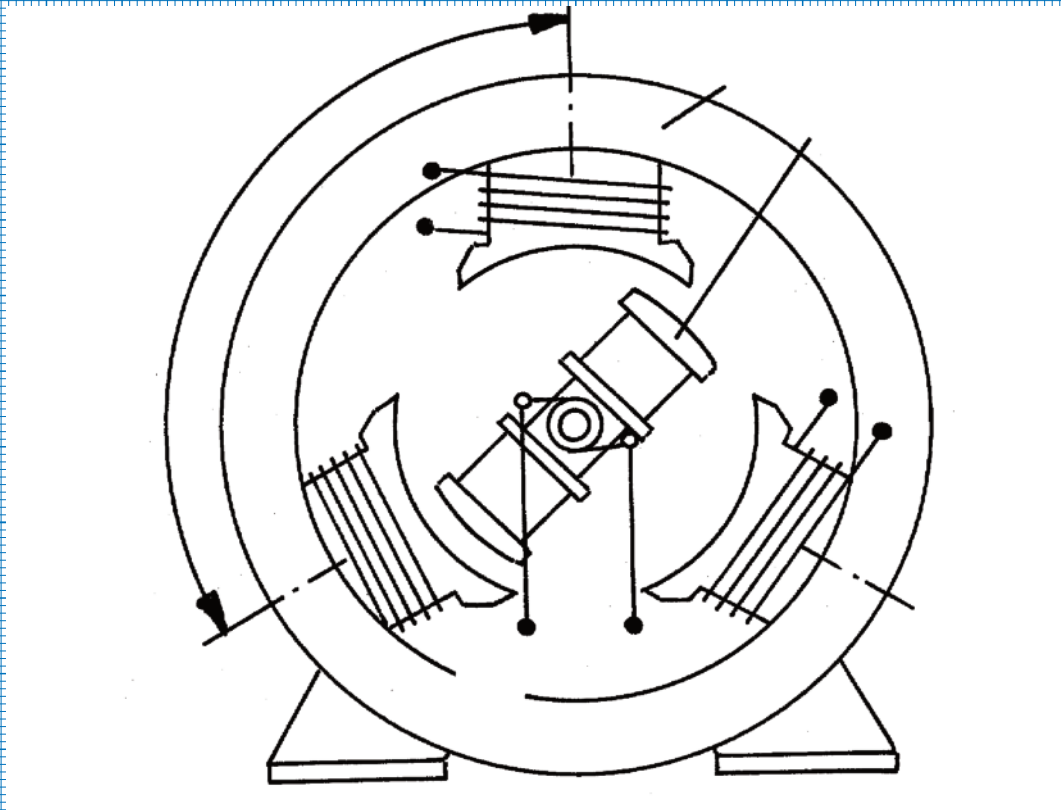


Grundlagen der Elektromotoren und deren Schaltung





Dieser Fachartikel erläutert die in einem elektrischen Netz wichtigen Begriffe wie Drehstrom, Wechselstrom etc.

Thomas Feick (Jahrgang 1957)

absolvierte eine Ausbildung als Elektroinstallateur. Seit 1985 ist er bei Babcock-BSH AG als Sachbearbeiter in der Elektroabteilung tätig.
1980 wechselte er in den Bereich der E-Konstruktion und ist bei der TROX TLT in Bad Hersfeld neben seinen elektrotechnischen Aufgaben für den Servicebereich zuständig.

Drehstrom und Wechselstrom

Drehstrom

Der Drehstrom (oder auch 3-phasiger Wechselstrom) wird in Generatoren erzeugt und in Leitungen an die Verbraucher elektrischer Energie herangeführt. Das Netz besteht aus den drei stromführenden Leitern L1, L2 und L3, sowie einem Neutralleiter N und Schutzleiter PE.

In einem Drehstromnetz mit der Bezeichnung 400 V 3/N ~ 50 Hz, das in Europa am weitesten verbreitet ist, verhalten sich die Spannungen wie folgt:

Zwischen den Leitern L1-L2, L2-L3 und L3-L1 herrschen jeweils 400 V, zwischen den Leitern L1-N, L2-N sowie L3-N jeweils 230 V (siehe Abb.1).

Wechselstrom

Der Wechselstrom (oder Einphasenstrom) ist eine Phase des Drehstromnetzes mit dem zugehörigen Neutralleiter N. Welche der drei Phasen als Wechselstromphase benutzt wird, ist ohne Bedeutung. In Abb. 1 sieht man, dass bei Vorhandensein eines Drehstromnetzes mit Neutralleiter N und einer Spannung von 400 V auch gleichzeitig ein Wechselstromnetz von 230 V zur Verfügung steht. Das Verhältnis der Spannungen zwischen den Phasen mit den Spannungen zwischen je einer Phase und dem Neutralleiter N wird durch den sogenannten Verkettungsfaktor ausgedrückt.

Der Verkettungsfaktor errechnet sich aus:

$$\frac{\text{Spannung zwischen 2 Phasen}}{\text{Spannung zwischen 1 Phase und N}} = \frac{400\text{V}}{230\text{V}} = 1,73 = \sqrt{3}$$

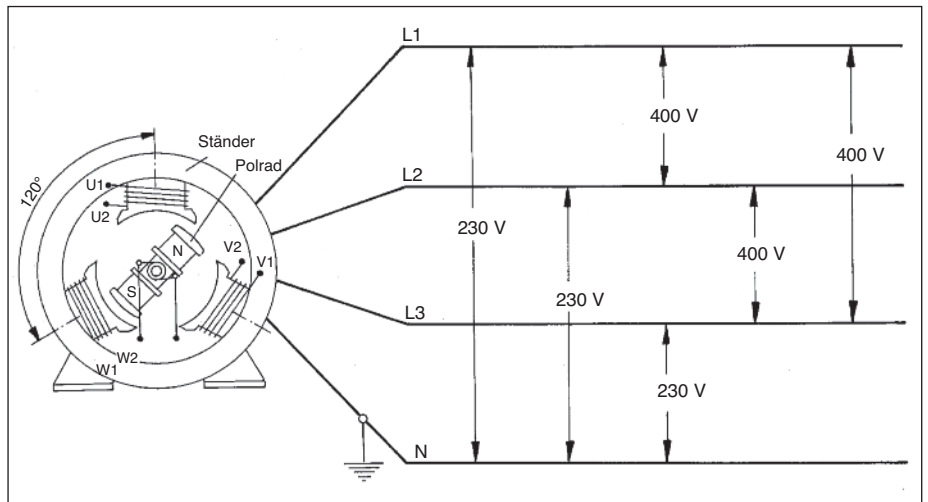


Abb. 1

Dieser Verkettungsfaktor von $1,73 = \sqrt{3}$ hat Gültigkeit für alle Drehstromnetze (3-phasige Wechselstromnetze mit Neutralleiter N, gleich welcher Nennspannung sie sind).

Drehstrommotoren

Im folgenden sollen nun die Anschlussmöglichkeiten der Motoren von Ventilatoren und Luftheizer an die zuvor beschriebenen Netze erläutert werden.

Grundsätzlich gilt: Die Voraussetzung für den Anschluss eines Lüftungs-Gerätes mit Elektro-Motor ist das Vorhandensein eines elektrischen Netzes. Zum Betrieb eines Motors an einem elektrischen Netz müssen beide aufeinander abgestimmt sein, d. h. die Frequenz sowie die Netz und Betriebsspannung müssen übereinstimmen.

Drehstrommotoren für eintourigen Betrieb mit zwei Spannungsangaben z. B. 230/400 V oder 400/690 V.

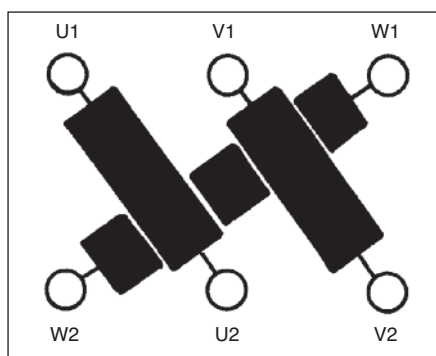


Abb. 2

Abbildung 2 zeigt, wie bei diesen Motoren die Anschlussklemmen bezeichnet sind.

Die Spannungsangaben 230/400 V sagt aus, dass der Motor sowohl an ein Drehstromnetz von 230 V als auch an ein solches von 400 V angeschlossen werden kann.

Meistens hat man aber nicht die Wahl der Netzspannung, weil sie vorgegeben ist, dafür aber die Wahl der Schaltung des Motors. Jede einzelne Wicklung dieses Motors ist für eine Spannung von 230 V ausgelegt. Durch die Stern- oder Dreieckschaltung ist es jedoch möglich, ihn an einer Spannung von 230 V oder 400 V zu betreiben.

In der Sternschaltung sind die Wicklungen nach folgendem Schema miteinander verschaltet. (Abb. 3)

Aus dem Bild sind deutlich die in Sternform zusammengeschalteten Wicklungen zu erkennen, während aus dem Bild des Klemmenbrettes hervorgeht, wo die Zuleitung anzuschließen und die Stern-Brücke einzulegen ist. Die Verkettung zwischen der Wicklungsspannung 230 V und der Netzspannung 400 V beträgt auch hier $1,73 = \sqrt{3}$.

Bei jeder anderen Wicklungsspannung muss die Netzspannung in der Sternschaltung um $1,73 = \sqrt{3}$ größer sein als die Wicklungsspannung.

In der Dreieckschaltung sind die Wicklungen nach Schema lt. Abb. 4 miteinander verschaltet.

Aus dem Bild sind deutlich die in Dreieckform zusammengeschalteten Wicklungen zu erkennen, während aus dem Bild des Klemmenbrettes hervorgeht, wo die einzelnen Adern der Zuleitung anzuschließen und die Dreieck-Brücken einzulegen sind. Bei einem Vergleich der beiden vorliegenden Schaltungen ist zu erkennen, dass bei einer Netzspannung von 400 V die Motor-Wicklungen im Stern (Y) und bei einer Netzspannung von 230 V die Motor-Wicklungen im Dreieck (Δ) geschaltet werden müssen, damit an jeder einzelnen Wicklung immer eine Spannung von 230 V anliegt. Allgemein gesagt heißt das:

Merke!

Bei zwei Spannungsangaben ist die Sternschaltung für die höhere und die Dreieckschaltung für die niedrigere Betriebsspannung anzuwenden.

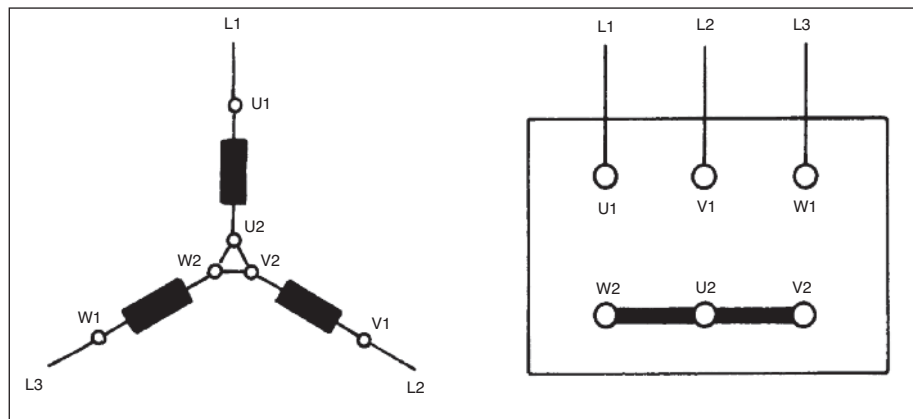


Abb. 3 Sternschaltung

Klemmenbrett

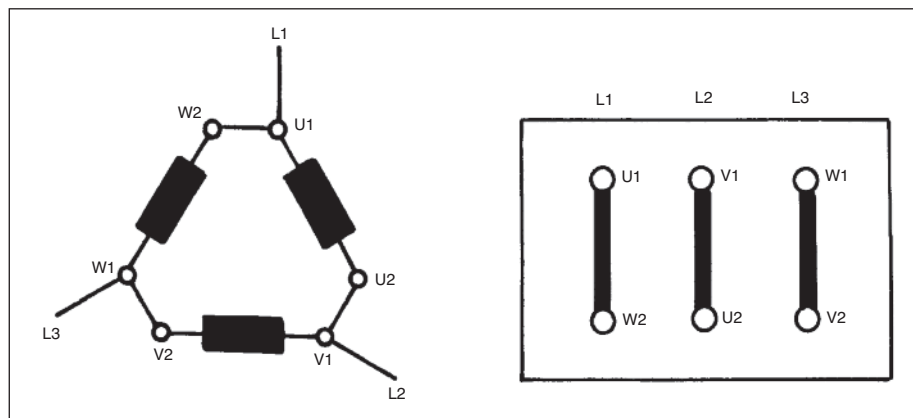


Abb. 4 Dreieckschaltung

Klemmenbrett

Eine Drehrichtungsänderung wird durch Vertauschen zweier Phasen der Zuleitung erreicht.

Drehstrommotoren für zweitourigen Betrieb mit einer Spannungsangabe

Man unterscheidet:

- polumschaltbare Motoren nach Dahlander, Drehzahlverhältnis 1:2,
- polumschaltbare Motoren mit 2 getrennten Wicklungen, Drehzahlverhältnis auch anders als 1:2 möglich.

Die zweitourigen Motoren sind im Gegensatz zu den eintourigen Motoren nur für eine Betriebsspannung ausgelegt.

Merke!

Netzspannung und Nennspannung des Motors müssen also übereinstimmen.

Für die Klemmenbezeichnung ist festgelegt, dass mit numerisch fortschreitendem Index die Drehzahl der Motoren steigt. Die Klemmen 1U, 1V und

1W sind immer für niedrige Drehzahl, die Klemmen 2U, 2V und 2W sind dagegen für die hohe Drehzahl.

Aus den Abb. 5 – 8 ist zu ersehen, wie die Wicklungen miteinander verbunden und an welchen Klemmen die stromführenden Leiter angeschlossen werden.

Dahlander-Wicklung

Beim Betrieb in der niederen Drehzahl wird die Zuleitung an die Klemmen 1U, 1V und 1W angeschlossen, während die Klemmen 2U, 2V und 2W ungeschaltet bleiben. (Abb. 5) Beim Betrieb der hohen Drehzahl wird die Zuleitung an die Klemmen 2U, 2V und 2W angeschlossen. Achtung! Die Klemmen 1U, 1V und 1W müssen in diesem Fall miteinander verbunden werden. Bei fehlender Sternbrücke werden die Wicklungen zerstört. (Abb. 6)

Merke!

Bei Schützensteuerungen muss der Sternschütz vor dem Netzschütz für die hohe Drehzahl, eingeschaltet werden.

2 getrennte Wicklungen

Beim Betrieb in der niederen Drehzahl wird die Zuleitung an die Klemmen 1U, 1V und 1W angeschlossen, während die Klemmen 2U, 2V und 2W ungeschaltet bleiben. (Abb. 7) Beim Betrieb in der hohen Drehzahl wird die Zuleitung an die Klemmen 2U, 2V und 2W angeschlossen.

Merke!

Eine Sternbrücke darf nicht eingelegt werden.

Die Wicklungen werden sonst zerstört. (Abb. 8) Aus der Gegenüberstellung der Schaltbilder für den Motor mit Dahlanderwicklung und den Motoren mit getrennten Wicklungen ist zu ersehen, dass bei der Auswahl der Schaltgeräte besonders auf die Verschiedenheit der Schaltungen geachtet werden muss.

Merke!

Es darf niemals ein Schaltgerät für einen Dahlandermotor zum Betrieb eines Motors mit 2 getrennten Wicklungen benutzt werden und umgekehrt.

Bei Drehrichtungsumkehr werden auch hier zwei Phasen der Zuleitung vertauscht. Wird ein Polumschalter verwendet, so empfiehlt es sich, den Phasentausch schon in der Zuleitung zum Schaltgerät vorzunehmen, da bei Phasentausch am Motor 2 x 2 Leitungen umgeklemmt werden müssen und die Verwechslungsgefahr aus diesem Grund größer ist.

Wechselstrommotoren

Wechselstrommotoren für ein- oder mehrtourigen Betrieb und stufenlos regelbar.

Das Motorklemmenbrett mit seinen Bezeichnungen, den Wicklungs- und Kondensatorenanschlüssen und den fest eingelegten Brücken. (Abb. 9) Diese Motoren sind nur für eine Betriebsspannung von 230 V ausgelegt. Für den Betrieb ist es aber ohne Bedeutung, ob der Motor an eine Phase und Neutralleiter (N) eines 400 V Netzes oder an zwei Phasen eines 230 V Netzes angeschlossen wird. Bei Anschluss von Phase und Neutralleiter N ist es gleichgültig, an welche Klemme die Phase oder der Neutralleiter angeschlossen wird. Die Drehrichtung bleibt erhalten.

Eine Änderung der Drehrichtung kann erreicht werden, indem der Hilfsstrang gegenüber dem Hauptstrang umgepolt wird. Dies geschieht durch Umlegen der Brücken am Klemmenbrett. Da die Brücken von U1 nach Z1 und von Z2 nach C1 am Klemmenbrett fest eingelegt sind, ist auch die Drehrichtung vorgegeben.

Durch entsprechenden Anschluss der Zuleitung kann die Drehzahl gewählt werden.

1. niedere Drehzahl

Aus dem Bild erkennt man, dass der Hauptstrang HS in Reihe mit dem Hilfsstrang HIS in Reihe geschaltet ist. Der Betriebskondensator C wird parallel zum Hilfsstrang geschaltet. (Abb. 10)

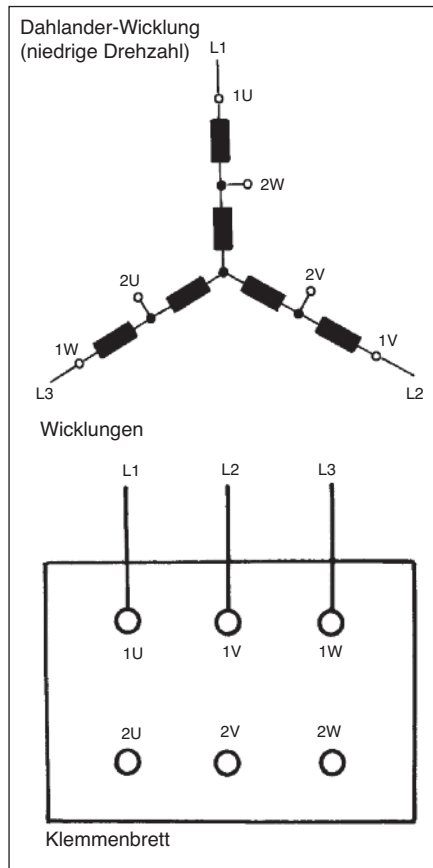


Abb. 5

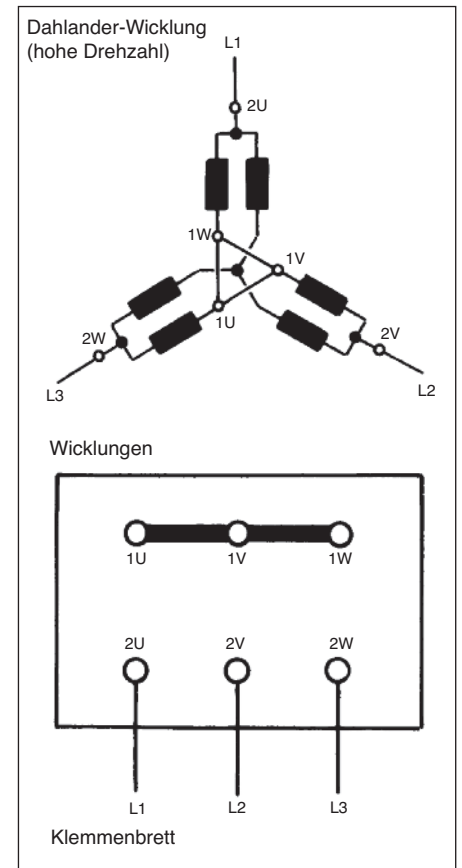


Abb. 6

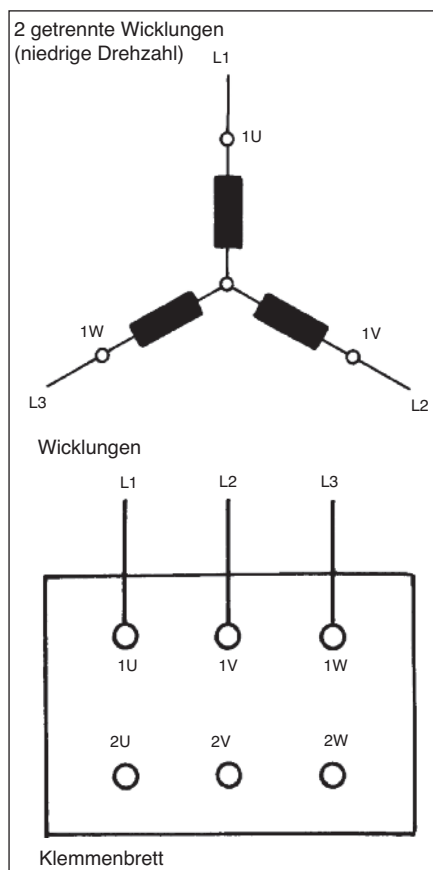


Abb. 7

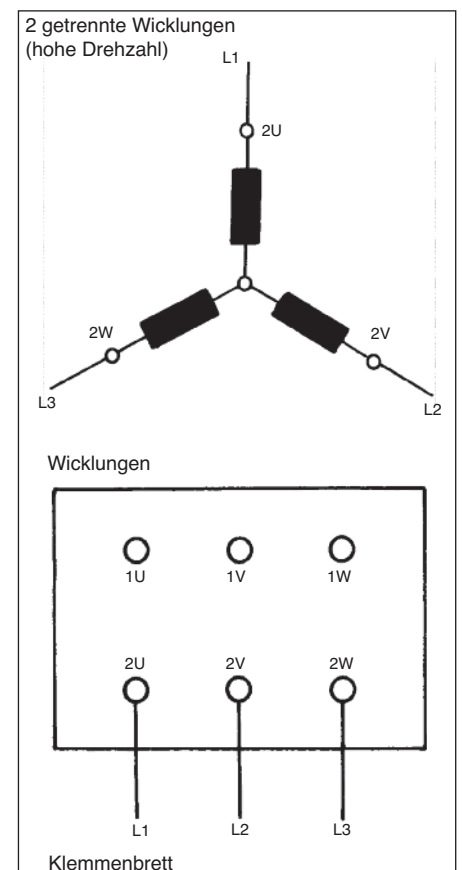


Abb. 8

Technische Änderungen vorbehalten

2. hohe Drehzahl

Aus diesem Bild erkennt man, dass der Hauptstrang HS mit dem Hilfsstrang HIS parallel und der Betriebskondensator C in Reihe zum Hilfsstrang geschaltet ist. (Abb. 11) Diese Motoren können auch mit einem Drehzahlsteuergerät stufenlos in ihrer Drehzahl eingestellt werden. Es wird in diesem Fall die Schaltung für hohe Drehzahl gewählt und das Steuergerät an die Klemmen U1 und U2 des Motors angeschlossen.

Schaltgeräte für Drehstrommotoren

Schaltgeräte haben im allgemeinen zwei Aufgaben:

1. den Motor des Lüftungsgerätes „ein- und auszuschalten“
2. diesen Motor vor Überlastung und somit vor Zerstörung zu schützen. Schaltgeräte, die diese Funktionen erfüllen, nennt man Motorschutzschalter oder Motorschutzschalter-Kombinationen.

Motorschutzschalter für eintourige Motoren ohne Thermokontakt.

Ein Motorschutzschalter eignet sich zum Betrieb eines eintourigen Drehstrommotors und enthält einen Schalt- und Auslösemechanismus. Der Auslösemechanismus (Überstrom- oder Bimetall-Relais) reagiert auf den dem Motor zugeführten Strom und unterbricht den Stromkreis, sobald die Stromaufnahme größer ist als der Nennstrom des Motors.

Merke!

Der Nennstrom des Motors bei der entsprechenden Betriebsspannung ist entscheidend für die Auswahl eines Motorschutzschalters.

Der Nennstrom muss innerhalb des Einstellbereiches des Schutzschalters liegen, damit der Schutzschalter genau auf den Nennstrom des Motors eingestellt werden kann. Wird der eingestellte Strom nicht überschritten, so darf auch der Schutzschalter den Motor nicht abschalten. Wird aber der eingestellte Strom überschritten, so wird der Motor nach einiger Zeit abgeschaltet. Die Zeit bis zum Abschalten ist umso kürzer, je größer der Strom ist, sie beträgt ca. 5 Sek. beim 6-fachen des eingestellten Stromes.

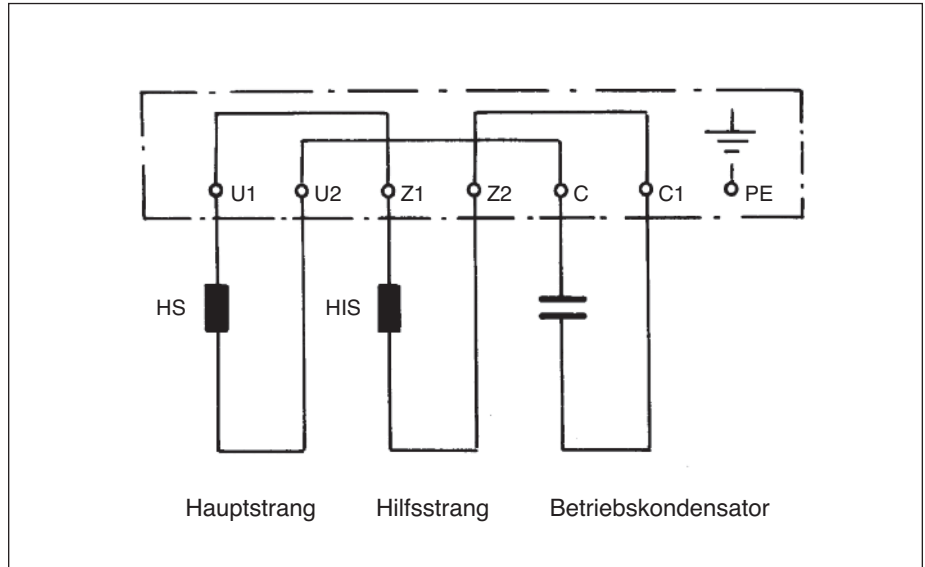


Abb. 9

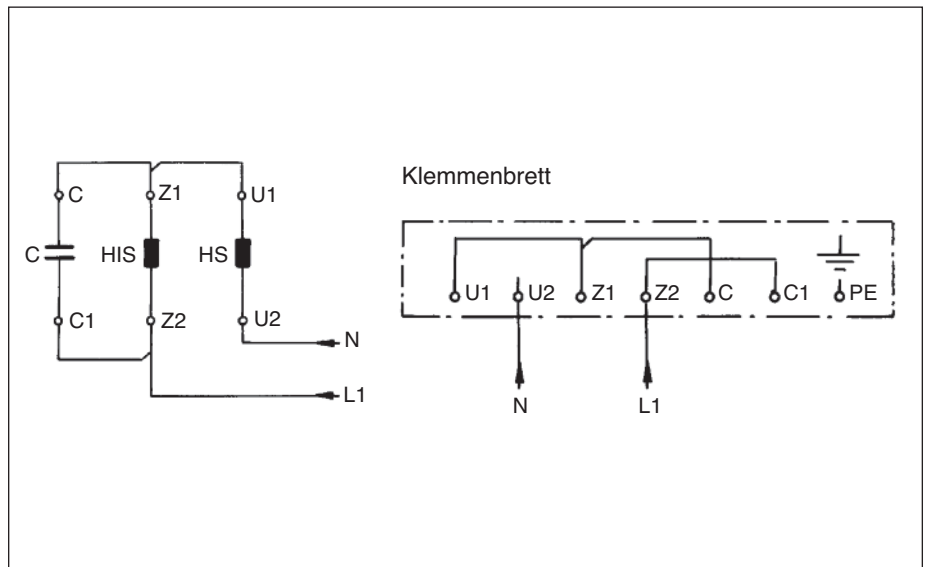


Abb. 10

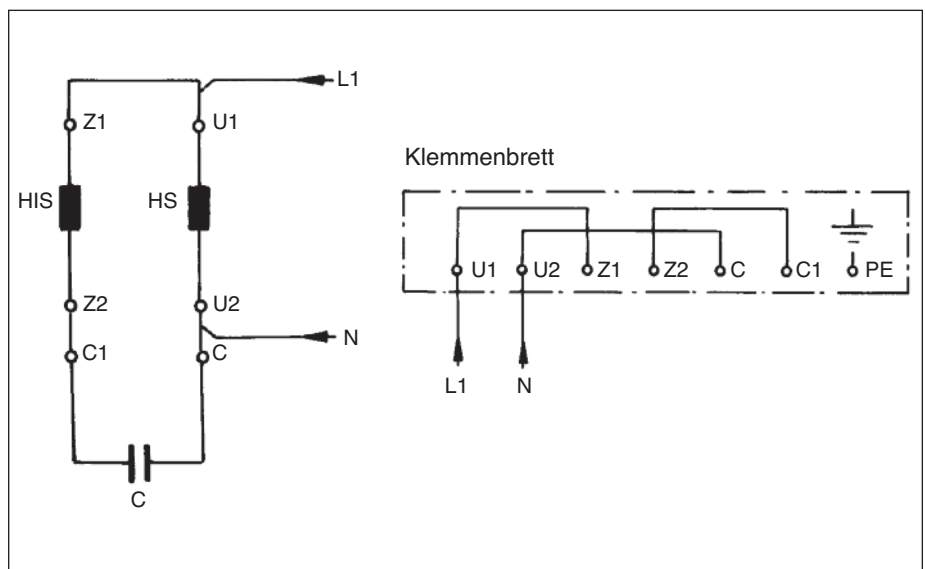


Abb. 11

Die gemessene Stromstärke ist also ein Maß für die Erwärmung des Motors. Dies gilt nur, solange die Kühlmitteltemperatur des Motors + 40°C nicht überschreitet.

Ist das Kühlmittel wärmer als + 40°C, so kann auch ein Motor dessen Nennstrom im Betrieb nicht überschritten werden, zerstört werden, weil die im Motor erzeugte Wärme nicht schnell genug abgeführt wird.

Bei einem Motorschutzschalter wird demnach nur die Belastung des Motors berücksichtigt, weil der Strom mit steigender Belastung auch ansteigt. Der Strom ist die Ursache für die Erwärmung.

Motorschutzschalter-Kombinationen für zweitorige Motoren ohne Thermokontakt.

Für zweitorige Motoren werden Motorschutz-Kombinationen eingesetzt, die im Gegensatz zum Motorschutzschalter zwei Auslösemechanismen (Überstrom- oder Bimetall-Relais) und einen Drehzahlenschalter eingebaut haben. Die Wirkungsweise ist jedoch die gleiche wie bei einem Motorschutzschalter für eintorige Motoren.

Motorvollschutzschaltgeräte für Motoren mit Thermokontakt

Soll ein Motor richtig geschützt werden, so muss auch der Einfluss der Kühlung berücksichtigt werden. Um dies zu gewährleisten, misst man die

Temperatur unmittelbar an der Stelle, an der die Wärme dem Motor Schaden kann, nämlich in der Wicklung.

Die Isolation der Wicklung kann in verschiedenen Klassen ausgeführt werden und darf höchstens mit der für die verwendete Isolationsklasse zulässigen Grenztemperatur belastet werden. Zur Überwachung der Temperatur wird in die Wicklung als Mess- und Regelgerät ein Temperaturfühler (Thermokontakt) eingebaut. Mit diesem Thermokontakt wird die Temperatur der Motorwicklung gemessen. Der Thermokontakt ist ein sehr kleiner Bimetall-Schalter, der kurz vor Erreichen der für die Isolationsklasse zulässigen Grenztemperatur einen Steuerstromkreis unterbricht. Den Vorteil des in die Wicklung eingelegten Thermokontaktes kann man aber nur mit einem für diesen Zweck ausgerüsteten Schaltgerät ausnutzen.

Es wird mit Motorvollschutzgerät für Motoren mit Thermokontakt bezeichnet. Diese gibt es sowohl für eintorige Motoren mit Dahlander-Wicklung oder mit zwei getrennten Wicklungen.

Die Steuerung eines Motorvollschutzschaltgerätes ist aufgebaut, dass der Motor bei Ansprechen des Thermokontaktes (Unterbrechen eines Steuer-Stromkreises) sofort abgeschaltet wird, aber nicht selbstständig anläuft, wenn der Thermokontakt den Steuerkreis wieder schließt. Bevor dieser Motor erneut anlaufen soll,

muss erst der Handschalter auf Stellung „0“ und danach über Stellung „E“ (sie gibt den Einschaltimpuls) in die Stellung „1“ oder „2“, entsprechend der gewünschten Drehzahl, gedreht werden.

Bei den Motorvollschutzgeräten mit Zusatzkontakten für Stellmotor und der Anschlussmöglichkeit für einen Kontaktgeber (z. B. Thermostat, Hygrostat, Schaltuhr o. ä.) ist zusätzlich zur Funktion des Thermokontaktes die Möglichkeit gegeben, den Motor mit einem Kontaktgeber in der von Hand vorgewählten Drehzahl ein- und auszuschalten. Wenn der Kontaktgeber öffnet, wird der Motor ausgeschaltet, wenn er schließt, läuft der Motor selbsttätig wieder an.

Die Zusatzkontakte ermöglichen es, abhängig vom Motor einen Stellmotor links- oder rechtsherum laufen zu lassen.

Während an Motorschutzkombinationen mit Bimetall-Relais, die auf Nennstrom des Motors eingestellt werden müssen, jeweils nur 1 Motor angeschlossen werden darf, können an Motorvollschutzschaltgeräten für Motoren mit Thermokontakt mehrere Motoren angeschlossen werden.

Die Summe ihrer Leistungen darf die maximal zulässige Leistung des Motorvollschutzgerätes nicht überschreiten. Weitere Bedingungen für die Parallelschaltung sind gleiche Betriebsspannung und gleiche Wicklungsart

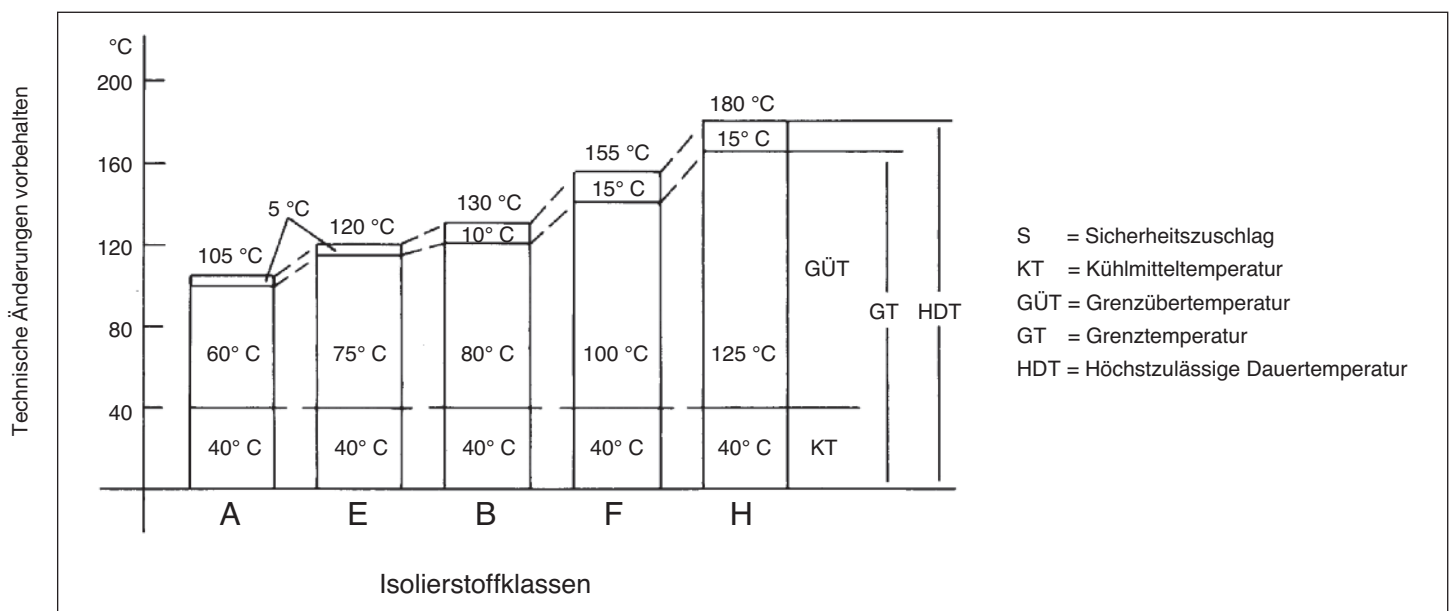


Abb. 12

(eintourig, Dahlander oder getrennte Wicklungen). Die Parallelschaltung ist so auszuführen, dass die Drehstromanschlüsse der Motoren parallel und die Thermokontakte in Reihe geschaltet werden.

Schaltgeräte für Einphasen-Wechselstrommotoren

Die Einphasen-Wechselstrom-Motoren sind zu unterscheiden nach:

1. Motoren mit herausgeführten Thermokontakten
2. Motoren mit nicht herausgeführten Thermokontakten

Die Ausführung mit nicht herausgeführten Thermokontakten ist nur für kleinere Leistungen möglich, z. B. wenn Thermokontakte schon in der Motorwicklung direkt in den Stromkreis geschaltet sind.

Motoren ohne herausgeführte Thermokontaktanschlüsse können bei eintourigem Betrieb mit jedem handelsüblichen Installationsschalter ein- und ausgeschaltet werden. Für den zweitourigen Betrieb ist jedoch ein Spezial-Drehschalter nötig, der auch in jeden Unterputz-Schalter passt. Der Motorschutz ist in beiden Drehzahlen und in beiden Betriebsarten gewährleistet. Die Funktion des Thermokontaktes ist so, dass bei Erreichen der für die Isolationsklasse höchstzulässige Temperatur der Thermokontakt den Motorstromkreis unterbricht und somit den Motor außer Betrieb setzt und bei Abkühlung den Motor wieder einschaltet.

Abweichend von dieser Funktion ist es bei Schützensteuerungen möglich, die Schaltung so auszuführen, dass der Motor bei Abkühlung unter die höchstzulässige Temperatur nicht selbsttätig wieder anläuft. Es besteht grundsätzlich die Möglichkeit, alle Motoren ohne herausgeführte Thermokontaktanschlüsse auch an den Schaltgeräten zu betreiben, die für den separaten Anschluss des Thermokontaktes vorgesehen sind. Zu diesem Zweck müssen an den Schaltgeräten die Thermokontakt-

Anschlussklemmen mit einer Drahtbrücke kurzgeschlossen werden.

Mit einer eigens für Einphasen-Wechselstrom-Motoren entwickelten elektronischen Drehzahlsteuerung kann man die Motoren mit und ohne herausgeführte Thermokontaktanschlüsse in ihrer Drehzahl von Null bis zur Nenndrehzahl stufenlos einstellen. Dieses Drehzahlsteuergerät gestattet auch durch den Anschluss von Widerständen an den Steuerkreis einen Motor mit einem Kontaktgeber in zwei oder drei verschiedenen Drehzahlen zu betreiben. Ein- und Ausschaltung erfolgt über einen Handschalter, der im Steuergerät eingebaut ist.





TROX TLT GmbH

Am Weinberg 68

D-36251 Bad Hersfeld

Telefon + 49(0) 66 21 / 950-0

Telefax + 49(0) 66 21 / 950-100

E-mail info@trox-tlt.de

www.trox-tlt.de