

# ET 352

## Dampfstrahlverdichter in der Kältetechnik



### Lerninhalte / Übungen

- Kompressionskälteanlage nach Dampfstrahlverfahren verstehen
- rechts- und linkslaufender Clausius-Rankine-Prozess
- Energiebilanzen
- Bestimmung der Leistungszahl des Kältekreislaufs
- Kreisprozess im log p,h-Diagramm
- Betriebsverhalten unter Last
- solarthermische Dampfstrahlkälte

### Beschreibung

- Kälteanlage mit Dampfstrahlverdichter
- Kälteerzeugung durch Wärme
- Verflüssiger und Verdampfer transparent
- zusammen mit ET 352.01 und HL 313: Nutzung solarer Wärme als Antriebsenergie für einen Dampfstrahlverdichter

Im Gegensatz zu üblichen Kompressionskälteanlagen besitzen Dampfstrahl-Kältemaschinen keinen mechanischen Verdichter, sondern einen Dampfstrahlverdichter. Aus diesem Grund ist es möglich, verschiedene Wärmequellen zur Kälteerzeugung zu nutzen. Solche Quellen können z.B. Solarenergie oder Abwärme aus Prozessen sein.

Die Anlage enthält zwei Kältemittelkreisläufe: ein Kreislauf dient der Kälteerzeugung (Kältekreisprozess), der andere

Kreislauf dient der Treibdampferzeugung (Dampfkreisprozess).

Der Dampfstrahlverdichter verdichtet den Kältemitteldampf und fördert ihn in den Verflüssiger. Ein transparenter Behälter mit einer wassergekühlten Rohrschlange dient als Verflüssiger.

Im Kältekreisprozess strömt ein Teil des kondensierten Kältemittels in den transparenten Verdampfer, der an der Saugseite des Dampfstrahlverdichters angeschlossen ist. Der Verdampfer ist ein sogenannter überfluteter Verdampfer, in dem ein Schwimmventil den Füllstand konstant hält. Das Kältemittel nimmt die Umgebungswärme oder die Wärme des Heizers auf und verdampft. Der Kältemitteldampf wird vom Dampfstrahlverdichter angesaugt und wieder verdichtet.

Im Dampfstromprozess fördert eine Pumpe den anderen Teil des Kondensats in einen Dampferzeuger. Ein elektrisch beheizter Behälter mit Wassermantel verdampft das Kältemittel. Der erzeugte Kältemitteldampf treibt den Dampfstrahlverdichter an. Als Alternative zur elektrischen Heizung kann solare Wärme als Antriebsenergie mit ET 352.01 und dem solarthermischen Kollektor HL 313 genutzt werden.

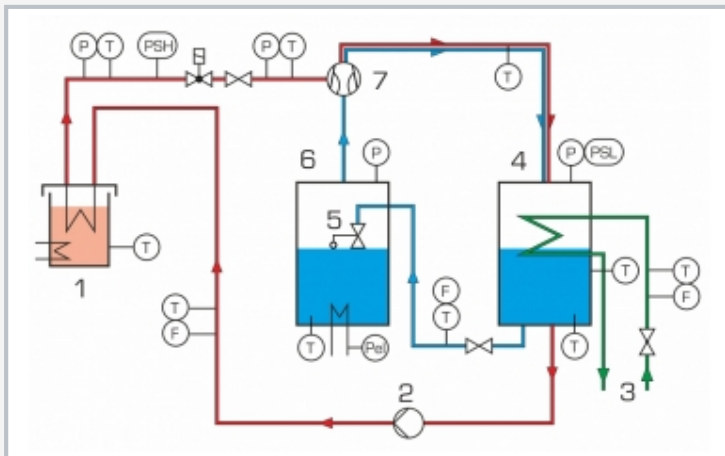
Relevante Messwerte werden mit Aufnehmern erfasst, angezeigt und können in einem PC weiterverarbeitet werden. Die Leistung des Heizers am Verdampfer ist einstellbar. Der Kühlwasserdurchfluss am Verflüssiger wird mit einem Ventil eingestellt.

# ET 352

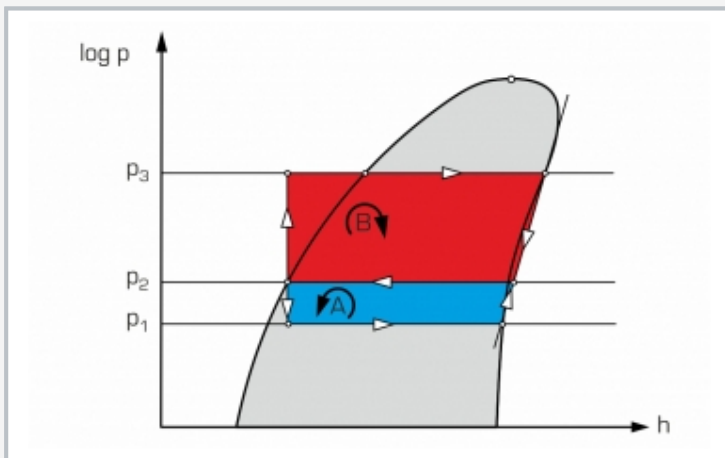
## Dampfstrahlverdichter in der Kältetechnik



1 Manometer, 2 Druckschalter, 3 Anzeige- und Bedienelemente, 4 Dampferzeuger, 5 Verdampfer, 6 Pumpe, 7 Anschlüsse für Kühlwasser, 8 Durchflussmesser, 9 Verflüssiger, 10 Dampfstrahlverdichter



1 Dampferzeuger, 2 Pumpe, 3 Anschlüsse für Kühlwasser, 4 Verflüssiger, 5 Schwimmerventil, 6 Verdampfer, 7 Dampfstrahlverdichter; T Temperatur, P Druck, PSL, PSH Druckschalter, F Durchfluss,  $P_d$  Leistung; rot: Dampfkreisprozess, blau: Kältekreisprozess, grün: Kühlwasser



log p,h-Diagramm: A Kältekreisprozess, B Dampfkreisprozess,  $p_1$  Druck im Verdampfer,  $p_2$  Druck im Verflüssiger,  $p_3$  Druck im Dampferzeuger

### Spezifikation

- [1] Untersuchung eines Dampfstrahlverdichters
- [2] Kältekreislauf mit Verflüssiger, Verdampfer und Dampfstrahlverdichter für Kältemittel
- [3] Dampfkreislauf mit Pumpe und Dampferzeuger für den Betrieb des Dampfstrahlverdichters
- [4] transparenter Behälter mit wassergekühlter Rohrschlinge als Verflüssiger
- [5] Wasserversorgung über Labornetz oder über Kaltwassererzeuger WL 110.20 zur Sicherstellung einer max. Wassertemperatur von 14°C
- [6] transparenter Behälter mit einstellbarem Heizer als Verdampfer
- [7] überfluteter Verdampfer mit Schwimmerventil als Expansionselement
- [8] Dampferzeuger mit beheiztem Wassermantel (elektrisch oder solarthermisch über ET 352.01, HL 313)
- [9] Kältemittel R1233zd, GWP: 1
- [10] GUNT-Software zur Datenerfassung über USB unter Windows 8.1, 10

### Technische Daten

#### Dampfstrahlverdichter

- $d_{min}$  Lavaldüse: ca. 1,7mm
- $d_{min}$  Mischdüse: ca. 7mm

#### Verflüssiger

- Behälter: ca. 3,5L
- Fläche Rohrschlinge: ca. 0,17m<sup>2</sup>

#### Verdampfer

- Behälter: ca. 3,5L
- Leistung Heizer: 4x 125W

#### Dampferzeuger

- Behälter Kältemittel: ca. 0,75L
- Wassermantel: ca. 9L
- Leistung Heizer: 2kW

- Anschlüsse für externe Wärmezufuhr
- Pumpe: max. Förderstrom: ca. 1,7L/min,
- max. Förderhöhe: ca. 70m

Kältemittel: R1233zd, GWP: 1, Füllmenge: 5kg,  
CO<sub>2</sub>-Äquivalent: 0t

#### Messbereiche

- Temperatur: 12x -20...100°C
- Druck: 2x 0...10bar; 2x -1...9bar
- Durchfluss: 2x 0...1,5L/min, 1x 30...320L/h
- Leistung: 1x 0...750W, 1x 0...3kW

230V, 50Hz, 1 Phase

230V, 60Hz, 1 Phase, 230V, 60Hz, 3 Phasen

UL/GSA optional

LxBxH: 1460x790x1890mm

Gewicht: ca. 225kg

### Für den Betrieb erforderlich

Wasseranschluss (min. 320L/h, Wassertemperatur max. 14°C), Abfluss oder WL 110.20  
PC mit Windows empfohlen

### Lieferumfang

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

# ET 352

## Dampfstrahlverdichter in der Kältetechnik

### Optionales Zubehör

für Remote Learning

010.10000 GU 100

Web Access Box

mit

061.35200W ET 352W

Web Access Software

### Sonstiges Zubehör

061.35201 ET 352.01

Solare Wärme zur Kälteerzeugung

065.31300 HL 313

Brauchwassererwärmung mit Flachkollektor

065.31301 HL 313.01

Künstliche Lichtquelle

060.11020

WL 110.20

Kaltwassererzeuger