

# WEWNĘTRZNY UKŁAD RECYRKULACJI SPALIN W MIKROTURBINACH GAZOWYCH JAKO METODA DO WSPÓLSPALANIA PALIW ZE ZWIĘKSZONYM UDZIAŁEM WODORU

INTERNAL FLUE GASES RECIRCULATION SYSTEM APPLIED TO GAS MICROTURBINES AS A  
WAY FOR THE CO-COMBUSTION OF FUELS HYDROGEN ENRICHED

**Doktorant:** mgr inż. Jean-Marc Fąfara<sup>1</sup> – jean-marc.fafara@pwr.edu.pl

**Promotor:** dr hab. inż. Norbert Modliński<sup>2</sup> – norbert.modlinski@pwr.edu.pl

<sup>1</sup> – Doktorant w Szkole Doktorskiej Politechniki Wrocławskiej, Dyscyplina Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka,  
Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Katedra Inżynierii Konwersji Energii

<sup>2</sup> – Politechnika Wrocławska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Katedra Inżynierii Konwersji Energii

Językiem Rozprawy Doktorskiej jest język Polski.

---

## Streszczenie Rozprawy Doktorskiej

Obecnie można dostrzec intensywny rozwój technologii Power-to-Gas (P2G) oraz mikroturbin gazowych. Można założyć potencjalną integrację tych dwóch technologii. W celu zwiększenia sprawności uzyskiwania paliwa technologią P2G, jedną z możliwości jest zwiększenie udziału wodoru względem udziału metanu w tym paliwie. Wodór jest paliwem, które charakteryzuje się większą prędkością spalania laminarnego oraz większą temperaturą spalania adiabatycznego niż metan. Mikroturbiny gazowe są budowane w różnych technologiach komór spalania; komory z spalaniem dyfuzyjnym, kinetycznym oraz mieszanym. Komory ze spalaniem dyfuzyjnym są komorami bardzo często spotykanymi w przeszłości oraz obecnie. Charakteryzują się dużą stabilnością pracy, prostotą projektowania oraz konstruowania, dużą niezawodnością i mogą być stosowane do rozmaitych celów; z tych powodów to właśnie tego rodzaju komorę spalania wybrano do badań, pomimo większej emisji zanieczyszczeń atmosferycznych niż w przypadku innych typów komór spalania. Dążąc do integracji obu technologii oraz do zwiększania sprawności technologii P2G, założono potencjalną potrzebę zasilania mikroturbin gazowych paliwem metanowym z udziałem wodoru. Wzrost prędkości spalania laminarnego oraz temperatury spalania adiabatycznego mogą być przyczyną uszkodzenia komory spalania mikroturbiny gazowej oraz mogą potencjalnie się przyczynić do wzrostu emisji tlenków azotu.

Na podstawie przeglądu literaturowego wywnioskowano, że potencjalną metodą na obniżenie maksymalnej temperatury spalania oraz jej gradientu, obniżenie prędkości spalania laminarnego oraz obniżenie emisji tlenków azotu, może się okazać zawrócenie spalin do strefy tworzenia mieszaniny paliwowo-powietrznej oraz jej spalania. Uzyskane efekty, poprzez obniżenie wartości wyżej wspomnianych parametrów spalania, umożliwiłoby na dodanie określonej ilości wodoru do paliwa metanowego, tym samym powracając do nominalnych parametrów spalania i pracy komory. Dodatkowo, oczekiwano zwiększonej skuteczności utlenienia tlenku węgla podczas zawracania spalin, co mogłoby się przełożyć równocześnie na obniżenie emisji tego czynnika z komory.

Efekt recyrkulacji spalin zaproponowano osiągnąć za pomocą samoczynnego wewnątrz-komorowego układu zawracania spalin, opartego o system specjalnie zaprojektowanych kanałów umieszczonych wewnątrz zmodyfikowanej komory spalania. Opierając się o projekt referencyjnej komory spalania, zostały opracowane (dwie) komory spalania wyposażone w układy zawracania spalin (SolidEdge). Badania numeryczne komory referencyjnej oraz dwóch zmodyfikowanych komór spalania umożliwiły na weryfikację efektywności zaproponowanego układu zawracania spalin (Ansys Fluent, Ansys Chemkin oraz Microsoft Excel).

W wyniku badań numerycznych, stwierdzono, że istnieje faktycznie możliwość stworzenia funkcjonalnego samoczynnego wewnątrz-komorowego układu zawracania spalin dla komory spalania badanej mikroturbiny gazowej. Uzyskano maksymalnie zawrócenie spalin na poziomie 0.54 % (procent masowy). W dalszej części badań, wykazano, że zawrócone spaliny nie umożliwiają kontrolowania w sposób pożądanym procesu spalania oraz, że te spaliny nie wpływają na proces spalania. Działanie spalin jest niezauważalne ponieważ strumień masy zawróconych spalin jest zbyt niski.

W dalszej części, w wyniku analiz uzyskanych danych stwierdzono potencjalną możliwość przeprojektowywania rur ogniowych komór spalania w taki sposób aby ograniczać możliwość rozwoju procesu spalania w czołowej części rury ogniowej, co umożliwi na zabezpieczenie tej części komory spalania podczas spalania paliwa wzbogaconego w wodór. Przeprojektowanie rur ogniowych na spalanie paliw bogatszych w wodór (zmiana przepływu powietrza przez rurę ogniową) umożliwiłoby na ograniczenie maksymalnej temperatury spalania oraz gradientu tej temperatury w objętości spalania. Uzyskanie nie w pełni oczekiwanej oceny proponowanego rozwiązania nie jest niemniej niepowodzeniem z punktu widzenia naukowego, gdyż umożliwiło to na zamknięcie pewnych „drzwi” w Świecie Nauki, oraz umożliwiło to na dostrzeżenie potencjału adaptacji dyfuzyjnych komór spalania do spalania paliw bogatszych w wodór.

---

Jean-Marc Fafara  
