydechowe silników wielocyldrowych są bardzo złożone, szczególnie w przypadku zastosowania dwóch lub więcej turbosprężarek. Oddzielenie impulsów wydechowych jest jeszcze bardziej skomplikowane w przypadku silników dwusuwowych, gdzie odstępy między fazami wydechowymi są krótsze z powodu fazy wydechowej co 360 stopni kąta obrotu wału korbowego.

Większość najnowszych badań nad separacją impulsów silnika ogranicza się do badań eksperymentalnych i numerycznych z udziałem silników czterocyldrowych. Niniejsza praca ma na celu zaprojektowanie i ocenę innowacyjnego układu turbinowego separującego impulsy z silnika wielocyldrowego. Jako generator impulsów wybrano sześciocyldrowy silnik dwusuwowy, co stanowi skrajny przypadek ze względu na zmniejszone odstępy między fazami wydechu spowodowane liczbą cylindrów i konfiguracją dwusuwową.

W pierwszej kolejności przeprowadzono badania eksperymentalne dwucylindrowego, dwusuwowego silnika o przeciwbieżnych tłokach „Pamar 4” z turbosprężarką o nieruchomych łopatkach dla różnych wartości ciśnienia dolotowego. Badania eksperymentalne pozwoliły oszacować profil spalin przy skrajnie niskich i wysokich obciążeniach silnika. Wyniki eksperymentów przyczyniły się do opracowania trójwymiarowego modelu turbiny z unikalnym wlotem, który składał się z sześciu rur wydechowych łączących każdy cylinder z turbiną. Taka konfiguracja wlotu miała prawidłowo oddzielić impulsy wydechowe pomiędzy sąsiednimi rurami. Jako wlot do każdej rury wydechowej wykorzystano profil impulsów spalin uzyskany z badań eksperymentalnych w postaci zmiennego natężenia przepływu. Symulacje nieustalone przeprowadzono dla różnych konfiguracji modelu turbiny. Model turbiny jednostopniowej pozwolił na dokładne zbadanie nieszczelności pomiędzy sąsiednimi rurami wydechowymi podczas jednego obrotu silnika. Jednakże, badania wykazały, że separacja impulsów

wydechowych oraz sprawność układu były poniżej zakładanych założeń projektowych. Dlatego zaprojektowano i przeprowadzono symulację dwustopniowego układu turbinowego z identyczną geometrią wirników pierwszego i drugiego stopnia. Wirnik pierwszego stopnia miał działać jako urządzenie rozdzielające impulsy, natomiast wirnik drugiego stopnia miał działać jako urządzenie rozprężające. Seria symulacji numerycznych wykazała, że dwustopniowy układ turbinowy skutecznie niwelował interakcję impulsów spalin oraz zwiększył odzysk energii cieplnej, co przełożyło się na zwiększenie sprawności układu.

Słowa kluczowe: CFD, turbodoładowanie, doładowanie pulsacyjne, turbina,