

ARTICOLO SPECIALISTICO



LA TECNOLOGIA PER LA REGOLAZIONE DELLA TEMPERATURA NELLO SPAZIO

L'universo è infinito – e non è certo accogliente. Se ne accorgono anche i satelliti in orbita attorno alla Terra. Le escursioni termiche estreme tra la parte del pianeta esposta al sole e quella in ombra rappresentano una particolare complicazione per le orbite dei satelliti. Poiché manutenzione e riparazione sono impossibili, tutti i materiali e i componenti, oltre al satellite stesso, devono essere soggetti a test intensivi, nei quali la resistenza termica e al vuoto svolgono un ruolo decisivo.

SATELLITI E CONDIZIONI ALLE QUALI DEVONO FUNZIONARE

Tra comunicazione via Internet, previsioni del tempo e programmazione televisiva, oggi la vita quotidiana non può prescindere dai servizi via satellite, che pongono le basi per l'interconnessione globale. Attorno alla terra orbitano oltre 2000 satelliti funzionanti¹, oltre alla stazione spaziale internazionale ISS.

Il vuoto e le temperature estreme rappresentano sfide enormi per materiali e tecnologia. Ad esempio, sulla luna durante la lunga fase soleggiata la temperatura sale fino a +120 °C, mentre in quella ombreggiata scende fino a -130 °C². Per i dispositivi tecnologici, nel cosmo si aggiunge anche la temperatura prodotta internamente, ad esempio dall'elettronica di comando. Perciò, nello sviluppo dei satelliti la sfida consiste nella protezione degli apparati tecnologici sensibili sia contro il surriscaldamento che contro i guasti a causa del freddo.

Le condizioni di assenza di gravità non semplificano certo le cose: mentre sulla terra le temperature sono bilanciate grazie alla convezione, nello spazio ciò non avviene. Qui, le temperature al di sopra di -270 °C sono prodotte in primo luogo dalla radiazione solare, ma possono dipendere anche dal livello di assorbimento delle radiazioni dal materiale che le colpisce. Inoltre, il vuoto influenza anche lo stato di aggregazione dei liquidi. Ad esempio i lubrificanti evaporano per l'assenza di pressione atmosferica.

LA GESTIONE DELLE TEMPERATURE NELLO SPAZIO

Per evitare che il sole aumenti eccessivamente le temperature, si utilizzano materiali esterni in grado di riflettere la maggior parte dell'energia delle radiazioni. Alcuni satelliti ruotano anche attorno al proprio asse per distribuire in maniera omogenea le radiazioni solari dirette. Al fine di preservare la temperatura operativa all'interno del satellite, in alcuni casi si installa un riscaldamento di rinforzo, che a differenza dell'irradiazione solare diretta consente di ottenere una temperatura definita. Inoltre, i componenti possono essere protetti con materiale isolante.

Nel processo di sviluppo di un satellite si impiegano per prima cosa modelli termici, che aiutano a calcolare l'evoluzione delle temperature nel satellite stesso. Sul banco di prova, questi modelli vengono poi testati in condizioni il più possibile realistiche, che includano soprattutto la pressione ridotta e le temperature estreme e in rapida evoluzione.

Nella maggior parte dei settori professionali, i prodotti vengono testati intensamente solo durante la fase di sviluppo. In seguito sono sufficienti regolari analisi di campioni per assicurare la qualità. Ma nello spazio le cose cambiano: ogni singolo satellite viene sottoposto a una serie completa di test che può durare diverse settimane. Ciò non dipende solo dagli enormi volumi di lavoro e dai costi di ciascun lancio, ma anche dal fatto che nello spazio è impossibile eseguire manutenzione e riparazioni. Inoltre, è necessario assicurare che il satellite non metta in pericolo il vettore al momento del lancio.

¹ <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/36582/umfrage/anzahl-der-satelliten-im-all-verteilt-nach-laendern/>

² <https://www.bernd-leitenberger.de/umgebungsbedingungen.shtml>

COME FUNZIONA UNA CAMERA TERMOVUOTO

Tutti i test di operatività e sollecitazione dei satelliti, oltre che dei singoli componenti che li costituiscono, hanno luogo nelle cosiddette camere termovuoto (TVC), nelle quali temperatura e pressione possono essere regolate esattamente. Se l'elemento da testare è particolarmente grande, la camera termovuoto deve avere notevoli dimensioni. Tuttavia, al giorno d'oggi la maggioranza dei satelliti è molto compatta e i piccoli modelli noti come cubesat hanno all'incirca le dimensioni di una scatola di cartone. Le proporzioni ridotte rendono più conveniente il trasporto in orbita e riducono allo stesso tempo le probabilità di danni causati da rifiuti spaziali e meteoriti. Un ulteriore vantaggio è che possono essere testati in camere termovuoto molto più piccole, che sono più convenienti da acquistare e far operare.

Le temperature all'interno delle camere vengono prodotte da sistemi di regolazione della temperatura ad alte prestazioni. All'interno della parete termoregolante che circonda l'oggetto del test, denominata shroud, il mezzo di regolazione della temperatura viene fatto circolare in un ciclo chiuso. È possibile ad esempio produrre un intervallo di temperature da -80 °C a $+180\text{ °C}$ utilizzando un olio conduttore di temperatura come mezzo di regolazione. Questo olio conduttore viene raffreddato con un refrigerante o riscaldato elettricamente a seconda delle esigenze. Ad esempio, è possibile raggiungere temperature più basse all'interno dello shroud utilizzando dell'azoto. Oltre alla regolazione della temperatura agendo sullo shroud, è possibile anche installare una piastra termica nella zona dei test, sulla quale posizionare l'oggetto. Ciò consente anche di simulare una trasmissione di calore apportata.

PROCEDURA DI TEST

In aggiunta ai sensori del satellite, ne vengono posizionati numerosi altri, che tra le altre cose controllano da vicino l'evoluzione delle temperature. Oltre a fornire tutti i dati dei rilevamenti, questi sono utili anche per la sicurezza dell'oggetto. Se sussiste il rischio che i componenti vengano danneggiati a causa del surriscaldamento, la temperatura all'interno della camera viene ridotta immediatamente.

Con il Thermal Balance Test si rileva soprattutto la distribuzione della temperatura all'interno del satellite, che viene poi comparata con i calcoli del modello termico. In caso di risultati anomali, è possibile ad esempio rimuovere elementi riflettenti presenti sulla superficie del satellite, integrare parti riscaldanti aggiuntive o ottimizzare l'isolamento dei singoli componenti. Il Thermal Cycling Test verifica la funzionalità dell'oggetto dopo una quantità predefinita di cicli a livelli di temperature variabili. Inoltre, test su sollecitazioni e stress consentono di comprendere gli effetti delle condizioni estreme sull'oggetto.

CONCLUSIONE

I satelliti sono irrinunciabili nel nostro mondo ultraconnesso. Per essere gestibili dal punto di vista economico, questi devono però funzionare per molti anni in condizioni estreme, in maniera affidabile e senza manutenzione. I sistemi di regolazione della temperatura ad alte prestazioni come la gamma PRESTO di JULABO sono in grado di creare nella camera termovuoto le temperature estreme alle quali satelliti e altri sistemi e componenti concepiti per lo spazio devono essere testati in maniera affidabile e riproducibile. I dispositivi PRESTO sono facili da manovrare e, grazie a un assortimento di accessori modulari affinati, estremamente flessibili e adattabili a esigenze specifiche. I nostri esperti in ambito aerospaziale sono a vostra disposizione in qualsiasi momento per rispondere a qualsiasi domanda.