DICHTHEITSPRÜFUNG VON KÜHLKOMPONENTEN

Wie man Lecks in Kühlverteilereinheit (CDUs) aufspürt

Da Flüssigkühlung für hochintegrierte Elektronik und datenspeicherintensive Anwendungen immer kritischer wird, hat sich die Kühlverteilereinheit (CDU) als Schlüsselkomponente für eine stabile Wärmeleistung etabliert. Durch die Regelung von Kühlmitteltemperatur, -druck und -fluss beeinflusst die CDU direkt die Systemzuverlässigkeit und Effizienz. Jeder Integritätsverlust – besonders Lecks – kann zu Ausrüstungsschäden, reduzierter Betriebszeit oder Sicherheitsrisiken führen.

Anwendung

CDUs werden in verschiedenen mechanischen Konfigurationen gebaut, je nach Systemanforderungen und Kühlleistung. Obwohl ihre interne Architektur unterschiedlich sein kann, ethalten die meisten Einheiten eine Kombination aus **Pumpen, Ventilen, Wärmetauschern, Sensoren und Verteilerblöcken,** die unter kontrollierten Druck- und Temperaturbedingungen zusammenarbeiten müssen. Da diese Komponenten routinemäßig zirkulierendes Kühlmittel führen – oft unter erhöhten Drücken – stellt jedes Leckrisiko eine ernsthafte Bedrohung für sowohl den Kühlkreislauf als auch die zu schützende Ausrüstung dar. Dieses Dokument beschreibt die Dichtheitsprüfung an CDUs und die Vorteile der Spürgas-Sniffer-Prüfung mit dem Sentrac oder XL3000flex zur abschließenden Validierung der CDU-Integrität.

Illustratives Bild einer In-Row-CDU in einer Rechenzentrumsumgebung. Von KI generiertes Bild

Traditionelle Methoden

Jede Verbindung, Schweißnaht oder Dichtung ist eine potenzielle Leckagestelle. Um die strengen Dichtheitsanforderungen zu erfüllen, werden moderne CDUs auf sehr niedrige Leckraten geprüft, typischerweise in der Größenordnung von 10^{-5} mbar·l/s. Die typischerweise angewendeten Dichtheitsprüfungsverfahren für CDU-Komponenten und -Baugruppen sind:

- **Druckabfallprüfung:** wird bei CDU-Teilen vor der endgültigen Montage verwendet. Teile werden mit Luft oder Inertgas unter Druck gesetzt, dann isoliert und über einen Zeitraum hinweg auf Druckabfall überwacht. Ein Druckabfall weist auf das Vorhandensein eines Lecks hin. Das Verfahren ist kosteneffizient und einfach zu implementieren, ist aber empfindlich gegen Temperaturveränderungen und große interne Volumen, fehlt es an der erforderlichen Empfindlichkeit, um kleine Lecks zu erkennen, und gibt die Leckposition nicht an.
- **Vakuumprüfung:** wird für versiegelte Teile wie Gehäuse und Ummantelungen verwendet. Sie ist weniger empfindlich gegenüber Umweltveränderungen als Druckabfall und misst den Druckanstieg unter Vakuum und liefert stabile Ergebnisse. Es erfordert jedoch Pumpzeit (länger in Gegenwart von Feuchtigkeit), trägt höhere Investitionskosten und zeigt das Leck nicht präzise auf.
- **Leckdetektoren** können während der Funktionsvalidierung integriert werden. Sie erkennen das Vorhandensein von leitendem Kühlmittel und bestätigen, dass während aktiver Durchflussprüfungen keine Lecks auftreten.
- **Spürgas-Sniffer-Prüfung** beinhaltet das Unter-Druck-Setzen der CDU-Teile mit einem Spürgas und das Scannen von Verbindungen, Schweißnähten und Anschlüssen mit einer Schnüffelsonde. Diese Methode bietet hohe Empfindlichkeit, erreicht die für moderne Flüssigkühlsysteme erforderlichen niedrigen Leckraten und ermöglicht – anders als Druckabfall- oder Vakuumprüfung – die genaue Lokalisierung einzelner Lecks.

LECKSPEZIFIKATIONEN (TYPISCHER BEREICH)	
mbar·l/s	$1 \cdot 10^{-5}$
atm cc/s	$\approx 1 \cdot 10^{-5}$
cm^3/min	$\approx 6 \cdot 10^{-4}$
Pa m^3/s	$1 \cdot 10^{-6}$

Abschließende Dichtheitsprüfung mit Schnüffel-Lecksucher

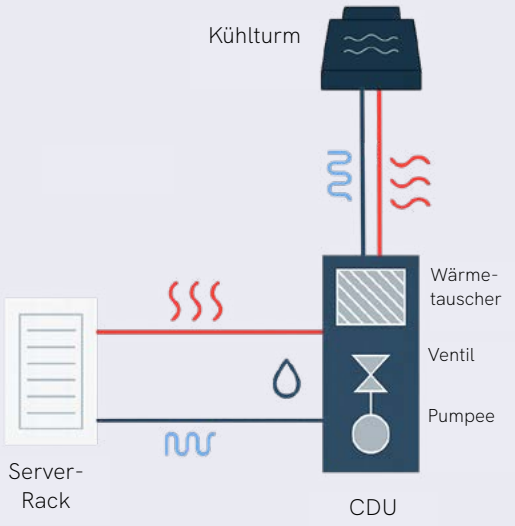
Ein abschließender Test des vollständig montierten Systems ist erforderlich, um sicherzustellen, dass das Kühlmittel vollständig eingeschlossen bleibt, sobald die CDU installiert ist. Wie bei der Prüfung einzelner CDU-Teile beinhaltet die abschließende Sniffer-Prüfung das Füllen des Systems mit Formiergas (5% Wasserstoff in Stickstoff) oder Helium.

Eine kurze Vorevakuierung kann durchgeführt werden, bevor die Einheit mit Spürgas gefüllt wird, um alle „Lufttaschen" zu entfernen und eine gleichmäßige Spürgas-Verteilung sicherzustellen.

Danach wird die CDU auf Lecks geprüft. Für Benutzer, die kostengünstiges Formiergas bevorzugen, bietet der Sentrac Lecksucher zuverlässige Erkennung über einen breiten Bereich von Leckgrößen. Für Anwendungen, die Helium als Tracer-Gas erfordern, ermöglicht der Protec P3000 Lecksucher hochempfindliche Messungen bis 1 × 10^{-7} mbar·l/s. Der XL3000flex bietet maximale Flexibilität und unterstützt sowohl Helium als auch Wasserstoff als Spürgase mit vergleichbarer Empfindlichkeit.

Alle Lecksucher verwenden eine tragbare Schnüffelsonde, die manuell (oder robotisch) an Dichtungen, Verbindungen, Schweißnähten und anderen kritischen Bereichen entlanggeführt wird. Ausströmendes Spürgas wird sofort erkannt und löst visuelle und akustische Alarme aus, wenn der voreingestellte Ablehnungsschwellwert überschritten wird. Dies ermöglicht eine genaue Lokalisierung und Quantifizierung von Lecks. Die erkannten Leckagestellen können dann repariert und vor der Validierung erneut getestet werden.

SCHEMA EINER CDU



Vereinfachte Illustration des Wärmemanagementsystems in einem Flüssigkühlsystem eines Rechenzentrums mit Kühlmittelfluss zwischen Server-Rack, CDU und Kühlturm.

Vorteile der Prüfung mit Spürgas

- Zuverlässige und wiederholbare Messungen
- Hochempfindlich, erkennt auch die kleinsten Lecks
- Ermöglicht Prüfung von Teilen, die kein Vakuum vertragen (wie weiche Kunststoffgehäuse, Gummimuffen oder empfindliche elektronische Baugruppen)
- Unabhängig von Feuchtigkeits- oder Temperaturschwankungen
- Trockene, nicht korrosive Prüfung
- Sofortige Lecklokalisierung

Die Hochleistungs-Schnüffellecksucher von INFICON sind für hochpräzise industrielle Dichtheitsprüfungen konzipiert. Das Portfolio umfasst unter anderem den XL3000flex Helium- und Wasserstoff-Leckdetektor für den Dauerbetrieb in anspruchsvollen Produktionsumgebungen sowie den Sentrac Wasserstoff-Leckdetektor, der kleine und große Lecks sowohl in Produktions- als auch in Reparaturlinien zuverlässig erkennt.

XL3000flex Helium- und Wasserstoff-Leckdetektor

Sensistor Sentrac Wasserstoff-Leckdetektor

Aufgrund unseres laufenden Produktverbesserungsprogramms können die Spezifikationen ohne vorherige Ankündigung geändert werden.