

VAKBERICHT



©3dsculptor - stock.adobe.com

TEMPERATUURREGELINGSTECHNIEK VOOR DE RUIMTEVAART

Het universum is oneindig - en genadeloos. Hiermee hebben de satellieten die in een baan om de aarde draaien al te maken. Vooral de extreme temperatuurverschillen tussen de zon- en schaduwzijde van de aarde vormen een echte uitdaging in de omloopbaan van de satellieten. Omdat onderhoud of reparatie onmogelijk is, moeten alle materialen en componenten, evenals de satelliet zelf, intensief worden getest, waarbij temperatuur- en vacuümbestendigheid een doorslaggevende rol spelen.

SATELLIETEN EN DE OMSTANDIGHEDEN WAARONDER ZIJ MOETEN FUNCTIONEREN

Communicatie en internet, weersvoorspellingen, tv-programma's - in het civiele leven kan de moderne mens niet langer zonder via satelliet doorgegeven diensten. Zij vormen de basis voor wereldwijde netwerkvorming. Meer dan 2.000 functionerende satellieten en het internationale ruimtestation ISS draaien in een baan om de aarde.

Vacuüm en extreme temperaturen stellen enorme eisen aan materialen en technologie. Tijdens de lange zon-nefase heersen er op de maan bijvoorbeeld temperaturen tot +120 °C, terwijl het in de schaduwfase wel -130 °C koud kan worden. Bij technische apparaten in de ruimte komt daar de intern geproduceerde temperatuur- en besturingselektronica nog bij. De uitdaging bij de ontwikkeling van satellieten is dan ook de gevoelige technologie zowel tegen oververhitting als tegen kou te beschermen.

Het vacuüm maakt dit niet eenvoudiger: terwijl op aarde warmtegeleiding voor temperatuurcompensatie door convectie kan plaatsvinden, is dit in een vacuüm niet mogelijk. Temperaturen boven de -270 °C in de ruimte worden voornamelijk veroorzaakt door de directe straling van de zon. Het ontstaan ervan hangt dus ook af van de mate waarin de straling door het bestraalde materiaal wordt geabsorbeerd. Bovendien beïnvloedt het vacuüm de aggregatietoestand van vloeibare media: Smeermiddelen verdampen bijvoorbeeld door de ontbrekende luchtdruk.

TEMPERATUURMANAGEMENT IN DE RUIMTE

Om te voorkomen dat de temperatuur door de zonnestraling te hoog wordt, worden buitenmaterialen gebruikt die een groot deel van de stralingsenergie reflecteren. Sommige satellieten draaien ook om hun eigen as om de directe zonnestraling gelijkmatig te verdelen. Om de bedrijfstemperatuur in de satelliet te garanderen, zijn extra verwarmingstoestellen geïnstalleerd die, in tegenstelling tot directe zonnestraling, een gedefinieerde temperatuurregeling mogelijk maken. Bovendien kunnen de onderdelen met isolatiemateriaal worden bekleed. Tijdens het ontwikkelingsproces van een satelliet worden eerst thermische modellen gebruikt om de temperatuurontwikkelingen in de satelliet te berekenen. Op de testopstelling worden deze modellen vervolgens onder zo realistisch mogelijke omstandigheden getest, met name onder lage druk, extreme temperaturen en snelle temperatuurwisselingen.

In de meeste industrieën worden producten alleen in de ontwikkelingsfase intensief getest. Daarna zijn regelmatige steekproeven voldoende voor de kwaliteitsborging. In de ruimtevaart gaat het helemaal anders: ledere individuele satelliet wordt onderworpen aan een volledige testreeks, die meerdere weken kan duren. Dit komt niet alleen door de enorme inspanningen en kosten van elke lancering in de ruimte, maar ook aan het feit dat onderhoud of reparatie in de ruimte onmogelijk is. Bovendien moet zekergesteld zijn dat een satelliet bij de start de draagraket niet in gevaar brengt.

DE THERMISCHE VACUÛMKAMER IN GEBRUIK

Alle bedrijfs- en belastingtests van satellieten en afzonderlijke componenten daarvan vinden plaats in zogenaamde thermische vacuïmkamers, waarin zowel de druk als de temperatuur nauwkeurig kunnen worden geregeld. Afhankelijk van de grootte testobject moet de thermische vacuïmkamer aanzienlijke afmetingen hebben. Tegenwoordig zijn de meeste satellieten echter bijzonder compact: De kleine satellieten die bekend staan als de Cube-Satellites zijn slechts ongeveer zo groot als een schoenendoos. Het kleine formaat maakt niet alleen het transport naar de omloopbaan goedkoper, maar verkleint ook de kans op schade door ruimtepuin en meteoroiden. Een ander voordeel is dat ze in veel kleinere thermische vacuïmkamers kunnen worden getest, die ook goedkoper zijn in aanschaf en gebruik.

De temperaturen binnenin de kamers worden door krachtige temperatuurregelingssystemen geregeld. Het temperatuurmedium circuleert in een gesloten circuit in de temperatuurwand die bekend staat als Shroud, dat het testmonster in een cilindrische vorm omgeeft. Met behulp van bijvoorbeeld warmtegeleidende olie als medium kan een temperatuurbereik van -80 °C tot $+180\text{ °C}$ worden gegenereerd. Deze warmtegeleidende olie wordt naar behoefte met een koelmiddel gekoeld of elektrisch verwarmd. Lagere temperaturen kunnen in de Shroud bijvoorbeeld worden bereikt door middel van stikstof. Naast deze door de straling van de Shroud doorgegeven temperatuur kan in de testzone waarop het testobject wordt geplaatst, ook een thermische plaat worden geïnstalleerd. Op deze manier kunnen ook geleide warmteoverdrachten worden gesimuleerd.

TESTPROCEDURES

Naast de sensoren van de satelliet worden tal van andere sensoren geplaatst om onder andere de temperatuurontwikkeling nauwlettend in de gaten te houden. Naast de levering van alle meetgegevens zorgen ze ook voor de noodzakelijke veiligheid van het testobject. Als onderdelen door oververhitting beschadigd dreigen te raken, wordt de temperatuur in de kamer onmiddellijk verlaagd.

In de Thermal Balance-test wordt met name de temperatuurverdeling in de satelliet geregistreerd en vergeleken met de berekeningen van het thermische model. Bij afwijkende resultaten kunnen bijvoorbeeld reflecterende elementen op het oppervlak van de satelliet worden verwijderd, extra verwarmingselementen worden geïnstalleerd of kan de isolatie van afzonderlijke componenten worden geoptimaliseerd. De Thermal Cycling-test controleert de functionaliteit van het testobject na een bepaald aantal cycli met wisselende temperaturniveaus. Belasting- en stresstests geven ook informatie over de effecten van extreme omstandigheden op het testobject.

CONCLUSIE

Satellieten zijn onmisbaar voor een via netwerken verbonden wereld. Om rendabel te zijn moeten ze onder extreme omstandigheden gedurende meerdere jaren betrouwbaar en onderhoudsvrij functioneren. Krachtige temperatuurregelingssystemen zoals de PRESTO-serie van JULABO bieden de enorme temperaturen in thermische vacuïmkamers, waarmee satellieten en alle systemen en componenten die bestemd zijn voor de ruimte betrouwbaar en reproduceerbaar kunnen worden getest. De PRESTO-units zijn eenvoudig te bedienen en kunnen dankzij een uitgekiend modulair toebehorenprogramma uiterst flexibel en aan specifieke eisen worden aangepast. Onze lucht- en ruimtevaartdeskundigen staan u te allen tijde ter beschikking om uw vragen te beantwoorden.