

Cel projektu, prowadzone badania i powód ich podjęcia

Zgodnie z regulacjami Komisji Europejskiej No 517/2014, w nowo oddawanych systemach chłodniczych muszą być stosowane nowe, alternatywne w stosunku do wodorofluorowęglowodorów (HFC) czynniki robocze o odpowiednio niskich wskaźnikach ODP i GWP. Najbardziej obiecującymi z nowych czynników chłodniczych są syntetyczne płyny z grupy hydrofluoro-olifinowej HFO oraz naturalny dwutlenek węgla CO₂, znany również jako R744.

Głównym celem naukowym proponowanego projektu jest poszerzenie wiedzy na temat struktury przepływu okołokręgowego i procesów mieszania czynnika chłodniczego R744. Zjawiska te występują we wszystkich najnowocześniejszych, tzn. wyposażonych w strumienicę, wysokosprawnych systemach klimatyzacji, pompach ciepła i urządzeniach ziębniczych. Dzięki zastosowaniu strumienicy możliwe jest odzyskanie części pracy traconej bezpowrotnie na zaworze dławiącym w tradycyjnych urządzeniach chłodniczych, co wpływa znacząco na efektywność energetyczną całego urządzenia chłodniczego.

W ramach proponowanych działań zaprojektowane i zbudowane zostanie specjalne stanowisko doświadczalne do badania i wizualizacji okołokręgowego przepływu R744 przez strumienicę. W szczególności, instalacja umożliwi rejestrowanie podstawowych parametrów obiegu termodynamicznego, tj. masowego natężenia przepływu przy dopływie i wypływie z poszczególnych urządzeń, ciśnień i temperatur czynnika roboczego. Przezroczyste ściany/okna strumienicy o przekroju prostokątnym umożliwią wizualizację struktury przepływu strumieni R744: napędowego i zasysanego oraz po ich mieszanii. Najważniejszą częścią badań będzie wizualizacja i rejestracja za pomocą szybkiej kamery procesów okołokręgowego przepływu R744 oraz procesów mieszania wewnątrz strumienicy. Ponadto podjęta zostanie próba zmierzenia lokalnych parametrów przepływu wewnątrz strumienicy, tj. pola prędkości, do czego wykorzystany zostanie system Particle Image Velocimetry (PIV) o wysokiej rozdzielczości.

Badane zjawiska będą także przedmiotem modelowania matematycznego z wykorzystaniem platformy *EjectorPL*¹, a uzyskane rezultaty zostaną porównane z wynikami pomiarów. Wszelkie różnice pomiędzy rezultatami pomiarów a wynikami obliczeń posłużą do dostrojenia modeli matematycznych. W szczególności testowane będą modele turbulencji z grupy RANS, ale także dokładniejszy model LES. Wśród analizowanych modeli przepływu będą przede wszystkim homogeniczne modele równowagowe (HEM i HRM), ale także nierównowagowy model przepływu R744 w strumienicy.

Realizację projektu podzielono na trzy główne zadania (pakiety robocze, tj. WP). Każdy z pakietów roboczych zawiera elementy nowości, co czyni cały projekt innowacyjnym. Oryginalność w pakiecie WP1 obejmuje nowy, specjalnie opracowany model zredukowany dla zastosowanej strumienicy, który zostanie następnie wykorzystany w analizie systemowej całej instalacji. WP2 może być postrzegane jako unikalne podejście do wizualizacji i pomiaru lokalnych parametrów przepływowych wewnątrz strumienicy R744. W WP3 model numeryczny procesu mieszania naturalnego czynnika chłodniczego w strumienicy zostanie w pełni zwalidowany na podstawie lokalnych wartości parametrów przepływu.

Najważniejszym elementem nowości i postępu w proponowanych badaniach jest pomiar lokalnych parametrów przepływowych, wizualizacja i opracowanie w pełni zwalidowanych eksperymentalnie modeli komputerowych polowych i zredukowanych procesu mieszania naturalnego czynnika chłodniczego we wnętrzu strumienicy. Wszystko to razem powinno doprowadzić do lepszego zrozumienia tych dwufazowych zjawisk oraz do ulepszenia rozwiązań dotyczących strumienic dla dowolnych warunków klimatycznych.

Proponowany projekt dostarczy znacznie więcej cennych danych dla zrozumienia procesów przepływu i mieszania R744 niż obecnie można znaleźć w dostępnej literaturze. Jego pozytywny wynik jest powszechnie oczekiwany przez wszystkich badaczy pracujących nad komputerowymi modelami procesów zachodzących w strumienicy R744, ale także przez inżynierów i projektantów zaangażowanych w analizę systemową i projektowanie całego obiegu chłodniczego na ten czynnik. Tylko pełne zrozumienie dwufazowych zjawisk przepływu i mieszania oraz w pełni zwalidowany eksperymentalnie, z uwzględnieniem nie tylko parametrów globalnych przepływu, ale także parametrów lokalnych, model komputerowy tych zjawisk może przynieść w przyszłości nowe rozwiązania prowadzące do zmniejszenia strat pracy w czasie ekspansji w strumienicy. W ten sposób, chociaż w dłuższej perspektywie czasowej, proponowany projekt może przyspieszyć postęp w rozwiązaniach strumienicowych, ale także stymulować rozwój systemów klimatyzacji opartych na CO₂ w zastosowaniach mobilnych i stacjonarnych, pompach ciepła i urządzeniach chłodniczych.

¹ *EjectorPL* Software dostępny pod adresem <http://itc.netrom.pl/oprogramowanie?language=pl>