

4. Motoren- und Umrichtertechnik

4.1 Drehfeld

Ordnet man drei identische Spulen auf einem Kreis radial so an, dass ihre Achsen jeweils um einen Winkel von 120° zueinander versetzt sind und beaufschlagt dann dieses System mit einem Dreiphasenwechselstrom (Abb. 4.1), so überlagern sich die Einzelfelder der Spulen zu einem resultierenden Magnetfeld, das eine Magnetnadel in Rotation versetzt.

Der Dreiphasenwechselstrom erzeugt in der Spulenordnung ein sich drehendes Magnetfeld; man nennt es Drehfeld und den Dreiphasenstrom, durch den dieses Drehfeld hervorgerufen wird, auch Drehstrom.

Das Entstehen dieses eigenartigen Drehfeldes soll anhand der gegeneinander verschobenen Stromverläufe des Dreiphasenwechselstromes (Abb. 4.2) anschaulich begründet werden. Die drei Spulen (Abb. 4.1) werden durch die in ihrer Richtung und Stärke wechselnden Ströme unterschiedlich magnetisiert. In der Abbildung 4.3 ist die Veränderung der Magnetisierung der Innenpole der Spulen L_1 , L_2 , L_3 für zwölf aufeinanderfolgende Phasenlagen einer Periode dargestellt. Nordpole sind schwarz, Südpole schraffiert gekennzeichnet; das Ausmaß der Schwärzung bzw. Schraffur gibt die Stärke der Magnetisierung an, die der Stromstärke in den einzelnen Spulen entspricht und aus Abbildung 4.3 entnommen werden kann.

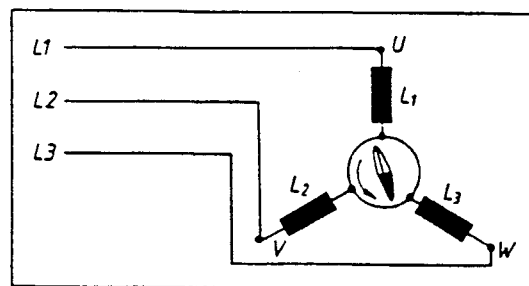


Abb. 4.1: Sternschaltung erzeugt Drehfeld

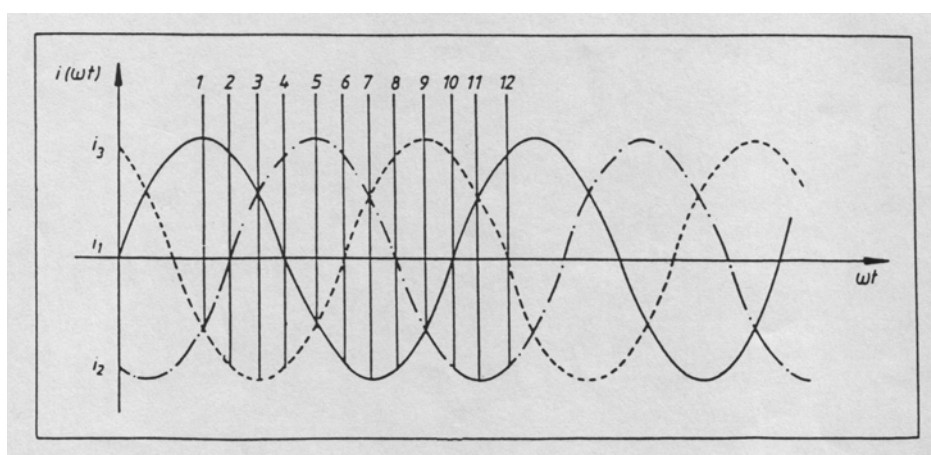


Abb. 4.2: Zeitlicher Verlauf der Drehstromamplituden

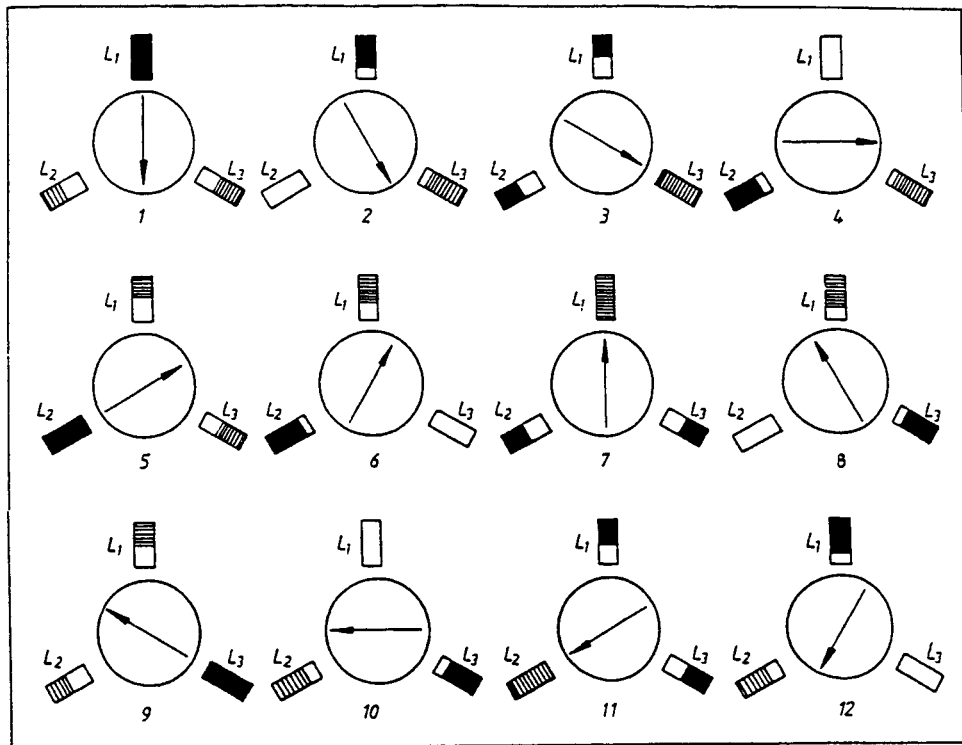


Abb. 4.3: Entstehung des Drehfeldes

Die Magnetnadel stellt sich stets in die Richtung des resultierenden Magnetfeldes und beschreibt bei einer durchlaufenen Periode eine Drehung um 360° . Die Drehzahl n_0 des resultierenden Feldes ist durch die Frequenz f bestimmt und beträgt bei einem Drehstrom mit der Frequenz 50 Hz entsprechend 50 Umdrehungen je Sekunde bzw. 3000 Umdrehungen pro Minute.

Ordnet man auf dem Umfang eines Kreises zwei Spulensysteme mit je drei Wicklungen an, so vollführt die Magnetnadel eine halbe Umdrehung pro Periode des Drehstromes, d. h., es ergibt sich für die Drehzahl die Größe $n_0 = \frac{1}{2} f$.

Die Drehfeldzahl n_0 wird synchrone Drehzahl genannt und resultiert aus der Frequenz des Drehstromes und der Anzahl der verwendeten Spulensysteme (Polpaarzahl p).

4.2 Grundprinzipien der Asynchronmaschine

Kurzschlussläufermotor

Aufbau

Der Kurzschlussläufermotor besteht aus einem feststehenden Teil, dem Gehäuse mit Ständerpaket, und einem beweglichen Teil, dem Läufer. Um die Wirbelstromverluste möglichst gering zu halten, ist der Ständer aus einzelnen, voneinander isolierten Dynamoblechen aufgebaut. Das ringförmige Ständerblechpaket ist an der Innenseite mit Nuten versehen, in denen die Ständerwicklung untergebracht ist (Abb. 4.4).

Der Kurzschlussläufermotor hat die einfachste und in der Herstellung billigste Läuferwicklung. In den Nuten des Läuferblechpaketes, das aus geschichteten Dynamoblechen besteht, befinden sich Stäbe aus Aluminium oder Kupfer, die an ihren Stirnseiten durch Kurzschlussringe kurzgeschlossen sind (Abb. 4.5). Da die Leiterstäbe mit den Kurzschlussringen einem Käfig ähneln, spricht man auch von einem Käfigläufer.

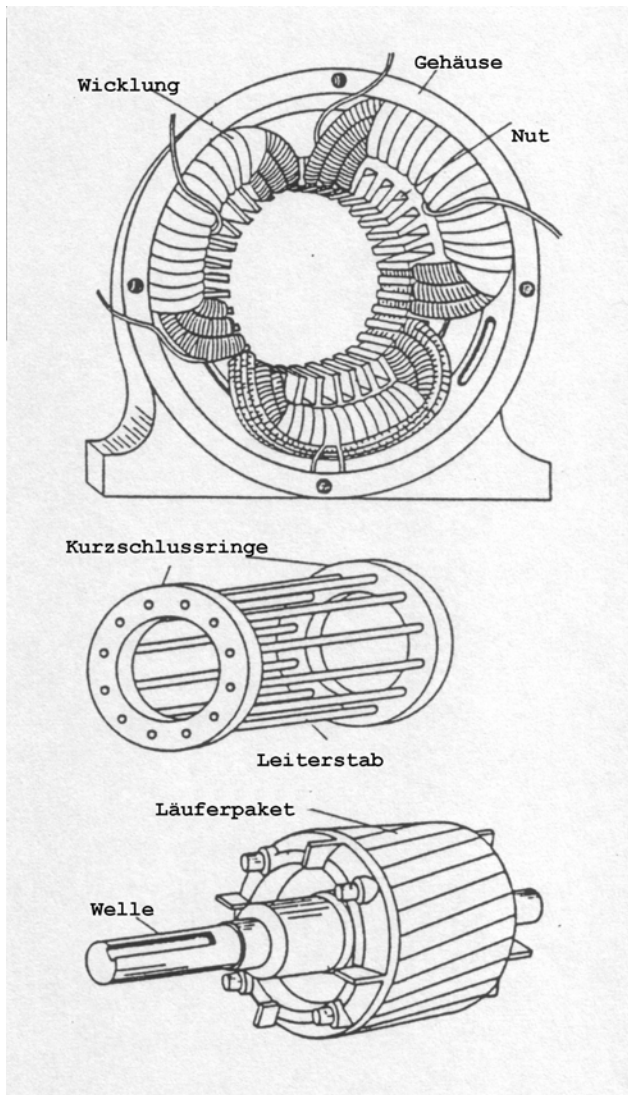


Abb. 4.4:
Asynchronmotor: Gehäuse und Ständerpaket mit Wicklung

Abb. 4.5:
Kurzschlussläufer: Leiterstäbe mit Kurzschlussringen

Abb. 4.6:
Kurzschlussläufer: komplette Welle

Wirkungsweise:

Bei Anschluss der Ständerwicklung an Drehstrom wird ein Drehfeld erzeugt, das mit der synchronen Drehzahl umläuft. Durch dieses Ständerdrehfeld wird im stillstehenden Läufer eine Spannung induziert. In der kurzgeschlossenen Läuferwicklung fließen, bedingt durch die Induktionsspannung, Ströme.

Bei Stillstand des Läufers verhält sich ein Kurzschlussläufermotor wie ein Transformator mit kurzgeschlossener Sekundärwicklung. Der Läuferstrom erzeugt seinerseits ein Magnetfeld, das mit dem Ständerdrehfeld zusammenwirkt und den Läufer in eine Drehbewegung versetzt. Das Drehmoment entsteht dadurch, dass die Magnetpole des Läufers von den gleichnamigen Magnetpolen des Ständers abgestoßen und von den ungleichnamigen angezogen werden. Der Läufer wird beschleunigt, bis nahezu die synchrone Drehzahl erreicht ist.

Die Drehfelddrehzahl oder synchrone Drehzahl (n_1) ist abhängig von der Frequenz (f) und der Polpaarzahl (p).

$$n_1 = f / p$$

Man bezeichnet n_1 auch als synchrone Drehzahl. Es ist zugleich die größte Drehzahl, mit der ein Motor betreffender Bauart laufen könnte. Bei einem Motor für $f = 50$ Hz mit 2 Polen je Phase ($p = 1$) beträgt die synchrone Drehzahl:

$$n_1 = f / p = 50 \text{ Hz} / 1 = 50 \text{ 1/s} = 50 \text{ 1/s} \times 60 \text{ s/min} = 3000 \text{ 1/min}$$

Eine höhere Drehzahl ist für die Frequenz 50 Hz nicht möglich. Der Läufer kann die synchrone Drehzahl aus eigener Kraft niemals erreichen. Die Läuferdrehzahl n_2 ist immer kleiner als die synchrone Drehzahl n_1 des Ständerdrehfeldes. Würde der Läufer nämlich synchron mit dem Ständerdrehfeld laufen, gäbe es keine Relativbewegung zwischen Ständerdrehfeld und Läuferwicklung mehr. Dann würde die Läuferwicklung keine Feldlinien mehr schneiden und der magnetischer Fluss unterläge keiner zeitlichen Änderung. Da dann keine Spannung mehr in der Läuferwicklung induziert würde, wäre der Läuferstrom Null; es würde kein Läuferfeld mehr aufgebaut werden können.

Die Läuferdrehzahl ist immer kleiner als die synchrone Drehzahl des Ständerfeldes.

Motoren, deren Läufer nicht synchron (asynchron) mit dem Ständerdrehfeld umläuft, werden Asynchronmotoren genannt.

Die Differenz zwischen der Ständerfeld Drehzahl n_1 und der Läuferdrehzahl n_2 wird Schlupfdrehzahl n_s genannt.

$$n_s = n_1 - n_2$$

Bezieht man die Schlupfdrehzahl auf die synchrone Drehzahl und gibt das Ergebnis in Prozent an, so ergibt sich der Schlupf (s).

Der Schlupf soll klein sein und auch möglichst konstant. Er nimmt bei normalem Betrieb Werte zwischen 2 % und 8 % an. Bei Leerlauf ist der Schlupf am kleinsten (um 0,5 % bis 1 %), um mit zunehmender Belastung anzusteigen.

$$s = n_s/n_1 \times 100\%$$

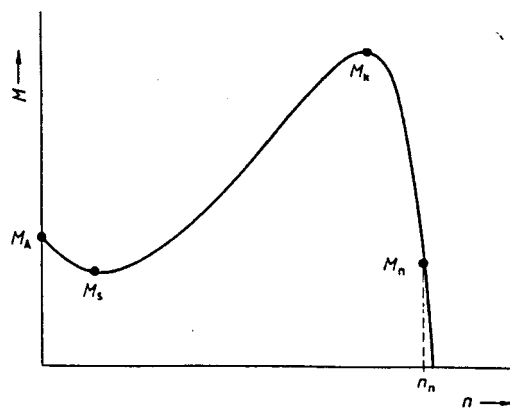


Abb. 4.7: Drehmomentenkennlinie

Die Abhängigkeit des vom Motor entwickelten Drehmomentes von der Drehzahl ist in Abbildung 4.7 dargestellt.

Das bei Stillstand des Läufers ($n=0$) entwickelte Drehmoment wird nach VDE 0530 als Anzugsmoment (M_A) bezeichnet. Das maximale Drehmoment wird Kippmoment (M_K) genannt. Bei Nenndrehzahl n_N wird vom Motor das Nennmoment (M_N) entwickelt. Bei einigen Motoren sinkt das Drehmoment nach dem Anlaufen ab. Das nach dem Anlauf kleinste Moment wird Sattelmoment (M_S) genannt.

Die Abbildung 4.8 zeigt typische Betriebskennlinien eines Drehstrom-Kurzläufermotors. Bei der Bestellung von Elektromotoren ist darauf zu achten, dass der Motor für seinen Verwendungszweck passend (nicht zu groß) gewählt wird, da bei Nennbetrieb das Produkt $N \cdot \cos \varphi$ seinen Höchstwert erreicht.

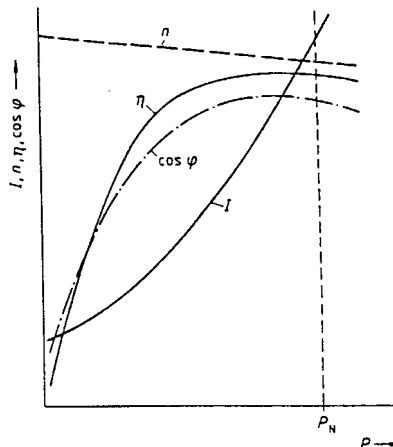


Abb. 4.8: Typische Betriebskennlinien eines Drehstrom-Kurzschlussläufermotors

Der Anlaufstrom (Anzugstrom) eines Kurzschlussläufermotors ist höher als der Nennstrom. Je nach Läuferbauart kann er 4 – 7 Mal so groß wie der Motornennstrom sein. Hervorgerufen wird der große Anlaufstrom durch die große Induktionswirkung des Ständerfeldes auf die stillstehende Läuferwicklung.

Bei stillstehendem Läufer wird seine Wicklung von den meisten Feldlinien geschnitten, da das magnetische Ständerdrehfeld voll wirksam werden kann. Die Folge ist eine hohe Induktionsspannung und somit ein hoher Läuferstrom, der einen entsprechend hohen Strom in der Ständerwicklung bewirkt.

Bei sich drehendem Läufer nimmt die Relativgeschwindigkeit zwischen Ständer- und Läuferfeld ab. Die Läuferwicklung wird von weniger Feldlinien als bei Stillstand geschnitten. Induzierte Spannung und Stromstärke sinken.

Kurzschlussläufermotoren zeichnen sich durch einen verhältnismäßig einfachen Aufbau aus; sie sind preisgünstig und wartungsarm.

4.3 Stern – Dreieckschaltung / Sanftanlauf

Spannung

Drehstrommotoren mit einer Drehzahl können normalerweise bei zwei verschiedenen Spannungen angeschlossen werden. Die drei Statorwicklungen sind in Stern- (Y) oder Dreieckschaltung (D) angeschlossen. Die Wicklungen können auch in Reihe oder parallel geschaltet sein, z. B. als Y oder YY. Wenn auf dem Leistungsschild eines Kurzschlussläufermotors Spannungen sowohl für die Stern- als auch für die Dreieckschaltung angegeben sind, ist es möglich, den Motor beispielsweise sowohl mit 230 V als auch mit 400 V zu betreiben. Die Wicklung ist bei 230 V in Dreieckschaltung angeschlossen; bei einer Hauptspannung von 400 V wird die Y-Schaltung verwendet. Beim Ändern der Hauptspannung ist es wichtig zu beachten, dass sich der Nennstrom des Motors bei derselben Nennleistung abhängig von der Spannung ändert. Die Art des Motoranschlusses an den Anschlussblöcken für die Stern- oder Dreieckschaltung wird in den folgenden Abbildungen 4.9 und 4.10 dargestellt.

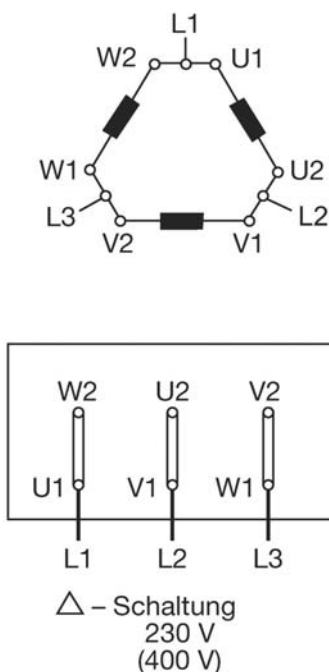


Abb. 4.9: Schaltplan für Dreieckschaltung

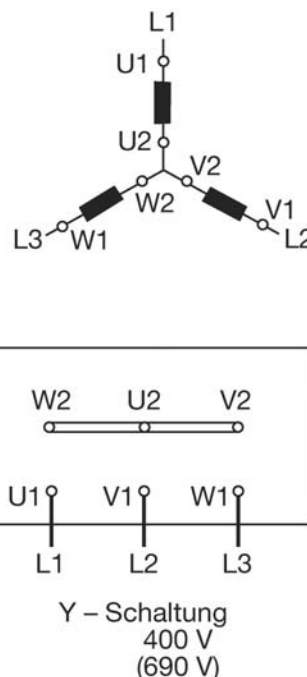


Abb. 4.10: Schaltplan für Sternschaltung

Anlassen mit der Stern-Dreieckschaltung

Beim Stern-Dreieck-Anlauf erfolgt der Anlauf von Käfigläufermotoren bei herabgesetzter Strangspannung, weil der Motor beim Einschalten in Stern geschaltet ist und nach dem Hochlaufen in Dreieck geschaltet wird.

Der Stern-Dreieck-Anlauf ist nur bei solchen Motoren möglich, bei denen die Dreieckschaltung bei der vorhandenen Netzspannung zulässig ist.

Für das 400 V-Netz ist die erforderliche Spannungsangabe 400 V oder 400 V/660 V.

Wegen der auf 1/1,73 herabgesetzten Strangspannung ist der Einschaltstrom im Strang nur der 1/1,73te Teil, wie in der Dreieckschaltung, wegen der geänderten Schaltung noch Mal nur der 1/1,73te Teil.

Der Einschaltstrom in der Sternschaltung ist nur 1/3 des Einschaltstromes in der Dreieckschaltung.

Drehmoment und Leistung in der Sternschaltung betragen aber ebenfalls nur 1/3 der Dreieckschaltung. Dadurch kommt der Stern-Dreieck-Anlauf nur für leichten Anlauf, z. B. Leerlauf, in Frage. Als Schalter für den Stern-Dreieck-Anlauf werden Nockenschalter oder Schützsaltungen verwendet.

Das Klemmbrett der Stern - Dreieckschaltung

L1	L2	L3	Netzspannung: 400 V	
↓	↓	↓		
U1	V1	W1	Motorenspannung: 230 V	$\text{Motorenspannung} = \frac{\text{Netzspannung}}{1,73}$

W2 — U2 — V2 Schaltung: Stern

L1	L2	L3	Netzspannung: 400 V	
↓	↓	↓		
U1	V1	W1	Motorenspannung: 400 V	Motorenspannung = Netzspannung

W2 U2 V2 Schaltung: Dreieck

Abb. 4.11: Klemmbrett in der Stern - Dreieckschaltung

Stern-Dreieck-Anlauf

Bei dieser Anlassmethode wird der Anlaufstrom und das Anlaufmoment reduziert. Die Vorrichtung besteht normalerweise aus drei Schützen, einem Überlastrelais und einem Zeitschalter zum Einstellen der Zeit der Sternposition (Anlassposition). Der Motor muss im normalen Betrieb in Dreieckschaltung angeschlossen sein, damit diese Anlassmethode verwendet werden kann. Der erzielte Anlaufstrom beträgt etwa 30 % des beim Anlauf mit direktem Einschalten auftretenden Anlaufstroms. Das Anlaufmoment wird auf etwa 25 % des beim Anlauf mit direktem Einschalten verfügbaren Drehmoments reduziert. Diese Anlassmethode kommt nur in Frage, wenn die Anwendung beim Anlauf leicht belastet ist. Wenn der Motor zu stark belastet ist, steht nicht genügend Drehmoment zur Beschleunigung des Motors auf die Nenndrehzahl zur Verfügung, bevor in die Dreieckposition umgeschaltet wird. Wenn z. B. Pumpen und Lüfter angelassen werden, ist das Lastmoment beim Anlauf anfangs gering. Es erhöht sich mit dem Quadrat der Drehzahl. Wenn etwa 80-85 % der Nenndrehzahl des Motors erreicht sind, ist das Lastmoment gleich dem Drehmoment des Motors und die Beschleunigung stoppt. Zum Erreichen der Nenndrehzahl muss zur Dreieckposition umgeschaltet werden. Dies führt häufig zu hohen Übertragungsspitzen und Stromspitzen. In manchen Fällen kann die Stromspitze sogar Werte über denen des Anlaufs mit direktem Einschalten erreichen. Anwendungen mit einem Lastmoment über 50 % des Nenndrehmoments des Motors können nicht mit dem Stern-Dreieck-Anlasser gestartet werden.

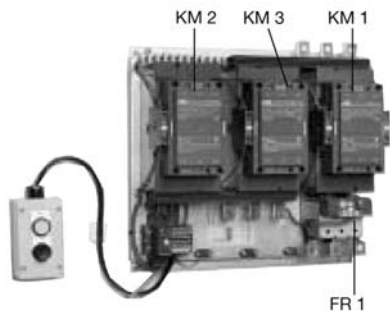


Abb. 4.12: Stern-Dreieck-Anlasser mit Schützen und Überlastrelais

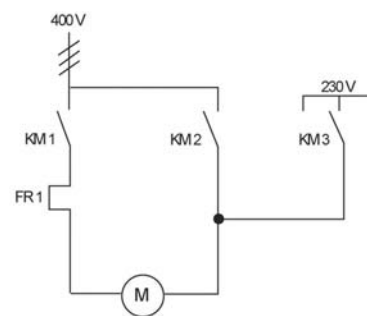


Abb. 4.13: Prinzipschaltbild bei Stern-Dreieck-Anlasser

- KM 1 Hauptschütz
- KM 2 Dreieck-Schütz
- KM 3 Stern-Schütz
- FR 1 Überlastrelais

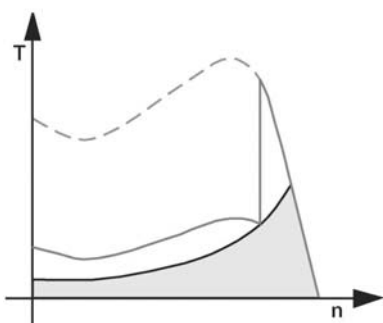


Abb. 4.14: Drehmoment-/Drehzahlkurve bei Stern-Dreieck-Anlauf

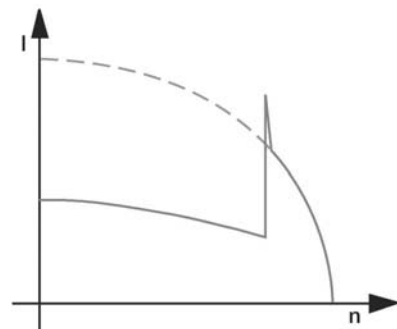


Abb. 4.15: Stromkurve bei Stern-Dreieck-Anlauf

Wechselstromrichter

Der Wechselstromrichter wird manchmal auch Regelantrieb, Frequenzumrichter oder einfach FU genannt. Letztere Bezeichnung ist wahrscheinlich der gängigste Name. Der FU besteht im

Wesentlichen aus zwei Teilen, der Umwandlung von Wechselstrom (50 oder 60 Hz) in Gleichstrom und der Rückumwandlung von Gleichstrom in Wechselstrom, der nun jedoch eine variable Frequenz von 0 - 250 Hz aufweist. Da die Drehzahl des Motors von der Frequenz abhängt, kann auf diese Weise die Drehzahl des Motors durch Ändern der Ausgangsfrequenz des FU geregelt werden. Dies ist ein großer Vorteil, wenn beim kontinuierlichen Betrieb die Drehzahl geregelt werden muss. Bei vielen Anwendungen wird ein FU nur zum Anlassen und Auslaufen des Motors verwendet, ohne dass eine Regelung der Drehzahl im normalen Betrieb erforderlich wäre. Dies macht die Anlassvorrichtung natürlich unnötigerweise wesentlich teurer. Durch die Steuerung der Frequenz steht das Nenndrehmoment des Motors bei geringer Drehzahl zur Verfügung und der Anlaufstrom ist gering; er beträgt zwischen dem 1- und 1,5-fachen des Nennstroms des Motors. Eine weitere Funktion, die zur Verfügung steht, ist der Sanftauslauf. Dieser ist z. B. beim Anhalten von Pumpen sehr nützlich: hier ist das Problem das Wasser, das beim direkten Anhalten in den Rohren schlägt. Die Sanftauslaufsfunktion ist auch beim Anhalten von Förderbändern nützlich, wenn zerbrechliches Material beschädigt werden könnte, falls das Band zu schnell anhält. Sehr häufig wird zusammen mit der Ansteuerung ein Filter installiert, damit die erzeugten Emissionen und Oberwellen reduziert werden.



Abb. 4.16: Frequenzumrichter (FU)

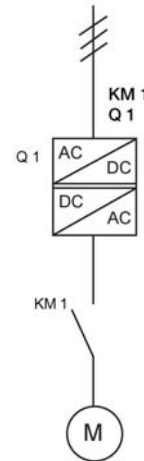


Abb. 4.17: Prinzipschaltbild beim FU

Sanftanlasser

Die Eigenschaften eines Sanftanlassers unterscheiden sich von denen anderer Anlassmethoden. Er verfügt im Hauptschaltkreis über Thyristoren; die Motorspannung wird über eine Leiterplatte geregelt.

Funktionsweise:

Bei einem Motorstarter wird die Motorspannung durch Phasenanschnitt innerhalb einer Anlaufzeit von einer einstellbaren Startspannung auf die Motorbemessungsspannung angehoben. Da der Motorstrom proportional zur Motorspannung ist, wird der Startstrom um den Faktor der eingestellten Startspannung reduziert.

Thyristoren sind Halbleiterbauteile, die in Antiparallelschaltung angeschlossen und in zwei oder drei Phasen des Netzstromkreises platziert sind. Sie regeln (durch Anhebung oder Absenkung) die Spannung beim Anlaufen und Auslaufen (siehe Abbildung 4.18). Im kontinuierlichen Betrieb sind die Thyristoren voll leitend.

Die nachfolgende Grafik zeigt die Funktionsweise eines Sanftanlassers.

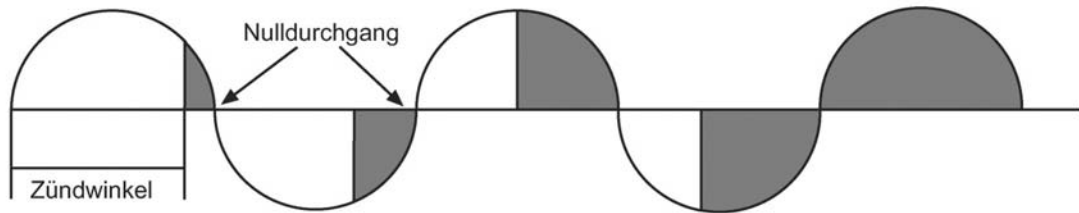


Abb. 4.18: Funktionsweise eines Sanftanlasser

Anlassen: Die Thyristoren lassen zunächst einen Teil der Spannung durch und erhöhen dann den Wert gemäß der eingestellten Rampenzeit für den Anlauf.

Auslaufen: Die Thyristoren sind zunächst voll leitend. Beim sanften Auslaufen senken sie die Spannung gemäß der eingestellten Rampenzeit für den Auslauf ab.

Aus: Thyristor leitet nicht

Ein: Thyristor leitet

Beim Sanftanlasser wird die Tatsache ausgenutzt, dass eine geringe Motorspannung beim Anlassen auch einen geringen Anlaufstrom und ein geringes Anlaufmoment bewirkt. Während des ersten Teils des Anlassvorgangs ist die Spannung am Motor so gering, dass dadurch nur das Spiel zwischen den Zahnrädern geregelt bzw. die Antriebsriemen oder -ketten usw. gestrafft werden können. Dadurch werden also unnötige ruckartige Bewegungen beim Anlaufen vermieden. Allmählich wird die Spannung und das Drehmoment erhöht, so dass die Maschine zu beschleunigen beginnt. Einer der Vorteile dieser Anlassmethode ist die Möglichkeit, das Drehmoment entsprechend des genauen Bedarfes zu regeln, gleich ob die Anwendung belastet ist oder nicht. Im Prinzip steht das volle Anlaufmoment zur Verfügung. Der große Unterschied besteht jedoch darin, dass das Anlassverfahren für die angetriebene Maschine wesentlich schonender ist, wodurch die Wartungskosten niedrig gehalten werden können. Eine weitere Funktion des Sanftanlassers ist die Sanftauslauffunktion. Diese ist beim Anhalten von Pumpen sehr nützlich. Probleme bereiten kann Wasser, das beim direkten Anhalten wie beim Stern-Dreieck-Anlasser oder beim Anlasser für Anlauf mit direktem Einschalten im Rohrsystem schlägt. Die Sanftauslauffunktion kann auch beim Anhalten von Förderbändern verwendet werden, wenn zerbrechliches Material beschädigt werden könnte, falls das Band zu schnell anhält.



Abb. 4.19: Sanftanlasser

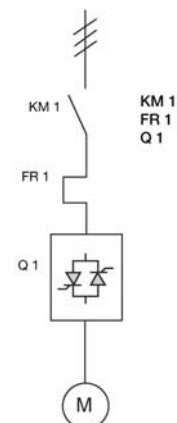


Abb. 4.20: Prinzipschaltbild beim Sanftanlasser

Gängige Probleme beim Anlassen und Auslaufen von Motoren bei unterschiedlichen Anlassmethoden

Art des Problems	Art der Anlassmethode			
	Direktes Einschalten	Stern-Dreieck-Anlauf	Frequenzumrichter	Sanftanlasser
Schlupfende Riemen und starker Verschleiß der Lager	Ja	mittel	Nein	Nein
Hoher Einschaltstromstoß	Ja	Nein	Nein	Nein
Starker Verschleiß der Getriebe	Ja	Ja (Anlauf bei Last)	Nein	Nein
Beschädigte Waren / Produkte beim Anhalten	Ja	Ja	Nein	Nein
Wasser, das beim Anhalten im Rohrsystem schlägt	Ja	Ja	Beste Lösung	Reduziert
Übertragungsspitzen	Ja	Ja	Nein	Nein

Abb. 4.21: Probleme bei unterschiedlichen Anlassmethoden

Beim Stern-Dreieck-Anlauf treten beim Motorschalter mit Anlasstrafo und beim Teilwicklungsanlauf ähnliche Probleme auf.

Verschiedene Anwendungen

Alle Motoren werden zum Anlassen und Ausführen verschiedener Anwendungen verwendet. In diesem Kapitel werden die gängigsten Anwendungen erläutert. Die verschiedenen Anwendungen bedingen auch verschiedene Lastzustände des Motors. Zwei Faktoren sind hierbei zu berücksichtigen:

1. Das Bremsmoment, eine direkt auf die Motorwelle wirkende Bremskraft. Der Motor muss stärker als die Last sein, um beschleunigen zu können. Das Beschleunigungsmoment ist die Differenz von verfügbarem Drehmoment des Motors und dem Lastdrehmoment.
Beschleunigungsmoment = Verfügbares Drehmoment des Motors - Lastdrehmoment
2. Das vorliegende Trägheitsmoment bzw. die Schwungmasse hat auch Einfluss auf den Anlauf. Je größer die Trägheit, desto länger ist die Anlaufzeit eines Motors.

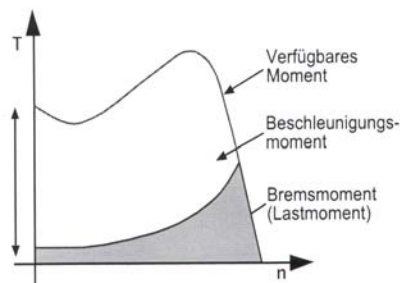


Abb. 4.22: Drehmoment-/Drehzahlkurve

Zentrifugalgebläse

Bei manchen Anwendungen wird der Motor mit reduziertem Lastmoment angelassen, es handelt sich also um einen Anlauf ohne Last. Große Zentrifugalgebläse werden oft mit einem geschlossenen Dämpfer angelassen. Dies vereinfacht (verkürzt) das Anlassen; da das Trägheitsmoment noch immer vorhanden ist, ist die Anlaufzeit u. U. dennoch beträchtlich.

Anlauf mit direktem Einschalten

Zentrifugalgebläse werden häufig mit einem oder mehreren Riemen angetrieben. Bei einem Anlauf mit direktem Einschalten neigen diese Riemen zum Durchschlupfen. Der Grund dafür ist, dass diese Art von Gebläse immer ein relativ hohes Trägheitsmoment (eine große Schwungmasse) aufweist. Auch wenn das Gebläse ohne Last anläuft, ist die Schwungmasse vorhanden. Die Riemen schlupfen durch, wenn das Anlaufmoment des Motors beim Anlaufvorgang zu hoch ist und die Riemen nicht in der Lage sind, die entsprechenden Kräfte zu übertragen. Dieses typische Problem führt zu hohen Wartungskosten, doch auch zu Produktionsausfällen, wenn die Produktion zum Auswechseln von Riemen und Lagern gestoppt werden muss.

Kreiselpumpe

Es gibt viele verschiedene Arten von Pumpen: Kolbenpumpen, Kreiselpumpen, Schraubepumpen usw.. Die gängigste Bauart ist jedoch die Kreiselpumpe, die wir daher für die Beschreibung ausgewählt haben.

Anlauf mit direktem Einschalten

Das Starten einer Pumpe ist normalerweise für einen Kurzschlussläufermotor kein Problem. Das Problem ist der Verschleiß, der von den Druckwellen im Rohrsystem rührt, die beim zu schnellen Anlauf und Auslauf des Motors entstehen. Bei einem Anlauf mit direktem Einschalten liefert der Motor ein viel zu hohes Anlaufmoment. Dies führt dazu, dass der Motor zu schnell beschleunigt und die Nenndrehzahl zu schnell erreicht. Der Grund dafür ist, dass das Bremsmoment für eine Pumpe beim Anlaufen zu gering ist. Bei dieser Anlassmethode tritt auch der höchstmögliche Anlaufstrom auf.

Kompressor

Kleinere Kompressoren sind oft Kolbenkompressoren, bei denen das Lastmoment linear mit der Drehzahl steigt. Schraubekompressoren werden häufig verwendet, wenn Bedarf für einen größeren Luftdurchsatz vorliegt. Bei diesem Typ steigt das Lastmoment mit dem Quadrat der Drehzahl.

Zwischen Motor und Kompressor werden oft Antriebsriemen verwendet, doch auch Direktverbindungen über verschiedene Arten von Zahnverbindungen sind gängig. Manche Kompressoren werden mit reduzierter Last angelassen.

Anlauf mit direktem Einschalten

Kompressoren, die mit direktem Einschalten anlaufen, sind starken mechanischen Belastungen des Kompressors selbst, aber auch der Antriebsriemen und Kupplungen ausgesetzt. Dies verkürzt die Lebensdauer. Wenn Antriebsriemen verwendet werden, schlupfen diese beim Anlauf häufig durch. Das hohe Anlaufmoment beim Anlassen mit dieser Methode führt zu Problemen. Beim Anlauf mit direktem Einschalten ist der Anlaufstrom immer hoch. Normale Werte liegen etwa beim 7-fachen des Nennstroms des Motors.

Förderband

Förderbänder gibt es in vielen verschiedenen Ausführungen und Anwendungen. Typisch ist ein konstantes Lastmoment mit niedrigem bis hohem Bremsmoment, abhängig davon, wie schwer das Band beladen ist.

Anlauf mit direktem Einschalten

Förderbänder benötigen oft ein Anlaufmoment, das sehr nahe beim Nenndrehmoment des Motors oder knapp darüber liegt. Ein Anlauf mit direktem Einschalten mit einem normalen Kurzschlussläufermotor liefert etwa das 1,5- bis 2,5-fache des Nennmoments des Motors, abhängig von der Motorgröße vom Typ usw.. Bei einem Anlauf mit direktem Einschalten ist die Gefahr des Durchschlupfs zwischen Riemen und Antriebsrolle durch das hohe Anlaufmoment sehr groß. Getriebe und Kupplungen sind starken mechanischen Belastungen ausgesetzt. Dies führt zu erheblichem Verschleiß und häufig zu hohen Wartungskosten. Manchmal werden Scheibenkupplungen zur Reduzierung des übertragenen Drehmoments verwendet. Diese Methode ist teuer und wartungsintensiv.

4.4 Anschlussbezeichnungen elektrischer Motoren

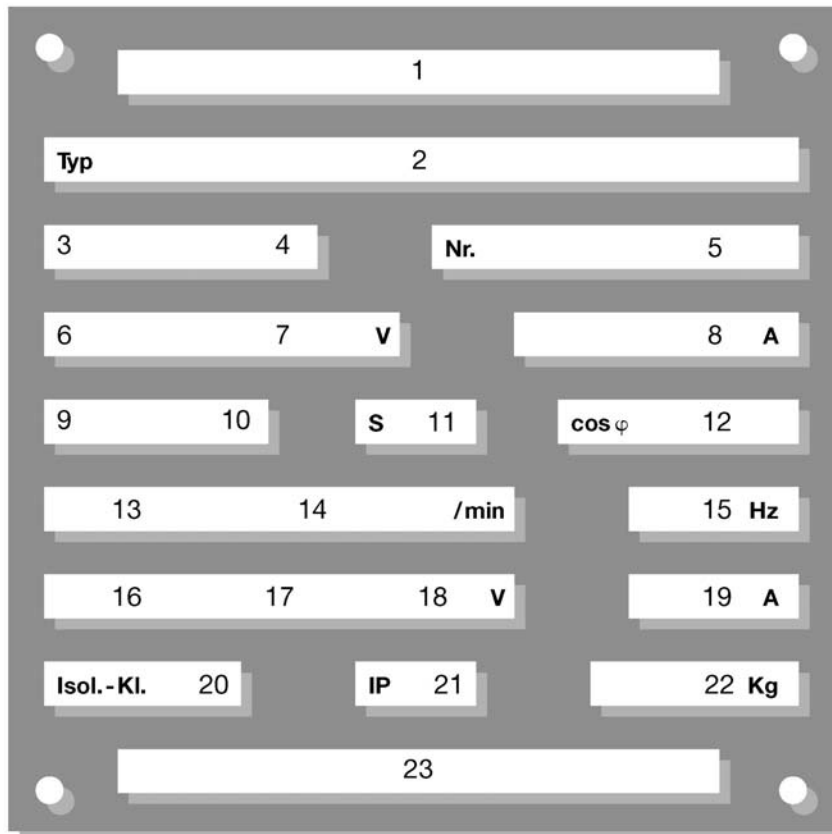
	bisher (VDE 0570)			neu (VDE 42401)		
1. Netzanschlüsse	R Mp	S	T	L1 N	L2	L3
2. Motoren mit einer Drehzahl	U X	V Y	W Z	U1 U2	V1 V2	W1 W2
Läuferanschlüsse	u	v	w	K	L	M
Spannungsumschaltbar	U _a X _a U _b X _b	V _a Y _a V _b Y _b	W _a Z _a W _b Z _b	U1 U2 U5 U6	V1 V2 V5 V6	W1 W2 W5 W6
3. Polumschaltbare Motoren	U _a U _b U _c U _d	V _a V _b V _c V _d	W _a W _b W _c W _d	1U 2U 3U 4U	1V 2V 3V 4V	1W 2W 3W 4W
mit aufgeteilter Wicklung (z. B. Stern/Dreieck – Anlauf)	U _a X _a U _b X _b	V _a Y _a V _b Y _b	W _a Z _a W _b Z _b	1U1 1U2 2U1 2U2	1V1 1V2 2V1 2V2	1W1 1W2 2W1 2W2
4. Einphasenmotor	U W	V Z		U1 Z1	U2 Z2	
5. Zusatzelemente						
Halbleiter - TF	P1	P2		10	11	
Bimetall - Öffner	O1	O2		20	21	
Bimetall - Schließer	S1	S2		30	31	
Magnetbremse	M1	M2		60	61	
Heizstäbe	H1	H2		70	71	

Gleichstrommotoren
Klemmenbezeichnungen

Anschluss	Bezeichnung		
	bisher		neu
Anker	A,	B	A1, A2
Nebenschlussfeld	C,	D	E1, E2
Reihenschlussfeld	E,	F	D1, D2
Wendepolwicklung	GW,	HW	B1, B2
Kompensationswicklung	GK,	HK	C1, C2
Fremderregung	I,	K	F1, F2

Abb. 4.23: Anschlussbezeichnungen elektrischer Motoren

4.5 Leistungsschilder



- 1 Name des Herstellers
- 2 Kennzeichen für Typ, Hinweise zu Baugröße und Bauform
- 3 Stromart
- 4 Art der Maschine
- 5 Fertigungsnummer
- 6 Kennzeichen der Schaltungsart der Wicklung nach DIN 40 900 Teil 2
- 7 Nennspannung
- 8 Nennstrom
- 9 Nennleistung
- 10 Abgabe in KW bei z.B. Motoren
- 11 Abgabe in KVA bei z.B. Synchron-Generatoren
- 12 Einheit der Leistung z.B. in KW
- 13 Nennbetriebsart
- 14 Leistungsfaktor
- 15 Drehrichtung nach VDE 0530 Teil 8
- 16 Nennfrequenz
- 17 Nennleistung
- 18 Abgabe in KW bei z.B. Motoren
- 19 Abgabe in KVA bei z.B. Synchron-Generatoren
- 20 Einheit der Leistung z.B. in KW
- 21 Nennbetriebsart
- 22 Leistungsfaktor
- 23 Drehrichtung nach VDE 0530 Teil 8

Abb. 4.24: Leistungsschild

Festlegungen zu den Angaben auf dem Leistungsschild (Datenschild) elektrischer Maschinen finden sich in DIN EN 60 034-I (VDE: 0530-I), jeweils Abschnitt 27; DIN 42 961/06, 80, die durch internationale Festlegungen abgelöst werden soll. Die nachfolgenden Zitate und Tabellen basieren auf diesen Normen. Jede elektrische Maschine muss mit einem Leistungsschild ausgerüstet sein, welches die folgenden notwendigen Angaben enthält leicht ablesbar und dauerhaft ist. Wenn möglich, muss das Leistungsschild (die Leistungsschilder) am Gehäuse der Maschine befestigt werden und, soweit keine anderen Vereinbarungen getroffen sind, so angebracht sein, dass es sich bei dem durch die Bauform der Maschine (siehe DIN EN 60 034-7/VDE 0530 Teil 7) gegebenen Aufbau während des Betriebes einfach lesen lässt.

Das Bild des Leistungsschildes ist ein Beispiel für eine mögliche Ausführung. Es ist nicht notwendig, die vorgesehene Reihenfolge einzuhalten. Die Angaben müssen nicht alle auf einem einzigen Schild untergebracht sein. Leistung und zugehörige Angabe der Betriebsart, falls erforderlich, sind auf demselben Schild unterzubringen.

Auf dem Leistungsschild von Maschinen unter 1 kW oder unter 1 kVA, die für den Einbau bestimmt sind, braucht nur angegeben zu werden: Bemessungsleistung, Bemessungsspannung, Stromart, Bemessungsfrequenz, Hersteller, Fertigungsnummer oder sonstige Kennzeichen.

Auf dem Leistungsschild von Einbaumotoren für gekapselte Kältemittel-Motorverdichter für industrielle und gewerbliche Zwecke braucht der Leistungsfaktor nicht angegeben zu werden. Die Bemessungsleistung muss nicht angegeben werden, wenn der größte im Dauerbetrieb auftretende Strom angegeben ist.

Bei Motoren, die in Arbeitsmaschinen derart eingebaut oder derart gekapselt werden, dass ihr Leistungsschild nicht ablesbar wäre, liegt es in der Verantwortung des Erstellers der Anlage, sichtbar ein zweites Leistungsschild mit den vorgeschriebenen Angaben anzubringen.

Für die rasche und richtige Instandsetzung einer elektrischen Maschine kann es entscheidend sein, ob auf dem Leistungsschild vollständige Daten und Hinweise zu finden sind. Obwohl die Einhaltung der Mindestanforderungen im gemeinsamen Interesse von Herstellern, Betreibern und Instandsetzern liegen sollte, findet man in der Reparaturpraxis oft unvollständige und nicht normgerechte Schilddaten. Den Umfang zusätzlicher, für die Instandsetzung wichtiger Daten sind durch die Schildgröße und den organisatorischen Aufwand beim Hersteller Grenzen gesetzt. Die Reparaturbetriebe begrüßen es daher, wenn:

- Die Seriennummer unverlierbar an geeigneter Stelle (z. B. unter der Klemmenplatte, am Ständergehäuse, am Statorpaket) eingestempelt ist;
- die Wickeldaten gut lesbar und wärmebeständig am Wickelkopf angebracht sind;
- Sonderläufer durch einen Code (z. B. firmenspezifisch I.K....) angezeigt werden;
- Sonderschwingstärkestufen R oder S markiert werden;
- auf von der Norm abweichende Wellenmaße aufmerksam gemacht wird.

4.6 IM-Code für Bauform und Aufstellung elektrischer Maschinen

Im Juni 1996 erschien einer der wichtigen Grundnormen für den Elektromaschinenbau: DIN-EN 60 034-7/Klassifikation VDE 0530 Teil 7: „Drehende elektrische Maschinen Bezeichnung für Bauformen und Aufstellungen (IM-Code)“.

Für die Bauformen elektrischer Maschinen gab es in Deutschland schon 1924 mit VDE 2950 die ersten Festlegungen. Über DIN 42 950 wurde das in vielen Ländern akzeptierte und benutzte Kurzzeichen im Jahr 1972 als - Code I – in die internationale Norm IEC 34-7 übernommen. Ein ausführlicher, systematisch angelegter > Code II < hat sich bisher noch nicht allgemein durchgesetzt.

Die neue Form beruht auf:

- IEC 34-7.2 Ausgabe 1992 Rotating electrical machines Part 7 : Classification of types and mounting arrangements (IM-Code)
- Deutsche Version der Europäischen Norm EN 60 034-7 : Ausgabe 1993

Zur Anwendung der IM-Kennzeichnung auf Leistungsschildern enthält der IEC 34-1 bzw. DIN EN 60 034-1 (VDE 0530 Teil 1) zur Zeit keine Festlegungen. Die Bauform ist jedoch zur Definition des bestimmungsgemäßen Gebrauchs in geeigneter Weise zu dokumentieren, vorzugsweise auf dem Leistungsschild, zumindest in der begleitenden Produktdokumentation. Schon in der vorangegangenen Norm wurden die Begriffe Baunorm und Aufstellung abgegrenzt, weil sie sich einerseits mit konstruktiven Merkmalen (Bauformen wie Fuß, Flansch, Stehlager) befasste und andererseits eine Maschine gleicher Bauform in verschiedenen Aufstellungen wie B3, B6, B7, V5, V6 verwendbar war. Diese Unterscheidungen sollten auch in den allgemeinen Sprachgebrauch übernommen werden.

Maßgebend für das Anwenden der Normen sind deren Fassungen mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei dem VDE-Verlag GmbH, Bismarckstr. 33, 10625 Berlin, und dem Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin, erhältlich sind.

Aufbau des Kennzeichens:

DIN 42 950 (überholt) sowie Code I in den gültigen Normen

- A Maschinen ohne Lager, waagerechte Anordnung (überholt)
- B Maschinen mit Lagerschilden, waagerechte Anordnung
- C Maschinen mit Lagerschilden und Stehlagern, waagerechte Anordnung (überholt)
- D Maschinen mit Stehlagern, waagerechte Anordnung (überholt)
- V Maschinen mit Lagerschilden, senkrechte Anordnung
- W Maschinen ohne Lagerschilden, senkrechte Anordnung (überholt)

Code II

IM 2 01 1

Code Buchstaben

International Mounting

Erste Kennziffer (0.....9)

Bauform

Zweite und Dritte Kennziffer (0...99)

Art der Befestigung oder Aufstellung

Vierte Kennziffer (0.....9)

Bedeutung der ersten Kennziffer im Code II

- 0 (nicht bestimmt)
- 1 Maschinen für Fußanbau, nur mit Schildlager(n)
- 2 Maschinen für Fuß- und Flanschanbau, nur mit Schildlager(n)
- 3 Maschinen für Flanschanbau, nur mit Schildlager(n), mit Flansch als Teil des Lagerschildes
- 4 Maschinen für Flanschanbau, nur mit Schildlager(n), mit Flansch nicht als Teil des Lagerschildes, sondern als Teil des Gehäuses oder eines anderen Bauteils
- 5 Maschinen ohne Lager
- 6 Maschinen mit Schildlager(n) und Stehlager(n)
- 7 Maschinen nur mit Stehlager(n)
- 8 Vertikale Maschinen, deren Bauart nicht durch die ersten Ziffern 1 bis 4 abgedeckt ist
- 9 Maschinen mit besonderer Aufstellung

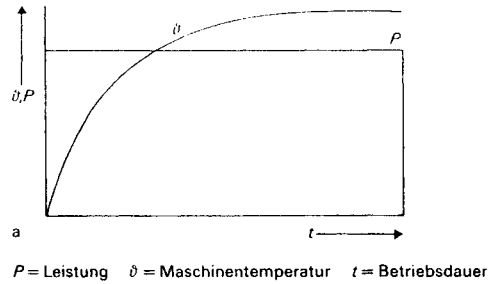
Bedeutung der vierten Kennziffer im Code II

- | | |
|---------------------------------|---|
| 0 keine Wellenlänge | 6 zwei Flanschwellenenden |
| 1 ein zylindrisches Wellenende | 7 Flanschwellenende auf Antriebseite und zylindrisches Wellenende auf Nichtantriebseite |
| 2 zwei zylindrische Wellenenden | 8 (nicht bestimmt) |
| 3 ein konisches Wellenende | 9 andere Ausführungen |
| 4 zwei konische Wellenenden | |
| 5 ein Flanschwellenende | |

4.7 Betriebsarten

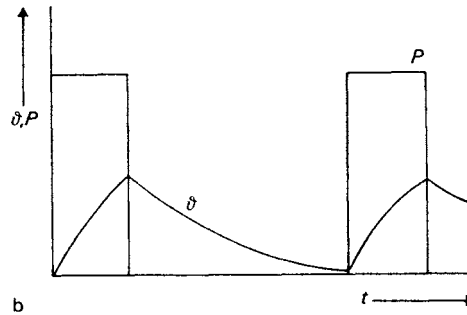
S1 Dauerbetrieb (DB)

Der Motor darf mit seiner Nennbelastung dauernd betrieben werden.



S2 Kurzzeitbetrieb (KB)

Bei Kurzzeitbetrieb ist die Betriebsdauer so kurz, dass die Beharrungstemperatur nicht erreicht wird. Der Motor kühlt in den Pausen auf Ausgangstemperatur ab.



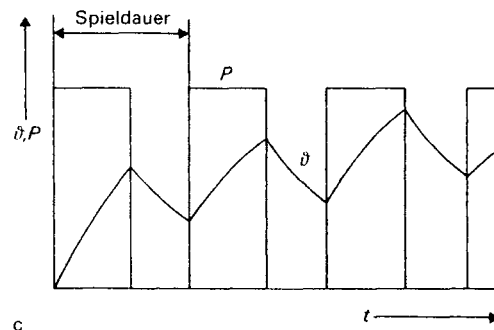
S3, S4, S5 Aussetzbetrieb (AB)

Beim Aussetzbetrieb sind die Pausen so kurz, dass der Motor sich nicht auf die Ausgangstemperatur abkühlen kann. Die Spieldauer beträgt 10 Minuten.

S3 liegt vor, wenn der Anlaufstrom für die Erwärmung unerheblich ist.

S4 liegt vor, wenn der Bremsstrom erheblich ist.

S5 liegt vor, wenn der Bremsstrom die Maschine zusätzlich erwärmt.



S6 Durchlaufbetrieb mit Aussetzbelastung (DAB)

Beim Durchlaufbetrieb mit Aussetzbelastung bleibt der Motor während der Pausen eingeschaltet und kühlt sich nicht so stark, ab wie beim Aussetzbetrieb.

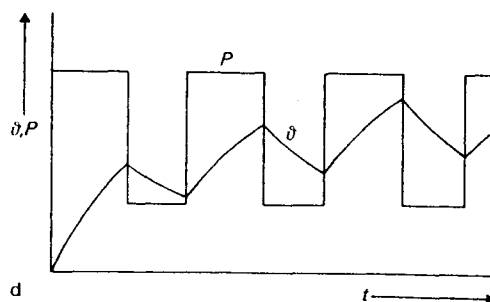


Abb. 4.25: Betriebsarten von Motoren

4.8 Motoren für Einphasen-Wechselstrom

Anwurfmotor

In einem Ständer für Einphasen-Wechselstrom würde nur ein pulsierendes Magnetfeld entstehen. Da ein stetig nach einer Seite fortschreitendes Drehfeld fehlt, läuft ein solcher Motor nicht an. Die sprunghafte Verlagerung des Magnetfeldes nach rechts oder links gibt dem Läufer kein Drehmoment von eindeutiger Richtung. Man muss ihn anwerfen. Er läuft dann in der Drehrichtung, mit der man ihn angeworfen hat, weiter. Anwurfmotoren werden kaum noch verwendet.

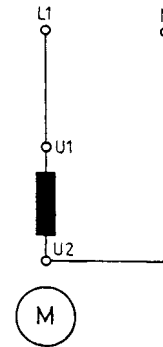


Abb. 4.26: Anwurfmotor

Einphasenmotor mit Hilfswicklung

Man kann einen Motor mit Hilfswicklung versehen, die der Hauptwicklung gegenüber räumlich versetzt angeordnet sein muss. Sorgt man für eine Phasenverschiebung zwischen Hauptwicklung und Zusatzwicklung, so tritt beim Einschalten ein Drehfeld auf. Der Motor läuft selbsttätig an. Die Ständerwicklung derartiger Maschinen ist im Allgemeinen so ausgeführt, dass die Hauptwicklung in zwei Drittel der Ständernuten und die Hilfswicklung in dem restlichen Drittel untergebracht ist. Der Läufer ist ein normaler Kurzschlussläufer. Die zur Erzeugung des Drehmoments notwendige Phasenverschiebung zwischen Hauptwicklung und Hilfswicklung erzielt man oft durch einen Kondensator in der Hilfswicklung. Damit eilt dieser Strom in den Strom der Hauptwicklung vor.

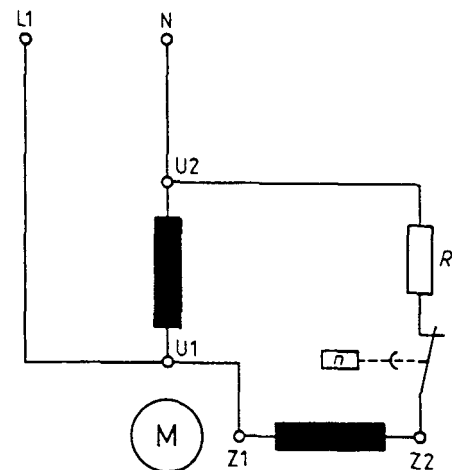


Abb. 4.27: Einphasenmotor mit Hilfswicklung und Widerstand

Es werden zwei phasenverschobene Wechselfelder erzeugt, die in ihrer Wirkung ein elliptisches Drehfeld ergeben.

Anstatt des Kondensators könnte man auch eine Drosselspule verwenden. Der über die Drosselspule fließende Strom würde dem Strom in der Hauptwicklung nacheilen.

Um Platz zu sparen, wählt man für die Hilfswicklung einen kleineren Querschnitt als für die Hauptwicklung. Sie darf dann aber nur kurze Zeit eingeschaltet werden. Wenn der Anlauf beendet ist, schaltet sich die Zusatzwicklung durch einen Fliehkraftschalter selbsttätig aus. Anstelle von Kondensator oder Drosselspule lässt sich auch ein ohmscher Widerstand zur Drehfelderzeugung verwenden. Der über den Widerstand fließende Strom ist gegenüber dem direkt aus dem Netz entnommenen Strom phasenverschoben.

Der Widerstand ist im Hilfsstrang selbst enthalten. Der Hilfsstrang wird dann bifilar aus einem Widerstandsdraht gewickelt. Bei der bifilaren Hilfsabwicklung werden die Spulen des Hilfsstranges zu zwei Drittel in der einen und zu einem Drittel in der anderen Richtung gewickelt. Man erreicht dadurch, dass sich ein Teil der magnetischen Wirkung aufhebt, während der gesamte Wirkwiderstand wirksam bleibt.

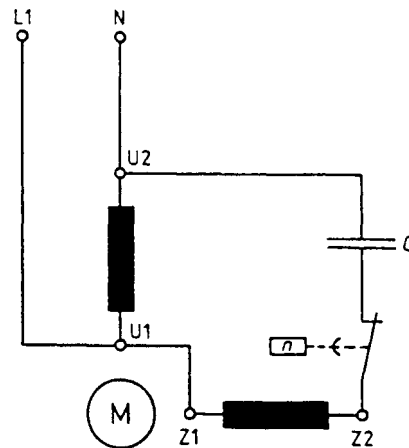


Abb. 4.28: Einphasenmotor mit Hilfswicklung und Kondensator

Drehstrommotor an Einphasen-Wechselspannung

Ein Asynchronmotor für Drehstrom mit einer für 230 V/400 V ausgelegten Ständerwicklung kann auch am Einphasen-Wechselstromnetz betrieben werden. Bei Drehstrom mit der Außenleiterspanne 380 V werden die Wicklungsstränge in Stern geschaltet. Bei Einphasen-Wechselstrom werden die Wicklungsstränge in Dreieck geschaltet. Außerdem schaltet man zu einem Wicklungsstrang einen Betriebskondensator parallel. Der über den Kondensator fließende Strom hat gegenüber dem unmittelbar dem Netz entnommenen Strom eine Phasenverschiebung, so dass in der Ständerwicklung des Motors ein elliptisches Drehfeld entsteht, da die Strangströme unterschiedliche Werte haben. Die in Abb. 4.29 dargestellte Schaltung wird Steinmetzschtaltung genannt. Die Kondensatorkapazität muss ca. $70 \mu\text{F}/\text{kW}$ betragen.

Zur Drehstromrichtungsumkehr wird der Kondensatoranschluss von W nach U umgepolt. Anwendung finden Kondensatormotoren z. B. bei Haushaltsmaschinen, Elektrowerkzeugen, Ölbrennern und Tonbandgeräten.

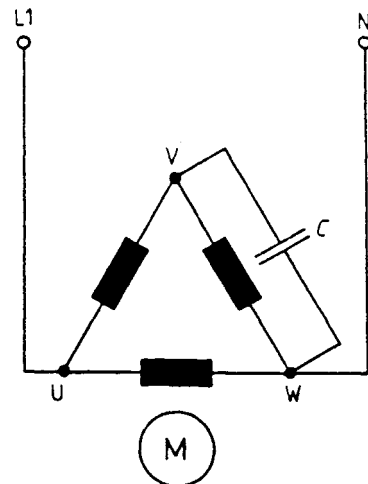


Abb. 4.29: Steinmetzschtaltung

4.9 Pulsumrichter in der Antriebstechnik

Leistungsteil

Aufbauend auf der Weiterentwicklung der Leistungshalbleiter etabliert sich das System Spannungszwischenkreisumrichter mit Pulsweitenmodulation, kurz Puls- oder PWM-Umrichter, als heutiger Stand der Technik für Niederspannungs-Antriebsumrichter bis hin zu hohen Leistungen (ca. 1000 kW). Aufgrund der im allgemeinen günstigeren Herstellungskosten werden, je nach Bewertung der unterschiedlichen technischen Eigenschaften, im speziellen Einsatzfall alternative Umrichtersysteme wie Stromzwischenkreisumrichter teilweise abgelöst.

Prinzipaufbau

Pulsumrichter der gebräuchlichsten Bauart bestehen im wesentlichen aus:

- einem netzseitigen, sechspulsigen Diodengleichrichter, teilweise mit halbgesteuerten Thyristordiodenmodulen zur Sanftvorladung.
- Gleichspannungszwischenkreis mit Kondensatoren (im allgemeinen Elektrolyt-Kondensatoren).
- Sechspulsiger Brückenschaltung aus abschaltbaren Halbleiterbauelementen mit Freilauf-Zweig als motorseitiger Wechselrichter.

Als Leistungsbaulemente werden heute eingesetzt:

- MOS-Baulemente oder IGBTs im Leistungsbereich bis ca. 10 kVA
- IGBT-Halbleitermodule (**I**nsulated **G**ate **B**ipolar **T**ransistor) im mittleren und oberen Bereich. Die Bauelemente gibt es einzeln oder in Kombination zu mehreren als isolierte Module für den Aufbau auf einem geerdeten Kühlkörper, die für große Ströme ($> 500 \text{ A}$) auch parallelschaltbar sind.

Der netzseitige Gleichrichter speist im normalen, also im motorischen Betrieb die Leistung aus dem Netz in den Zwischenkreis, der mit konstanter Spannung geladen wird, sowie der kurzzeitigen Energiespeicherung und Entkopplung von Gleich- und Wechselrichter dient. Der nachfolgende Wechselrichter formt aus der konstanten Gleichspannung ein Drehspannungssystem mit variabler Frequenz. Vereinfacht dargestellt, ist er eine Drehstrombrücke mit sechs Schaltern (Abb. 4.30).

Durch gepulstes Schalten wird jede Ausgangsklemme für kurze Zeit entweder mit der positiven oder der negativen Seite des Zwischenkreises verbunden. So wird am Ausgang eine gepulste Spannung erzeugt, die im Mittel eine Sinusspannung mit der gewünschten Frequenz nachbildet.

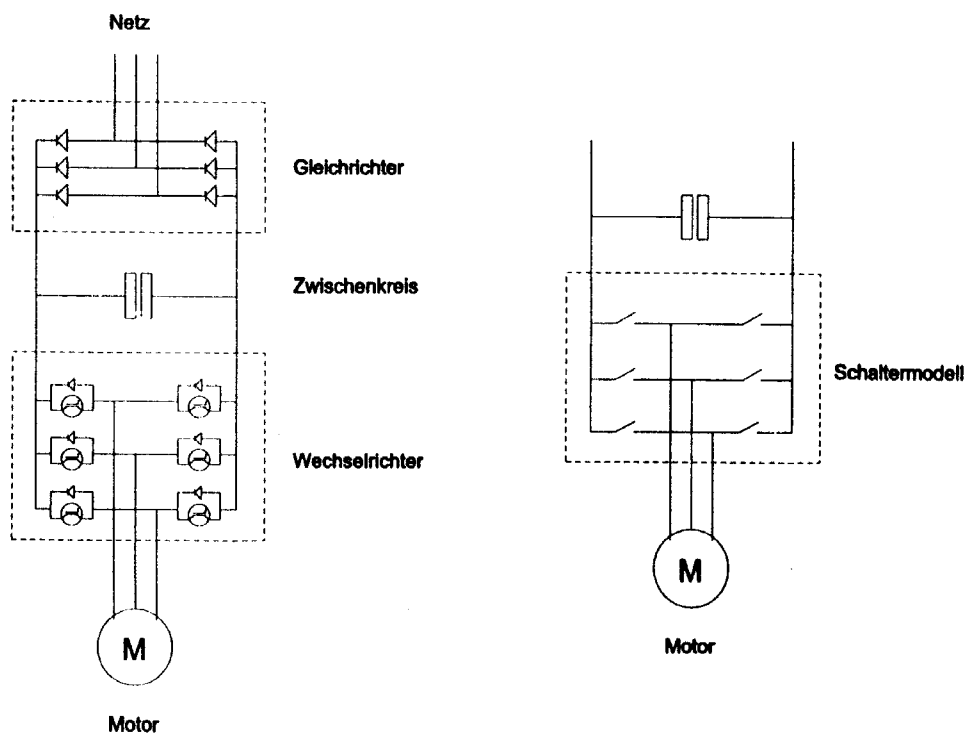


Abb. 4.30: Pulsumrichter (links) und Wechselrichter (rechts)

Blockschaltbild eines dreiphasigen Frequenzumrichters

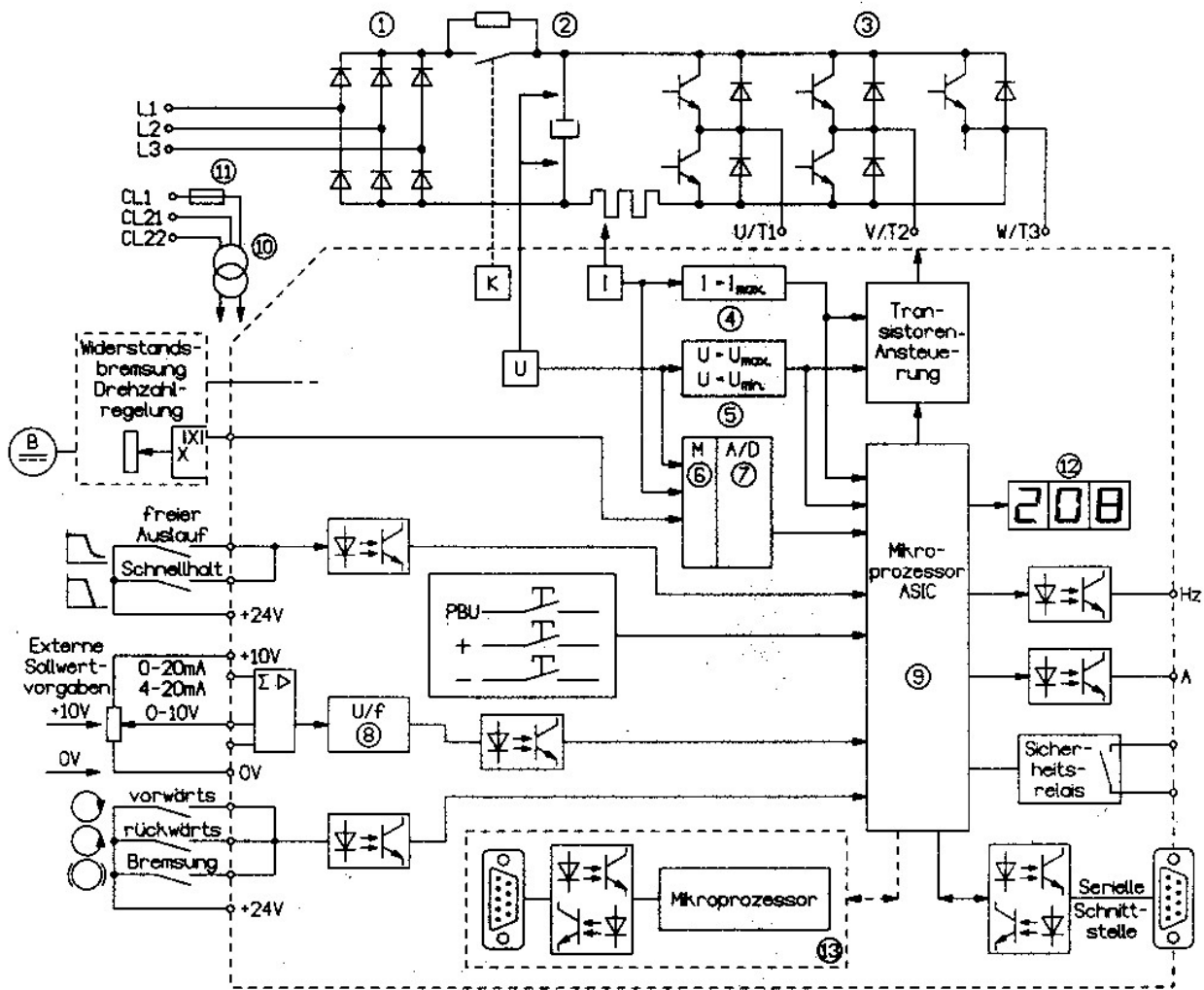


Abb. 4.31: Blockschaltbild

Das Blockschaltbild zeigt einen dreiphasigen Frequenzumrichter zum Antrieb eines Drehstrom – Asynchronmotors. Durch die elektronische Steuerung ist es möglich, die Drehzahl der Arbeitsmaschine ohne Veränderungen der Drehstromcharakteristik in weiten Grenzen zu regeln. Dies wird durch die Versorgung der Statorwicklung des Motors mit veränderbarer Spannung und Frequenz erreicht.

Im Blockschaltbild sowie aus den zugehörigen Erläuterungen lassen sich folgende Funktionsblöcke erkennen:

Eine dreiphasige Gleichrichterbrücke zur Erzeugung einer Gleichspannung und eines Glättungskreises, mit Hauptspannungsanschluss L1, L2, L3. Ein Wechselrichter bestehend aus sechs Leistungstransistoren mit Asynchronmotoranschluss T1, T2, T3.

Der Umrichter wird von einer Steuereinheit angesteuert, deren Mikroprozessor die folgenden Funktionen übernimmt: Ansteuerung der Bauelemente des Leistungsteils, Dialog mit dem Bediener, Geräteschutz und Störmeldung.

Alle Logik- und Analogeingänge sind vom Leistungsteil galvanisch getrennt. Die Anlage verfügt über einen Anschluss für externe Sollwertvorgabe. Es kann sowohl eine Widerstandsbremung als auch eine Bremsung durch Gleichstromaufschaltung erfolgen.

Zur Abbildung 4.31:

1. Gleichrichterbrücke
2. Transistoren – Wechselrichterbrücke
3. Ladestrombegrenzung

4. Überstromregler
5. Über-/unterspannungsregler
6. Multiplexer
7. Analog – Digital- Umwandler
8. U/ f Umsetzer
9. Mikroprozessor
10. Versorgung des Steuerteils
11. Sicherung des Steuerteils
12. Numerische Betriebsanzeige
13. Kommunikationskarte für serielle Schnittstelle bzw. Interbus- S – Schnittstelle

Durch eine eingebaute serielle Schnittstelle sowie eine Interbus-S- Schnittstelle kann die Anlage jederzeit für den Dialog mit rechnergesteuerten Systemen eingesetzt werden.

Blockschaltbilder werden neben den gezeigten Anwendungsfällen auch oft auf Betriebsmitteln dargestellt, die nicht von außen erkennen lassen, welche Funktion sie erfüllen. Beispiele hierfür sind Messumformer, Trennverstärker, Optorelais, Netzgeräte, AC/DC-Wandler und Schaltverstärker. In der Regel sind bei diesen elektrischen Ausrüstungsteilen die Anschlussklemmen mit entsprechenden Kontaktbezeichnungen im Blockschaltbildern auf die notwendigsten Angaben beschränkt, damit die Übersichtlichkeit und die Funktionserkennung erhalten bleibt.

Auch in der Steuerungs- und Regelungstechnik sind Blockschaltbilder weit verbreitet. Durch Symbole wird z. B. bei den Blöcken das Regelverhalten dargestellt.

4.10 Fehlersuche an Motoren

Offene Dreieckschaltung (V-Schaltung)

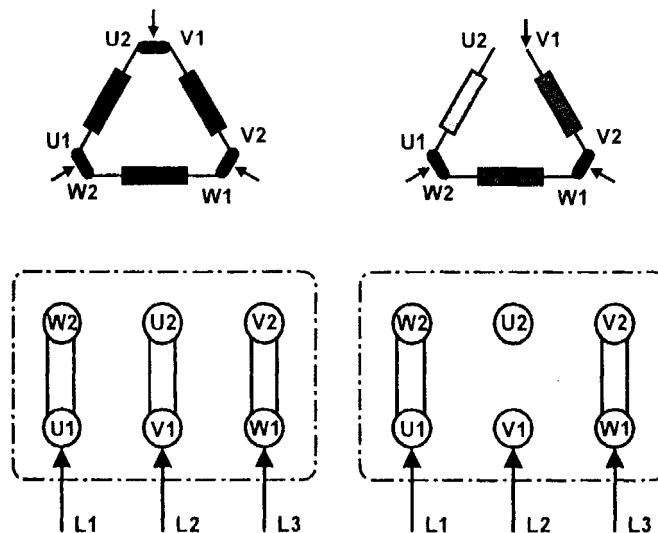


Abb. 4.32: Offene Dreieckschaltung (V-Schaltung, rechte Abbildung)

Fehlt eine Dreieckbrücke (z. B. durch losen Kontakt oder schlechte Verbindung an den Kontakten eines Schützes in einer Y/D-Kombination), so entsteht ein Schadensbild, das mit Zweileiterbetrieb in Sternschaltung vergleichbar ist; bei Beachtung der Klemmschaltung ist es ebenfalls eindeutig.

Falsche Sternschaltung

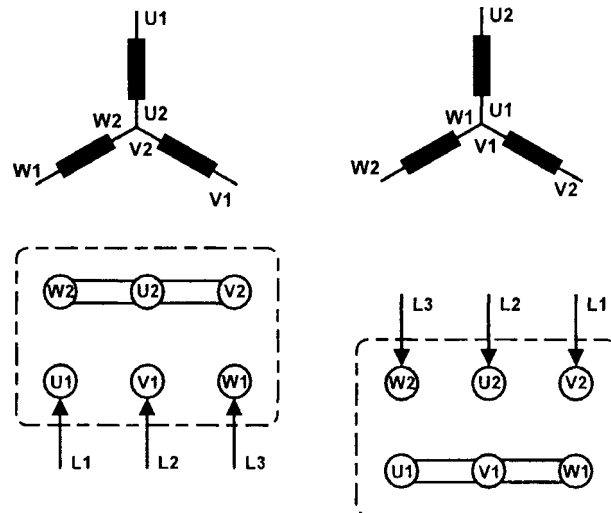


Abb. 4.33: Falsche Sternschaltung (rechte Abbildung)

Windungsschlüsse in elektrischen Maschinen

Aufgrund schadhafter Drahtisolation können eine oder mehrere Windungen innerhalb einer Spule oder Spulengruppe überbrückt bzw. kurzgeschlossen werden. Bei Wicklungen von normalen Drei- und Einphasenstatoren sowie Schleifring- oder Gleichstromankern lassen sich solche Windungsschlüsse recht einfach feststellen, wenn man die Maschinen demontiert. Führt man die Sonde eines Testgerätes am Blechpaket entlang, werden diese über deren Suchmagnet entweder akustisch oder optisch angezeigt.

Vergleichsmessungen

In bestimmten Fällen sind aber nur Vergleichsmessungen möglich, und zwar, wenn:

- die betreffende Maschine nicht demontiert werden soll;
- die Anker Ausgleichsleiter haben, die für die Sonde wie ein Kurzschluss wirken;
- es sich um Spulen handelt, die um ausgeprägte Magnetpole gewickelt sind (Feldspulen), wie in Elektrowerkzeugen, großen Gleichstrommaschinen, Polrädern von Generatoren u. Spulen aller Art.

Die dazu benutzten Prüfeinrichtungen und Messgeräte lassen die Differenzen auf verschiedene Weise und, je nach Messmethode und -einrichtung, auch unterschiedlich präzise feststellen. So sind Vergleichsmessungen mit Widerstandsmessbrücken und Induktionsmessgeräten schon seit jeher bekannt. Ähnlich verhält es sich bei kleinen Kollektor-Reihenschlussmotoren, beispielsweise in Elektrowerkzeugen, da man dort oft zwei voneinander unabhängige Feldspulen vergleichen kann.

Weitaus problematischer gestaltet sich ein Vergleich der Feldwicklungen von Gleichstrommaschinen, Generatoren mit Polrädern usw.. Dazu muss man die Maschinen meistens demontieren – was auch für Einphasenmotoren nahezu immer zutrifft – und die Verwindungen zwischen den Feldspulen abisolieren, um die Werte der einzelnen Spulen bzw. Gruppen miteinander vergleichen zu können. Die Erfahrung lehrt aber, dass derartige Messungen oft sehr aufwendig sind und keine eindeutigen Ergebnisse erzielt werden, auch wenn Vergleichswerte anderer Maschinen des gleichen Herstellers und Typs oder die Wickeldata vorliegen.

Fehlersuche an Motoren durch praktische Messungen

Nachdem die Sicherheitseinheit eines Motors ausgelöst hat, beginnt die optische Kontrolle des Motors und der angetriebenen Maschine. Zuerst wird der mechanische Zustand der gesamten Anlage (Maschine und Motor) geprüft, d. h. Kontrolle der Lager, Keilriemen und Beweglichkeit der Maschine (z. B. Rotor). Wird hier kein Fehler festgestellt, kann mit der elektrischen Überprüfung

begonnen werden. Diese Überprüfung beginnt an der Sicherungseinheit mit der Feststellung und Messung der Spannungsversorgung bis zum Motor (Leitungsbruch). Ist hier kein Fehler feststellbar, kann mit der elektrischen Überprüfung des Motors begonnen werden. Der Motor muss nun freigeschaltet und gegen Wiedereinschalten gesichert werden, anschließend wird das Klemmbrett am Motor geöffnet. Ist die Spannungsfreiheit festgestellt, werden alle Brücken im Motorklemmbrett entfernt, die Messung des Motors beginnt. Zuerst wird eine Isolationsmessung mit einem Isolationsmessgerät vorgenommen. Bei dieser Messung muss jede Wicklung gegen das Gehäuse (Erde) und die Wicklungen untereinander (Mindestwert von 0,5 M Ω) gemessen werden,

Wicklung U1-U2 gegen V1-V2 und W1-W2 und gegen Erde;

Wicklung V1-V2 gegen U1-U2 und W1-W2 und gegen Erde;

Wicklung W1-W2 gegen V1-V2 und U1-U2 und gegen Erde.

Danach werden die einzelnen Wicklungsstränge (U1-U2, V1-V2, W1-W2) mit einem Widerstandsmessgerät durchgemessen und der ermittelte Widerstandswert festgehalten. Normalerweise gibt es nur geringe Abweichungen in den Werten. Sollten mehr als 2 % Abweichung gemessen werden, ist von einem Wicklungsschluss auszugehen.

4.11 Testfragen

Anlassen von Drehstrom-Asynchronmotoren

Welche Anlassverfahren werden bei Asynchronmotoren mit Kurzschlussläufer verwendet?

Wie ändern sich Anzugsmoment und Anzugsstrom von Asynchronmotoren bei Sterndreieckschaltung gegenüber direktem Einschalten?

Welche Schaltung und welche Anlassarten kommen für einen Drehstrommotor am 400-V-Netz in Frage, wenn als Nennspannung 230 V angegeben ist?

Welche Spannungen müssen auf dem Leistungsschild eines Drehstrommotors stehen, wenn er am 400-V-Netz in Sterndreieckschaltung angelassen werden soll?

Drehzahleinstellung von Drehstrom-Asynchronmotoren

Nennen Sie Möglichkeiten der Drehzahländerung von Asynchronmotoren.

Mit welchen Maschinen können Frequenzen erzeugt werden, die von der Netzfrequenz abweichen?

Nennen Sie Anwendungsbeispiele für polumschaltbare Asynchronmotoren.

Betriebsstörungen an Motoren

Nennen Sie Fehlermöglichkeiten an einem Drehstrom-Asynchronmotor, wenn er beim Einschalten nicht anläuft.

Welche Spannungen liegen bei 400 V Netzspannung an den Klemmen eines Drehstrom-Asynchronmotors an, wenn die Zuleitung zur Klemme U1 unterbrochen ist?

Woran erkennt man die Unterbrechung eines Außenleiters bei einem Drehstrom-Asynchronmotor?

Wie wird die Ständerwicklung eines Drehstrom-Asynchronmotors auf Unterbrechungen geprüft?

Welche Fehler können bei einem Drehstrom-Asynchronmotor vorliegen, wenn beim Einschalten die Sicherung oder der Motorschutzschalter anspricht?

Einphasenwechselstrom-Motoren mit Hilfswicklung

Welche Aufgabe hat die Hilfswicklung in einem Einphasenwechselstrommotor?

Welche Klemmbezeichnungen haben Haupt- und Hilfswicklung von Einphasenwechselstrom-Motoren?

Wodurch kann die Phasenverschiebung der Ströme in Haupt- und Hilfsstrang bei Einphasenwechselstrom-Motoren erzeugt werden?

Wie kehrt man die Drehrichtung eines Einphasenwechselstrom-Motors mit Hilfsstrang um?

Nennen Sie Beispiele für die Anwendung von Kondensatormotoren.

4.12 Übung:

Überprüfung eines Stern-Dreieck Motors

Durchführung

- Bevor das Motorklemmbrett geöffnet wird müssen die fünf Sicherheitsregeln zum Freischalten eines aktiven, spannungsführenden Betriebsmittels angewendet werden.
- Den Motor unter Beachtung aller Sicherheitsmaßnahmen abklemmen, dabei die Klemmenbezeichnung und die dazugehörigen Aderfarben aufschreiben.
- Die Motorwicklungen nun mit einem Isolationsmessgerät (mind. 500 V) auf Durchgang gegen Gehäuse prüfen.
- Danach kann mit der Prüfung der Wicklungen begonnen werden. Dazu wird ein Widerstandsmessgerät (digital oder analog) verwendet.

Wenn diese Prüfungen ohne erkennbare Mängel durchgeführt wurden, kann der Motor unter Zuhilfenahme der Aufzeichnungen beim Abklemmen und Rücknahme der Sicherheitsmaßnahmen wieder betriebsbereit gemacht werden.

