

Auslegung von Wärmeübertragern mit unsicheren Parametern und stochastischen Betriebsbedingungen

X. Luo¹, M. Fuchs¹, S. Kabelac¹, ¹Leibniz Universität Hannover, Institut für Thermodynamik, Hannover/D

Bei der Auslegung von Wärmeübertragern sind die verwendeten Korrelationen für die Wärmeübergangskoeffizienten und den Druckabfall immer mit einer gewissen Unsicherheit behaftet. Um sicherzustellen, dass der konstruierte Wärmeübertrager die Anforderungen erfüllt, wird normalerweise eine Flächenvergrößerungsmethode verwendet. Weiterhin sollten bei der Auslegung die Einflüsse von stochastischen Abweichungen der Betriebsparameter auf die Wärmeleistung und den Wirkungsgrad mitberücksichtigt werden, z.B. die Einflüsse der nicht gleichmäßigen Geschwindigkeits- und Temperaturverteilung am Eintritt des Wärmeübertragers. Bisherige Methoden sind deterministisch und liefern nur die Ergebnisse für die gegebenen deterministischen Parameter und Bedingungen.

Wir modellieren die Wärmeübertragung in Wärmeübertragern mit stochastischen Parametern, Randbedingungen und Betriebsbedingungen mittels des polynomiellen Chaos. Für die normale Wahrscheinlichkeitsverteilung wird hierfür das Hermitesche Polynom und für die gleichmäßige Wahrscheinlichkeitsverteilung das Legendresche Polynom herangezogen. Dadurch können wir den erwarteten Wert und die Varianzen der Wärmeleistung ermitteln.

Als Beispiel für stochastische gewöhnliche Differentialgleichungen haben wir die Energiegleichungen für den Gegenstromwärmeübertrager mit stochastischem Wärmedurchgangskoeffizienten mithilfe des Legendre-Polynoms gelöst. Der erwartete Werte und die Varianz der Wärmeleistung werden berechnet und mit analytischen Ergebnissen verglichen. Die Lösung der stochastischen partiellen Differentialgleichungen für Kreuzstromwärmeübertrager mit stochastischer Fluidgeschwindigkeitsverteilung wird mithilfe des Hermiteschen Polynoms dargestellt. Die ermittelten erwarteten Werte und Varianzen der Wärmeleistung und der mittleren Austrittstemperaturen werden mit den Ergebnissen von Monte-Carlo-Simulationen verglichen. Die Untersuchung zeigt, dass das polynomielle Chaos-Verfahren für die Bestimmung des Einflusses von stochastischen Parametern und Randbedingungen auf die Wärmeübertragung effizient und leistungsfähig ist.