

# Modeliranje plinskih hladilnih ciklov z mehko logiko in v okolju Matlab/Simulink

Amjad Alsakarneh<sup>1,\*</sup> – Lina Momani<sup>2</sup> – Taha Tabaza<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Tehnološka fakulteta Hijjawi, Univerza Yarmouk, Jordanija

<sup>2</sup> Višji tehniški kolidž, Oddelek za strojništvo, Združeni arabski emirati

<sup>3</sup> Jordanska univerza Al-Zaytoonah, Oddelek za strojništvo, Jordanija

Članek obravnava oceno hladilnega števila (COP) plinskih hladilnih ciklov na podlagi dveh različnih pristopov: z modeliranjem v okolju Matlab/Simulink in z mehko logiko. Metodi prinašata dragocene uvide v učinkovitost in uporabnost tehnik za ocenjevanje COP.

Raziskava se je začela z razvojem celovitega modela v okolju Matlab/Simulink za natančno računanje COP in primerjavo s teoretičnimi podatki. Model tako predstavlja zanesljivo merilo za vrednotenje zmogljivosti plinskih hladilnih ciklov. Uporabljena je bila tudi mehka logika za oceno COP pri poljubnih vrednostih tlaka, s čimer je analiza postala bolj prilagodljiva.

Rezultati študije razkrivajo močno korelacijo med modelom v okolju Matlab/Simulink in teoretičnimi vrednostmi ter tako potrjujejo njegovo točnost in robustnost. Pristop z mehko logiko je podobno posebej primeren za ocenjevanje vrednosti COP in se tako ponuja kot alternativna metoda za analiziranje plinskih hladilnih ciklov. Ugotovitve potrjujejo vsestranski potencial modelov v okolju Matlab/Simulink in tehnik mehke logike na področju termodinamike.

Razvoj modela plinskega hladilnega cikla v okolju Matlab/Simulink je podrobno opisan. Najprej so bile umerjene različne termodinamične lastnosti zraka, vključno z entalpijo ( $h$ ), relativnim tlakom ( $p_r$ ) in temperaturo ( $T$ ). Za natančen model entalpije in njegovo oblikovanje sta bila uporabljena potenčna funkcija in komplet orodij za iskanje krivulj najboljšega priloga v Matlabu. Točnost modela je bila ovrednotena z izračunom korena srednje kvadratne napake (RMSE). Odstopanje od teoretičnih podatkov je bilo manjše od 1 %. Z istim kompletom orodij so bile izpeljane tudi odvisnosti med relativnim tlakom in temperaturo oz. med temperaturo in relativnim tlakom. Vrednost RMSE za izpeljane enačbe je pod 1,5 %, kar pomeni odlično ujemanje z izvirnimi podatki. Omenjene funkcije najboljšega priloga so bile tudi osnova za razvoj celovitega modela plinskega hladilnega cikla v okolju Simulink. Vhodni veličini sta vrednosti nizkega in visokega tlaka, izhodna veličina pa je COP. Model Simulink zajema več podsistemov, vključno s kompresorjem, turbino in uparjalnikom. Zrak vstopa v podsistem kompresorja z začetno temperaturo 285 K in tlakom ene atmosfere. Termodinamične lastnosti za izračune so bile določene z izpeljanimi enačbami. Podobni izračuni so bili opravljeni tudi za podsistem turbine, v katerega vstopa zrak iz kondenzatorja v tretjem stanju in iz njega izstopa v četrtem stanju. Model uparjalnika omogoča izračun absorbirane energije v kondenzatorju.

Predstavljen je tudi alternativni model za ocenjevanje COP s pomočjo mehke logike. Model v okolju Matlab/Simulink in model z mehko logiko uporabljata za vhodni veličini nizki in visoki tlak, izhodna veličina pa je COP. S tem izboljšujeta razumevanje plinskih hladilnih ciklov in možnosti za njihovo analizo. Sledi sklep, da sta oba pristopa primerna za natančno ocenjevanje COP, pri čemer ima model z mehko logiko izjemno stopnjo korelacije s simulirano vrednostjo COP (RMSE < 2 %). Mehka logika v primerjavi z okoljem Matlab/Simulink torej omogoča učinkovito modeliranje hladilnih ciklov tudi z manj predhodnega znanja.

Raziskava tako podaja dragocene ugotovitve, ki bodo lahko osnova za nadaljnje študije na tem področju. Omogoča tudi integracijo strategij za krmiljenje hladilnih ciklov na podlagi razvitega modela v okolju Matlab/Simulink za dodatno optimizacijo zmogljivosti. Z izboljšanjem kakovosti podatkov bo mogoče izpopolniti model na podlagi mehke logike in razširiti njegovo uporabnost. Upoštevati pa je treba tudi omejitve raziskave, kot sta osredotočenost na plinske hladilne cikle in subjektivna narava gradnje modelov na podlagi mehke logike.

**Ključne besede:** hladilno število, Matlab/Simulink, Takagi-Sugeno-Kang, hladilni cikli