



Dipl.-Ing. Gerhard Hubert, Entwicklungsingenieur bei der Firma Hans Güntner Elektronik GmbH, Fürstenfeldbruck. Hier während seines Vortrags auf der Deutschen Kälte- und Klima-Tagung 1997 in Hamburg.

Immer mehr Anwender nutzen die Vorteile einer stetigen Drehzahlregelung der Ventilatoren von luftgekühlten, lamellierten Wärmeaustauschern. Diese Regelungsart ist mittlerweile zum Standard bei modernen Neuanlagen geworden. Sie wird bei Verflüssigern, Rückkühlern und in zunehmendem Maße auch bei Luftkühlern eingesetzt. Je nach Anwendung werden der Verflüssigungsdruck des Kältemittels, die Kühlmitteltemperatur oder die Raumtemperatur als Regelgröße verwendet.

Im Hause Güntner hat man bei der Reglerentwicklung auf applikationsspezifische Eigenschaften geachtet, so daß mit den Geräten neben den Standardlösungen, interessante Varianten für spezielle Anwendungsfälle leicht und ohne Zusatzbausteine realisiert werden können. Einige davon werden hier vorgestellt.

Regelgeräteaufbau

Regler zur stetigen Drehzahländerung von Ventilatoren bestehen aus einem Leistungsteil und einem Regelteil (Abb. 1), die in einem Gerät vereint sind.

* Als Vortrag gehalten anlässlich der Deutschen Kälte- und Klima-Tagung des DKV vom 19.–21. 11. 1997 in Hamburg.

** Dipl.-Ing. Gerhard Hubert und Dipl.-Ing. Udo Buse, Entwicklungsingenieure bei der Firma Hans Güntner Elektronik GmbH, Fürstenfeldbruck

Ventilatorregelung in der Kälte-Klima-Lüftungstechnik*

Gerhard Hubert** und Udo Buse**, Fürstenfeldbruck

Die unterschiedlichen Prinzipien, auf denen die Leistungsteile aufgebaut sind und die daraus resultierenden Einsatzgebiete, Vor- und Nachteile, werden hier nicht behandelt. Es ist ein sehr umfangreiches, wichtiges Thema, das einer eigenen Abhandlung bedarf.

Das Regelteil besteht im wesentlichen aus der Bereitstellung der Energieversorgung für den/die Meßaufnehmer, der Meßwertaufbereitung und der Regelsignalgenerierung. Durch den Vergleich des Istwertes mit den vorgegebenen Regelparameter entsteht ein Regelsignal, welches auf das gemeinsame Leistungsteil wirkt. Im Regelteil können z. B. zwei Regelsysteme vorgesehen sein, wobei jedes Regelsystem mehrere Signaleingänge und sowohl stetige als auch 2-Punkt-Regler beinhalten kann.

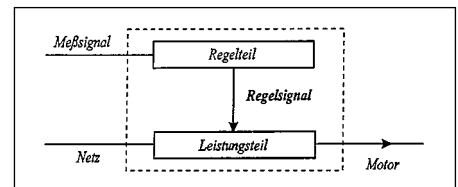


Abb. 1 Schaltschema eines Regleraufbaus.

Das Leistungsteil stellt gleichzeitig für alle Lüfter die Antriebsleistung entsprechend der benötigten Drehzahl zur Verfügung.

Schaltplanbeispiel

Musterhaft ist ein Elektroschaltplan für die Einbindung eines Phasenanschnittsteuerungsreglers in das Antriebskonzept eines Ventilators dargestellt (Abb. 2). Folgende Baugruppen sind hervorzuheben:

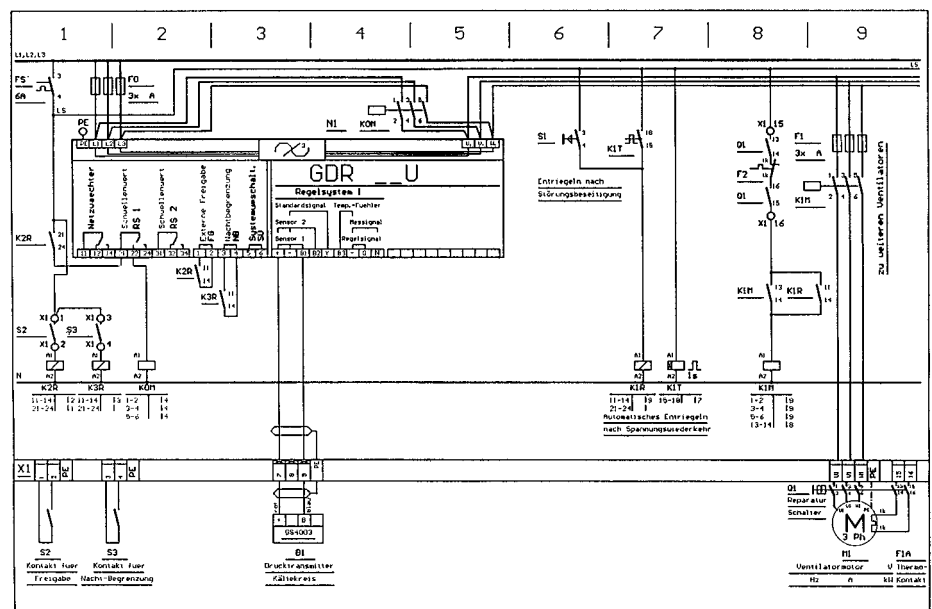


Abb. 2 Einbindung eines Phasenanschnittsteuerungsreglers für die Verflüssigungsregelung.

- Regelgerät für Schaltschrankeinbau und Meßaufnehmer.
- Reglerüberbrückungsschaltung für den direkten Betrieb aller Lüfter mit Netzspannung als Sicherheitsschaltung bei Überschreitung des Schwellenwertes bzw. bei Reglerstörung.
- Ventilator mit Thermokontakt.
- Leitungssicherungen, Motorschutz mit Selbsthaltungsschaltung, Zeitrelais für die automatische Wiederkehr nach Netzausfall und Quittiertaster.

Verflüssigerregelung in einem Kältekreis mit zu-/abschaltbarer Wärmerückgewinnung

Beschreibung der Vorgaben

Während der Wärmerückgewinnungsphase (z. B. Brauchwassererwärmung) wird das Kältemittel durch den Boiler und durch den Verflüssiger geleitet. Um die Brauchwassertemperatur möglichst hoch zu halten, muß die Kondensatontemperatur auf dem höchstmöglichen Niveau gehalten werden. Dies wird erreicht, indem man im luftgekühlten Verflüssiger nur die vom Boiler nicht aufgenommene Leistung abführt.

Wenn der Brauchwasserspeicher geladen ist, wird der Kältemittelfluß nur noch durch den luftgekühlten Verflüssiger geleitet. Um in dieser Phase die Kälteanlage energetisch günstig zu fahren, wird durch die Reglereinstellung die Verflüssigungstemperatur immer auf dem niedrigst möglichen Niveau gehalten.

Lösung: (GDR-M (Abb. 3))

Es sind zwei Regelsysteme vorhanden. Das erste Regelsystem wird mit dem Istwert vom Drucksensor versorgt. Für das zweite Regelsystem kann der Istwert vom ersten Regelsystem verwendet werden.

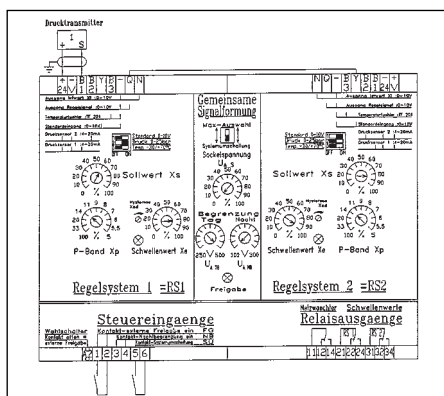


Abb. 3 Verflüssigerregelung mit Sollwertumschaltung für Wärmerückgewinnung.

Je Regelsystem ist ein Satz analoger Einstellpotentiometer für Sollwert und P-Band (Proportionalregler mit steigender Kennlinie) sowie für Schwellenwert und Rückschalthysterese (2-Punkt-Regler).

Der digitale Eingang „Systemumschaltung“ ist mit einem potentialfreien Schließer von der Boilerregelung beschaltet.

Anmerkung:

Versuche haben gezeigt, daß für diese Anwendung ein Proportionalregler zweckmäßig ist. Wegen den vielen, permanent veränderlichen Einflüssen wäre ein PI- oder PID-Regler zu instabil, was zum Pendeln der Lüfterdrehzahl führen würde.

Verflüssigerregelung mit Anhebung der Temperatur in der Heißgasabtauphase

bei Verbundanlagen:

Es kann der gleiche Aufbau wie oben verwendet werden, lediglich die Einstellwerte müssen der Anwendung angepaßt werden.

bei Umkehrbetrieb:

Im Unterschied zum Verbundanlagenbetrieb hat das zweite Regelsystem einen Proportionalregler mit fallender Kennlinie.

Solekühlerregelung bei Rückkühl- und Freikühlbetrieb

Wenn man den Drucksensor durch einen Temperaturfühler, der die Austrittstemperatur erfaßt, ersetzt, kann dieser Aufbau auch für einen Solekühler verwendet werden. Mit RS1 wird z. B. der Rückkühlbetrieb mit dem RS2 die Freie Kühlung gefahren (siehe Abb. 4).

Die Steuerung (Abb. 5) ist im Vergleich zu Abb. 2 durch die Systemumschaltung um einen doppelten Wechsler erweitert. Dieser bedient einerseits den digitalen Reglereingang und andererseits die Überbrückungsschaltung.

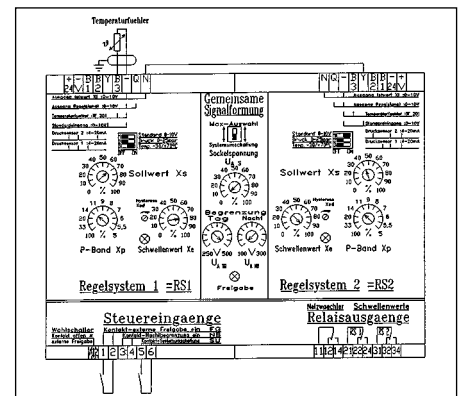


Abb. 4 Rückkühlerregelung mit Sollwertumstellung „Sommer/Winter“.

Verflüssigerregelung bei mehreren, luftseitig nicht getrennten Kältekreisen mit zwei unterschiedlichen Kältemitteln

Beschreibung der Vorgaben

Sind mehrere Kältemittelkreise mit kleinen Leistungen aus Kostengründen in einem Verflüssiger luftseitig zusammengefaßt (liegen im gleichen Luftstrom eines Lüfters), ist eine getrennte Regelung nicht möglich. In diesem Falle wählt man die Maximalwertauswahl, d. h. die Drehzahl des Lüfters wird jeweils von dem Kältekreis mit der momentan größten Abweichung des Kondensationsdruckes zu den eingestellten Betriebsparameter vorgegeben. In einer Zeit der Kältemittelvielfalt kommt es nicht selten vor, daß sogar zwei unterschiedliche Kältemittel zum Einsatz kommen. In diesem Beispiel sind es vier Kreisläufe, die mit einem, und ein fünfter Kreislauf, der mit einem anderen Kältemittel gefüllt ist.

Lösung: S-GWR 05IPH P (Abb. 6)

S = mit zwei Regelsystemen ausgestattet. Im Regelsystem RS1 werden die vier Istwerte der angeschlossenen Drucksensoren direkt miteinander verglichen. Der jeweils größte Wert wird mit dem Sollwert und P-Band für das erste Kältemittel verglichen und ein Regelsignal gebildet. Beim fünften Kreis wird der Druckwert mit den da-

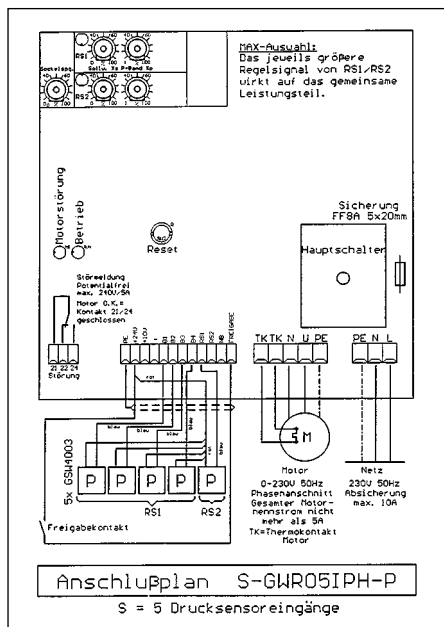


Abb. 6 Regelsystem für den Einsatz bei mehreren, luftseitig nicht getrennten Kältekreisen mit zwei unterschiedlichen Kältemitteln.

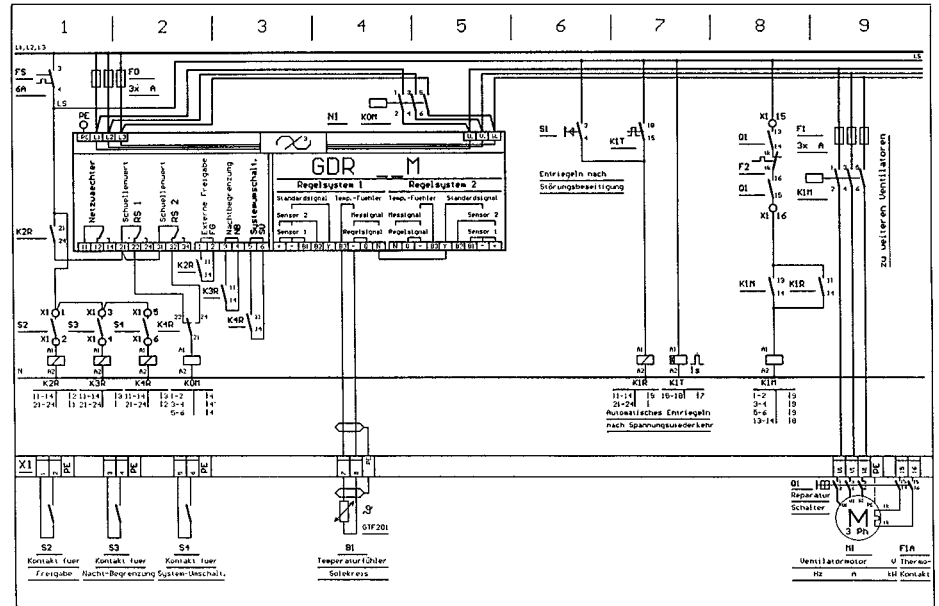


Abb. 5 Systemumschaltung mit doppeltem Wechsler für den Einsatz bei Rückkühler und Freie Kühlung.

zugehörigen Einstellwerten des RS2 verglichen und ebenfalls ein Regelsignal gebildet. Aus diesen beiden Regelsignalen wird das jeweils größere Signal für die Ansteuerung des Leistungsteiles verwendet. Als Einstellwerte wählt man für die Sollwerte 1 und 2 die Drücke der beiden Kältemittel bei gleicher Kondensationstemperatur. Für die zwei P-Bänder wählt man die Druckspreizung der beiden Kältemittel bei gleicher Temperaturspreizung.

Anmerkungen:

Sollen unterschiedliche Kondensationstemperaturen (z. B. NK, TK) berücksichtigt werden, so ist es bei der Festlegung der Einstellparameter mit einzubeziehen. Bei der Auslegung der Anlage für den Ganzjahresbetrieb ist eine Anstauregelung mit einzubeziehen. Dieses Gerät ist in einem Stahlgehäuse der Schutzklasse IP55 untergebracht. Werksseitig sind noch ein Hauptschalter und der Motorschutz (Thermokonakttaufsaltung) für die Ventilatoren implementiert. Dementsprechend handelt es sich um einen Kleinschrank mit integriertem Regler. Durch die von der Firma Güntner Elektronik GmbH entwickelte mikroprozessorgesteuerte Zündtechnik wird auch eine automatische Anpassung des Leistungsteiles an den cos Phi der angeschlossenen Motoren vorgenommen. Außerdem kann bei diesen mikroprozessorgesteuerten Regelgeräten, durch

werksseitige Änderung der Software in Verbindung mit der umfangreichen Hardware, eine große Anzahl von Gerätevarianten geschaffen werden, die ein breites Anwendungsspektrum abdecken.

Rückkühlerregelung mit außentemperaturabhängigem, gleitendem Sollwert

Beschreibung der Vorgaben

Wenn eine Regelung mit einem bzw. zwei fest eingestellten Sollwerten nicht

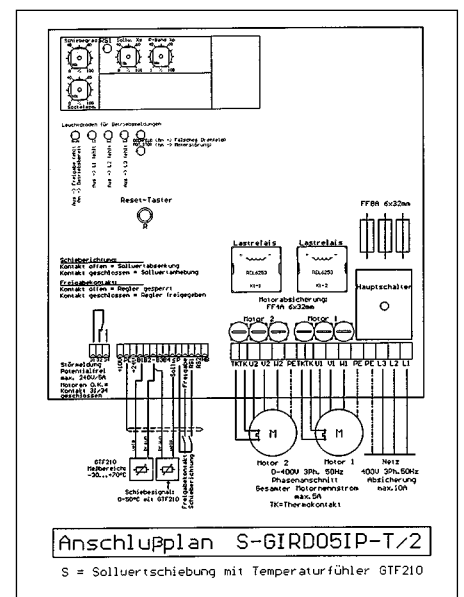


Abb. 7 Anschlußplan für Sollwertverschiebung mit Temperaturfühler.

ausreicht, kann auch ein variabler Sollwert gefahren werden. In diesem Beispiel soll der Sollwert mit abnehmender Außentemperatur abgesenkt werden.

Lösung: S-GIRD05IP T/2 (Abb. 7)

S = Sollwertschiebung mit Temperaturfühler. Hier wirkt der angeschlossene Außenlufttemperaturfühler als analoger Signalgeber für die Veränderung des fest eingestellten Sollwertes. In den bisherigen Beispielen war nur eine Umschaltung mit einem externen digitalen (auf/zu) Signal vorgesehen. Der Einfluß der Außentemperatur auf den Sollwert kann über das Schiebegradpoti bestimmt werden, d. h. man kann vorgeben, um wie viel der Sollwert, bei einer definierten Änderung der Außentemperatur, verändert wird. Es kann vorgegeben werden, ob sich die Sollwertänderung als Absenkung oder als Anhebung auswirkt.

Anmerkung:

Es werden beide Lüfter gemeinsam gleich geregelt und es ist ein Einzelmotorschutz mit Sicherheitsrelais so-

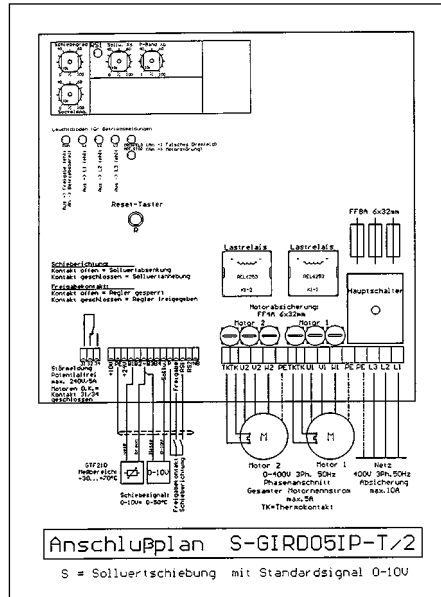


Abb. 8 Rückkühlerregelung mit Sollwertverschiebung durch externes Standardsignal.

mit integriert, daß es beim Ausfall eines Lüfters nicht zwangsläufig zum Ausfall der gesamten Anlage führt.

Rückkühlerregelung mit Sollwertschiebung vorgegeben von einem externen Standardsignal

Beschreibung der Vorgaben

Ist von der Regelung einer zentralen Leittechnik ein 0 bis 10V DC Standardsignal als Führungsgröße für den Sollwert vorgesehen, so kann dieses mit berücksichtigt werden.

Lösung: S-GIRD05IP T/2 (Abb. 8)

S = Sollwertschiebung mit Standardsignal. Durch die Aufschaltung des externen Signales auf den dafür vorgesehenen Eingang kann der manuell eingestellte Sollwert gleitend verändert werden.

Anmerkung:

Bei Bedarf könnte der Schiebegrad mittels Einstellpoti noch beeinflusst werden.

Rückkühlerregelung mit Ansteuerungskontakt für den Solefluß

Beschreibung der Vorgaben

Neben der Austrittstemperaturregelung soll unter Berücksichtigung der

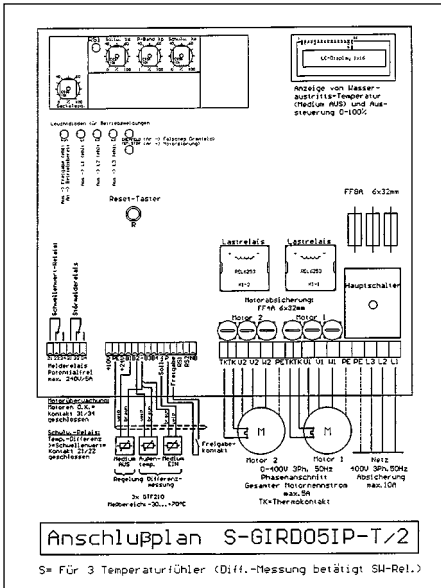


Abb. 9 Anschlußplan für Ausföhrung für Rückkühlerregelung mit Ansteuerungskontakt für den Soledurchfluß.

Soleeintrittstemperatur und der Außenlufttemperatur die Freigabe für den Durchfluß der Sole durch den Kühler erfolgen.

Lösung: S-GIRD05IP T/2 (Abb. 9)
 S = Ausstattung für drei Temperaturfühler (Differenzmessung bestätigt das Schwellenwertrelais). Es wird die Flüssigkeitsaustrittstemperatur erfaßt und mit dem Proportionalregler über die Lüfterdrehzahl geregelt. Des weiteren werden die Medieeintritts- und die Außenlufttemperatur erfaßt, deren Differenz gebildet und mit der am Schwellenwertpoti (2-Punkt-Regler) eingestellten Mindestdifferenz verglichen. Nur wenn diese Differenz groß genug ist, wird über das Schwellenwertrelais das Zuleitungsventil geschaltet und somit der Flüssigkeitsstrom durch den Wärmetauscher geleitet.

Anmerkung:
 Für das Schwellenwertrelais ist eine Schalthysterese von 1,5 °C vorgegeben. Hier ist noch eine Anzeige für die Austrittstemperatur und den Aussteuerungsgrad des Reglers vorgesehen.

Regelung eines Verflüssigers mit integriertem Solekühler

Beschreibung der Vorgaben
 Der lamellierte Wärmeaustauscherblock besteht aus zwei nebeneinander liegenden Verflüssigerkreisläufen und

einen darunter angeordneten Solekühlkreislauf (alle Kreise liegen im Luftstrom derselben Ventilatoren). Solange die Außenlufttemperatur niedrig genug ist, um die Kaltwassererzeugung für die Klimatisierung sicherzustellen, wird das Gerät als „Freier Kühler“ betrieben. Ist die Außenluft zu warm dafür, wird der Kaltwassersatz gestartet und der/die Verflüssiger ist/sind in Betrieb. Somit wird energieverbrauchsgünstig die Kaltwasserverorgung bereitgestellt.

Lösung: GDR . . . M (Abb. 10 und 11)
 Mit den zwei Sensoren werden die Drücke in den Verflüssigerblöcken erfaßt, der jeweils größere wird ausgewählt und abhängig von den Einstellwerten am Regelsystem RS1 wird die Lüfterdrehzahl vorgegeben. Beim Freikühlbetrieb, der von extern über einen potentialfreien Schließer vorgegeben wird, ist das Regelsystem RS2 aktiviert. Es erfolgt eine Messung der Soleaustrittstemperatur und anhand der Abweichung zu den eingestellten Werten wird die Drehzahl stetig angepaßt.

Anmerkung:
 Diese Regelung ist eine Ableitung der Maximalwertregelung von zwei Kältekreisen und einer Rückkühlerregelung (im Freikühlbetrieb) kombiniert mit der Systemumschaltung. Dementsprechend ist auch die gesamte Steuerung

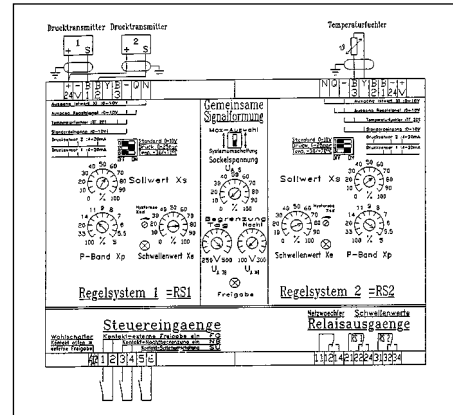


Abb. 10 Reglerausstattung für ein bis zwei Kältekreisläufe und ein Kühlerkreislauf (Freie Kühlung).

(Abb. 11) sehr ähnlich wie die in Abb. 5 dargestellt.

Raumtemperatur geregelter Verdampferlüfter

Beschreibung der Vorgaben
 In Kältekammern mit wechselndem Schnellabkühl-/Lagerbetrieb sind je nach Betriebszustand sehr unterschiedliche Lüfterdrehzahlen notwendig. In der Abkühlphase werden relativ hohe Drehzahlen benötigt bzw. in der Lagerphase soll eine möglichst kontinuierliche, langsame Luftumwälzung (niedrige Drehzahlen) stattfinden. Beim Betrieb der Abtaueisung muß der Ventilator im Stillstand sein.

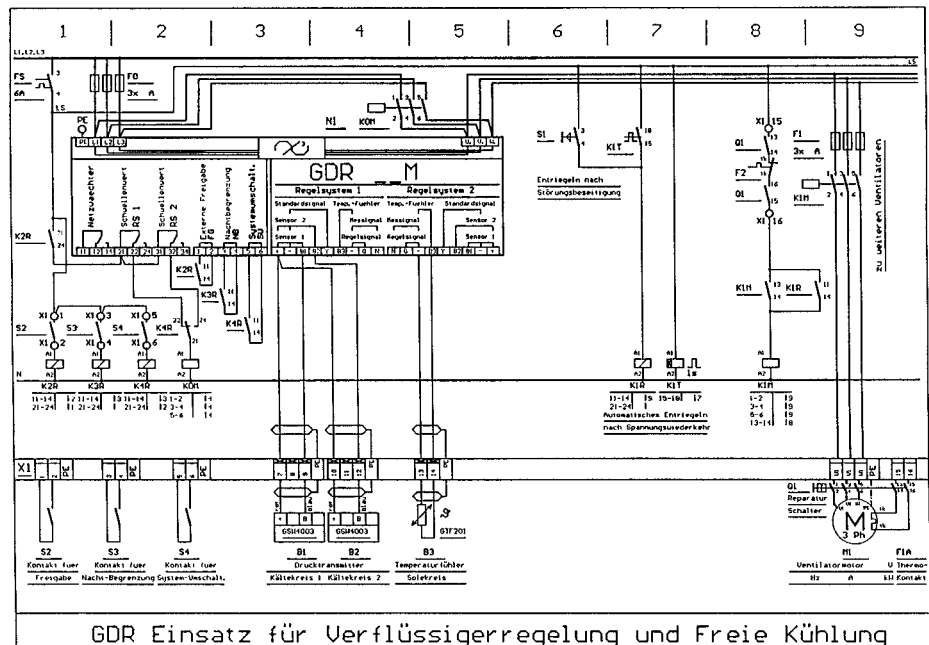


Abb. 11 Schaltplan für den Einsatz zur Verflüssigerregelung und Freie Kühlung.

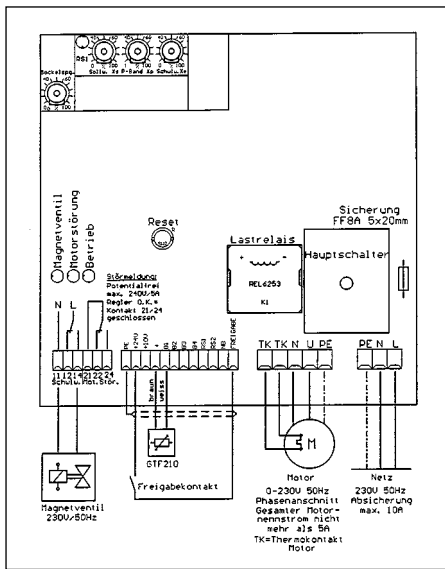


Abb. 12 Reglerausstattung für einen raumtemperaturgeregelten Verdampferlüfter.

Lösung: GDRT-U (Abb. 12)

Ist im Kühlraum die Temperatur gleich mit dem eingestellten Sollwert, dreht der Ventilator mit der entsprechend der benötigten Luftumwälzung eingestellten Sockeldrehzahl. Erfolgt ein Temperaturanstieg (z. B. durch die Einbringung von Ware), steigt entsprechend dem Meßwert und der P-Band-Einstellung auch die Lüfterdrehzahl. Wird die Abtauheizung eingeschaltet, muß der Freigabekontakt des Reglers geöffnet werden, das Leistungsteil wird gesperrt und der Lüfter bleibt stehen.

Anmerkung:

Mit dem Schwellenwertrelais könnte auch das Überschreiten einer Grenz-

temperatur gemeldet werden. An der Klemme N des Reglers liegt das Istwertsignal (Raumtemperatur) an und kann z. B. für Aufzeichnungszwecke verwendet werden.

Raumtemperaturgeregelte Luftkühler mit Solebetrieb

Beschreibung der Vorgaben

Im Bearbeitungsraum soll die Lüfterdrehzahl reduziert werden, sobald die mindest nötige Temperatur unterschritten wird. Wenn die Temperatur deutlich absinkt, soll die Drehzahl bis zum Stillstand kontinuierlich abgesenkt werden. Bei Unterschreitung eines Grenzwertes soll die Solezufuhr automatisch gesperrt werden.

Lösung: S-GIRW 05IPT00/1 (Abb. 13)

Es wird die Raumtemperatur erfaßt, und abhängig von den Einstellungen vom Proportionalregler wird die Lüfterdrehzahl geregelt. Das gleiche Meßsignal wird auch im 2-Punkt-Regler verarbeitet, und bei Unterschreitung des eingestellten Schwellenwertes wird das Magnetventil der Zuleitung geschlossen.

Anmerkung:

Wenn das Stellorgan, wie in diesem Fall, bekannt ist, kann der Schwellenwertausgang direkt die Betätigungsspannung zur Verfügung stellen. Somit wird nicht nur die Regelfunktion erfüllt, sondern auch der Elektroinstallationsaufwand an der Anlage reduziert sich, wenn das Magnetventil in der Nähe des Kühlers montiert ist. In der zentra-

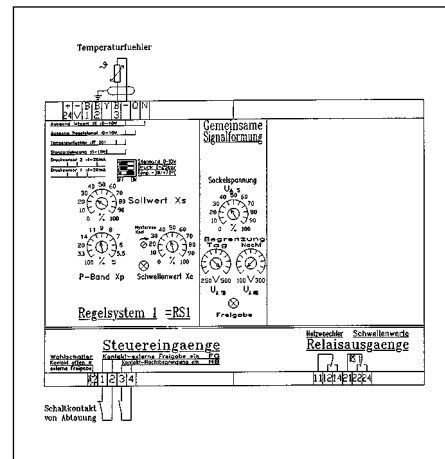


Abb. 13 Anschlußplan für den Reglereinsatz bei einem raumtemperaturgeregelten Luftkühler mit Solebetrieb.

len Spannungsverteilung kann für den Ventilator und das Magnetventil eine gemeinsame Versorgung vorgesehen werden.

Abschließende Bemerkungen

Da es möglich ist, auch komplexe Regelungsfunktionen mit dem Drehzahlregler zu realisieren und das Regel- und Leistungsteil in einem Gerät vereint sind, bietet es sich an, unabhängige selbstgeregelt Antriebe auch lokal zu realisieren, z. B. Luftkühler mit angebautem Drehzahlregler, Verflüssiger bzw. Rückkühler.

All das zeigt, daß die Regelungstechnik massiv auch in den Bereich Kälte Klima Einzug gehalten hat und daß Planer und Errichter von Anlagen für fast jede Anwendung auf eine vorgefertigte Lösung zurückgreifen können.

Kapriolen

Wer den Duden aufschlägt, wird den Wortbegriff „Kapriole“ durch die wahlweisen Umschreibungen „nährischer Luftsprung“ und/oder „toller Einfall“ erklärt finden. KK neigt dazu, die erste Umschreibung sich zu eigen zu machen. Zumindest im Zusammenhang mit der Informationsschrift (DIN-A5-Format) des Umweltbundesamtes zum „Ausstieg aus der Verwendung FCKW-haltiger Kältemittel in bestehenden Kälte- und Klimaanlage“. Darin sind u. a. hilfreiche Erläuterungen enthalten, wie die

„Bekanntmachung von Ersatzkältemitteln für R 12-haltige Erzeugnisse nach der FCKW-Halon-Verbots-Verordnung“ vom 21. Dezember 1997 anzuwenden und umzusetzen ist. Jedermann weiß inzwischen: am 30. 6. 1998 ist endgültig Schluß mit der Reparturnachfüllung von R 12, denn das weitere „Inverkehrbringen“ und „Verwenden“ von R 12 ist nach dem Wortlaut des Chemikaliengesetzes (siehe auch Erläuterungen auf Seite 178 dieser KK) bei Strafe verboten. Ganz anders scheint dies ausge-

rechnet das Umweltbundesamt zu sehen, denn auf Seite 12 der Info-schrift, in der erklärt wird, „Welche Geräte werden nicht von der Bekanntgabe erfaßt?“ (das sind „steckerfertige Geräte mit einem dauerhaft geschlossenen Kreislauf und einer Kältemittelfüllung bis zu 1 kg“) heißt es, diese Geräte „können bis zur Außerbetriebnahme weiterverwendet und wenn notwendig auch wiederbefüllt werden.“ Aber doch nicht mit R 12? Oder? Wie denn dann? Nun alles klar? P. W.