

I CONFERENZA NAZIONALE SULLA POLITICA ENERGETICA IN ITALIA.

ALIMENTAZIONE SOLARE PROGETTO REFRIGERAZIONE AUTONOMA

Autore ing. Roberto Pagnoni*

*Dirigente di Trenitalia - Global Logistics
Responsabile di Ingegneria della Produzione - Carri

SOMMARIO

Il progetto denominato A.S.P.R.A. (Alimentazione solare progetto refrigerazione autonoma) trova origine nella necessità di realizzare un carro ferroviario idoneo al trasporto di merci sensibili alle condizioni ambientali, alimentato autonomamente e con assenza di interventi umani per lunghissimi periodi.

L'approvvigionamento energetico avviene con pannelli fotovoltaici che trasformano l'energia solare in elettrica, mentre l'immagazzinamento energetico avviene sia attraverso l'uso di accumulatori elettrochimici e sia attraverso l'uso di un opportuno liquido eutettico. Durante i periodi di insufficiente illuminamento gli accumulatori forniscono energia elettrica ad un classico gruppo frigorifero e il liquido eutettico collabora fornendo frigorifici alla merce trasportata.

Tutto il sistema funziona senza l'intervento umano rendendo il carro autosufficiente da altri impianti o da altri carri ferroviari o dalla locomotiva del treno in composizione.

INTRODUZIONE

E' stato utilizzato un classico carro esistente del tipo "chiuso a carrelli", classificato "Gabs", in quanto presenta un rapporto volumetria/portata trasportata sufficiente per consentire una riduzione del volume disponibile per la merce a favore delle attrezzature refrigeranti e delle masse isolanti, mantenendo una portata utile compatibile con le esigenze commerciali.

Le problematiche connesse allo sviluppo del progetto sono raggruppabili secondo tre aree di intervento:

- adeguamento strutturale della carpenteria;
- realizzazione impianto frigorifero;
- messa in opera del comando e controllo.

Le specifiche funzionali inoltre sono state definite tenendo conto dei caratteri specifici dei cicli di utilizzazione dei carri e delle esigenze commerciali riferite alla committenza di Trenitalia.

La volumetria disponibile ha consentito di realizzare il vano di refrigerazione, secondo una cubatura soddisfacente, ed di realizzare un vano tecnico all'interno del quale sono collocate tutti i componenti del sistema termico, gli ausiliari ed i pannelli di controllo con display, spie e selettori di temperatura.

DEFINIZIONI SPECIFICHE FUNZIONALI

Missione del sistema

Il sistema concepibile come cella frigorifera viaggiante su rotaia e dotata di impianto di refrigerazione ad alimentazione autonoma, corredata da quanto necessario al suo corretto funzionamento, è concepito per salvaguardare il prodotto trasportato, garantendo la conservazione delle proprietà

organolettiche e morfologiche di cui al momento del caricamento nella stazione di origine e nel rispetto della sicurezza degli operatori.

Parametri di esercizio

Le caratteristiche di carico sono riferite ad un volume disponibile pari a 85 m³, massa massima caricata pari a 20 t a cui corrisponde uno stivaggio di a 24 europalletts.

La temperatura di esercizio, corrispondente ad una temperatura di mantenimento, è di 5 °C e con possibilità di abbattimento iniziale di un Δt a partire da una temperatura iniziale di immissione della merce.

La potenza refrigerante e l'isolamento sono tali per cui il carro caricato con carico massimo, riesce a conservare la temperatura di esercizio per circa 35 ore senza necessità di reintegro di energia da altra fonte esterna.

Parametri energetici.

Il dimensionamento energetico del gruppo di refrigerazione è sviluppato tenendo conto di due attività: abbattimento e mantenimento.

L'operazione di abbattimento consiste nell'estrazione di energia termica, contenuta nella merce all'atto dell'inserimento nell'ambiente refrigerato, fino alla temperatura di mantenimento. Tenendo conto della natura della merce, prodotti ortofrutticoli, e delle perdite per non perfetto isolamento, si calcola che il fabbisogno di energia per abbattere un $\Delta t=2$ °C è pari a 126KWh (termici), mentre per un $\Delta t=5$ °C è pari a 214 KWh (termici).

L'operazione di mantenimento richiede solo la rimozione dell'energia termica emessa per fermentazione della merce e

delle perdite di frigorie attraverso la coibentazione. Si calcola una necessità energetica termica pari a 300 KWh (termici).

Il sistema garantisce, inoltre, una umidità relativa non superiore al 65%.

Sulla base di detto fabbisogno è stato dimensionato il sistema di alimentazione elettrica.

ADEGUAMENTO STRUTTURALE

Criteri di intervento

La presenza dei pannelli solari, dei tubi contenenti il fluido motore del sistema refrigerante (tubi eutettici), il ridimensionamento della porta di caricamento, la definizione del vano tecnico ospitante gli apparati ed i componenti del sistema di refrigerazione ed, infine, la riduzione delle dimensioni della porta di carico, costituiscono gli elementi che determinano la definizione del sistema esterno di forze agenti e la nuova distribuzione delle masse.

Imperiale

L'installazione dei pannelli solari sull'imperiale ha reso necessario la progettazione e realizzazione di un nuovo tetto che si è concretizzata nell'uso di un opportuno materiale composito sagomato in modo da realizzare degli alloggiamenti per 66 pannelli fotovoltaici, il tutto nel rispetto della sagoma limite. Il peso totale è stimato in circa 950 kg.

Gli 80 tubi di eutettico sono distribuiti in 4 moduli da 20 tubi ciascuno separati tra di loro. I tubi sono racchiusi in una pannellatura idonea a sostenere i carichi derivanti dalle accelerazioni longitudinali. Ai fini dei carichi trasversali i tubi sono sostenuti da tre centine trasversali per ciascun modulo.

Porte scorrevoli e pareti di testa.

Per le porte scorrevoli e la parete di testata del vano tecnico sono stati assunti, in riferimento alla Fiche UIC 577 (normativa internazionale) i carichi di prova previsti al punto 4.1.2.1.1 ed applicati a porta chiusa dall'interno verso l'esterno del carro. Essi sono pari a 8 KN applicati al centro della porta e su una superficie quadrata di 1 m. di lato e 5 KN applicati su ciascun punto d'appoggio della porta scorrevole facendo uso di una superficie quadrata di 300 mm di lato. Per la progettazione della parete di testa lato vano tecnico, in particolare, si assumono carichi di prova applicati ad 1 m di altezza dal pavimento e agenti dall'interno carro verso l'esterno come previsto al punto 4.1.1 della citata Fiche UIC 577.

IMPIANTO FRIGORIFERO.

Pannelli isolanti

I pannelli sono costruiti con poliuretano espanso con pentano avente densità di 34 kg/m^3 , rivestiti con strati di vetropoliestere e stampati sotto pressa a caldo per ottenere un manufatto di alta qualità e ottima tenuta termica. Il pavimento ha il piano di calpestio interno rinforzato con compensato marino per permettere la movimentazione della merce caricata su pallets. I pannelli serviranno a coibentare l'interno del carro ed il loro spessore è circa di 101 mm.

Unità evaporanti.

L'unità evaporante è realizzata mediante 80 tubi eutettici in grado di accumulare freddo anche a temperature molto inferiori a 0°C , così ripartiti:

- 40 tubi in alluminio riempiti con liquido eutettico avente punto di solidificazione a -11°C , per un accumulo energetico totale pari a circa 68180 Wh e con peso pari a 1550 kg circa;

- 40 tubi in alluminio riempiti con liquido eutettico avente punto di solidificazione a -4°C , per un accumulo energetico pari a 57850 Wh circa ed un peso di circa 1600 kg.

L'intera unità raffreddante riesce ad accumulare un totale di 12630 Kw misti alle due temperature di -4°C e -11°C .

Unità condensanti.

Le unità condensanti o gruppi refrigeranti saranno due, alloggiati nel vano tecnico, con apertura nel carro stesso per mantenere lo scambio termico dei condensatori ventilati. Ogni unità è dotata di motocompressore, funzionante con gas R507 con resa oraria di 8910 Wh a $+35^\circ\text{C}$ di condensazione e -20°C di evaporazione.

La potenza elettrica assorbita a questi valori da ogni gruppo refrigerante è di 5,4 KW circa. L'alimentazione elettrica in rete dei due gruppi è di 400V/50Hz trifase.

Impianto Fotovoltaico

L'impianto fotovoltaico prevede l'utilizzo di 66 pannelli da 919x919 mm, ognuno contenente 49 celle disposte su 7 righe e 7 colonne, di silicio policristallino.

Sono disposti sull'imperiale con un profilo trasversale costituito da una spezzata contenuta nella sagoma limite; in tal modo si realizzano 3 file di 22 pannelli ciascuna con diversa esposizione e con tre uscite di energia elettrica separate.

Ogni fila di pannelli realizza due stringhe collegate in parallelo tra di loro. Gli 11 pannelli di ogni stringa sono collegati in serie dando luogo ad una tensione nominale di 269.5 V.

Il peso totale dell'impianto fotovoltaico è di circa 950 kg.

Batterie

Le batterie utilizzate sono del tipo al Ni-Cd e collocate all'interno di contenitori di tipo Fs già in opera sulla carrozze viaggiatori.

COMANDO E CONTROLLO

Il sistema di comando e controllo connette e mette in opera le tre fonti di energia: fotovoltaico, generatore ad asse e presa di rete elettrica, interfacciando gli elementi che provvedono alla fornitura di energia al sistema di refrigerazione.

Architettura generale del sistema di alimentazione.

L'elemento fondamentale del sistema di potenza è un bus a 400Vdc nominali al quale si interfacciano diversi elementi dal lato ingresso e dal lato uscita.

Lato ingresso, attraverso tre convertitori, il bus riceve energia dalla rete elettrica fissa, da un alternatore azionato dall'asse del carro e dalla griglia di pannelli fotovoltaici. Mentre il parco batterie che coadiuva l'array di pannelli fotovoltaici nel fornire energia per il funzionamento del

sistema durante la marcia del rotabile è collegato in maniera diretta al bus.

Controllo remoto dell'attività.

Il progetto prevede lo sviluppo di un modulo per la notifica remota dello stato operativo del carro frigorifero in modalità GSM-R, con specifiche interfacce dal lato controllo e lato alimentazione.

Attività di controllo.

Il sistema di refrigerazione viene alimentato dal bus 400 Vdc, che rende disponibile l'energia del sottosistema di alimentazione (batterie, rete elettrica, generatore all'asse, pannelli fotovoltaici) alle diverse utenze (apparato refrigerante, illuminazione e occorrenze funzionali), la selezione dell'origine del flusso energetico è controllato dalla Logica di Controllo che si interfaccia con gli elementi che provvedono alla ricarica del parco batterie, monitorando la fonte di ricarica preferenziale, e cura il corretto svolgimento del processo di ricarica e la sua interruzione a completamento avvenuto e la notifica remota e locale dei relativi parametri.

La Logica si avvale di sensori, sia di tipo analogico, sia di tipo digitale, per l'acquisizione delle grandezze di interesse

alle leggi di controllo.

Interfacce operative.

L'interfacciamento tra sistema di supervisione e l'operatore umano è garantito da una coppia di tastiere numeriche esterne per l'impostazione di parametri e la scelta della modalità operativa, da una coppia di display a led per la visualizzazione dei valori puntuali di umidità/temperatura/carica batterie e dei relativi valori storici e da una coppia di luci bianche esterne di segnalazione della attività del sistema di refrigerazione.

CONCLUSIONI.

Il progetto A.S.P.R.A. si pone nell'ambito della individuazione delle risposte alle domande che la ricerca di una offerta di trasporto merci di Trenitalia s.p.a. sempre più articolata e qualificata, pone.

Dal lato del perfezionamento tecnologico e specializzazione delle forniture energetiche diversificate costituisce una opportunità per i costruttori di sistemi di produzione e gestione energetica.

Figura 1. Prescrizioni per margini e impostazioni di pagina.