

# ET 430

## Kälteanlage mit zweistufiger Verdichtung



### Beschreibung

- **Kompressionskälteanlage mit zweistufiger Verdichtung zum Erreichen besonders tiefer Temperaturen**
- **Einspritz-Zwischenkühlung**
- **Wärmeübertrager für zusätzliche Kältemittelunterkühlung**
- **Darstellung des Prozesses im log p,h-Diagramm der Software in Echtzeit**

Kälteanlagen mit zweistufiger Verdichtung werden bei der Erzeugung besonders tiefer Temperaturen eingesetzt. Bei sehr tiefen Temperaturen sind große Druckunterschiede zwischen Verdampfer und Verflüssiger notwendig. Bei einem Verdichter sinkt bei hohen Druckverhältnissen der Liefergrad stark ab. Es werden daher zwei Verdichter in Reihe geschaltet, jeder einzelne Verdichter hat dann nur ein relativ kleines Druckverhältnis. Der Verdichter für die Niederdruckstufe kann dadurch günstiger dimensioniert werden. Er braucht aufgrund des großen spezifischen Volumens einen größeren Hubraum bei kleiner Antriebsleistung. Des Weiteren wird durch eine Zwischenkühlung zwischen Niederdruck-(ND) und Hochdruckverdichter (HD) die Austrittstemperatur aus dem HD-Verdichter auf unschädliche Werte gesenkt und der Wirkungsgrad der Verdichtung verbessert.

Bei dem Versuchsstand ET 430 kommt eine Einspritz-Zwischenkühlung zum Einsatz. Hierbei wird eine geringe Menge flüssiges Kältemittel aus dem Sammler in die Austrittsleitung des ND-Verdichters gespritzt. Das flüssige Kältemittel verdampft und kühlt damit das Sauggas für den HD-Verdichter. Über einen zuschaltbaren Wärmeübertrager im Einspritzkühler kann die Unterkühlung des flüssigen Kältemittels vor dem Expansionsventil vergrößert werden. Dies ermöglicht eine Leistungssteigerung im Verdampfer.

Ventile ermöglichen ein Abschalten der Einspritz-Zwischenkühlung oder des Wärmeübertragers für die Kältemittelunterkühlung. Damit kann deren Einfluss auf die Anlage deutlich gemacht werden.

Alle relevanten Messwerte werden mit Aufnehmern erfasst und angezeigt. Die gleichzeitige Übertragung der Messwerte an die GUNT-Software ermöglicht die Auswertung und die Darstellung des Prozesses im log p,h-Diagramm in Echtzeit. Zusätzlich zeigen zwei Durchflussmesser den Gesamtvolumenstrom und den Volumenstrom in der Zwischenkühlung an.

### Lerninhalte / Übungen

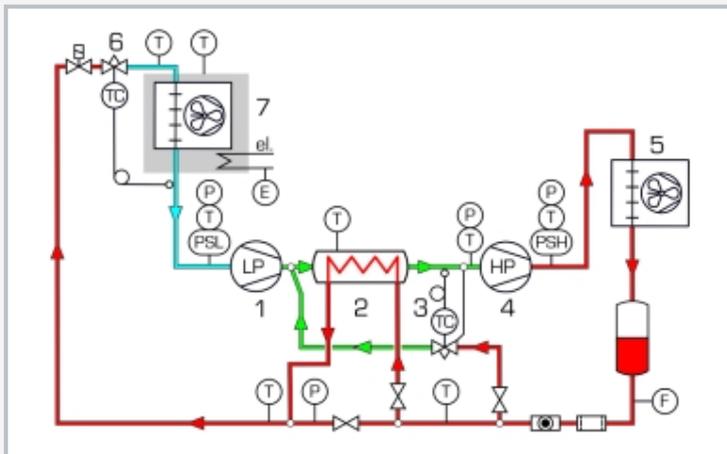
- **Aufbau und Funktion einer Kälteanlage mit zweistufiger Verdichtung und Einspritz-Zwischenkühlung**
- **Einfluss der Eintrittstemperatur am HD-Verdichter auf den Wirkungsgrad der Verdichtung**
  - ▶ mit Zwischenkühlung
  - ▶ ohne Zwischenkühlung
- **Einfluss der zusätzlichen Kältemittelunterkühlung**
- **Aufteilung der Verdichterdrukverhältnisse**
- **Kältekreisprozess im log p,h-Diagramm darstellen und verstehen**

# ET 430

## Kälteanlage mit zweistufiger Verdichtung



1 Expansionsventil, 2 Kühlkammer, 3 Anzeige- und Bedienelemente, 4 Druckschalter, 5 Einspritzventil, 6 Einspritzkühler, 7 ND-Verdichter, 8 HD-Verdichter, 9 Sammler, 10 Durchflussmesser, 11 Wärmeübertrager, 12 Verflüssiger



1 ND-Verdichter, 2 Zwischenkühler, 3 Nacheinspritzventil, 4 HD-Verdichter, 5 Verflüssiger, 6 Expansionsventil, 7 Verdampfer; T Temperatur, P Druck, E elektrische Leistung, F Durchfluss, PSL, PSH Druckschalter



Software-Screenshot eines realen Anlagenprozesses  
1-2 ND-Verdichtung, 2-3 Zwischenkühlung, 3-4 HD-Verdichtung, 4-5 Verflüssigung, 5-6 Unterkühlung, 6-7 Expansion, 7-1 Verdampfung

### Spezifikation

- [1] Kälteanlage mit zweistufiger Verdichtung
- [2] hermetische Niederdruck- und Hochdruckverdichter
- [3] einstellbare Zwischenkühlung über Kältemitelein-spritzung
- [4] Wärmeübertrager zur zusätzlichen Unterkühlung des flüssigen Kältemittels
- [5] geschlossene Kühlkammer enthält Verdampfer mit Gebläse und einstellbare elektrische Heizung als Kühllast
- [6] digitale Anzeige für Temperaturen, Antriebsleistungen der Verdichter und Leistung der Kühllast
- [7] Darstellung des Prozesses im log p,h-Diagramm der Software in Echtzeit
- [8] GUNT-Software zur Datenerfassung über USB unter Windows 10
- [9] Kältemittel R449A, GWP: 1397

### Technische Daten

- Niederdruckverdichter (ND)
- Leistungsaufnahme: 275W bei -10/55°C
  - Kälteleistung: 583W bei -10/55°C
- Hochdruckverdichter (HD)
- Leistungsaufnahme: ca. 841W bei -25/55°C
  - Kälteleistung: 702W bei -25/55°C
- Kältemittel
- R449A
  - GWP: 1397
  - Füllmenge: 1,29kg
  - CO<sub>2</sub>-Äquivalent: 1,8t

### Messbereiche

- Durchfluss: 4...42L/h
- Druck: 1x -1...15bar, 2x -1...24bar
- Temperatur: 8x -75...125°C
- Leistung:
  - ▶ 0...562W (Heizer)
  - ▶ 0...750W (ND-Verdichter)
  - ▶ 0...2250W (HD-Verdichter)

- 230V, 50Hz, 1 Phase
- 230V, 60Hz, 1 Phase
- 230V, 60Hz, 3 Phasen
- UL/CSA optional
- LxBxH: 1900x790x1900mm
- Gewicht: ca. 283kg

### Für den Betrieb erforderlich

PC mit Windows empfohlen

### Lieferumfang

- 1 Versuchsstand
- 1 GUNT-Software + USB-Kabel
- 1 Satz didaktisches Begleitmaterial

# ET 430

## Kälteanlage mit zweistufiger Verdichtung

Optionales Zubehör

für Remote Learning

GU 100      Web Access Box

mit

ET 430W      Web Access Software