

Laboratorio Prova Sistemi di Accumulo Termico (LPSAT)

Il laboratorio indoor, situato presso il Centro Ricerche Enea di Portici, è nato nel 2012 ed è stato utilizzato, inizialmente, per la validazione sperimentale di codici di calcolo per la simulazione numerica di sistemi di accumulo termico ad alta temperatura. Attualmente, il laboratorio è impiegato nell'ambito di attività Enea riguardanti la sperimentazione, la modellazione termo-fluidodinamica e la simulazione numerica di sistemi innovativi per l'accumulo di energia termica a temperatura medio-bassa (60-100°C), e di sistemi per l'accumulo del "freddo". Il laboratorio è altresì impiegato per la caratterizzazione termo-fisica di materiali a cambiamento di fase (PCM) per l'accumulo termico, e per l'implementazione sperimentale di strategie innovative per la gestione e il controllo di impianti poli-generativi con accumulo termico per applicazioni residenziali.

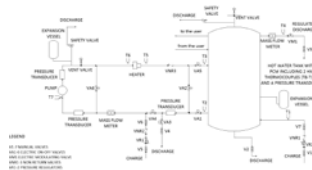
Il laboratorio è dotato di due impianti, uno per l'analisi sperimentale di sistemi di accumulo di energia termica a temperatura medio-bassa e l'altro per l'analisi sperimentale di sistemi per l'accumulo del "freddo". È dotato, inoltre, di apparecchiature per la caratterizzazione termo-fisica di materiali per l'accumulo termico, e di una sala calcolo dove sono presenti computer workstation impiegati per la gestione e il controllo degli impianti, per l'ottimizzazione real-time del funzionamento degli impianti, e per la simulazione numerica di sistemi di accumulo termico innovativi.

Impianto prova sistemi di accumulo termico a temperatura medio-bassa

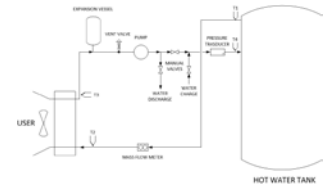
L'impianto, nella configurazione generale, è composto da due circuiti, il circuito del generatore e quello dell'utilizzatore, ciascuno collegato al rispettivo scambiatore a serpentina immerso nel serbatoio di accumulo termico. Il componente principale del circuito del generatore è rappresentato dal riscaldatore elettrico, in grado di trasferire al fluido termovettore fino a 15 kW_t (@ 380 V) di potenza termica, mentre, per quanto riguarda il circuito dell'utilizzatore, il componente principale è rappresentato dallo scambiatore di calore aria-acqua a tubi alettati per la simulazione del carico relativo al riscaldamento ambientale, in grado di dissipare fino a 15 kW_t di potenza termica. Per quanto concerne la simulazione del carico relativo alle utenze di acqua calda sanitaria, questa viene effettuata variando la portata di scaricamento del serbatoio di accumulo termico, mantenuto in



Foto impianto prova accumulo a medio-bassa temperatura



Circuito generatore



Circuito utilizzatore



Riscaldatore elettrico



Scambiatore per la simulazione del carico termico

pressione con un sistema di riempimento, tramite una valvola modulante.

In entrambi i circuiti, le pompe permettono la regolazione della portata del fluido termovettore, misurata con sensori di tipo magnetico con un'accuratezza pari al $\pm 0,2\%$ del valore misurato. Le temperature sono misurate con termocoppie di tipo T classe 1, con un'accuratezza pari a $\pm 0,5^\circ\text{C}$. L'acquisizione delle misure e la variazione dei parametri controllati sono effettuate con moduli NI montati su un controller NI cRIO. All'uopo sono stati sviluppati due applicativi software, uno in ambiente Labview ed installato sul controller, con il compito di comunicare con i moduli periferici, l'altro sviluppato in ambiente Matlab ed installato su una workstation client, utilizzato per l'analisi real-time dei dati sperimentali ed il calcolo dei valori di set-point dei parametri controllati. I due applicativi comunicano tra loro mediante un protocollo TCP/IP. I valori di set-point di tutti i parametri controllati sono calcolati mediante controllori PID.

Il laboratorio dispone di vari serbatoi, a 1 o 2 scambiatori a serpentina e con differenti capacità, che vengono impiegati per simulare sperimentalmente le prestazioni di sistemi di accumulo termico ad acqua e sistemi ad acqua e PCM macro-incapsulato. Tutti i serbatoi, realizzati a disegno, sono dotati di un boccaporto a flangia 290/220, disposto in testa o lateralmente, per l'inserimento di PCM macro-incapsulato, e di diversi attacchi per l'inserimento di sonde di temperatura di vario tipo.

Possibili applicazioni

L'impianto prova sistemi di accumulo termico a temperatura medio-bassa può essere utilizzato per la validazione sperimentale di modelli per la simulazione numerica di sistemi di accumulo termico innovativi, per l'implementazione sperimentale di strategie di funzionamento ottimizzate per sistemi co-generativi con accumulo termico, e per emulare sperimentalmente il funzionamento di sistemi solari con accumulo termico destinati alla produzione di calore per il riscaldamento ambientale e di acqua calda sanitaria, al fine di individuare la configurazione ottimale del sistema di accumulo termico.



Serbatoio di accumulo con flangia in testa



Moduli cilindrici contenenti PCM

Impianto prova sistemi di accumulo del "freddo"

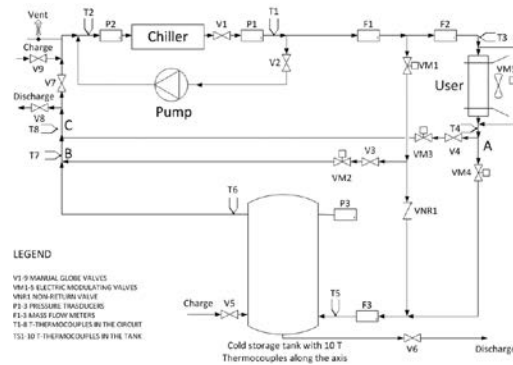
L'impianto è dotato di un chiller elettrico a compressione di vapore per la simulazione di sistemi refrigeranti, di vari scambiatori di calore per la simulazione dei carichi di refrigerazione, e di diverse tipologie di serbatoi per l'accumulo del freddo.

Il chiller elettrico a compressione di vapore è caratterizzato da un range di regolazione della temperatura del fluido di processo che va da 5°C a 40°C , con una potenza massima di refrigerazione, a 50 Hz e con temperatura in uscita di 5°C , di 15 kW_t . Esso può operare con valori della temperatura ambiente nel range compreso tra 10°C e 40°C , ed è dotato di una pompa con prevalenza massima a 50 Hz di circa 4 bar. L'accuratezza con cui viene regolata la temperatura del fluido di processo è di $\pm 0,1^\circ\text{C}$.

La portata nel circuito è regolata tramite una pompa di bypass con inverter, le misure di portata sono effettuate con flussometri magnetici caratterizzati da un'accuratezza dello 0,2% del valore misurato, e le misure di temperatura nel circuito sono tutte realizzate mediante termocoppie di tipo T classe 1, caratterizzate da un'accuratezza di $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Tra i serbatoi a disposizione del laboratorio per l'analisi sperimentale di sistemi di accumulo del freddo in scala di laboratorio, vi è un serbatoio con mantello in plexiglass realizzato per effettuare test utilizzando soltanto PCM come materiale di accumulo. Tale serbatoio è composto dai seguenti componenti principali: 1. scambiatore a fascio tubiero costituito da 66 tubi da 3/8" schedula 40s, di acciaio austenitico AISI 316, distribuiti secondo una maglia triangolare; 2. plenum inferiore in acciaio AISI 316, con un tubo da 3/4", filettato esternamente, saldato tangenzialmente al mantello del plenum per l'ingresso del fluido termovettore (acqua a 1,5 bar); 3. plenum superiore in acciaio AISI 316, anch'esso con un tubo da 3/4" filettato esternamente e saldato tangenzialmente al mantello del plenum per l'uscita del fluido termovettore, e con valvola di sfiato; 4. mantello in plexiglass trasparente, con diametro interno 500 mm e spessore 5 mm, per il contenimento del PCM. Sul mantello sono calettate 25 termocoppie di tipo T classe 1 (5 termocoppie su 5 piani a quote differenti) mediante raccordi a compressione, ognuna delle quali con la giunzione calda posizionata in un ben preciso punto all'interno del materiale di accumulo. I piani di misura distano 0,195 m l'uno dall'altro, con il primo a partire dal basso a 0,195 m dalla base del mantello, e su ogni piano di misura una sonda misura la temperatura sull'asse del serbatoio, mentre le altre quattro misurano le temperature ai semi-raggi, con i punti di misura posizionati a formare una croce. Il mantello è anche dotato di una valvola su tubo dritto da 1/2" per il caricamento/scaricamento del materiale di accumulo in fase liquida, posizionata nella parte bassa del mantello. L'altezza del mantello è pari a 1,350 m ed è tale da ottenere un'apertura verso l'ambiente esterno tra il bordo superiore del mantello e il plenum superiore.



Foto impianto prova accumulo del "freddo"



Schema dell'impianto



Serbatoio con mantello in plexiglass

Possibili applicazioni

L'impianto può essere utilizzato per la validazione sperimentale di modelli per la simulazione numerica di sistemi di accumulo del freddo innovativi, e per l'implementazione sperimentale di strategie di funzionamento ottimizzate per sistemi di condizionamento ambientale estivo con accumulo del freddo.

Attività in corso

Attualmente il laboratorio è utilizzato nell'ambito dell'Accordo di Programma tra il Ministero dello Sviluppo Economico ed ENEA sulla Ricerca di Sistema elettrico. In particolare, il laboratorio è impiegato per la validazione sperimentale, in scala di laboratorio, di un tool *home-made* sviluppato per l'ottimizzazione del funzionamento di un sistema cogenerativo reale, situato nella regione Piemonte, dotato di accumulo termico e collegato ad una rete di teleriscaldamento. Inoltre, nell'ambito dello stesso Accordo di Programma, il laboratorio è impiegato per la validazione sperimentale di codici di calcolo *home-made* per la simulazione numerica di sistemi di accumulo del freddo innovativi, basati sull'impiego di PCM o di acqua e PCM macro-incapsulato, destinati ad essere utilizzati per il peak-shaving del carico elettrico per il condizionamento ambientale estivo in ambito residenziale.

Attività future

Oltre alle applicazioni di cui sopra, il laboratorio sarà impiegato per simulare sperimentalmente ed individuare soluzioni innovative, efficienti e sostenibili per quanto concerne l'utilizzo combinato di sistemi di accumulo di energia termica a temperatura medio-bassa (60-100°C) e sistemi di accumulo del freddo, in impianti tri-generativi. Inoltre, il laboratorio sarà impiegato per caratterizzare e testare sperimentalmente sistemi di accumulo termico di tipo "chimico", che rappresentano la soluzione più promettente nel lungo periodo per l'accumulo energetico.