

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur 7. Auflage ..... VIII

**Teil I      Elektrotechnik ..... 1**

**Kapitel 1    Grundbegriffe ..... 3**

1.1      Elektrische Ladung ..... 3

1.2      Elektrischer Strom ..... 6

1.3      Elektrische Spannung ..... 7

1.4      Elektrischer Widerstand ..... 9

1.5      Elektrischer Stromkreis ..... 11

**Kapitel 2    Verhalten elektrischer Widerstände ..... 13**

2.1      Das ohmsche Gesetz ..... 13

2.2      Leitungswiderstand ..... 14

2.3      Widerstand und Temperatur ..... 17

2.3.1    Temperaturfühler in der Kältetechnik ..... 19

2.4      Schaltungen elektrischer Widerstände ..... 23

2.4.1    Reihenschaltung elektrischer Widerstände ..... 23

2.4.1.1   Funktionsbeschreibung des Thermistor-Motorschutzes ..... 25

2.4.1.2   Spannungsfall auf Zuleitungen ..... 28

2.4.2    Parallelschaltung elektrischer Widerstände ..... 30

2.4.3    Gemischte Schaltungen ..... 33

2.4.4    Wicklungswiderstände in Verdichtermotoren ..... 36

2.4.4.1   Wechselstromverdichter ..... 36

2.4.4.2   Drehstromverdichter ..... 39

2.4.5    Brückenschaltung ..... 41

**Kapitel 3    Elektrische Energie ..... 47**

3.1      Elektrische Arbeit und elektrische Leistung ..... 47

3.2      Leistungsverluste ..... 50

3.3      Leistungsermittlung von Kälteanlagen ..... 55

3.3.1    Direkte Leistungsmessung ..... 55

3.3.2    Zähler und Zählerkonstante ..... 56

3.4      Kälteanlagen und Stromkosten ..... 57

3.5      Der elektrische Wirkungsgrad ..... 59

<b>Kapitel 4</b>	<b>Kondensator und Kapazität</b>	63
4.1	Kapazität von Kondensatoren	63
4.2	Schaltung von Kondensatoren	65
4.3	Lade- und Entladeverhalten von Kondensatoren	68
<b>Kapitel 5</b>	<b>Magnetische Wirkung des elektrischen Stroms</b>	73
5.1	Magnetische Grundeigenschaften	73
5.2	Stromdurchflossener Leiter, Induktivität und Spule	76
5.3	Ein- und Ausschaltverhalten einer Spule	79
<b>Kapitel 6</b>	<b>Grundlagen der Wechselstromlehre</b>	81
6.1	Darstellung sinusförmiger Wechselgrößen	81
6.2	Definition der Grundgrößen	82
6.3	Ohmscher Widerstand im Wechselstromkreis	85
6.4	Induktivität im Wechselstromkreis	87
6.4.1	Phasenverschiebung, Blindwiderstand, Blindleistung	88
6.4.2	Induktivität und ohmscher Widerstand	90
6.4.2.1	Reihenschaltung Induktivität und ohmscher Widerstand	90
6.4.2.2	Parallelschaltung Induktivität und ohmscher Widerstand	96
6.4.3	Berechnungen kältetechnischer Komponenten	101
6.5	Kondensator im Wechselstromkreis	106
6.5.1	Phasenverschiebung, Blindwiderstand, Blindleistung	106
6.5.2	Kondensator und ohmscher Widerstand	108
6.6	Blindstromkompensation kältetechnischer Anlagen	108
6.7	Spannungsfall bei Wechselstromverbrauchern	116
<b>Kapitel 7</b>	<b>Grundlagen des Dreiphasenwechselstroms (Drehstrom)</b>	121
7.1	Kennzeichen des Dreiphasenwechselstroms	121
7.2	Ohmsche Verbraucher an Dreiphasenwechselstrom	125
7.2.1	Sternschaltung	125
7.2.1.1	Störungen an Drehstromverbrauchern in Sternschaltung	128
7.2.2	Dreieckschaltung	131
7.2.2.1	Störungen an Drehstromverbrauchern in Dreieckschaltung	133
7.2.3	Änderung der Abtauleistung durch Stern-Dreieck-Umschaltung	137
7.3	Verdichter (Motor) an Dreiphasenwechselstrom	139
7.4	Spannungsfall und Leistungsverlust im Drehstromnetz	143

<b>Kapitel 8</b>	<b>Elektrische Antriebe in der Kältetechnik</b>	<b>147</b>
8.1	Erzeugung eines Drehfeldes	147
8.2	Drehzahl, Drehmoment und Leistung	148
8.3	Der Wechselstrommotor im Kälteanlagenbau	150
8.3.1	Aufbau und Betriebsverhalten	150
8.3.2	Der Motorschutzschalter	155
8.4	Der Drehstrommotor im Kälteanlagenbau	156
8.4.1	Betriebsverhalten	156
8.4.2	Verfahren zur Anlaufstrombegrenzung	160
8.4.2.1	Anlaufentlastung von Verdichtern	161
8.4.2.2	Stern-Dreieck-Anlauf	162
8.4.2.3	Der Teilwicklungsanlauf	163
8.4.2.4	Der Widerstandsanlauf	165
8.4.2.5	Der elektronische Motorstarter	165
8.5	Angaben des Leistungsschildes eines Motors	167
8.6	Die Drehzahländerung	169
8.6.1	Polumschaltbare Motoren	170
8.6.2	Leistungselektronische Antriebssysteme	173
8.6.3	Die elektronisch kommutierten Motoren	174
8.6.4	Aufbau, Einsatz und Netzbelastungen der Frequenzumrichter	176
8.6.4.1	Aufbau und Wirkungsweise des Frequenzumrichters	178
8.6.4.2	Netzurückwirkungen des Frequenzumrichters	180
8.6.4.3	Netzfilter und Oberschwingungskompensation	184
8.6.4.4	Installation, Überstrom- und Überspannungsschutz	185
8.6.4.5	Vorteile des Frequenzumrichters in der Kältetechnik	186
<b>Teil II</b>	<b>Steuerungstechnik</b>	<b>187</b>
<b>Kapitel 9</b>	<b>Grundlagen der Steuerungstechnik für die Kältetechnik</b>	<b>189</b>
9.1	Kenngößen einer Steuerung	189
9.2	Normgerechte Darstellung von ausgewählten Betriebsmitteln	191
9.3	Kennzeichnung elektrischer Betriebsmittel	195
9.4	Aufbau und Wirkungsweise wichtiger Betriebsmittel für kältetechnische Steuerungen	198
9.4.1	Schütz, Relais	198
9.4.2	Schalter, Taster	202
9.4.3	Zeitrelais	205
9.4.4	Abtauuhr	209
9.4.5	Abtauheizung und Kurbelwannenheizung	211
9.4.6	Thermostat und Pressostat	215

9.5	Schaltungsunterlagen .....	216
9.6	Einfache Kontaktsteuerungen .....	221
9.7	Versorgung von Steuerstromkreisen .....	228
<b>Kapitel 10</b>	<b>Sicherheitseinrichtungen in kältetechnischen Steuerungen .....</b>	<b>231</b>
10.1	Leitungsschutz und Motorschutzeinrichtungen .....	231
10.1.1	Kurzschlusschutz .....	231
10.1.2	Thermischer Überstromauslöser .....	233
10.1.3	Motorschutzscharter .....	235
10.1.4	Thermistor-Motorschutz .....	236
10.1.5	Öldruckdifferenzschalter .....	238
10.1.6	Druckgasüberhitzungsschutz, Wärmeschutzthermostat .....	241
10.1.7	Hoch- und Niederdruckpressostate .....	243
10.2	Die Sicherheitskette in einer Steuerung .....	244
10.2.1	Sammelstörmeldung ohne Resetfunktion .....	245
10.2.2	Einzelstörmeldung ohne Resetfunktion .....	246
10.2.3	Sammelstörmeldung mit Resetfunktion .....	247
10.2.4	Einzelstörmeldung mit Resetfunktion .....	249
10.2.5	Resetfunktion und Ruhestromprinzip .....	250
<b>Kapitel 11</b>	<b>Anlaufstrombegrenzung von Verdichtern .....</b>	<b>255</b>
11.1	Stern-Dreieck-Anlauf .....	255
11.2	Teilwicklungsanlauf .....	259
11.3	Widerstandsanlauf .....	262
<b>Kapitel 12</b>	<b>Verdichtersteuerungen .....</b>	<b>267</b>
12.1	Absaugschaltungen .....	267
12.1.1	Pump-down-Schaltung .....	267
12.1.2	Pump-out-Schaltung .....	268
12.1.3	Steuerungsbeispiele .....	270
12.2	Leistungsgeregelter Verdichter .....	274
12.3	Schraubenverdichter .....	277
<b>Kapitel 13</b>	<b>Drehzahlsteuerungen in der Kältetechnik .....</b>	<b>285</b>
13.1	Getrennte Wicklungen .....	285
13.2	Angezapfte Wicklungen (Dahlanderschaltung) .....	288
13.3	Drehzahl geregelter Verflüssigerventilator .....	293
13.3.1	Verflüssigerventilator mit Stern-Dreieck-Schaltung .....	293
13.3.2	Verflüssigerventilator mit Dahlanderschaltung .....	296

**Kapitel 14 Kälteanlagentechnische Steuerungen** ..... 301

**Kapitel 15 Elektronische Komponenten in der Steuerungstechnik für Kälte- und Klimaanlage** ..... 313

15.1 Elektronischer Motorstart ..... 313

15.2 SPS und Kleinsteuergeräte ..... 316

15.2.1 Einleitung. .... 316

15.2.2 Aufbau und Arbeitsweise einer SPS ..... 318

15.2.3 Programmiersprachen und Beispielprojekt. .... 321

15.3 Der Kühlstellenregler ..... 329

**Kapitel 16 Schutzmaßnahmen gegen gefährliche Körperströme** ..... 333

16.1 Einteilung der Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag ..... 333

16.2 Schutz gegen direktes Berühren – Basisschutz ..... 334

16.3 Schutz bei indirektem Berühren – Fehlerschutz ..... 336

16.4 Schutz durch Kleinspannung mit SELV und PELV ..... 337

16.5 Die Schutzisolierung ..... 340

16.6 Der Schutz durch Abschaltung ..... 340

16.6.1 Die Netzsysteme ..... 341

16.6.2 Die Abschaltung im TN-System ..... 346

16.6.3 Die Abschaltung im TT-System ..... 351

**Literatur-/Bildnachweis** ..... 354

**Stichwortverzeichnis** ..... 356