

# ET 352

## Dampfstrahlverdichter in der Kältetechnik



Screen-Mirroring ist an bis zu 10 Endgeräten möglich

### Beschreibung

- Kälteanlage mit Dampfstrahlverdichter
- Kälteerzeugung durch Wärme
- log p,h-Diagramm in Echtzeit
- zusammen mit ET 352.01 und HL 313: Nutzung solarer Wärme als Antriebsenergie für einen Dampfstrahlverdichter

Anders als in üblichen Kompressionskälteanlagen, haben Dampfstrahl-Kältemaschinen keinen mechanischen Verdichter, sondern einen Dampfstrahlverdichter. Damit ist es möglich, verschiedene Wärmequellen, wie z.B. Solarenergie oder Abwärme aus Prozessen, zur Kälteerzeugung zu nutzen.

ET 352 enthält zwei Kältemittelkreisläufe: ein Kreislauf dient der Kälteerzeugung (Kältekreisprozess), der andere Kreislauf dient der Treibdampferzeugung (Dampfkreisprozess). Der Dampfstrahlverdichter verdichtet den Kältemitteldampf und fördert diesen 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. In dem Verdampfer sorgt ein Schwimmerventil für einen konstanten Füllstand. Das Kältemittel nimmt die Umgebungswärme oder die Wärme des Heizers

auf und verdampft. Der Kältemitteldampf wird vom Dampfstrahlverdichter angesaugt und wieder verdichtet.

Im Dampfkreisprozess wird der andere Teil des Kondensats in einen Dampferzeuger gefördert. 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.

Die Leistung des Heizers am Verdampfer ist einstellbar. Der Kühlwasserdurchfluss am Verflüssiger wird mit einem Ventil eingestellt.

Der Versuchsstand wird über Touchscreen von einer SPS gesteuert. Alle relevanten Messwerte werden durch Aufnehmer erfasst. Die gleichzeitige Übertragung der Messwerte an eine SPS ermöglicht eine einfache Auswertung und die Darstellung des Prozesses im log p,h-Diagramm. Komplexe Vorgänge, wie z.B. Zustandsänderungen werden visualisiert durch Echtzeitdarstellung des Kreisprozesses, z.B. im log p,h-Diagramm. Durch intuitive Bedienung der SPS können alle Elemente des Kreisprozesses einfach eingestellt werden. Die Auswirkung der Modifikationen werden sofort am Touchscreen sichtbar.

### Lerninhalte / Übungen

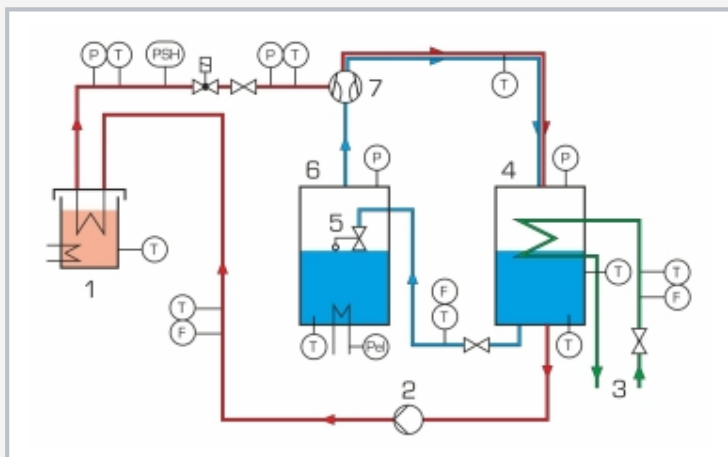
- Kompressionskälteanlage nach Dampfstrahlverfahren verstehen
- rechts- und linkslaufender Clausius-Rankine-Prozess
- Energiebilanzen
- Bestimmung der Leistungszahl des Kältekreislaufs
- Kältekreisprozess im log p,h-Diagramm darstellen und verstehen
- Betriebsverhalten unter Last
- solarthermische Dampfstrahlkälte

# ET 352

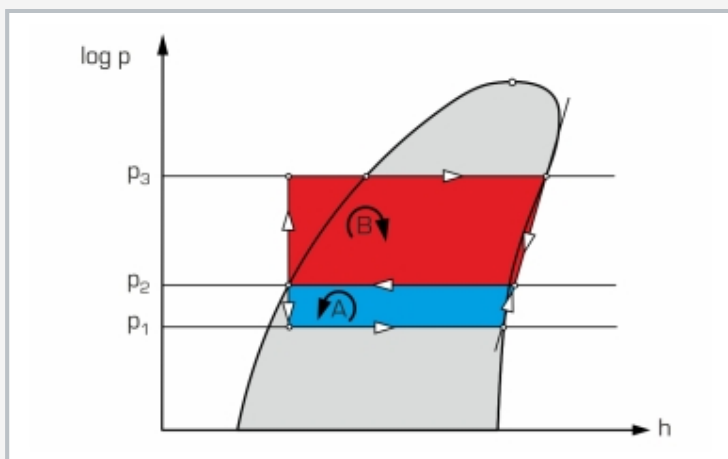
## Dampfstrahlverdichter in der Kältetechnik



1 Druckschalter, 2 Dampferzeuger, 3 Pumpe, 4 Verdampfer, 5 Verflüssiger, 6 Durchflussmesser, 7 Dampfstrahlverdichter



1 Dampferzeuger, 2 Pumpe, 3 Anschlüsse für Kühlwasser, 4 Verflüssiger, 5 Schwimmerventil, 6 Verdampfer, 7 Dampfstrahlverdichter; T Temperatur, P Druck, PSH Druckschalter, F Durchfluss,  $P_{el}$  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] Kältekreislauf mit Verflüssiger, Verdampfer und Dampfstrahlverdichter für Kältemittel
- [2] Dampfkreislauf mit Pumpe und Dampferzeuger für den Betrieb des Dampfstrahlverdichters
- [3] transp. Behälter mit wassergekühlter Rohrschlange als Verflüssiger
- [4] transp. Behälter mit einstellb. Heizer als Verdampfer
- [5] Wasserversorgung über Labornetz oder über Kaltwassererzeuger WL 110.20 zur Sicherstellung einer max. Wassertemperatur von 14°C
- [6] überfluteter Verdampfer mit Schwimmerventil als Expansionselement
- [7] Dampferzeuger mit beheiztem Wassermantel (elektrisch oder solarthermisch über ET 352.01, HL 313)
- [8] Kältemittel R1233zd, GWP: 4
- [9] Sammler für Kältemittel mit individueller Befüllmöglichkeit für jeden Prozessbehälter
- [10] Steuerung der Versuchsanlage mit einer SPS, über Touchscreen bedienbar
- [11] Datenerfassung über SPS auf internem USB-Speicher, Zugriff auf gespeicherte Messwerte über WLAN/LAN mit integriertem Router/LAN-Anbindung zu kundeneigenem Netzwerk oder direkter LAN-Anbindung ohne Kundennetzwerk

### Technische Daten

SPS: Weintek cMT3162X  
 Dampfstrahlverdichter  
 ■  $d_{min}$  Lavaldüse: ca. 1,7mm  
 ■  $d_{min}$  Mischdüse: ca. 7mm  
 Verflüssiger, Behälter: ca. 3,5L  
 ■ Fläche Rohrschlange: ca. 0,17m<sup>2</sup>  
 Verdampfer, Behälter: ca. 3,5L  
 ■ Leistung Heizer: 3x 175W  
 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: 4, Füllmenge: 2kg, 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/CSA optional  
 LxBxH: 1708x790x1524mm; Gewicht: ca. 225kg

### Für den Betrieb erforderlich

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

### Lieferumfang

Versuchsstand, 1 Satz Zubehör, 1 Satz didaktisches Begleitmaterial

# ET 352

## Dampfstrahlverdichter in der Kältetechnik

Optionales Zubehör

ET 352.01	Solare Wärme zur Kälteerzeugung
HL 313	Brauchwassererwärmung mit Flachkollektor
HL 313.01	Künstliche Lichtquelle
WL 110.20	Kaltwassererzeuger