

# ET 351C

## Thermodynamik des Kältekreislaufs



### Beschreibung

- **Kompressionskälteanlage für thermodynamische Untersuchungen**
- **indirekt beheizter Verdampfer und wassergekühlter Verflüssiger**
- **offener Verdichter mit pendelnd gelagertem Antriebsmotor zur Drehmomentmessung**

Bei diesem Versuchsstand wurde besonderer Wert darauf gelegt, die thermodynamischen Vorgänge in der Kälteanlage transparent zu machen. Hierzu können die Leistungen von Verdichter, Verdampfer und Verflüssiger gemessen werden. An allen relevanten Stellen befinden sich Druck- und Temperaturmessstellen, so dass auch die Druck- und Wärmeverluste in einer Kälteanlage genau untersucht werden können.

Der Kältekreislauf von ET 351C enthält einen offenen Verdichter mit variabler Drehzahl, einen wassergekühlten Verflüssiger, ein thermostatisches Expansionsventil und einen Verdampfer, der über einen Heißwasserkreislauf beheizt wird.

Der Antrieb des Verdichters erfolgt über einen pendelnd gelagerten Motor mit Frequenzumrichter zur Drehzahleinstellung. Ein Kraftaufnehmer ermöglicht hier die Messung des Antriebsmoments. Über die Drehzahl kann somit die mechanische Antriebsleistung des Verdichters bestimmt werden. Die elektrische Heizleistung des Heißwasserkreislaufs ist stufenlos einstellbar und wird angezeigt. Über den Kühlwasserstrom wird die abgegebene Verflüssigerleistung gemessen.

Die Messwerte werden an digitalen Anzeigen abgelesen und können gleichzeitig über USB direkt auf einen PC übertragen und dort mit Hilfe der mitgelieferten Software ausgewertet werden. Die Software ermöglicht die Darstellung des Prozesses im log p,h-Diagramm und zeigt die wichtigsten Kenngrößen des Prozesses, wie z.B. Verdichterdruckverhältnis und Leistungszahl, an.

### Lerninhalte / Übungen

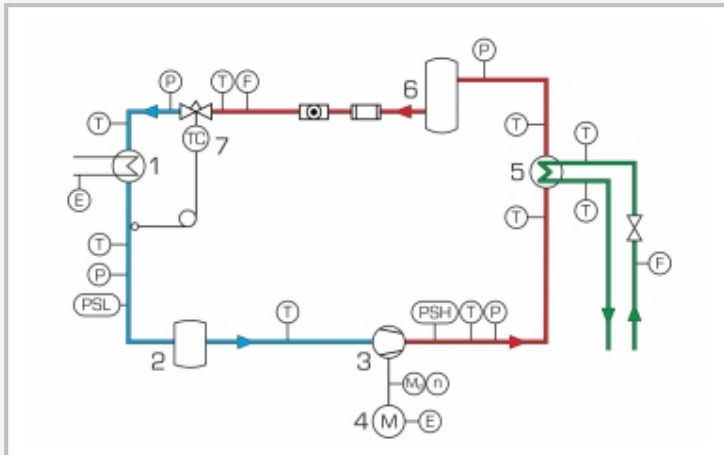
- Kreisprozess im log p,h-Diagramm
- Vergleich des realen Kreisprozesses mit dem idealen Kreisprozess
- Bilanzen an Verdampfer und Verflüssiger
- Berechnung der Motorleistung über Drehzahl und Drehmoment
- Bestimmung der Verluste
- Bestimmung der Leistungszahl
- Betriebsverhalten unter Last
- instationäres Betriebsverhalten

# ET 351C

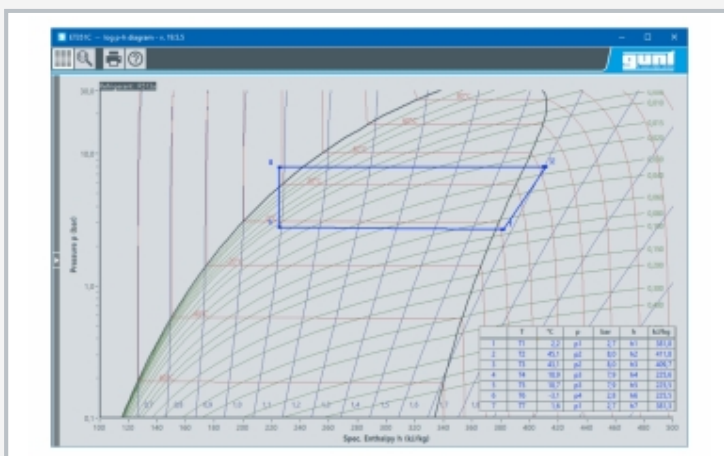
## Thermodynamik des Kältekreislaufs



1 Expansionsventil, 2 Verdampfer, 3 Durchflussmesser Kältemittel, 4 Druckschalter, 5 Prozessschema, 6 Sammler, 7 Heißwasserkreislauf des Verdampfers, 8 Antriebsmotor, 9 Verdichter, 10 Durchflussmesser Kühlwasser, 11 Verflüssiger, 12 Anzeige- und Bedienelemente



1 Verdampfer, 2 Flüssigkeitsabscheider, 3 Verdichter, 4 Antriebsmotor, 5 Verflüssiger, 6 Sammler, 7 Expansionsventil; P Druck, T Temperatur, F Durchfluss,  $M_d$  Drehmoment, n Drehzahl, E elektrische Leistung; PSL, PSH Druckschalter; blau: Niederdruck, rot: Hochdruck, grün: Kühlwasser



Screenshot der Software: log p,h-Diagramm

### Spezifikation

- [1] thermodynamische Untersuchung eines Kältekreislaufs
- [2] Kältekreislauf mit offenem Verdichter, wassergekühltem Verflüssiger, thermostatischem Expansionsventil und indirekt beheiztem Verdampfer
- [3] Antrieb des Verdichters mit drehzahlgeregeltem Motor über Keilriemen
- [4] Motor zur Drehmomentmessung pendelnd gelagert
- [5] Rohrverdampfer mit Heißwasserkreislauf als Kühllast
- [6] wassergekühlter Koaxialwendel-Wärmeübertrager als Verflüssiger
- [7] Anzeigen für Temperatur, Druck, Durchfluss, Drehzahl, Drehmoment und Leistung am Gerät
- [8] GUNT-Software zur Datenerfassung über USB unter Windows 10
- [9] Kältemittel R513A, GWP: 631

### Technische Daten

offener Verdichter

- Kälteleistung: ca. 965W (bei Drehzahl: 1450min<sup>-1</sup> und 5/40°C)

Heizer: 1x 1000W

Verflüssiger, Leistung: 1300W

Kältemittel

- R513A, GWP: 631, Füllmenge: 2kg, CO<sub>2</sub>-Äquivalent: 1,3t

Messbereiche

- Temperatur: 9x -30...100°C, 1x 0...100°C
- Druck: 1x -1...9bar, 1x -1...24bar, 4x -1...15bar
- Drehmoment: [Verdichter] 0...10Nm
- Drehzahl: [Verdichter] 0...2500min<sup>-1</sup>
- Leistungsaufnahme: [Verdichter] 0...1125W
- Leistung: [Heizer] 0...1125W
- Durchfluss: [Wasser] 5...70g/s
- Durchfluss: [Kältemittel] 0...0,5L/min

230V, 50Hz, 1 Phase

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

UL/CSA optional

LxBxH: 1520x790x1760mm

Gewicht: ca. 120kg

### Für den Betrieb erforderlich

Wasseranschluss, Abfluss

PC mit Windows empfohlen

### Lieferumfang

- 1 Versuchsstand
- 1 Satz Schläuche, 1 Handpumpe
- 1 GUNT-Software + USB-Kabel
- 1 Satz didaktisches Begleitmaterial

# ET 351C

## Thermodynamik des Kältekreislaufs

Optionales Zubehör

für Remote Learning

GU 100

Web Access Box

mit

ET 351CW

Web Access Software