

Streszczenie

W rozprawie doktorskiej poruszono problem rozszerzenia zakresu osiąganych obciążeń silnika benzynowego o kontrolowanym samozapłonie (CAI). Cechami charakterystycznymi silnika CAI jest bardzo mała emisja tlenków azotu oraz większa sprawność cieplna w porównaniu do silników o zapłonie iskrowym. Niestety silniki CAI zasilane powietrzem o ciśnieniu atmosferycznym pracują stabilnie tylko w średnim zakresie obciążeń. Rozszerzenie tej granicy jest możliwe dzięki zastosowaniu zwiększonego ciśnienia w układzie dolotowym. Jednakże w warunkach doładowania następuje utrata korzystnych właściwości co wynika ze wzrostu temperatury spalania oraz nadmiernej szybkości wywiązywania się ciepła przy dużych ilościach energii doprowadzonej do cylindra wraz z paliwem. Dlatego celem nadrzędnym badań niniejszej dysertacji jest dostarczenie wiedzy pozwalającej na opracowanie zaawansowanych technik sterowania spalaniem CAI w zakresie zwiększonych obciążeń silnika.

W pierwszej części pracy przeprowadzono wnikliwą analizę literatury. Opisano czynniki ograniczające zakres pracy silnika w trybie kontrolowanego samozapłonu takie jak napełnienie cylindra, szybkość przyrostu ciśnienia, zmienność cykliczna procesu roboczego oraz emisja toksycznych składników spalin. Przeanalizowano również literaturę pod kątem czynników wpływających na przebieg procesu roboczego w silnikach CAI z wyszczególnieniem zmian faz rozrządu, składu mieszanki palnej, uwarstwienia ładunku w komorze spalania, rodzajów paliwa oraz reformowania paliwa. Analiza stanu wiedzy pokazała, że kontrola spalania w silnikach CAI, w szczególności w zakresie dużych obciążeń, stanowi poważne wyzwanie. Wpływ poszczególnych parametrów regulacyjnych na spalanie w licznych badaniach został określony, jednak efekty jednoczesnych zmian wielu parametrów wymagają dalszych badań. Badania empiryczne podzielono na dwa etapy. W pierwszym etapie określono wpływ ciśnienia w układzie dolotowym na skład mieszanki palnej, proces roboczy oraz emisję spalin. Badania pokazały, że zwiększenie ciśnienia w układzie dolotowym pozwoliło na pracę silnika CAI w szerszym zakresie obciążeń, niż w przypadku atmosferycznego zasilania w powietrze. Niestety towarzyszącym efektem większej ilości energii dostarczonej do cylindra był znaczący przyrost wskaźnika twardości spalania. Obniżenie twardości pracy możliwe było poprzez uwarstwienie ładunku w cylindrze, lecz pojawiły się niekorzystne skutki uwarstwienia w postaci zwiększonej emisji tlenków azotu. Ponadto, na skutek dużej emisji CO zmniejszyła się sprawność spalania. Zauważono, że kąt samozapłonu i kąt spalania, które przy danej dawce paliwa determinują szybkość narastania ciśnienia, zależne są od procesów cieplnych zachodzących w czasie ujemnego współotwarcia zaworów (UWZ). Dlatego w drugim etapie zbadano możliwości obniżenia ilości ciepła generowanego w czasie UWZ poprzez redukcję ilości paliwa wtryskiwanego do sprężanych spalin. Zauważono, że

zmniejszenie dawki podawanej we wczesnej fazie UWZ jest korzystne zarówno z punktu widzenia twardości spalania, jak i emisji toksycznych składników spalin. Ponadto minimalizując dawkę pilotującą uzyskano znaczącą poprawę sprawności cieplnej.

W wyniku realizacji niniejszej pracy określono synergiczne efekty zmian ciśnienia w układzie dolotowym oraz strategii wtrysku paliwa przy różnych obciążeniach silnika. Wyjaśniono złożone zjawiska cieplne wynikające z różnych sposobów tworzenia mieszanki, obejmujące ujemne współotwarcie zaworów, proces dolotu oraz proces spalania. Poczynione obserwacje dostarczyły fundamentalnej wiedzy na temat zaawansowanych metod sterowania spalaniem w silniku CAI oraz pozwoliły na wskazanie sposobów sterowania spalaniem, aby uzyskać dużą sprawność, małą emisję spalin oraz akceptowalną twardość pracy.