

Michalina Kurkus-Gruszecka
Autor pracy

Streszczenie rozprawy doktorskiej nt.:

„Investigation of thermal and flow processes in low-pressure rotary lobe expanders”

Przedmiotem badań przedstawionych w niniejszej rozprawie są ekspandery krzywkowe, które są maszynami wykorzystującymi energię sprężonego gazu do wytwarzania energii mechanicznej odprowadzanej wałem i wykorzystanej do napędu urządzeń lub przekazanej do generatora elektrycznego. Maszyny te były wykorzystywane dotychczas głównie w górnictwie, gdzie zastępowały silniki elektryczne w warunkach zagrożenia wybuchem. Ze względu na rosnące zainteresowanie produkcją energii ze źródeł odpadowych oraz systemami mikro-kogeneracyjnymi ekspandery krzywkowe stanowią atrakcyjną alternatywę dla innych maszyn cieplnych pracujących w systemach o mocy od kilku do kilkuset kilowatów. Na rynku istnieje wiele silników cieplnych nad którymi trwają prace badawcze pod kątem zastosowania w mikro-kogeneracji, jednakże jak do tej pory nie wyłoniono przodującej technologii. W początkowym fragmencie pracy znajduje się przegląd silników wykorzystywanych w mikro-kogeneracji, wraz z charakterystyką ekspanderów krzywkowych. Każda z przedstawionych technologii ma wady i zalety a zasadność stosowania konkretnych maszyn wiąże się z analizą szczegółowych parametrów układu docelowego.

Nadrzędnym celem pracy były badania procesów cieplno-przepływowych w niskociśnieniowych ekspanderach krzywkowych, prowadzące do opracowania modelu obliczeniowego ww. urządzenia. Prace przeprowadzono w ramach pięciu etapów. Etap pierwszy obejmował opracowanie modelu matematycznego przy wykorzystaniu numerycznej mechaniki płynów procesów cieplno-przepływowych zachodzących w ekspanderze krzywkowym. Zbudowany model obejmuje symulację pracy ekspandera o geometrii domeny obliczeniowej zmiennej w czasie, z ruchem obrotowym dwóch zazębiających się wirników. Następnie w ramach etapu drugiego zbudowany model został zaadaptowany do geometrii i warunków operacyjnych urządzenia przemysłowego a następnie poddany walidacji na podstawie charakterystyk producenta. W ramach etapu trzeciego przeprowadzonych prac wykonano analizę parametrów konstrukcyjnych geometrii przy wykorzystaniu zbudowanego modelu. Na tym etapie wyłoniło się kluczowe zagadnienie pracy, jakim jest relatywnie wysoki udział strat czynnika roboczego wynikający z luzów w maszynie. Etap czwarty obejmował badania i wyznaczenie charakterystyk przecieków w ekspanderze. W ramach etapu czwartego przeprowadzono kilkadziesiąt symulacji numerycznych wybranych obszarów ekspandera, badając przecieki w urządzeniu dla różnych parametrów termodynamicznych czynnika oraz zmiennego kąta zazębienia wirników. Piąty etap prac polegał na opracowaniu modelu analitycznego ekspanderów wielostopniowych uwzględniającego opracowane charakterystyki przecieków. Model wykorzystuje metody iteracyjne do otrzymania rozwiązania, pozwalając na wyznaczenie sprawności oraz zużycia czynnika roboczego jak również parametrów termodynamicznych pary na wlocie, wylocie i pomiędzy stopniami w ekspanderze. Model wyposażony jest również w możliwość rozwiązania zadania odwrotnego, tj. do wyznaczenia parametrów konstrukcyjnych zapewniających najwyższą sprawność przy zadanych warunkach operacyjnych. W ramach piątego etapu wyznaczono charakterystyki konstrukcyjne ekspanderów wielostopniowych dla szeregu parametrów takich jak moc, sprawność wewnętrzna, wysokość wypustek, luzy, ilość stopni.

Na wszystkich etapach prac korzystano z dostępnej literatury naukowo-technicznej. Podstawowa analiza źródeł literaturowych rozpoczęła się na etapie powstania motywacji rozpoczęcia badań nad

ekspanderami krzywkowymi. Przeanalizowano również szeroki zakres źródeł literaturowych dotyczących modelowania numerycznego urządzeń wirujących oraz przepływu gazu przez luzy w maszynach. Ostatnim etapem porównania wyników obliczeń z dostępną literaturą był etap opracowania charakterystyk konstrukcyjnych ekspandera oraz oceny wpływu poszczególnych parametrów na osiągi urządzenia. Otrzymane zależności zgodne są z dotychczas opublikowanymi charakterystykami urządzeń ekspansyjnych.

Przeprowadzone badania procesów ciepłno-przepływowych w niskociśnieniowych ekspanderach krzywkowych znajdują miejsce w rozwoju energetyki rozproszonej, jako urządzenia zdolne do przetwarzania energii niskociśnieniowych gazów. W pracy zawarto również informacje o planowanych dalszych badaniach oraz krytyczną refleksję dotyczącą wykonanej pracy.

Słowa kluczowe: ekspander krzywkowy, obliczenia CFD zmiennej geometrii, przecieki w maszynie wirnikowej

Michalina Kunka-Gniewek

Podpis Doktoranta