

Nome	Laboratorio di Tecnica del Freddo
Acronimo	RefLab
Responsabile	Prof. Alfonso William Mauro
Gruppo	Gruppo di ricerca di modellazione e sperimentazione di sistemi per la refrigerazione e la climatizzazione integrati in sistemi energetici complessi
Ubicazione	Piazzale Tecchio, 80, 80125 – Napoli – Italy
Links	
s/w	
h/w	

Obiettivi

Il Laboratorio di Tecnica del Freddo è dedicato alla modellazione avanzata, all'analisi e all'ottimizzazione dei sistemi a compressione di vapore, operando su diversi domini applicativi, tra cui la refrigerazione industriale, il settore automotive, gli impianti residenziali e il raffreddamento di data center. L'obiettivo delle attività di ricerca è migliorare l'efficienza energetica, l'affidabilità e la gestione intelligente dei sistemi termici, attraverso la combinazione di modellazione fisica, approcci data-driven e una stretta collaborazione con l'industria. Le attività di ricerca spaziano dalla modellazione dei singoli componenti, come scambiatori di calore, valvole di espansione e compressori, fino alla simulazione e al controllo di impianti completi di refrigerazione e climatizzazione, con particolare attenzione ai fenomeni reali che penalizzano le prestazioni dei sistemi, come la formazione di brina, e la presenza di guasti lievi di diversa natura.

Sistemi a compressione di vapore: Modellazione dei componenti

Uno dei punti di forza del laboratorio è lo sviluppo di modelli fisici dedicati ai principali componenti dei cicli a compressione di vapore, tra cui:

Valvole di espansione: vengono sviluppati modelli fenomenologici per stimare la portata massica attraverso valvole di espansione termostatiche ed elettroniche, supportati da dati di calibrazione e specifiche tecniche dei cataloghi.

Compressori: vengono formulati modelli per il rendimento globale e volumetrico dei compressori utilizzati nei sistemi a compressione di vapore, validati sia con dati del produttore sia con misure sperimentali.

Scambiatori di calore: sono implementati modelli per stimare le perdite di carico e i coefficienti di scambio termico durante le fasi di evaporazione e condensazione in diversi tipi di scambiatori, tra cui quelli a piastre (PHE), a pacco alettato e altre geometrie tipiche dei settori della refrigerazione e climatizzazione. Tali modelli sono supportati da una consolidata esperienza, sia numerica che sperimentale, del gruppo nella caratterizzazione termo-idraulica di flussi bifase di refrigeranti e acqua.

Approcci ibridi (Fisica + Intelligenza Artificiale): in condizioni in cui la modellazione diretta è complessa, vengono sviluppati modelli ibridi che integrano conoscenze fisiche e tecniche di machine learning, capaci di replicare accuratamente fenomeni complessi di trasporto di calore e massa.

Fenomeni di brina e fouling: vengono sviluppati modelli dedicati alla formazione e alla rimozione della brina sulle superfici degli evaporatori durante i cicli di sbrinamento, nonché all'impatto dello sporco negli impianti aria-aria su piccola scala.

Stima della carica di refrigerante: sono implementati modelli ad-hoc per stimare la carica di refrigerante necessaria in tutto il dominio operativo dei sistemi a compressione di vapore, con implicazioni sul piano sia progettuale che normativo-ambientale.

Sviluppo di Digital twins e strategie di controllo (model predictive control)

Il laboratorio estende la propria competenza modellistica alla simulazione, ottimizzazione e gestione di impianti completi, supportando lo sviluppo di strategie avanzate per diversi scenari applicativi:

Pompe di calore per teleriscaldamento: viene analizzato il funzionamento di pompe di calore aria-acqua su larga scala utilizzate in reti di teleriscaldamento a bassa temperatura. Particolare attenzione è rivolta allo sviluppo di strategie intelligenti di sbrinamento applicate a campi di evaporatori costituiti da 40 fino a 100 unità, al fine di ottimizzare i consumi energetici e garantire la continuità operativa.

Rilevamento, diagnosi e valutazione dei guasti (FDDE): il laboratorio sviluppa algoritmi diagnostici che integrano modelli fisici e tecniche di machine learning per rilevare e classificare guasti in impianti a pompa di calore elettrica. Utilizzando un set ridotto di dati sperimentali (tipicamente temperature e pressioni), si perseguono soluzioni innovative ed economiche, in grado di fornire diagnosi accurate e abilitare strategie di manutenzione predittiva e recupero delle prestazioni.

Sistemi multi-chiller per data center: vengono progettate e implementate strategie di controllo e modelli numerici per la gestione di sistemi multi-chiller a servizio di infrastrutture industriali e informatiche. Le attività includono l'ottimizzazione del carico dei chiller (OCL), ottenuta tramite ricerche esaustive e algoritmi genetici, il bilanciamento dinamico del carico termico e l'integrazione di strategie di free-cooling finalizzate alla riduzione dei consumi energetici.