ET 102
Wärmepumpe

Lerninhalte / Übungen

- Aufbau und Funktion einer Luft-Wasser-Wärmepumpe
- Darstellung des thermodynamischen Kreisprozesses im log p,h-Diagramm
- Energiebilanzen
- Bestimmung wichtiger Kenngrößen
  - Druckverhältnis am Verdichter
  - ideale Leistungszahl
  - reale Leistungszahl
- Abhängigkeit der realen Leistungszahl von der Temperaturdifferenz (Luft-Wasser)
- Betriebsverhalten unter Last

Beschreibung

- **Nutzung der Umgebungswärme zur Wassererwärmung**
- **Anzeige aller relevanten Werte am Ort der Messung**
- **dynamische Aufnahme des Kältemittelmassenstroms**

Eine Wärmepumpe entzieht die Energie der Umwelt. Übliche Energiequellen sind Luft, Grundwasser, Erdreich oder Flusswasser. Wichtig für einen hohen Wirkungsgrad ist eine möglichst hohe und konstante Temperatur der Energiequelle.

Mit der Luft-Wasser-Wärmepumpe ET 102 wird die Umgebungswärme der Luft genutzt, um Wasser zu erwärmen. Der Kreislauf der Wärmepumpe besteht aus einem Verdichter, einem Verdampfer mit Ventilator, einem thermostatischen Expansionsventil und einem Koaxialwendel-Wärmeübertrager als Verflüssiger. Alle Komponenten sind übersichtlich am Versuchsstand angebracht.

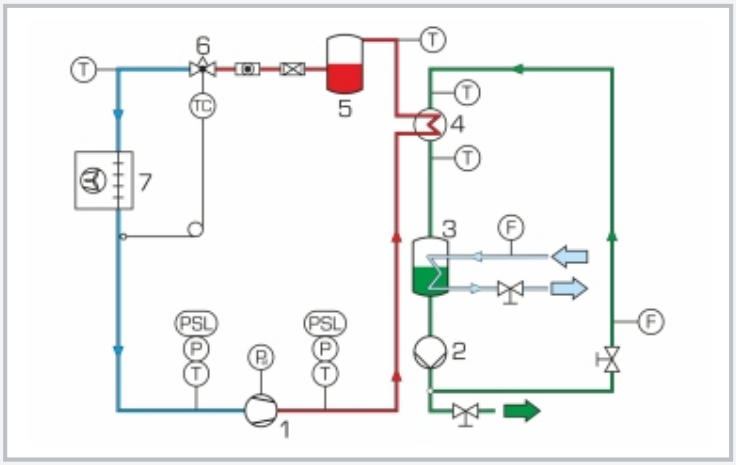
Der verdichtete Kältemitteldampf kondensiert im Außenrohr des Verflüssigers und gibt dabei Wärme an das Wasser im Innenrohr ab. Das flüssige Kältemittel verdampft bei niedrigem Druck im Rippenrohrverdampfer und nimmt dabei Wärme aus der Umgebungsluft auf. Der Luftstrom ist über einen leistungsstarken EC-Ventilator einstellbar.

Der Warmwasserkreislauf besteht aus einem Behälter, einer Pumpe und dem Verflüssiger als Heizer. Für einen kontinuierlichen Betrieb wird die anfallende Wärme über einen externen Kühlwasseranschluss abgeführt. Der Kühlwasserdurchfluss wird über ein Ventil eingestellt und gemessen.

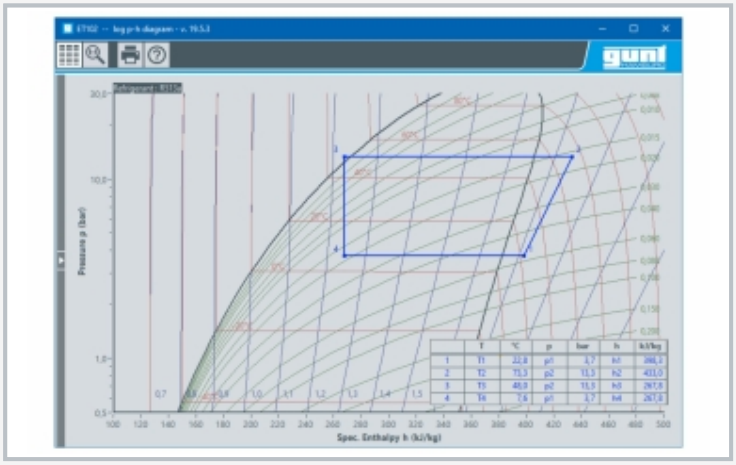
Alle relevanten Messwerte werden mit Aufnehmern erfasst und angezeigt. Die gleichzeitige Übertragung der Messwerte an eine Datenerfassungssoftware ermöglicht die Auswertung und die Darstellung des Prozesses im log p,h-Diagramm. Die GUNT-Software liefert exakte Daten des Kältemittelzustandes, mit deren Hilfe der Kältemittelmassenstrom präzise berechnet wird. Die Berechnung ergibt somit ein deutlich genaueres Ergebnis als die Messung mit konventionellen Verfahren. Die Software zeigt auch die wichtigsten Kenngrößen des Prozesses, wie z.B. Verdichterdruckverhältnis und Leistungszahl, an.

ET 102
Wärmepumpe

1 Expansionsventil, 2 Verdampfer mit Ventilator, 3 Druckaufnehmer, 4 Druckschalter, 5 Anzeige- und Bedienelemente, 6 Verdichter, 7 Durchflussmesser Kühlwasser, 8 Pumpe, 9 Warmwasserbehälter, 10 Sammler, 11 Verflüssiger



1 Verdichter, 2 Pumpe, 3 Warmwasserbehälter mit externem Kühlwasseranschluss, 4 Verflüssiger, 5 Sammler, 6 Expansionsventil, 7 Verdampfer mit Ventilator; T Temperatur, P Druck, F Durchfluss, P_{el} Leistung, PSH, PSL Druckschalter; blau-rot: Kältekreislauf, grün: Warmwasserkreislauf, hellblau: Kühlwasser



Screenshot der Software: log p,h-Diagramm

Spezifikation

[1] Untersuchung einer Wärmepumpe mit Wasserkreislauf als Last
[2] Kältekreislauf mit Verdichter, Verdampfer mit Ventilator, thermostatischem Expansionsventil und Koaxialwendel-Wärmeübertrager als Verflüssiger
[3] EC-Ventilator ermöglicht sehr große Lastvariabilität
[4] Warmwasserkreislauf mit Pumpe, Behälter und Verflüssiger als Heizer
[5] zusätzliche Kühlung über Rohrschlange im Warmwasserbehälter und externes Kühlwasser
[6] Erfassung und Anzeige aller relevanten Messwerte
[7] Kältemittelmassenstrom präzise berechnet über GUNT-Software
[8] GUNT-Software zur Datenerfassung über USB unter Windows 11
[9] Kältemittel R513A, GWP: 631

Technische Daten

Verdichter
- Kälteleistung: 372W bei 7,2/55°C
- Leistungsaufnahme: 205W bei 7,2/55°C

Koaxialwendel-Wärmeübertrager (Verflüssiger)
- Inhalt Kältemittel: 0,55L
- Inhalt Wasser: 0,3L

Rippenrohr-Verdampfer
- Übertragungsfläche: ca. 0,175m^2
- Luftstrom 0...1710m^3/h

Pumpe
- max. Förderstrom: 1,9m^3/h
- max. Förderhöhe: 1,4m

Warmwasserbehälter
- Volumen: ca. 4,5L

Kältemittel: R513A, GWP: 631
- Füllmenge: 1kg
- CO_2-Äquivalent: 0,6t

Messbereiche
- Druck: 2x -1...15bar
- Temperatur: 4x 0...100°C, 2x -100...100°C
- Leistung: 0...6000W
- Durchfluss:
  - Wasser 0...108L/h
  - Kühlwasser 10...160L/h
  - Kältemittel berechnet 0...17kg/h

230V, 50Hz, 1 Phase; 230V, 60Hz, 1 Phase
120V, 60Hz, 1 Phase; UL/CSA optional
LxBxH: 1630x800x1900mm
Gewicht: ca. 195kg

Für den Betrieb erforderlich

Wasseranschluss, Abfluss, PC mit Windows empfohlen

Lieferumfang

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

ET 102
Wärmepumpe

Optionales Zubehör

für Remote Learning

GU 100	Web Access Box
mit	
ET 102W	Web Access Software