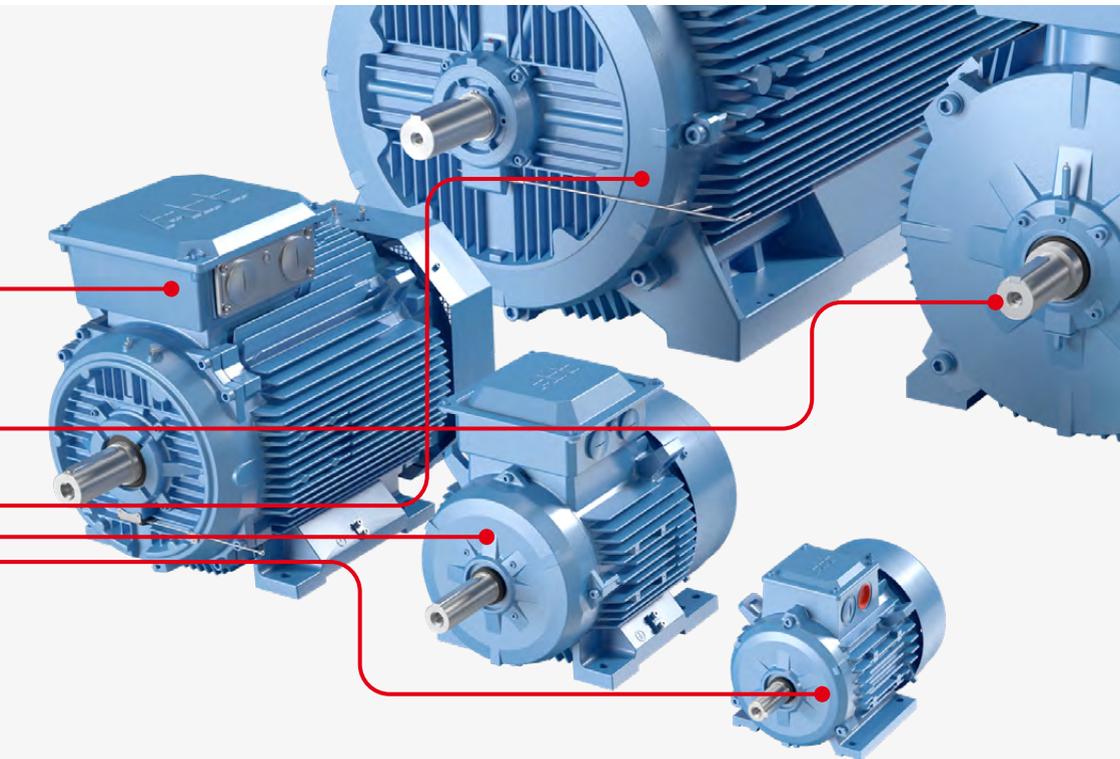


KATALOG

Niederspannungsmotoren

Motor Guide



Inhalt

006	1.	Einleitung
007	1.1	Über ABB
007	1.1.1.	Elektrifizierungsprodukte
007	1.1.2.	Robotik und Motion
007	1.1.3.	Industrieautomation
008	1.1.4.	Stromnetze
008	1.2	IEC-Niederspannungsmotoren
008	1.2.1	Standardmotoren
008	1.2.2	Motoren für die Prozessindustrie
009	1.2.3	Motoren für explosionsgefährdete Bereiche
009	1.2.4	Branchen- und anwendungsspezifische Motoren
010	2.	IE-Klassen
011	2.1	Normen und Vorschriften
011	2.1.1	Mindestnormen für die Energieeffizienz
012	2.1.2	IEC 60034-30-1:2014
013	2.1.3	ABB und die Wirkungsgradnormen
015	2.2	Lifecycle-Konzept und Energiekostenermittlung
015	2.2.1	Energiekostenermittlung
016	2.3	Umweltmanagement bei ABB
016	2.3.1	ISO 14001
016	2.3.2	Gefahrstoffe
016	2.3.3	Materialauswahl
017	2.3.4	EU-Richtlinie 2012/19/EU (WEEE)
018	3.	Normen
019	3.1	Definitionen
020	3.2	Normentabellen
020	3.2.1	Die wesentlichen Normen für Niederspannungsmotoren
021	3.2.2	Die wesentlichen EU-Richtlinien für Motoren
021	3.2.3	Effizienzermittlung für außerhalb Europas verkaufte Motoren
022	3.3	Drehrichtung
023	3.4	Kühlung
024	3.5	Schutzarten: IP-Code/IK-Code
025	3.6	Standardspannungsbereiche
026	3.7	Spannung und Frequenz
026	3.8	Toleranzen
027	3.9	Bauformen
028	3.10	Abmessungen
030	3.11	Verhältnis Leistung – Baugröße

032 4. Elektrische Ausführung – Asynchronmotoren

- 033 4.1 Der Asynchronmotor
- 034 4.2 Isolation
- 035 4.3 Kaltleiter
- 035 4.4 Umgebungstemperatur und Aufstellhöhen
- 036 4.5 Anlaufmethoden
 - 036 4.5.1 Direktstarter
 - 036 4.5.2 Stern-Dreieck-Anlauf
 - 037 4.5.3 Softstarter
 - 038 4.5.4 Anlauf mit Frequenzumrichter
- 039 4.6 Einschränkungen beim Start
- 046 4.7 Betriebsarten
- 050 4.8 Leistungserhöhung
- 051 4.9 Effizienz und Verlustarten
- 052 4.10 Leistungsfaktor
- 055 4.11 Luftmenge und Luftgeschwindigkeit
- 056 4.12 Anschlussschaltbilder

058 5. Mechanische Ausführung

- 059 5.1 Motorkonstruktion
- 060 5.2 Gehäusekonstruktionen
- 061 5.3 Klemmenkästen
- 063 5.4 Lager
- 064 5.5 Kondenswasserlöcher und Feuchtigkeit
- 065 5.6 Externe Radial- und Axialkräfte des Motors
- 065 5.7 Auswuchtung
- 066 5.8 Vibration
- 067 5.9 Oberflächenbehandlung

068 6. Geräusch

- 069 6.1 Schalldruckpegel und Schalleistungspegel
- 070 6.2 Bewertungsfilter
- 071 6.3 Oktavbänder
- 072 6.4 Zusätzliche Schallquellen
- 073 6.5 Geräuschkomponenten eines Motors
- 075 6.6 Schalldruckpegel

- 076 7. Installation und Wartung**
- 077 7.1 Warenannahme
- 077 7.2 Prüfung des Isolationswiderstands
- 078 7.3 Anzugsmomente der Klemmen
- 078 7.4 Betrieb
- 079 7.5 Handling
- 080 7.6 Fundamente
- 081 7.7 Kupplungsausrichtung
- 082 7.7.1 Montage der Riemenscheiben und Kupplungshälften
- 083 7.8 Spannschienen
- 084 7.9 Lagermontage
- 084 7.10 Schmierung
- 085 7.11 Sicherungen

- 086 8. Das SI-System**
- 087 8.1 Mengenangaben und Einheiten
- 088 8.2 Präfixe
- 089 8.3 Umrechnungsfaktoren

- 092 9. Bestellung**
- 093 9.1 Motorauswahl
- 094 9.2 Belastung (kW)
- 095 9.3 Drehzahl
- 095 9.4 Starten des Motors
- 096 9.5 Betriebsumgebung
- 096 9.6 Bestellung und Bestellcheckliste

- 098 10. Frequenzumrichter**
- 099 10.1 Frequenzumrichtertypen
- 100 10.2 Pulsweitenmodulation
- 100 10.3 Dimensionierung des Frequenzumrichters
- 102 10.4 Belastbarkeit (Drehmoment)
- 103 10.4.1 Verbesserung der Belastbarkeit
- 104 10.5 Isolationsfestigkeit
- 104 10.6 Erdung
- 105 10.7 Betrieb mit Maximaldrehzahl
- 107 10.8 Auswuchtung
- 107 10.9 Kritische Drehzahlen
- 107 10.10 Wellendichtungen
- 108 10.11 Betrieb mit niedriger Drehzahl

Einleitung

Diese Anleitung enthält grundlegende Informationen über IEC-Niederspannungsmotoren. In diesem Zusammenhang bezieht sich der Begriff „Niederspannung“ auf Motoren, die mit Spannungen unter 1000 V arbeiten und eine maximale Leistung von 1000 kW liefern. Die in dieser Anleitung angegebenen Referenzwerte gelten speziell für die Motoren von ABB für die Prozessindustrie.

Die Bezeichnung „IEC“ bedeutet, dass die Motoren den von der International Electrotechnical Commission ausgearbeiteten Normen entsprechen. So normt die IEC beispielsweise die Baugröße der Motoren; bei den Motoren für die Prozessindustrie reichen die Baugrößen von IEC-Baugröße 56 für Aluminiummotoren bis 450 (Millimeter von der Welle bis zur Basis) für Graugussmotoren. In der jüngeren Vergangenheit wurde in IEC-Normen die Einstufung von Motoren in Wirkungsgradklassen festgelegt.

Einleitung

1.1. Über ABB

ABB ist ein innovativer Technologieführer in den Bereichen Elektrifizierungsprodukte, Robotik und Motion, Industrieautomation und Stromnetze und ist für Kunden aus der Energiewirtschaft, Industrie, dem Transportwesen und der Infrastruktur weltweit tätig. Aufbauend auf einer über 130-jährigen Tradition der Innovation gestaltet ABB heute die Zukunft der industriellen Digitalisierung mit zwei klaren Leistungsversprechen: Strom von jedem beliebigen Kraftwerk zur Steckdose zu übertragen und die Automatisierung der Industrie von den natürlichen Ressourcen bis zum fertigen Produkt sicherzustellen. Um zu einer nachhaltigen Zukunft beizutragen, verschiebt ABB als namensgebender Partner der FIA Formel E Rennsportserie die Grenzen der Elektromobilität. ABB ist in mehr als 100 Ländern tätig und beschäftigt ca. 135.000 Mitarbeiter.

Das Geschäft von ABB ist in vier globale Divisions unterteilt, die wiederum aus speziellen Business Units bestehen, die sich auf bestimmte Branchen und Produktkategorien konzentrieren.

1.1.1. Elektrifizierungsprodukte

Technologie, welche die gesamte elektrotechnische Wertschöpfungskette von der Unterstation bis zur Verbrauchsstelle umfasst und so eine Stromversorgung mit höherer Sicherheit und Zuverlässigkeit sicherstellt. Innovationen in den Bereichen Digitalisierung und Anschlusstechnik für den Nieder- und Mittelspannungsbereich einschließlich der Infrastruktur für Elektrofahrzeuge, Solar-Wechselrichter, modulare Unterstationen, Automatisierung der Verteilung, Leistungsschutz, Montagezubehör, Schaltanlagen, Gehäuse, Verkabelung, Mess- und Regeltechnik.

1.1.2. Robotik und Motion

Motoren, Generatoren, Antriebe, mechanische Antriebskomponenten, Robotik, Windenergie und Traktionsumrichter.

1.1.3. Industrieautomation

Produkte, Systeme und Services zur Optimierung der Produktivität der Industrieprozesse. Die Lösungen umfassen schlüsselfertiges Engineering, Leitsysteme, Messtechnik, Lifecycle-Service, outgesourcete Wartung und branchenspezifische Produkte (z. B. elektrische Schiffsantriebe, Bergwerksförderanlagen, Turbolader und Zellstoffprüferäte).

1.1.4. Stromnetze

Die Division Power Grids bietet für die gesamte Wertschöpfungskette von der Stromerzeugung und Übertragung bis zur Verteilung Elektro- und Automatisierungstechnik, Systeme, Service und Software-Lösungen an. Das Angebot umfasst Lösungen für die Netzintegration, Übertragung, Verteilung und Automatisierung sowie ein Komplettangebot an Hochspannungsprodukten und Transformatoren.

1.2. IEC-Niederspannungsmotoren

ABB verfügt über ein breites Angebot an Niederspannungsmotoren, die für alle Branchen und Applikationen geeignet sind und alle internationalen und nationalen Wirkungsgradvorschriften erfüllen.



1.2.1 Standardmotoren

- Grauguss- und Aluminiummotoren



1.2.2. Motoren für die Prozessindustrie

- Asynchronmotoren für die Prozessindustrie
- Synchronreluktanzmotoren
- Permanentmagnetmotoren
- Schnellaufende Motoren
- Wassergekühlte Motoren



1.2.3. Motoren für explosionsgefährdete Bereiche

- Druckfest gekapselte Motoren
- Motoren mit erhöhter Sicherheit
- Non-sparking Motoren
- Staubexplosionsgeschützte Motoren



1.2.4. Branchen- und anwendungsspezifische Motoren

- Schiffsmotoren
- Bergbaumotoren
- Motoren für die Nahrungs- und Genussmittelindustrie
- Motors für HLK
- Motoren für Wasser und Abwasser
- Bremsmotoren
- Motoren mit hoher Dynamik
- Motoren für hohe Umgebungstemperaturen
- Rollgangmotoren
- Rauchabzugsmotoren
- Edelstahlmotoren

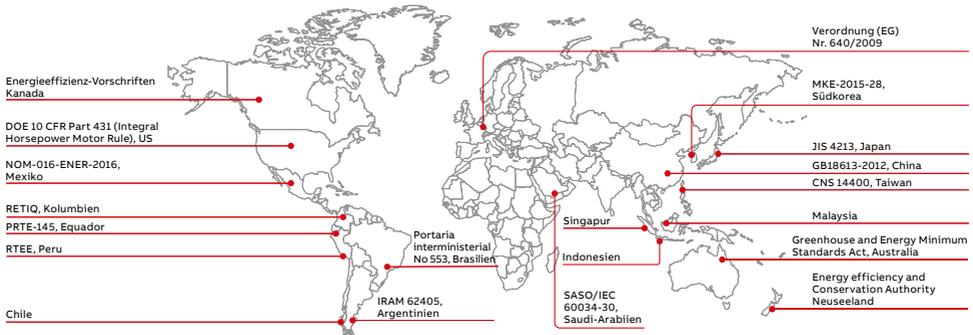
IE-Klassen

Industrie und Handel sehen sich weltweit mit Energiefragen konfrontiert. Der weltweite Energiebedarf steigt ständig. Gleichzeitig wird der Druck, den Energieverbrauch zu senken, die Kohlendioxidemissionen (CO₂) zu reduzieren und eine sichere Energieversorgung zu gewährleisten, immer stärker.

Mit effizienten Motoren können die Energiekosten gesenkt und die Kohlendioxidemissionen reduziert werden. Es wurde geschätzt, dass Elektromotoren etwa 65 Prozent des in Industrieapplikationen benötigten Stroms verbrauchen, somit ergibt sich in der Industrie ein enormes Einsparpotenzial. Der Energieverbrauch hängt von der Nennleistung des Motors, der Dimensionierung der Anwendung und den Betriebsstunden ab. Motoren mit hohem Wirkungsgrad können bei der Reduzierung der CO₂-Emissionen eine wesentliche Rolle spielen.

ABB vertritt schon lange die Auffassung, dass Motoren mit hohem Wirkungsgrad notwendig sind, und verfolgt die Strategie, standardmäßig Motoren mit hohem Wirkungsgrad anzubieten, die direkt ab Lager lieferbar sind. Wir konzentrieren uns nicht nur auf die Effizienz, sondern wenden ein Lifecycle-Konzept an und sind bestrebt, die mit unseren Produkten über die gesamte Nutzungsdauer anfallenden Kosten zu minimieren.

IE-Klassen



2.1 Normen und Vorschriften

Seit Verabschiedung der IEC 60034-30:2008 und ihrer überarbeiteten Fassung 60034-30-1:2014 besteht ein weltweites Energieeffizienz-Klassifizierungssystem für Drehstrom-Asynchronmotoren mit Niederspannung. Diese internationalen Normen wurden erarbeitet, um eine verbesserte Harmonisierung der Wirkungsgradvorschriften in den verschiedenen Ländern zu ermöglichen und um auch Motoren für explosionsgefährdete Bereiche aufzunehmen. IEC 60034-30-1:2014 legt die internationalen Wirkungsgradklassen (IE-Klassen) für eintourige, dreiphasige Asynchronmotoren mit 50 und 60 Hz fest. Die in der IEC 60034-30 definierten Wirkungsgradklassen beruhen auf dem in der IEC 60034-2-1:2014 festgelegten Prüfverfahren. Beide Normen sind Teil der Bemühungen zur Anpassung der Motorprüfverfahren an die Normen CSA390-10 und IEEE 112 sowie der Vereinheitlichung der Anforderungen an die Wirkungsgrad- und Produktkennzeichnung (IE), damit die Käufer von Motoren weltweit Premium-Effizienz-Produkte leicht erkennen können.

Um diese Transparenz auf dem Markt durchzusetzen, legt die IEC 60034-30 fest, dass die Wirkungsgradklasse und der Wirkungsgrad auf dem Motorleistungsschild und in der Produktdokumentation angegeben werden müssen. In der Dokumentation muss das verwendete Wirkungsgradprüfverfahren angegeben werden, denn die verschiedenen Verfahren führen zu unterschiedlichen Ergebnissen.

2.1.1 Mindestnormen für die Energieeffizienz

Obwohl die IEC als internationale Normungsorganisation die Richtlinien für die Motorprüfung und die Wirkungsgradklassen festlegt, reguliert die Organisation nicht die Wirkungsgradstufen in den einzelnen Ländern. Die

größten Treiber für verpflichtende Mindestnormen für die Energieeffizienz (MEPS) für Elektromotoren sind der globale Klimawandel, Regierungsziele zur Reduzierung der CO₂-Emissionen und der steigende Strombedarf insbesondere in den Schwellenländern. In der gesamten Wertschöpfungskette vom Hersteller bis zum Endnutzer müssen die gesetzlichen Vorgaben zur Erfüllung der vor Ort geltenden Vorschriften sowie zum Sparen von Energie und der Reduzierung des CO₂-Ausstoßes eingehalten werden.

Harmonisierte globale Normen und die Übernahme der MEPS in immer mehr Ländern sind gute Nachrichten für uns alle. Allerdings gilt es zu bedenken, dass die Harmonisierung ein fortlaufender Prozess ist. Obwohl MEPS in verschiedenen Regionen und Ländern bereits Anwendung finden, geht die Entwicklung dieser Normen weiter und sie können sich in Umfang und Anforderungen unterscheiden. Gleichzeitig planen weitere Länder die Einführung eigener MEPS. Auf der Weltkarte auf der vorherigen Seite sind die bereits existierenden und anstehenden MEPS-Vorschriften dargestellt.

Die neuesten Informationen finden Sie unter www.abb.com/motors&generators/energyefficiency.

2.1.2 IEC 60034-30-1:2014

Diese Norm definiert vier IE-(International Efficiency)-Wirkungsgradklassen für eintourige Elektromotoren gemäß IEC 60034-1 oder IEC 60079-0 (explosionsgefährdete Bereiche), die für den Betrieb mit sinusförmiger Spannung ausgelegt sind.

- IE4 = Super-Premium-Wirkungsgrad
- IE3 = Premium-Wirkungsgrad entsprechend der Tabelle in 10CFR431 ('NEMA Premium') in den USA und CSA C390-10:2015 für 60 Hz
- IE2 = hoher Wirkungsgrad
- IE1 = Standardwirkungsgrad

IEC 60034-30-1 deckt den Leistungsbereich von 0,12 kW bis 1000 kW ab. Die meisten Motorkonstruktionen fallen unter die Norm, solange sie für den direkten Netzanschluss ausgelegt sind. Die Norm schließt folgende Motoren ein:

- Eintourige Elektromotoren (ein- und dreiphasig), 50 und 60 Hz
- 2, 4, 6 und 8 Pole
- Nennleistung P_N von 0,12 kW bis 1000 kW
- Nennspannung U_N über 50 V bis 1 kV
- Für den Dauerbetrieb bei Nennleistung und einem Temperaturanstieg innerhalb der spezifizierten Isolationsklasse geeignete Motoren.
- Für eine beliebige Umgebungstemperatur zwischen -20 °C bis +60 °C gestempelte Motoren
- Für eine Aufstellhöhe bis 4000 m über NHN zugelassene Motoren

—
Bild 2.1
IE-Klassen
- 4-polige
Motoren.

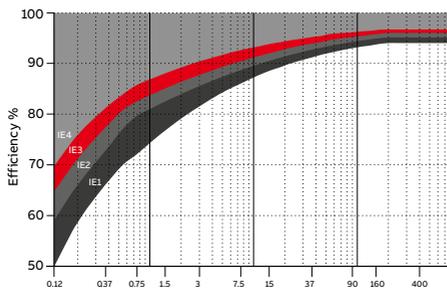
Der Vergleich der IEC 60034-30-1 mit CSA C390-10:2015 und 10CFR431 Subpart B – Electric motors zeigt, dass die Wirkungsgradgrenzwerte und -tabellen gut aneinander angeglichen sind und der Hauptunterschied im Leistungsumfang liegt, der bei CSA und 10CFR431 maximal 500 hp beträgt. Des Weiteren gibt es einige geringfügige Unterschiede in der Anzahl der ausgeschlossenen Motoren.

Hinweis: CFR bedeutet Code of Federal Regulations.

Folgende Motoren sind von der IEC 60034-30-1 ausgenommen:

- Eintourige Motoren mit 10 oder mehr Polen oder mehrfach polumschaltbare Motoren.
- Vollständig in eine Maschine integrierte Motoren (z. B. Pumpe, Lüfter oder Kompressor), die nicht getrennt von der Maschine geprüft werden können.
- Bremsmotoren, wenn die Bremse nicht ausgebaut oder separat mit Spannung versorgt werden kann.

2.1.3 ABB und die Wirkungsgradnormen



— Bild 2.1

ABB bestimmt die Wirkungsgradwerte gemäß IEC 60034-2-1 und verwendet hierfür ein Verfahren mit geringem Unsicherheitsfaktor (d. h. auf Summierung der Verluste), wobei zusätzliche Lastverluste mit dem Restverlustverfahren ermittelt werden. Es sollte angemerkt und betont werden, dass das Prüfverfahren gemäß IEC 60034-2-1, welches auch als indirektes Verfahren bekannt ist, den Prüfverfahren in den Normen CSA 390-10 und IEEE 112 Method B technisch gleichwertig ist und so gleiche Verluste und somit Wirkungsgradwerte ergibt. ABB kann beide Prüfverfahren anwenden, und sie müssen auch für Kanada und die USA verwendet werden, wo die IEC 60034-2-1 noch nicht anerkannt ist. Als Weltmarktführer bietet ABB das größte Sortiment an Niederspannungsmotoren an. Seit Langem befürwortet ABB die Notwendigkeit effizienter Motoren, und seit Jahren bilden Produkte mit hoher Effizienz den Kern des Produktangebots. Die Produktserie der Prozessmotoren von ABB beruht im Kern auf dem Angebot an IE2 und IE3 Motoren – von denen viele ab Lager lieferbar sind. Wir bieten auch IE4-Motoren für eine zusätzliche Energieeinsparung an.

In der IEC 60034-30-1:2014 festgelegte Nennwirkungsgrad-Grenzwerte (Referenzwerte bei 50 Hz basierend auf den in der IEC 60034-2-1 festgelegten Prüfverfahren).

Leist.	IE1 Standardwirkungsgrad				IE2 Hoher Wirkungsgrad				IE3 Premium-Wirkungsgrad				IE4 Super-Premium- Wirkungsgrad			
	2 Pole	4 Pole	6 Pole	8 Pole	2 Pole	4 Pole	6 Pole	8 Pole	2 Pole	4 Pole	6 Pole	8 Pole	2 Pole	4 Pole	6 Pole	8 Pole
0,12	45,0	50,0	38,3	31,0	53,6	59,1	50,6	39,8	60,8	64,8	57,7	50,7	66,5	69,8	64,9	62,3
0,18	52,8	57,0	45,5	38,0	60,4	64,7	56,6	45,9	65,9	69,9	63,9	58,7	70,8	74,7	70,1	67,2
0,20	54,6	58,5	47,6	39,7	61,9	65,9	58,2	47,4	67,2	71,1	65,4	60,6	71,9	75,8	71,4	68,4
0,25	58,2	61,5	52,1	43,4	64,8	68,5	61,6	50,6	69,7	73,5	68,6	64,1	74,3	77,9	74,1	70,8
0,37	63,9	66,0	59,7	49,7	69,5	72,7	67,6	56,1	73,8	77,3	73,5	69,3	78,1	81,1	78,0	74,3
0,40	64,9	66,8	61,1	50,9	70,4	73,5	68,8	57,2	74,6	78,0	74,4	70,1	78,9	81,7	78,7	74,9
0,55	69,0	70,0	65,8	56,1	74,1	77,1	73,1	61,7	77,8	80,8	77,2	73,0	81,5	83,9	80,9	77,0
0,75	72,1	72,1	70,0	61,2	77,4	79,6	75,9	66,2	80,7	82,5	78,9	75,0	83,5	85,7	82,7	78,4
1,1	75,0	75,0	72,9	66,5	79,6	81,4	78,1	70,8	82,7	84,1	81,0	77,7	85,2	87,2	84,5	80,8
1,5	77,2	77,2	75,2	70,2	81,3	82,8	79,8	74,1	84,2	85,3	82,5	79,7	86,5	88,2	85,9	82,6
2,2	79,7	79,7	77,7	74,2	83,2	84,3	81,8	77,6	85,9	86,7	84,3	81,9	88,0	89,5	87,4	84,5
3	81,5	81,5	79,7	77,0	84,6	85,5	83,3	80,0	87,1	87,7	85,6	83,5	89,1	90,4	88,6	85,9
4	83,1	83,1	81,4	79,2	85,8	86,6	84,6	81,9	88,1	88,6	86,8	84,8	90,0	91,1	89,5	87,1
5,5	84,7	84,7	83,1	81,4	87,0	87,7	86,0	83,8	89,2	89,6	88,0	86,2	90,9	91,9	90,5	88,3
7,5	86,0	86,0	84,7	83,1	88,1	88,7	87,2	85,3	90,1	90,4	89,1	87,3	91,7	92,6	91,3	89,3
11	87,6	87,6	86,4	85,0	89,4	89,8	88,7	86,9	91,2	91,4	90,3	88,6	92,6	93,3	92,3	90,4
15	88,7	88,7	87,7	86,2	90,3	90,6	89,7	88,0	91,9	92,1	91,2	89,6	93,3	93,9	92,9	91,2
18,5	89,3	89,3	88,6	86,9	90,9	91,2	90,4	88,6	92,4	92,6	91,7	90,1	93,7	94,2	93,4	91,7
22	89,9	89,9	89,2	87,4	91,3	91,6	90,9	89,1	92,7	93,0	92,2	90,6	94,0	94,5	93,7	92,1
30	90,7	90,7	90,2	88,3	92,0	92,3	91,7	89,8	93,3	93,6	92,9	91,3	94,5	94,9	94,2	92,7
37	91,2	91,2	90,8	88,8	92,5	92,7	92,2	90,3	93,7	93,9	93,3	91,8	94,8	95,2	94,5	93,1
45	91,7	91,7	91,4	89,2	92,9	93,1	92,7	90,7	94,0	94,2	93,7	92,2	95,0	95,4	94,8	93,4
55	92,1	92,1	91,9	89,7	93,2	93,5	93,1	91,0	94,3	94,6	94,1	92,5	95,3	95,7	95,1	93,7
75	92,7	92,7	92,6	90,3	93,8	94,0	93,7	91,6	94,7	95,0	94,6	93,1	95,6	96,0	95,4	94,2
90	93,0	93,0	92,9	90,7	94,1	94,2	94,0	91,9	95,0	95,2	94,9	93,4	95,8	96,1	95,6	94,4
110	93,3	93,3	93,3	91,1	94,3	94,5	94,3	92,3	95,2	95,4	95,1	93,7	96,0	96,3	95,8	94,7
132	93,5	93,5	93,5	91,5	94,6	94,7	94,6	92,6	95,4	95,6	95,4	94,0	96,2	96,4	96,0	94,9
160	93,8	93,8	93,8	91,9	94,8	94,9	94,8	93,0	95,6	95,8	95,6	94,3	96,3	96,6	96,2	95,1
200	94,0	94,0	94,0	92,5	95,0	95,1	95,0	93,5	95,8	96,0	95,8	94,6	96,5	96,7	96,3	95,4
250	94,0	94,0	94,0	92,5	95,0	95,1	95,0	93,5	95,8	96,0	95,8	94,6	96,5	96,7	96,5	95,4
315	94,0	94,0	94,0	92,5	95,0	95,1	95,0	93,5	95,8	96,0	95,8	94,6	96,5	96,7	96,6	95,4
355	94,0	94,0	94,0	92,5	95,0	95,1	95,0	93,5	95,8	96,0	95,8	94,6	96,5	96,7	96,6	95,4
400	94,0	94,0	94,0	92,5	95,0	95,1	95,0	93,5	95,8	96,0	95,8	94,6	96,5	96,7	96,6	95,4
450	94,0	94,0	94,0	92,5	95,0	95,1	95,0	93,5	95,8	96,0	95,8	94,6	96,5	96,7	96,6	95,4
500-1000	94,0	94,0	94,0	92,5	95,0	95,1	95,0	93,5	95,8	96,0	95,8	94,6	96,5	96,7	96,6	95,4

2.2 Lifecycle-Konzept und Energiekostenermittlung

Um die beste Rendite zu erzielen, müssen die Betreiber von Produktionsanlagen bei großen Investitionen eine Lifecycle-Betrachtung zugrunde legen. Die Lifecycle-Kosten umfassen die Gesamtkosten für Anschaffung, Installation, Betrieb, Wartung und Entsorgung der Maschine.

Das Bewusstsein für die finanziellen Vorteile der Energieeffizienz muss gestärkt werden. Die Amortisationszeit einer Maschine kann äußerst kurz sein, aber viele Unternehmen konzentrieren sich bei einer Neuanschaffung immer noch auf den Kaufpreis, anstatt die Kosten über die Nutzungsdauer zu betrachten.

Der Anschaffungspreis eines Motors und Antriebs beispielsweise beträgt lediglich 1-3 Prozent dessen, was der Eigentümer während der Nutzungsdauer an Energiekosten bezahlt. Die Bedeutung eines drehzahlgeregelten Antriebs bei Effizienzbetrachtungen liegt in seiner Fähigkeit der Drehzahlregelung des Motors und darin, dass der Motor nur so schnell läuft wie nötig.

Die Lifecycle-Kosten sollten nicht nur bei Neuanlagen sondern auch bei vorhandenen Anlagen betrachtet werden. Bestehende Anlagen bieten ein deutlich höheres Potenzial zur Verbesserung des Wirkungsgrads als Neuanlagen. Die Anzahl der sich in Betrieb befindenden Anlagen übersteigt die Anzahl der jährlich installierten Neuanlagen um ein Vielfaches. Darüber hinaus verfügen viele bestehende Anlagen über ein erhebliches Verbesserungspotenzial, wenn sich die Voraussetzungen im Laufe der Zeit verändert haben.

2.2.1 Energiekostenermittlung

ABB hat ein einfaches und methodisches Verfahren zur Ermittlung des Energieverbrauchs entwickelt, welches das Energiesparpotenzial ausgewählter Anwendungen dem Nutzer vorstellt. Ausgangspunkt einer Energiekostenermittlung ist die Ermittlung der Anwendungen, bei denen sofort Energie gespart werden kann.

Die Energiekostenermittlung eignet sich am besten für Prozesse mit Anwendungen mit variablem Drehmoment nach dem kubischen Gesetz, die im Dauerbetrieb laufen und bei denen die Strömungsregelung mechanisch z. B. mit Ventilen oder Drosseln erfolgt. Hier werden die durch Frequenzumrichter erzielten Einsparungen am deutlichsten verglichen mit den Investitionskosten.

2.3 Umweltmanagement bei ABB

2.3.1 ISO 14001

Zur Sicherstellung kontinuierlicher Verbesserungen sind bei ABB alle Fertigungs- und Service-Einrichtungen zur Anwendung von Umweltmanagementsystemen gemäß der Norm ISO 14001 verpflichtet. Für administrative Einrichtungen haben wir ein angepasstes Umweltmanagementsystem eingeführt, um ein umweltfreundliches Management und eine kontinuierliche Leistungsverbesserung sicherzustellen. Nahezu alle der etwa 360 Standorte arbeiten nach den Anforderungen der Norm, und unser Umweltmanagementprogramm umfasst nun die Geschäftstätigkeit in 59 Ländern. Ziel von ABB ist es, die Anpassung der Umweltmanagementsysteme bei den Lieferanten voranzutreiben.

2.3.2 Gefahrstoffe

Die Verwendung chemischer Stoffe hat in den letzten Jahrzehnten deutlich zugenommen. Bedenken wegen der negativen Auswirkungen von Gefahrstoffen haben in vielen Ländern zu strengeren gesetzlichen Regelungen geführt. Deshalb ist die vollständige Kontrolle der Gefahrstoffe in unseren Produkten und Prozessen von unternehmenskritischer Bedeutung.

ABB ist bestrebt, den Einsatz von Gefahrstoffen, wo dies technisch und wirtschaftlich sinnvoll ist, in den eigenen Produkten und Verfahren auslaufen zu lassen. Wir haben Listen verbotener und eingeschränkt einsetzbarer Substanzen erstellt, um diesen Prozess zu flankieren, und aktualisieren diese Listen entsprechend den Entwicklungen internationaler Vorschriften. Zu diesen Einschränkungen zählen z. B. Komponenten, die bromierte Flammschutzmittel enthalten, PCB, PCT oder Quecksilber oder die Verwendung von Cadmium in der Lackierung.

2.3.3 Materialauswahl

Einige der Nachhaltigkeitsaktivitäten, die die Motorherstellung betreffen, bilden die Richtlinien zur Materialauswahl.

- Das Ziel ist die Reduzierung der Materialmenge für ein geringeres Gewicht des Produkts.
- Reduzierung der Anzahl der verschiedenen, in einem Produkt verwendeten Materialien.
- Minimierung der Anzahl der in einem Produkt verwendeten Komponenten und Auswahl der kleinstmöglichen Komponenten.
- Verwendung recycelter Materialien oder eine Kombination aus neuen Rohstoffen und recyceltem Material für das Produkt anstelle neuer Rohstoffe, falls möglich.

- Bei der Verwendung neuer Rohstoffe sollten recyclebare Materialien gewählt werden.
- Materialien, für die Recyclingsysteme aufgebaut sind, wie Stahl, Aluminium und sortenreine Thermoplaste, sollten bevorzugt werden.

2.3.4 EU-Richtlinie 2012/19/EU (WEEE)

Der Geltungsbereich der EU-Richtlinie 2012/19/EU für Elektro- und Elektronik-Altgeräte (WEEE) wird ab dem 15. August 2018 auf den offenen Anwendungsbereich ausgedehnt. Das bedeutet, dass auch Elektromotoren unter diese Richtlinie fallen können.

Verschiedene Mitgliedsstaaten der EU und Motorenhersteller nehmen in dieser Frage eine andere Haltung ein, manche sind der Meinung, dass Motoren unter diese Richtlinie fallen, andere nicht und wieder andere beziehen sie nur auf Motoren bis zu einer bestimmten Größe.

Innerhalb unserer PG habe wir entschieden, die meisten von uns hergestellten Produkte zu kennzeichnen, die dann, wie in der Richtlinie beschrieben, in Europa vertrieben werden können. Außerdem gibt es eine spezielle Recycling-Anleitung, die den Produkten beiliegt.

Normen

ABB baut Motoren und Generatoren, die den internationalen Normen der IEC und CENELEC entsprechen. In der Europäischen Union berücksichtigt ABB die relevanten EU-Vorschriften, VDE-Vorschriften und DIN-Normen. Motoren, die anderen nationalen und internationalen Spezifikationen entsprechen, sind ebenfalls lieferbar.

Alle Produktionsstätten von ABB sind nach ISO 14001 zertifiziert und erfüllen die geltenden EU-Richtlinien.

ABB unterstützt engagiert die Bestrebungen zur Harmonisierung internationaler Normen und arbeitet aktiv in verschiedenen technischen Ausschüssen und Arbeitsgruppen innerhalb des IEC-, CENELEC- und IECEx-Systems mit.

Normen

3.1 Definitionen

Richtlinie

Eine Rechtsvorschrift der Europäischen Union zur Erreichung eines bestimmten Ergebnisses in den EU-Mitgliedstaaten.

Norm

Eine als Ergebnis einer Übereinkunft zwischen internationalen technischen Experten, die in einer Normenorganisation wie der International Electrotechnical Commission (IEC), dem Europäischen Komitee für elektrotechnische Normung (CENELEC) oder einer nationalen Normenorganisation (NEMA in der USA, DKE in Deutschland) zusammenarbeiten, erstellten Spezifikation.

Die Übernahme von IEC-Normen durch ein Land oder einen Hersteller ist freiwillig, allerdings zu bevorzugen, und bei Anwendung der IECEx-Prinzipien verpflichtend.

Harmonisierte Norm

Eine Norm, die die Konformität mit den entsprechenden Anforderungen einer EU-Richtlinie zum Nachweis der Einhaltung der EU-Rechtsvorschriften sicherstellt.

Harmonisierte Normen werden online auf der Internetseite der Europäischen Union sowie im Amtsblatt der Europäischen Union veröffentlicht. Ihre Anwendung ist insoweit verpflichtend, wie es eine entsprechende Richtlinie erfordert.

3.2 Normentabellen

Die folgenden Tabellen dienen als Referenzlisten für elektrische und mechanische Normen, die je nach Motortyp und Zündschutzart für die meisten Asynchronmotoren gelten.

3.2.1 Die wesentlichen Normen für Niederspannungsmotoren

Elektrisch	Titel
IEC / EN 60034-1	Bemessung und Betriebsverhalten
IEC / EN 60034-2-1	Standardverfahren zur Ermittlung der Verluste und der Effizienz anhand von Prüfungen (ausgenommen Motoren für Triebfahrzeuge)
IEC / EN 60034-2-2	Spezifische Methoden zur Bestimmung einzelner Verluste von Großmotoren anhand von Prüfungen – Ergänzung zu IEC 60034-2-1
IEC 60034-2-3	Drehende elektrische Maschinen – Teil 2-3: Besondere Verfahren zur Bestimmung der Verluste und des Wirkungsgrades von umrichter- gespeisten Wechselstrommotoren.
IEC / EN 60034-8	Klemmenbezeichnungen und Drehrichtung
IEC / EN 60034-12	Anlaufverhalten von Drehstrommotoren mit Käfigläufer ausgenommen polumschaltbare Motoren
IEC / TS 60034-25	Anleitung zur Konstruktion und Leistung von speziell für die Frequenz- umrichterspeisung ausgelegten AC-Motoren
IEC / EN 60034-26	Auswirkungen unsymmetrischer Spannungen auf die Leistung dreiphasiger Asynchronmotoren mit Käfigwicklung
IEC / EN 60034-30	Wirkungsgradklassen eintouriger Drehstrommotoren mit Käfigläufer (IE-Code)
IEC / TS 60034-31 CLC / TS 60034-31	Auswahl energieeffizienter Motoren einschließlich Regelbetrieb – Applikationshandbuch
IEC 60038	Spannungen gemäß IEC-Norm
IEC 60050-411	Internationale elektrotechnische Terminologie – Kapitel 411: Drehende Maschinen
Mechanisch	Titel
IEC / EN 60034-5	Schutzarten aufgrund der Gesamtkonstruktion drehender elektrischer Maschinen (IP-Code) – Klassifizierung
IEC / EN 60034-6	Einteilung der Kühlverfahren (IC-Code)
IEC / EN 60034-7	Klassifizierung der Bauarten, der Aufstellungsarten und der Klemmkasten-Lage (IM-Code)
IEC / EN 60034-9	Geräuschgrenzwerte
IEC / EN 60034-14	Mechanische Schwingungen bestimmter Maschinen mit einer Achshöhe von 56 mm und höher – Messung, Bewertung und Grenzwerte der Schwingstärke
IEC / EN 60072-1	Maße und Leistungsreihen für drehende elektrischen Maschinen Teil 1: Baugrößen 56 bis 400 und Flanschnummern 55 bis 1080
IEC / EN 60529	Schutzart (IP-Code)
EN 50102	Gehäuseschutzarten für elektrische Betriebsmittel vor externen mechanischen Einflüssen (IK-Code)
EN 50347	Drehstromasynchronmotoren für den Allgemeingebrauch mit standardisierten Abmessungen und Leistungen - Baugrößen 56 bis 315 und Flanschgrößen 65 bis 740
ISO 21940-32	Mechanische Schwingungen – Auswuchten von Rotoren - Teil 32: Behandlung von Passfederverbindungen

Sonderapplikationen zusätzlich zu den zuvor genannten Normen

Rauchabzugsmotoren	Titel
EN 12101-3	Rauch- und Wärmefreihaltung Spezifikation für maschinelle Rauch- und Wärmeabzugsgeräte

Ex-Bereiche	Titel
IEC / EN 60079-0	Betriebsmittel – Allgemeine Anforderungen
IEC / EN 60079-1	Geräteschutz durch druckfeste Kapselung "d"
IEC / EN 60079-7	Geräteschutz durch erhöhte Sicherheit "e"
IEC / EN 60079-31	Geräte-Staubexplosionsschutz durch Gehäuse "t"
IEC / EN 60079-14	Projektierung, Auswahl und Errichtung elektrischer Anlagen
IEC / EN 60079-17	Prüfung und Instandhaltung elektrischer Anlagen
IEC / EN 60079-19	Gerätereparatur, Überholung und Instandsetzung
IEC / EN 60050-426	Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Teil 426: Geräte für explosionsgefährdete Bereiche
IEC / EN 60079-10-1	Einteilung der Bereiche – Gasexplosionsgefährdete Bereiche
IEC / EN 60079-10-2	Einteilung der Bereiche – Staubexplosionsgefährdete Bereiche

3.2.2 Die wesentlichen EU-Richtlinien für Motoren

Richtlinie	Anwendungsbereich
2014/34/EU 'ATEX'	Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen
1999/92/EG Arbeitsschutzrichtlinie	Mindestvorschriften zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit der Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige Atmosphären gefährdet werden können
2014/35/EU Niederspannungsrichtlinie	Bereitstellung elektrischer Betriebsmittel zur Verwendung innerhalb bestimmter Spannungsgrenzen (außer solchen, die in explosionsgefährdeten Bereichen eingesetzt werden).
2009/125/EG Richtlinie zur umweltgerechten Gestaltung	Rahmen für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte
Verordnung (EG) 640/2009 und Änderung der Verordnung (EG) Nr. 4/2014	Umsetzung der Richtlinie 2005/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die umweltgerechte Gestaltung von Elektromotoren

3.2.3 Effizienzermittlung für außerhalb Europas verkaufte Motoren

USA	IEEE 112-B CSA C390-10	Prüfverfahren für mehrphasige Asynchronmotoren und -generatoren Prüfverfahren, Kennzeichnungsvorschriften und Wirkungsgradstufen für dreiphasige Asynchronmotoren
Kanada	CSA C390-10	Prüfverfahren, Kennzeichnungsvorschriften und Wirkungsgradstufen für dreiphasige Asynchronmotoren
China	GB/T 1032: 2005	Prüfverfahren für Asynchronmotoren; umfasst Verfahren, die mit IEC 60034-2-1: 2007 übereinstimmen, mit gesondert ausgewiesenen Verlusten
Indien	IS 12615: 2011	Mit IEC 60034-2-1: 2007 übereinstimmende Verfahren (gemäß IEC 60034-30: 2008)
Brasilien	ABNT NBR 17094-1:2013	Dreiphasige Asynchronmotoren – Prüfungen
Australien, Neuseeland	AS/NZS 1359.102.3 oder IEC 60034-2-1 AS/NZS 1359.102.1 oder IEC 60034-2	Verfahren A zur Bestimmung der Verluste und der Effizienz – Drehstrom-Asynchronmotoren Verfahren B zur Bestimmung der Verluste und der Effizienz – Drehstrom-Asynchronmotoren

3.3 Drehrichtung

Die Motorkühlung ist in den meisten Fällen drehrichtungsunabhängig.

Bei Anschluss des Netzes an die mit U, V, und W gekennzeichneten Statoranschlüsse eines dreiphasigen Motors und Netzphasenfolge L1, L2, L3 dreht der Motor von der A-Seite aus gesehen im Uhrzeigersinn. Die Drehrichtung kann durch Vertauschen von zwei der drei an den Starter oder den Motor angeschlossenen Leiter umgekehrt werden.



3.4 Kühlung

Das folgende Kennzeichnungssystem basiert auf der Norm IEC 60034-6.

Beispiel

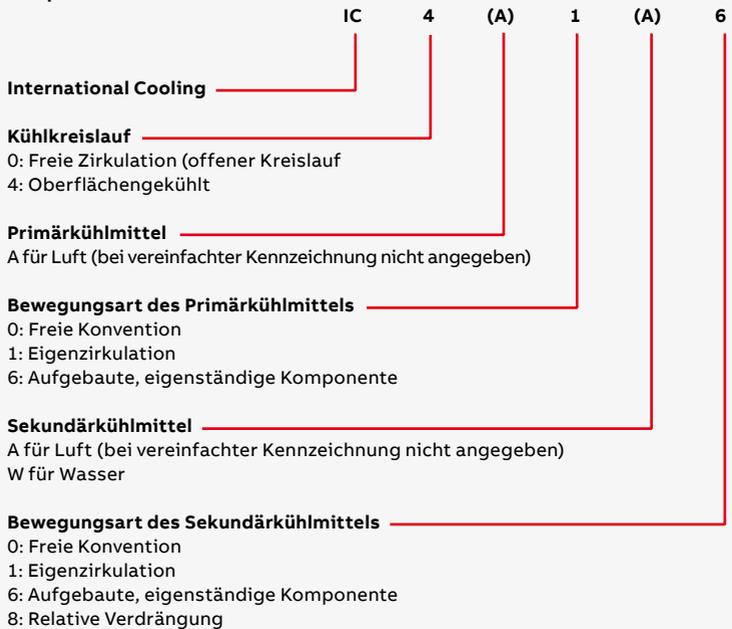


ABB kann Motoren mit den folgenden Kühloptionen liefern.

IC 410: völlig geschlossene, lüfterlose Motoren

IC 411: völlig geschlossene Standardmotoren, Gehäuseoberfläche lüftergekühlt

IC 416: völlig geschlossene Motoren mit Fremdlüfter

IC 418: völlig geschlossene Motoren, lüfterlose Kühlung der Gehäuseoberfläche

IC 31W: Zirkulation durch Ein- und Auslaufleitung oder -kanal: wassergekühlte Motoren

Hinweis:

Lüfterlose Motoren können die gleiche Leistung bereitstellen wie solche mit Standardkonfiguration (mit eigenem Lüfter), wenn sie gemäß IC 418 installiert werden.

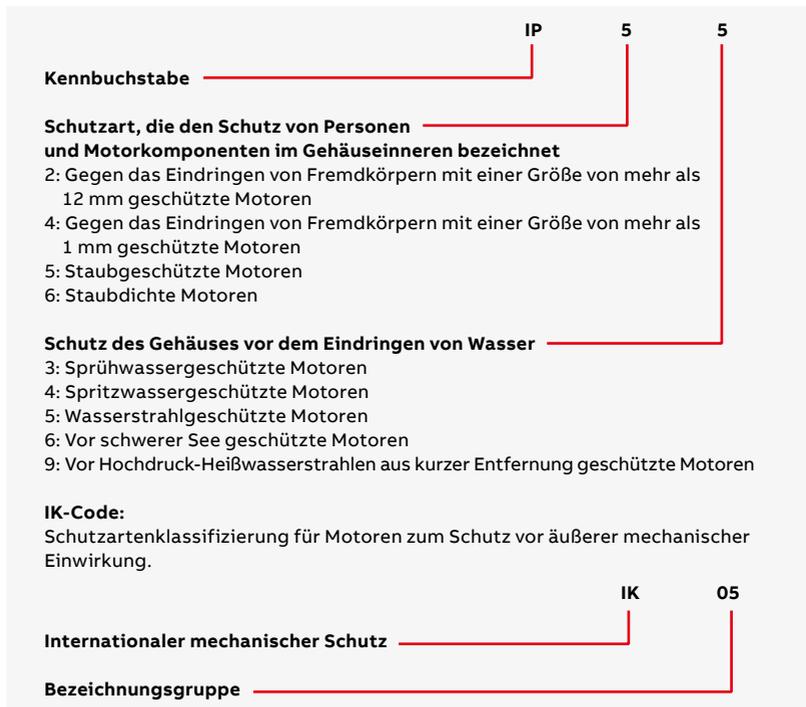
3.5 Schutzarten: IP-Code/IK-Code

Die Schutzartenklassifizierung drehender Maschinen basiert auf:

- IEC / EN 60034-5 oder IEC / EN 60529 für IP-Code
- IK-Code gemäß EN 50102 für Standardmotoren. Schlagtest gemäß IEC 60079-0 für Motoren in explosionsfähigen Atmosphären.

IP-Schutz:

Schutz von Personen vor dem Kontakt mit (oder der Annäherung an) spannungsführende(n) Teile(n) und Kontakt mit den drehenden Teilen im Inneren des Gehäuses. Schutz der Maschine vor dem Eindringen von Fremdkörpern. Schutz der Maschinen vor dem Eindringen von Wasser.



Relation zwischen IK-Code und Aufprallenergie

IK-code	IK 00	IK 01	IK 02	IK 03	IK 04	IK 05	IK 06	IK 07	IK 08	IK 09	IK 10
Aufprall	*	0,15	0,2	0,35	0,5	0,7	1	2	5	10	20
Energie									ABB-Standard		
Joule											

*kein Schutz gemäß EN 50102

3.6 Standardspannungsbereiche

ABB liefert Motoren für den Weltmarkt. Um die Kundenanforderungen zu erfüllen, werden die Motoren für den Betrieb über einen breiten Spannungsbereich ausgelegt. Die am häufigsten verwendeten Spannungscodes sind S, D, E und F. Diese decken die weltweit am häufigsten verwendeten Spannungen ab. Andere Spannungsbereiche sind auf Anfrage möglich.

In der folgenden Tabelle sind die am häufigsten verwendeten Spannungsbereiche aufgelistet.

Direktstart oder mit Δ -Anschluss, auch Y/ Δ -Start

Baugröße	S		D	
	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz
56-100	220-240 V Δ	-	380-415 V Δ	440-480 V Δ
	380-415 VY	440-480 VY	660-690 VY	-
112-132	220-240 V Δ	-	380-415 V Δ	440-480 V Δ
	380-415 VY	440-480VY	660-690 VY	-
160-450 ¹⁾	220, 230 V Δ	-	380, 400, 415 Y Δ	440-480 V Δ
	380, 400, 415 VY	440 VY	660 VY	-
Baugröße	E		F	
	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz
56-100	500 V Δ	²⁾	500 VY	²⁾
112-132	500 V Δ	²⁾	500 VY	²⁾
160-450	500 V Δ	²⁾	²⁾	²⁾

Eine Übersicht über die weltweit verwendeten Spannungen kann beim ABB Motorenvertrieb angefordert werden.

¹⁾ Spannungsbereiche variieren ja nach Typ. Schlagen Sie die gültigen Werte in den jeweiligen Produktkatalogen nach.

²⁾ Auf Anfrage.

Motoren für andere Spannungen

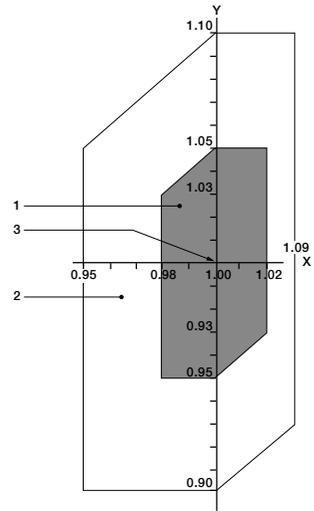
Motoren mit einer Wicklung für eine bestimmte Spannung bei 50 Hz können auch für andere Spannungen wenden werden. Wirkungsgrad, Leistungsfaktor und Drehzahl bleiben in etwa gleich. Die exakten motorspezifischen Werte sind auf Anfrage erhältlich.

Motorwicklung für	230 V		400 V		500 V		690 V	
Anschluss an (50 Hz)	220 V	230 V	380 V	415 V	500 V	550 V	660 V	690 V
	% der Werte an einem 400 V, 50 Hz Netz		% der Werte an einem 400 V, 50 Hz Netz		% der Werte an einem 400 V, 50 Hz Netz		% der Werte an einem 400 V, 50 Hz Netz	
Leistung	100	100	100	100	100	100	100	100
I_N	180	174	105	98	80	75	61	58
I_s/I_N	90	100	90	106	100	119	90	100
T_s/T_N	90	100	90	106	100	119	90	100
T_{max}/T_N	90	100	90	106	100	119	90	100

Bild 3.1
Spannungs-
und Frequenz-
abweichung
in den Zonen
A und B

3.7 Spannung und Frequenz

Der Einfluss des durch die Spannungs- und Frequenzschwankungen verursachten Temperaturanstiegs ist in IEC 60034-1 definiert. Die Norm unterteilt die Kombinationen in die beiden Zonen A und B. Zone A stellt die Kombination aus einer Spannungsabweichung von +/-5 % und einer Frequenzabweichung von +/-2 % dar. Zone B stellt die Kombination aus einer Spannungsabweichung von +/-10 % und einer Frequenzabweichung von +/-3 % dar. Dies ist in Bild 3.1 dargestellt.



Beschreibung
X-Achse Frequenz p.u.
Y-Achse Spannung p.u.
1 Zone A
2 Zone B (außerhalb Zone A)
3 Bemessungspunkt

Motoren können das Nennmoment in den beiden Zonen A und B erzeugen, jedoch wird der Temperaturanstieg höher sein als bei Nennspannung und Nennfrequenz. Motoren dürfen in Zone B nur kurzzeitig betrieben werden.

Bild 3.1

3.8 Toleranzen

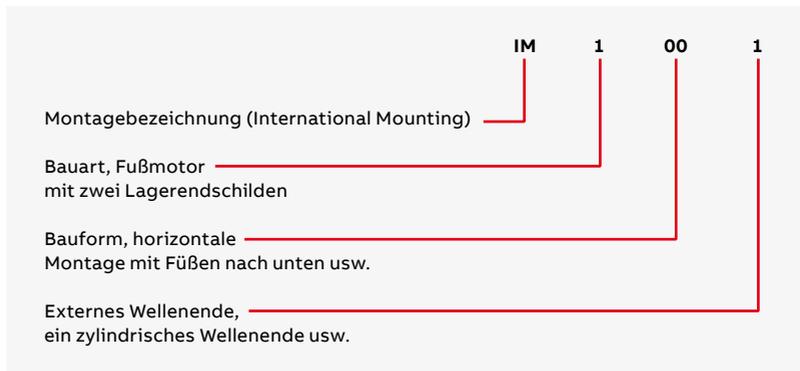
Gemäß IEC 60034-1 beträgt die Toleranz die maximal zulässige Abweichung zwischen dem Testergebnis und dem auf dem Leistungsschild (oder im Katalog) angegebenen Wert. Die Testergebnisse basieren auf Prüfverfahren gemäß IEC 60034-2-2 und IEC 60034-2-3

	Effizienz	Leistungs-faktor	Strom bei fest ge-bremstem Rotor	Drehmoment des blockier-ten Motors	Anzugs-moment	Trägheits-moment	Ge-räusch-pegel
PN (kW) ≤ 150	-15 % (1-η)	-1/6 (1-cosφ)	+20 % des Stroms	[-15 %+25 %] des Dreh-moments	-15 % des Werts	± 10 % des Werts	+3 dB(A)
PN (kW) > 150	-10 % (1-η)	-1/6 (1-cosφ)	+20 % des Stroms	[-15 %+25 %] des Dreh-moments	-15 % des Werts	± 10 % des Werts	+3 dB(A)
Schlupf							
PN (kW) < 1	± 30 %						
PN (kW) ≥ 1	± 20 %						

3.9 Bauformen

Internationale Normen IM-Bauformen

Kennzeichnungsbeispiel gemäß Code II



Beispiele typischer Bauformen

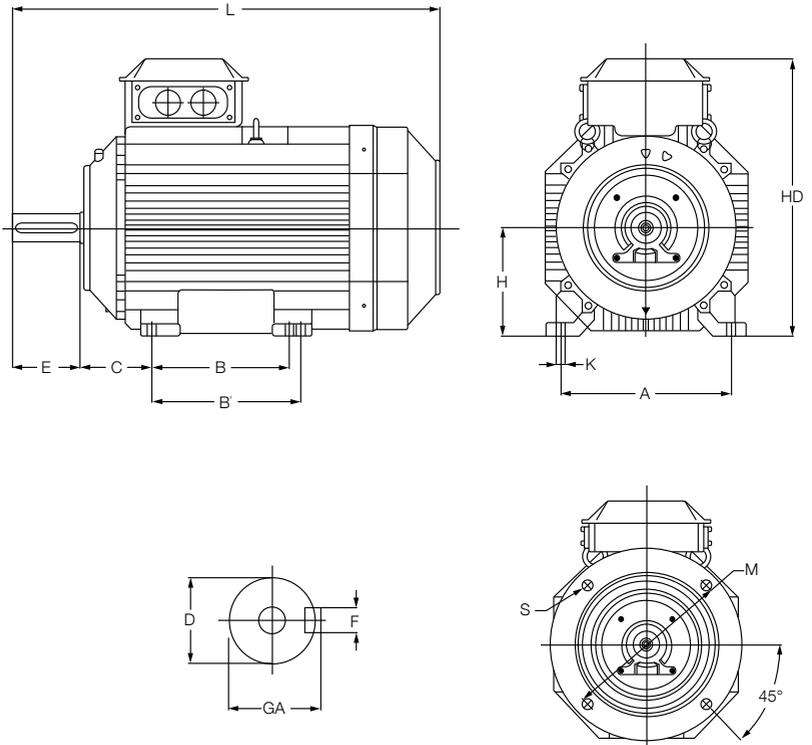
Code I	IM B3	IM V5	IM V6	IM B6	IM B7	IM B8
Code II	IM 1001	IM1011	IM 1031	IM1051	IM 1061	IM 1071
Fußmotor						
Code I	IM B5	IM V1	IM V3	„	„	„
Code II	IM 3001	IM 3011	IM3031	IM 3051	IM 3061	IM 3071
Flanschmotor, großer Flansch mit Durchgangsbohrungen.						
Code I	IM B14	IM V18	IM V19	„	„	„
Code II	IM 3601	IM 3611	IM 3631	IM 3651	IM 3661	IM 3671
Flanschmotor, kleiner Flansch mit Gewindebohrungen.						

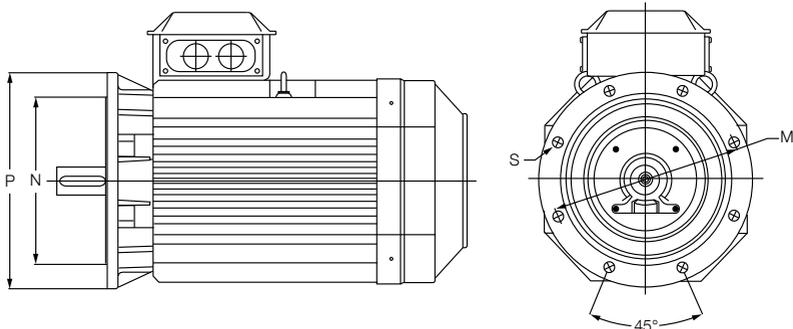
„ Nicht in IEC 60034-7 angegeben.

3.10 Abmessungen

Internationale Normen IM-Bauformen

Dies ist ein Beispiel für eine typische Maßzeichnung. Maßzeichnungen finden Sie in den Katalogen und auf der Internetseite von ABB.





Buchstaben für die häufigsten Abmessungen:

A = Abstand zwischen den Mittellinien der Befestigungsbohrungen (Rückansicht)

B = Abstand zwischen den Mittellinien der Befestigungsbohrungen (Seitenansicht)

B' = Abstand zwischen den Mittellinien der zusätzlichen Befestigungsbohrungen

C = Abstand zwischen dem Ansatz der A-seitigen Welle und der Mittellinie der Montagebohrungen im nächstgelegenen Fuß

D = Durchmesser des A-seitigen Wellenendes

E = Länge des Wellenendes vom Ansatz auf der A-Seite

F = Breite der Passfedernut des A-seitigen Wellenendes

GA = Abstand zwischen der Oberkante der Passfeder und der gegenüberliegenden Seite des A-seitigen Wellenendes

H = Abstand zwischen der Mittellinie der Wellen und der Unterseite der Füße

HD = Abstand zwischen der Spitze der Hebeöse, dem Klemmenkasten oder einem anderen am weitesten hervorstehenden Teil auf der Oberseite des Motors und der Unterseite der Füße

K = Bohrungsdurchmesser oder Schlitzbreite in den Füßen des Motors

L = Gesamtlänge des Motors mit einem Wellenende

M = Lochkreisdurchmesser der Befestigungsbohrungen

N = Passflächendurchmesser

P = Flanschaußendurchmesser oder bei einer nicht runden Form zweimal das maximale Radialmaß

S = Durchmesser der Befestigungsbohrungen im Montageflansch oder Gewindenennendurchmesser.

Tabelle 3.1
Korrelation
zwischen
Leistung und
Baugröße
gemäß
CENELEC

3.11 Verhältnis Leistung – Baugröße

Mehrere Länder haben auf nationaler Ebene eine Mindesteffizienznorm (MEPS) eingeführt. Die IEC legt die Richtlinien für die Prüfung und Klassifizierung der Motoren gemäß den Normen fest. In den folgenden Tabellen werden für Europa und Brasilien die Normen für Leistung und Baugröße gegenübergestellt.

In Europa legt die CENELEC-Norm EN 50347 die Daten für Nennleistung und Montage für verschiedene Schutzarten und Größen fest, d. h. Achshöhe, Befestigungsmaße und Abmessungen des Wellenendes. Unter diese Norm fallen völlig geschlossene, lüftergekühlte Käfigläufermotoren mit 50 Hz, Baugröße 56 M bis 315 M.

Standardleistung								
Baugröße	Durchmesser des Wellensenders		Nennleistung				Flanschnummer	
	2 Pole mm	4,6,8 Pole mm	2 Pole kW	4 Pole kW	6 Pole kW	8 Pole kW	Durchgangslöcher (FF)	Gewindebohrung (FT)
56	9	9	0,09 oder 0,12	0,06 oder 0,09			F100	F65
63	11	11	0,18 oder 0,25	0,12 oder 0,18			F115	F75
71	14	14	0,37 oder 0,55	0,25 oder 0,37			F130	F85
80	19	19	0,75 oder 1,1	0,55 oder 0,75	0,37 oder 0,55		F165	F100
90S	24	24	1,5	1,1	0,75	0,37	F165	F115
90L	24	24	2,2	1,5	1,1	0,55	F165	F115
100L	28	28	3	2,2 oder 3	1,5	0,75 oder 1,1	F215	F130
112M	28	28	4	4	2,2	1,5	F215	F130
132S	38	38	5,5 od, 7,5	5,5	3	2,2	F265	F165
132M	38	38	-	7,5	4 od. 5,5	3	F265	F165
160M	42	42	11 od. 15	11	7,5	4 od. 5,5	F300	F215
160L	42	42	18,5	15	11	7,5	F300	F215
180M	48	48	22	18,5	-	-	F300	
180L	48	48	-	22	15	11	F300	
200L	55	55	30 od. 37	30	18,5 od. 22	15	F350	
225S	55	60	-	37	-	18,5	F400	
225M	55	60	45	45	30	22	F400	
250M	60	65	55	55	37	30	F500	
280S	65	75	75	75	45	37	F500	
280M	65	75	90	90	55	45	F500	
315S	65	80	110	110	75	55	F600	
315M	65	80	132	132	90	75	F600	

Tabelle 3.1

—
Tabelle 3.2
Korrelation
zwischen
Leistung und
Baugröße
gemäß NBR

Brasilien verlangt, dass nach Brasilien importierte Motoren den nationalen Normen für Niederspannungsmotoren ABNT NBR 17094-1:2013 entsprechen. NBR 17094-1:2008 definiert, wie in der folgenden Tabelle dargestellt, die Relation zwischen Größe und Leistung.

Leistung kW	Baugröße HP	2 Pole	4 Pole	6 Pole	8 Pole
0,18	0,25	63	63	71	71
0,25	0,33	63	63	71	80
0,37	0,50	63	71	80	90S
0,55	0,75	71	71	80	90L
0,75	1	71	80	90S	90L
1,1	1,5	80	80	90S	100L
1,5	2	80	90S	100L	112M
2,2	3	90S	90L	100L	132S
3,0	4	90L	100L	112M	132M
3,7	5	100L	100L	132S	132M
4,7	6	112M	112M	132S	160M
5,5	7,5	112M	112M	132M	160M
7,5	10	132S	132S	132M	160L
9,2	12,5	132S	132M	160M	180M/L
11,0	15	132M	132M	160M	180L
15,0	20	160M	160M	160L	180L
18,5	25	160M	160L	180L	200L
22	30	160L	180M	200L	225S
30	40	200M	200M	200L	225M
37	50	200L	200L	225M	250S
45	60	225S	225S	250S	250M
55	75	225M	225M	250M	280S
75	100	350M	250M	280S	280M
90	125	280S	280S	280M	315M
110	150	280M	280M	315M	315M
132	175	315S	315S	315M	355
150	200	315S	315S	315M	355
185	250	315S	315M	355	355
220	300	355	355	355	355
260	350	355	355	355	355
300	400	-	355	355	-
330	450	-	355	355	-
370	500	-	355	-	-

—
Tabelle 3.2

Elektrische Ausführung – Asynchronmotoren

Die Kapitel über die elektrische und mechanische Ausführung in diesem Handbuch beziehen sich auf Asynchronmotoren.

Die Konstruktion von Motoren mit einer guten Gesamtleistung erfordert eine geschickte Balance zwischen mehreren Faktoren wie z. B. Wirkungsgrad, Kosten, Temperaturanstieg, Vibrationen, Geräusch, Lagerauswahl sowie das Design der Nuten und des Lüfters. Nur die richtige Balance führt zu hochwertigen, effizienten und zuverlässigen Motoren mit einer langen Lebensdauer.

Elektrische Ausführung – Asynchronmotoren

4.1 Der Asynchronmotor

Bei den Niederspannungs-Asynchronmotoren von ABB handelt es sich um Elektromotoren, deren Drehleistung auf der elektromagnetischen Induktion beruht. Der in die Motorwicklungen eingespeiste Strom erzeugt ein rotierendes Magnetfeld, das Spannung in die Rotorstäbe induziert. Die Stäbe bilden einen geschlossenen Kreis, in dem der Strom zu zirkulieren beginnt und ein anderes Magnetfeld erzeugt. Die Magnetfelder des Rotors und Stators interagieren auf eine solche Weise, dass der Rotor anfängt, dem Magnetfeld des Stators zu folgen und so das Drehmoment erzeugt.

Bei Asynchronmotoren neigt der Rotor dazu, hinter die Drehzahl des Statormagnetfeldes zurückzufallen. Beim Anstieg der mechanischen Last an der Motorwelle nimmt die Drehzahldifferenz (Schlupf) zu und es entsteht ein höheres Drehmoment.

Die Niederspannungs-Asynchronmotoren von ABB decken den Leistungsbereich 0,06 bis 1000 kW ab.

Bild 4.1
Sicherheits-
zuschläge pro
Wärmeklasse

4.2 Isolation

ABB verwendet Isolationsklasse F, die zusammen mit Wärmeklasse B das für Industriemotoren am häufigsten geforderte Isolationssystem darstellt.

Wärmeklasse 130 (B)

- Max. Umgebungstemperatur 40 °C
- Max. zulässiger Temperaturanstieg 80 K
- Wärmepunkt-Temperaturzuschlag 10 K

Wärmeklasse 155 (B)

- Nennumgebungstemperatur 40 °C
- Max. zulässiger Temperaturanstieg 105 K
- Wärmepunkt-Temperaturzuschlag 10 K

Wärmeklasse 180 (H)

- Nennumgebungstemperatur 40 °C
- Max. zulässiger Temperaturanstieg 125 K
- Wärmepunkt-Temperaturzuschlag +15 K

Bei Verwendung einer Isolation der Klasse F zusammen mit Wärmeklasse B besitzen die Produkte von ABB einen Sicherheitszuschlag von 25 °C. Dadurch kann die Motorbelastung vorübergehend erhöht werden, um einen Betrieb bei einer höheren Umgebungstemperatur oder größeren Aufstellhöhen oder mit größeren Spannungs- und Frequenztoleranzen zu ermöglichen. Außerdem verlängert sich die Lebensdauer der Isolation. Eine Reduzierung der Temperatur um 10 K beispielsweise hat eine deutliche Wirkung auf die Lebensdauer der Isolation.

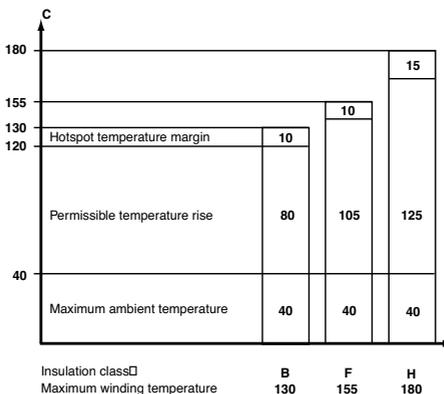


Bild 4.1

—
Tabelle 4.1
Zulässige
Leistung bei
hohen Umge-
bungstempe-
raturen oder
großen Höhen

4.3 Kaltleiter

Kaltleiter sind in die Wickelköpfe eingesetzte temperaturabhängige Widerstände – einer pro Phase – zur Regelung der Motortemperatur. Unterhalb einer bestimmten Temperatur weist der Kaltleiter einen relativ konstanten niedrigen Widerstand auf, aber ab einer bestimmten Temperatur nimmt dieser Widerstand deutlich zu, und das an den Kaltleiter angeschlossene Relais zieht an. Die Widerstandsänderung wird in Anschlussignale (Warnung oder Abschaltung) umgewandelt und dient als thermischer Schutz des Motors.

4.4 Umgebungstemperatur und Aufstellhöhen

Herkömmliche Motoren sind für den Betrieb bei einer maximalen Umgebungstemperatur von 40 °C und einer maximale Aufstellhöhe von 1000 m ü. NHN ausgelegt. Wird ein Motor bei höheren Umgebungstemperaturen betrieben, ist eine Leistungsminderung gemäß der folgenden Tabelle notwendig. Hinweis: Wenn die Ausgangsleistung eines Standardmotors gemindert wird, ändern sich die in den Katalogen angegebenen relativen Werte wie z. B. I_s/I_N .

Umgebungstemperatur, °C	30	40	45	50	55	60	70	80
Zulässige Leistung, % der Nennleistung	107	100	96.5	93	90	86.5	79	70

Höhe über dem Meeresspiegel, m	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000
Zulässige Leistung, % der Nennleistung	100	96	92	88	84	80	76

—
Tabelle 4.1

4.5 Anlaufmethoden

Die gängigsten Motoranlaufmethoden werden nachfolgend dargestellt. Diese sind: Anlauf bei direktem Netzanschluss und Stern-Dreieck-Anlauf sowie Sanftanlauf mit einem Softstarter oder Regelung durch Frequenzumrichter.

Transiente Anschlussströme

Es ist wichtig, zu bedenken, dass sich der Begriff 'Anlaufstrom' auf einen stabilen Effektivwert (eff) bezieht. Dies ist der Wert, der nach einigen Zyklen, wenn die Transienten verschwunden sind, gemessen wird. Der Spitzenwert des transienten Stroms kann etwa das 2,5-fache des stabilen Anlaufstroms betragen, nimmt jedoch schnell ab. Das Motoranlaufmoment verhält sich ähnlich, und dies muss bei einem hohen Trägheitsmoment der Arbeitsmaschine berücksichtigt werden, denn die Belastung der Welle und der Kupplung kann hoch sein.

4.5.1 Direktstarter

Die einfachste Art, einen Käfigläufermotor zu starten, ist der direkte Netzanschluss. In diesem Fall wird lediglich ein Direktstarter benötigt. Der Nachteil dieses Verfahrens ist jedoch der hohe Anlaufstrom, der häufig das Mehrfache des Motornennstroms beträgt. Auch ist das Anlaufmoment sehr hoch und kann zu einer hohen Belastung der Kupplungen und der Arbeitsmaschine führen. Trotzdem wird dieses Verfahren häufig verwendet, wenn nicht bestimmte Gründe dagegen sprechen.

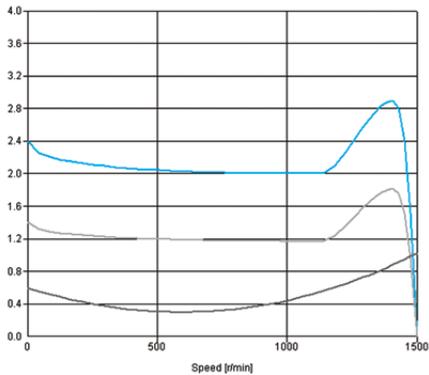
4.5.2 Stern-Dreieck-Anlauf

Wenn der Anlaufstrom eines Motors wegen Einschränkungen bei der Versorgung begrenzt werden muss, kann das Stern-Dreieck-Verfahren (Y/ Δ) angewandt werden. Der Start eines Motors mit einer Wicklung für 400 V/ Δ mit Sternanschluss reduziert den Anlaufstrom um ca. 30 Prozent verglichen mit dem beim Direktstart erreichten Strom, und das Anlaufmoment verringert sich gegenüber dem Direktstart um ca. 25 Prozent.

Bevor jedoch dieses Verfahren verwendet werden kann, muss geklärt werden, ob das reduzierte Motormoment ausreicht, um die Last über den Drehzahlbereich des Motors zu beschleunigen.

Fordern Sie das Dimensionierungstool MotSize bei Ihrer ABB-Vertretung an oder laden Sie es aus dem Internet herunter. ABB verfügt über ein großes Angebot an Niederspannungsprodukten für den Start und die Regelung von Motoren.

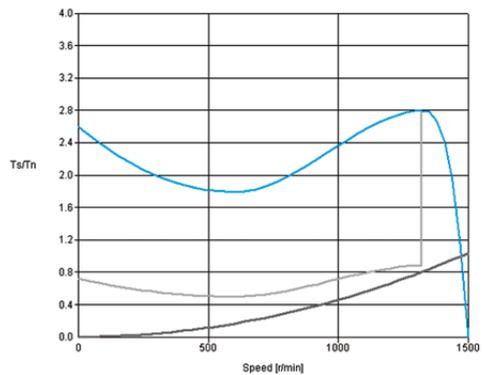
Bild 4.2



Beispiel aus dem Dimensionierungstool, das die Kurven bei direktem Netzanschluss eines Graugussmotors darstellt:

1. Anlaufmoment bei U_n
2. Anlaufmoment bei 80 % U_n
3. Drehmomentbelastung

Bild 4.3



Beispiel aus dem Dimensionierungstool, das die Kurven bei Y/ Δ -Anschluss für einen Aluminiummotor darstellt:

1. Anlaufmoment bei U_n
2. Anlaufmoment bei 80 % U_n
3. Drehmomentbelastung

— Bild 4.2 Direkter Netzanschluss

— Bild 4.3 Stern-Dreieck-Anlauf

4.5.3 Softstarter

Ein Softstarter begrenzt den Anlaufstrom des Motors und ermöglicht so einen sanften Anlauf. Die Höhe des Anlaufstroms hängt direkt von dem statischen Drehmoment während des Starts und von der Masse der zu beschleunigenden Last ab. Softstarter von ABB können auf die individuellen Anforderungen der Anwendungen eingestellt werden. Eine langsam steigende Motorspannung und somit ein langsam ansteigendes Drehmoment ermöglichen einen sanften Anlauf. Wenn der Motor die Drehzahl erreicht hat, wird der Softstarter umgangen, um einen Leistungsverlust der Halbleiter bei Dauerbetrieb zu vermeiden. Für den Bypass des Softstarters wird häufig ein extern montiertes AC-1 Schütz verwendet.

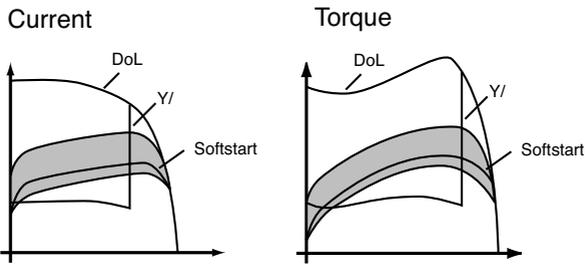
Ein Bypass-Kontakt kann auch in den Softstarter eingebaut werden, wie dies bei den Softstarter-Serien PSR, PSE und PSTB von ABB der Fall ist. Diese Softstarter gehören zu den kompaktesten auf dem Markt.

Beim ABB-Softstarter wird der Hauptstromkreis von Halbleitern anstatt von mechanischen Kontakten gesteuert. Jede Phase verfügt über zwei antiparallel angeschlossene Thyristoren, mit denen der Strom an jedem Punkt in dem positiven und dem negativen Halbzyklus geschaltet werden kann.

Die Vorlaufzeit wird durch den Zündwinkel des Thyristors gesteuert, der wiederum von der eingebauten Leiterplatte gesteuert wird.

— Bild 4.4 Einfluss von Softstartern auf Strom und Drehmoment

— Bild 4.5 Softstarter von ABB



— Bild 4.4



— Bild 4.5

4.5.4 Anlauf mit Frequenzumrichter

Die Drehzahlregelung mit einem Frequenzumrichter ist sehr vorteilhaft, wenn die Drehzahl des Motors während des Betriebes geändert werden soll, jedoch meistens zu aufwändig, wenn es lediglich um Start und Stopp des Motors geht.

Bei Einspeisung über einen Frequenzumrichter kann der Motor sein Nennmoment bereits bei geringer Drehzahl erzeugen, wobei der Strom innerhalb des Motornennstrombereiches bleibt (0,5- bis 1,0-facher Motornennstrom). Maximal kann ein 1,5-facher Motornennstrom eingespeist werden. Eine weitere Möglichkeit bei Frequenzumrichterbetrieb ist der sanfte Start und Stopp z. B. bei Wasserpumpen oder Förderbändern.

—
Tabelle 4.2
Maximale
Anlaufzeiten in
Sekunden für
den gelegent-
lichen Start
eintouriger
Motoren

4.6 Einschränkungen beim Start

Anlaufzeit

Die Anlaufzeit ist abhängig vom Lastmoment, dem Trägheitsmoment und dem Drehmoment. Da der Anlaufstrom immer deutlich höher ist als der Nennstrom, führt eine außergewöhnlich lange Anlaufphase zu einem schädlichen Temperaturanstieg im Motor. Der hohe Strom verursacht auch eine elektromechanische Belastung des Motors.

Zulässige Anlaufzeit

Angesichts des Temperaturanstiegs darf die Anlaufzeit die in der Tabelle angegebene Zeit nicht überschreiten. Die Zahlenangaben in der Tabelle gelten für einen Anlauf bei normaler Betriebstemperatur. Beim Start bei Kälte können die Werte verdoppelt werden.

Baugröße	Anlaufverfahren	Anzahl der Pole			
		2	4	6	8
56	DOL	25	40	--	--
63	DOL	25	40	--	--
71	DOL	20	20	40	40
80	DOL	15	20	40	40
90	DOL	10	20	35	40
100	DOL	10	15	30	40
112	DOL	20	15	25	50
	Y/D	60	45	75	150
132	DOL	15	10	10	60
	Y/D	45	30	30	20
160	DOL	15	15	20	20
	Y/D	45	45	60	60
180	DOL	15	15	20	20
	Y/D	45	45	60	60
200	DOL	15	15	20	20
	Y/D	45	45	60	60
225	DOL	15	15	20	20
	Y/D	45	45	60	60
250	DOL	15	15	20	20
	Y/D	45	45	60	60
280	DOL	15	18	17	15
	Y/D	45	54	51	45
315	DOL	15	18	16	12
	Y/D	45	54	48	36
355	DOL	15	20	18	30
	Y/D	45	60	54	90
400	DOL	15	20	18	30
	Y/D	45	60	54	90
450	DOL	15	20	18	30
	Y/D	45	60	54	90

—
Tabelle 4.2

Zulässige Anzahl von Starts und Drehrichtungswechseln

Wenn ein Motor häufig gestartet wird, darf er wegen den thermischen Verlusten in den Wicklungen beim Start nicht mit seiner Nennleistung belastet werden. Die Berechnung der zulässigen Ausgangsleistung kann auf Basis der Anzahl der Starts pro Stunde, dem Trägheitsmoment der Last und der Drehzahl der Last erfolgen. Auch mechanische Belastungen können zu einer Begrenzung unterhalb der von den thermischen Faktoren vorgegebenen Grenze führen.

$$\text{Zulässige Ausgangsleistung } P = P_N \sqrt{1 - \frac{m}{m_o}}$$

P_N = Motornennleistung bei Dauerbetrieb

$$m = \frac{(J_M + J'_L)}{J_m} \times X$$

X = Anzahl der Starts pro Stunde

J_M = Trägheitsmoment des Motors in kgm^2

J'_L = Trägheitsmoment der Last in kgm^2 , für die Motorwelle neu berechnet, d. h. mit $(\text{Lastdrehzahl} / \text{Motordrehzahl})^2$ multipliziert. Das Trägheitsmoment J (kgm^2) entspricht $\frac{1}{4}$ GD2 in kpm^2 .

m_o = maximal zulässige Anzahl an Starts pro Stunde des Motors bei Leerlast, wie in der nebenstehenden Tabelle angegeben.

Maximal zulässige Anzahl der Drehrichtungswechsel pro Stunde bei Leerlast $m_r = m_o / 4$.

—
Tabelle 4.3
Höchste
zulässige Anzahl
von Starts/
Stunde bei
Leerlast, m_0

Baugröße	Anzahl der Pole			
	2	4	6	8
56	12000	9000	-	-
63 A, B	11200	8700	-	-
71 A, B	9100	8400	16800	15700
80 A, B	5900	8000	16800	11500
90 L	3500	7000	12200	11500
100 L	2800	-	8400	-
112 M	1700	6000	9900	16000
132 M	1700	2900	4500	6600
160 ML	650	-	-	5000
180 ML	400	1100	-	-
200 ML	385	-	1900	-
225 SM	-	900	-	2350
250 SM	300	900	1250	2350
280 SM, ML	125	375	500	750
315 SM, ML	75	250	375	500
355 SM, ML, LK	50	175	250	350
400 L, LK	50	175	250	350
450 L	Auf Anfrage			

—
Tabelle 4.3

—
Tabelle 4.4
Drehzahl-
konstante K_1
in Abhängig-
keit der
Frequenz und
der Polpaare

Anlaufkennwerte

In Katalogen ist normalerweise die maximale Anlaufzeit in Abhängigkeit der Motorgröße und Drehzahl angegeben. Die Norm IEC 60034-12 legt jedoch das zulässige Trägheitsmoment der Arbeitsmaschine anstelle der Anlaufzeit fest. Für kleine Motoren ist die Wärmebelastung in der Statorwicklung am größten, während bei den größeren Motoren diese in der Rotorwicklung am größten ist.

Wenn die Drehmomentkurven des Motors und die Last bekannt sind, lässt sich die Anlaufzeit mit der folgenden Formel berechnen:

$$T_M - T_L = (J_M + J_L) \times \frac{d\omega}{dt}$$

wobei

- T_M = Drehmoment des Motors, Nm
- T_L = Lastmoment, Nm
- J_M = Trägheitsmoment des Motors, kgm^2
- J_L = Trägheitsmoment der Last, kgm^2
- ω = Winkelgeschwindigkeit des Motors

Bei Verwendung eines Getriebes werden T_L und J_L durch T'_L bzw. J'_L ersetzt. Wenn das Anfahrmoment T_s und das maximale Drehmoment T_{max} des Motors sowie die Art der Last bekannt sind, lässt sich die ungefähre Anlaufzeit mit folgender Formel berechnen:

$$t_{\text{st}} = \frac{(J_M + J'_L)}{T_{\text{acc}}} \times K_1$$

wobei

- t_{st} = Anlaufzeit, s
- T_{acc} = Beschleunigungsmoment, Nm
- K_1 = Drehzahlkonstante ($2\varphi \frac{f}{p}$), wobei p die Anzahl der Polpaare angibt

Drehzahl- konstante	Pole					Frequenz Hz
	2	4	6	8	10	
n_m	3000	1500	1000	750	600	
K_1	314	157	104	78	62	50
n_m	3600	1800	1200	900	720	
K_1	377	188	125	94	75	60

—
Tabelle 4.4

Durchschnittswert für T_M :

$$T_M = 0,45 \times (T_s + T_{max})$$

$$T_{acc} = T_M - K_L \times T_L$$

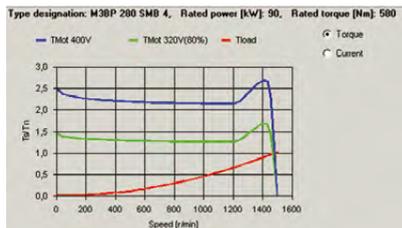
K_L kann aus der folgenden Tabelle entnommen werden:

	Hubbewegung	Lüfter	Kolbenpumpe	Schwungrad
K_L	1	1/3	0,5	0

Beispiele zur Berechnung der Anlaufzeit mit dem ABB-Programm

Load

Load type	Pump or Fan
Duty cycle	S1(IEC)
Load Inertia J[kg·m ²]	20,0
Max Inertia J	94
GD2[kg·m ²]	80
Gear Ratio	1,00



U/Un[%]	Time start.[s]	U/Un[%]	Speed [r/min]
DOL (100)	3,2	DOL (100)	1483
DOL (80)	6,3	DOL (80)	1473

Wenn der Motor und die Arbeitsmaschine über ein Getriebe verbunden sind, muss das Lastmoment in Bezug auf die Motordrehzahl mit der folgenden Formel berechnet werden.

$$T'_L = T_L \times \frac{n_L}{n_M}$$

Das Trägheitsmoment muss ebenfalls neu berechnet werden:

$$J'_L = J_L \times \left(\frac{n_L}{n_M} \right)^2$$

Beispiele für die Anlaufleistung bei verschiedenen Lastmomenten

4-poliger Motor, 160 kW, 1475 U/min

Motormoment

$$T_N = 1040 \text{ Nm}$$

$$T_s = 1,7 \times 1040 = 1768 \text{ Nm}$$

$$T_{\max} = 2,8 \times 1040 = 2912 \text{ Nm}$$

Trägheitsmoment des Motors: $J_M = 2,5 \text{ kgm}^2$

Die Last wird im Verhältnis von 1:2 untersetzt

Lastmoment

$$T_L = 1600 \text{ Nm bei } n_L = n_M/2 \text{ U/min}$$

$$T'_L = 1600 \times 1/2 = 800 \text{ Nm bei } n_M \text{ U/min}$$

Trägheitsmoment der Last

$$J_L = 80 \text{ kgm}^2 \text{ at } n_L = n_M/2 \text{ U/min}$$

$$J'_L = 80 \times (1/2)^2 = 20 \text{ kgm}^2 \text{ bei } n_M \text{ U/min}$$

Gesamtträgheitsmoment

$$J_M + J'_L \text{ bei } n_M \text{ U/min}$$

$$2,5 + 20 = 22,5 \text{ kgm}^2$$

Beispiel 1:

$$T_L = 1600 \text{ Nm}$$

$$T'_L = 800 \text{ Nm}$$

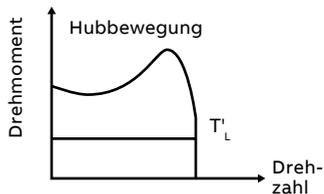
Konstanter Anstieg während der Beschleunigung

$$T_{acc} = 0,45 \times (T_s + T_{max}) - T'_L$$

$$T_{acc} = 0,45 \times (1768 + 2912) - 800 = 1306 \text{ Nm}$$

$$t_{st} = \frac{(J_M + J'_L)}{T_{acc}} \times K_1$$

$$t_{st} = \frac{22,5 \times 157}{1306} = 2,7 \text{ s}$$



Beispiel 2:

$$T_L = 1600 \text{ Nm } T'_L = 800 \text{ Nm}$$

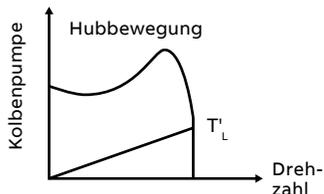
Linearer Anstieg während der Beschleunigung

$$T_{acc} = 0,45 \times (T_s + T_{max}) - \frac{1}{2} \times T'_L$$

$$T_{acc} = 0,45 \times (1768 + 2912) - \frac{1}{2} \times 800 = 1706 \text{ Nm}$$

$$t_{st} = (J_M + J'_L) \times K_1 / T_{acc}$$

$$t_{st} = 22,5 \times \frac{157}{1706} = 2,1 \text{ s}$$



Beispiel 3:

$$T_L = 1600 \text{ Nm } T'_L = 800 \text{ Nm}$$

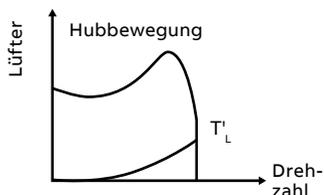
Quadratischer Anstieg während der Beschleunigung

$$T_{acc} = 0,45 \times (T_s + T_{max}) - \frac{1}{3} \times T'_L$$

$$T_{acc} = 0,45 \times (1768 + 2912) - \frac{1}{3} \times 800 = 1839 \text{ Nm}$$

$$t_{st} = \frac{(J_M + J'_L)}{T_{acc}} \times K_1$$

$$t_{st} = \frac{22,5 \times 157}{1839} = 1,9 \text{ s}$$



Beispiel 4:

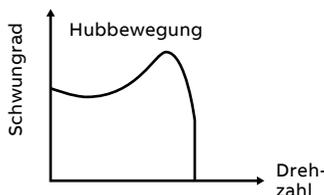
$$T_L = 0$$

$$T_{acc} = 0,45 \times (T_s + T_{max})$$

$$T_{acc} = 0,45 \times (1768 + 2912) = 2106 \text{ Nm}$$

$$t_{st} = \frac{(J_M + J'_L)}{T_{acc}} \times K_1$$

$$t_{st} = \frac{22,5 \times 157}{2106} = 1,7 \text{ s}$$

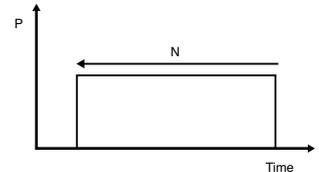


4.7 Betriebsarten

Die Betriebsarten werden gemäß IEC 60034-1 und VDE 0530 Teil 1 mit S1... S10 angegeben. Die in den Katalogen angegebenen Leistungen basieren auf Dauerbetrieb S1 bei Nennleistung. Falls keine Betriebsart angegeben ist, wird Dauerbetrieb angenommen.

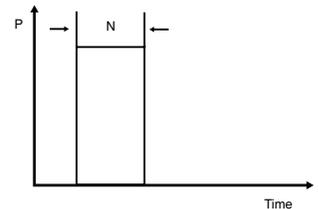
S1 Dauerbetrieb

Betrieb bei konstanter Last von ausreichender Dauer, um das thermische Gleichgewicht zu erreichen. Bezeichnung S1.



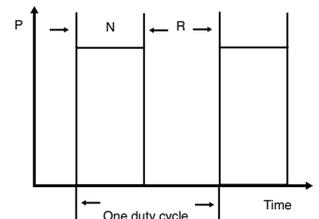
S2 Kurzzeitbetrieb

Eine Zeit, die kürzer ist als die, die zur Erreichung des thermischen Gleichgewichts notwendig ist, gefolgt von einer Ruhephase und einer ausreichend langen Entregungsphase, damit die Motortemperatur auf die Umgebungstemperatur oder die Kühlttemperatur absinken kann. Als Nenndauer des Lastzyklus werden 10, 30, 60 und 90 Minuten empfohlen. Angabe für Beispiel S2 60 min.



S3 Aussetzbetrieb

Eine Reihe identischer Lastzyklen, von denen jeder aus einer Betriebsphase mit konstanter Last, einer Ruhephase und einer Entregungsphase besteht. Der Lastzyklus ist für das Erreichen des thermischen Gleichgewichts zu kurz. Der Anlaufstrom beeinflusst den Temperaturanstieg kaum. Für die Einschaltdauer empfohlene Werte sind 15, 25, 40 und 60 Prozent. Ein Lastzyklus dauert 10 min. Angabe für Beispiel S3 25 %.



$$\text{Einschaltdauer} = \frac{N}{N + R} \times 100 \%$$

Erläuterung der hier und in den folgenden Abbildungen verwendeten Symbole

P = Ausgangsleistung

F = elektrische Bremsung

P_N = Volllast

D = Beschleunigung

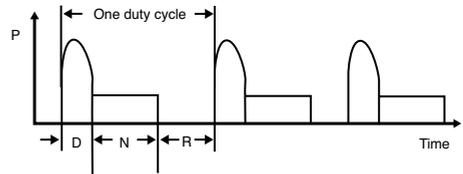
V = Betrieb bei Leerlast

N = Betrieb unter Nennbedingungen

R = bei Ruhe und entregtem Zustand

S4 periodischer Aussetzbetrieb mit Einfluss des Anlaufvorganges

Eine Reihe identischer Lastzyklen, von denen jeder aus einer Startphase, einer Betriebsphase mit konstanter Last, einer Ruhephase und einer Entregungsphase besteht.



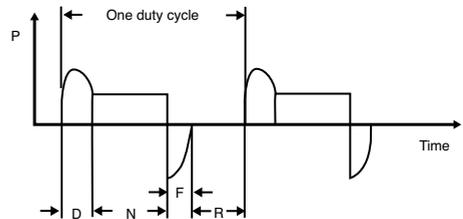
Die Zykluszeit ist für das Erreichen des thermischen Gleichgewichts zu kurz. Bei dieser Betriebsart wird der Motor durch die Last oder mechanisches Bremsen, das keine thermische Belastung des Motors darstellt, zum Stillstand gebracht. Die folgenden Parameter sind zur vollständigen Definition der Betriebsart notwendig: die Einschaltdauer, die Anzahl der Lastzyklen pro Stunde (c/h), das Trägheitsmoment der Last (J_L) und das Trägheitsmoment des Motors (J_M).

Beispiel-Angaben S4 25 % 120 c/h $J_L = 0,2 \text{ kgm}^2$ $J_M = 0,1 \text{ kgm}^2$.

$$\text{Einschaltdauer} = \frac{D + N}{D + N + R} \times 100 \%$$

S5 Aussetzbetrieb mit Anlauf und elektrischer Bremsung

Eine Reihe identischer Lastzyklen, wobei jeder Zyklus aus einer Startphase, einer Betriebsphase mit konstanter Last, einer Phase des schnellen elektrischen Abbremsens sowie einer Ruhe- und Entregungsphase besteht. Die



Lastzyklen sind für das Erreichen des thermischen Gleichgewichts zu kurz. Die folgenden Parameter sind zur vollständigen Definition der Betriebsart notwendig: die Einschaltdauer, die Anzahl der Lastzyklen pro Stunde (c/h), das Trägheitsmoment der Last (J_L) und das Trägheitsmoment des Motors (J_M).

Beispiel-Angaben S5 40 % 120 c/h $J_L = 2,6 \text{ kgm}^2$ $J_M = 1,3 \text{ kgm}^2$.

$$\text{Einschaltdauer} = \frac{D + N + F}{D + N + F + R} \times 100 \%$$

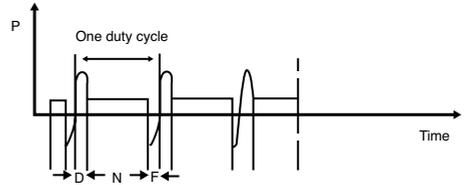
S6 ununterbrochener periodischer Betrieb mit Aussetzbelastung

Eine Reihe identischer Lastzyklen, von denen jeder aus einer Phase mit konstanter Last und einer Phase mit Leerlastbetrieb besteht. Die Lastzyklen sind für das Erreichen des thermischen Gleichgewichts zu kurz. Für die Einschaltdauer empfohlene Werte sind 15, 25, 40 und 60 Prozent. Die Dauer des Lastzyklus beträgt 10 min.

Beispiel-Angaben S6 40 %. Einschaltdauer = $100 \% \times \frac{N}{N + V}$

S7 ununterbrochener periodischer Betrieb mit Anlauf und elektrischer Bremsung

Eine Reihe identischer Lastzyklen, von denen jeder aus einer Startphase, einer Betriebsphase mit konstanter Last und einer Bremsphase besteht. Das Bremsen erfolgt

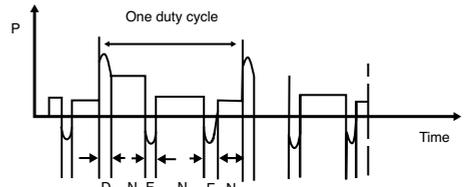


elektrisch wie z. B. Gegenstrombremsung. Die Lastzyklen sind für das Erreichen des thermischen Gleichgewichts zu kurz. Die folgenden Parameter sind zur vollständigen Definition der Betriebsart notwendig: die Anzahl der Lastzyklen pro Stunde (c/h), das Trägheitsmoment der Last (J_L) und das Trägheitsmoment des Motors (J_M).

Beispiel-Angaben S7 500 c/h $J_L = 0,08 \text{ kgm}^2$ $J_M = 0,08 \text{ kgm}^2$.

S8 ununterbrochener periodischer Betrieb mit periodischer Drehzahländerung

Eine Reihe identischer Lastzyklen, von denen jeder aus einer Startphase, einer Betriebsphase mit konstanter Last, die einer vorgegebenen Drehzahl entspricht, besteht, gefolgt von einer oder mehreren Betriebsphasen mit anderen konstanten



Lasten, die unterschiedlichen Drehzahlen entsprechen. Es gibt keine Ruhephase und auch keine Entregungsphase. Die Lastzyklen sind für das Erreichen des thermischen Gleichgewichts zu kurz. Diese Betriebsart wird beispielsweise bei polumschaltbaren Motoren verwendet. Die folgenden Parameter sind zur vollständigen Definition der Betriebsart notwendig: die Anzahl der Lastzyklen pro Stunde (c/h), das Trägheitsmoment der Last (J_L), das Trägheitsmoment des Motors (J_M) sowie die Last, die Drehzahl und die Einschaltdauer für jede Betriebsdrehzahl.

Beispiel-Angaben S8 30 c/h $J_L = 63,8 \text{ kgm}^2$ $J_M = 2,2 \text{ kgm}^2$.

24 kW 740 U/min 30 %

60 kW 1460 U/min 30 %

45 kW 980 U/min 40 %

$$\text{Einschaltdauer 1} = \frac{D + N_1}{D + N_1 + F_1 + N_2 + F_2 + N_3} \times 100 \%$$

$$\text{Einschaltdauer 2} = \frac{F_1 + N_2}{D + N_1 + F_1 + N_2 + F_2 + N_3} \times 100 \%$$

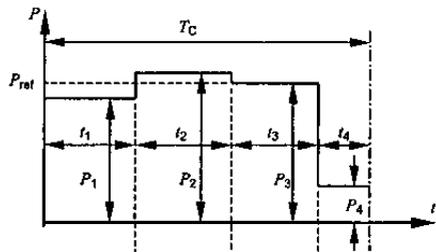
$$\text{Einschaltdauer 3} = \frac{F_2 + N_3}{D + N_1 + F_1 + N_2 + F_2 + N_3} \times 100 \%$$

S9 Betrieb mit nicht periodischer Last- und Drehzahländerung

Ein Betrieb, beim dem sich im Allgemeinen Last und Drehzahl nichtperiodisch innerhalb des zulässigen Betriebsbereichs ändern. Zu dieser Betriebsart gehören häufig Überlasten, die die Volllast deutlich überschreiten können. Für diese Betriebsart müssen geeignete Volllastwerte als Grundlage für das Überlastkonzept herangezogen werden.

S10 Betrieb mit einzelnen konstanten Belastungen und Drehzahlen

Eine Betriebsart, die aus einer bestimmten Anzahl einzelner Lastwerte (oder einer gleichwertigen Belastung) und ggf. der Drehzahl, jeder möglichen Last/Drehzahl-Kombination besteht, die für eine ausreichend lange Zeit gehalten werden kann, damit der Motor das thermische Gleichgewicht erreicht. Die Mindestlast innerhalb eines Lastzyklus kann den Wert Null (Leerlast oder entregter Zustand und Ruhe) haben.



Die entsprechende Bezeichnung lautet S10, gefolgt von den Mengeneinheiten $\text{pl}\Delta t$ für die jeweilige Last und Dauer und der Mengeneinheit T_L für die relative thermische Lebenserwartung der Isolation. Der Sollwert für die thermische Lebenserwartung ist die thermische Lebenserwartung bei Nenndauerbetrieb und den zulässigen Grenzwerten des Temperaturanstiegs auf Basis von Betriebsart S1. Für die Dauer des entregten Zustands und bei Ruhe muss die Last mit dem Buchstaben r bezeichnet werden.

Beispiel: S10 $\text{pl}\Delta t = 1,1/0,4; 1/0,3; 0,9/0,2; r/0,1 T_L = 0,6$

Der Wert von T_L muss auf das nächste Vielfache von 0,05 gerundet werden.

Für diese Betriebsart muss eine konstante, entsprechend gewählte Last auf Basis der Betriebsart S1 als Sollwert (' P_{ref} ' in der Abbildung) für die Einzellasten gewählt werden.

Hinweis: Die einzelnen Lastwerte entsprechen normalerweise der Belastung auf Basis der Integration über einen Zeitraum. Es ist nicht notwendig, dass jeder Lastzyklus die gleiche Länge hat, es ist nur wichtig, dass jede Last innerhalb eines Zyklus solange gehalten wird, dass das thermische Gleichgewicht erreicht wird und dass jeder Lastzyklus integriert werden kann, damit sich die gleiche relative thermische Lebenserwartung ergibt.

—
Tabelle 4.5
Zulässige
Leistung bei
Kurzzeit-
betrieb S2 in
Prozent der
Nennleistung

—
Tabelle 4.6
Zulässige
Leistung bei
Aussetz-
betrieb S3 in
Prozent der
Nennleistung

4.8 Leistungserhöhung

Aufgrund des geringeren Temperaturanstiegs im Motor beim Kurzzeit- oder Aussetzbetrieb kann der Motor bei diesen Betriebsarten normalerweise eine höhere Leistung liefern als bei Dauerbetrieb S1. Die folgenden Tabellen enthalten hierzu einige Beispiele. Das maximale Motormoment muss beachtet werden, T_{max}/T_N muss $>1,8$ sein, bezogen auf die erhöhte Leistung.

Kurzzeitbetrieb S2	Pole	Zulässige Leistung in % der Nennleistung bei S1 Dauerbetrieb für Baugröße		
		56 – 100	112 - 250	280 - 450
30 min	2	105	125	130
	4 - 8	110	130	130
60 min	2 - 8	100	110	115

—
Tabelle 4.5

Aussetzbetrieb S3	Poles	Zulässige Leistung in % der Nennleistung bei S1 Dauerbetrieb für Baugröße		
		56 – 100	112 - 250	280 - 450
15 %	2	115	145	140
	4	140	145	140
	6, 8	140	140	140
25 %	2	110	130	130
	4	130	130	130
	6, 8	135	125	130
40 %	2	110	110	120
	4	120	110	120
	6, 8	125	108	120
60 %	2	105	107	110
	4	110	107	110
	6, 8	115	105	110

—
Tabelle 4.6

4.9 Effizienz und Verlustarten

Die Effizienz eines Motors ist ein Maß dafür, wie gut er die elektrische Energie in mechanische Arbeit umwandeln kann. Verlorene Energie wird als Wärme abgegeben. Um die Effizienz zu erhöhen, müssen die Verluste reduziert werden. Motorverluste lassen sich in fünf Hauptkategorien unterteilen. Die erste Kategorie bilden die Eisenverluste im Kern, die zweite die Verlustleistung und die Reibungsverluste. Lastverluste, die mit der Last variieren, werden in die Verluste in der Statorwicklung, die Rotorverluste und Streuverluste unterteilt. Alle Verluste lassen sich konstruktiv beeinflussen.

Konstante Verluste

Eisenverluste im Kern werden durch die Energie verursacht, die zur Überwindung des Widerstands gegen einen Wechsel der Magnetfelder im Kernmaterial notwendig sind. Diese Verluste können durch höherwertigen Stahl und Verlängerung des Kerns zur Reduzierung der Magnetflussdichte gesenkt werden.

Die Verlustleistung und die Reibungsverluste werden durch den Luftwiderstand und die Lagerreibung verursacht. Eine verbesserte Lagerkonstruktion und optimale Lagerdichtungen, der Luftstrom und das Lüfterdesign können diese Verluste beeinflussen. Der Lüfter muss groß genug sein, um eine ausreichende Kühlung zu gewährleisten, aber nicht so groß, dass der Wirkungsgrad sinkt und der Geräuschpegel steigt. Zur Erreichung einer optimalen Kühlung der ABB-Motoren unterscheiden sich die Lüfterflügel und Abstände der Lüftermodelle.

Lastverluste

Leerlaufverluste, Verluste in der Statorwicklung (auch als I^2R -Verluste bezeichnet) werden durch Erwärmung verursacht. Sie entsteht durch den durch die Statorwicklung fließenden Strom. Diese Verluste können z. B. durch ein optimiertes Design der Statornuten reduziert werden. Rotorverluste sind schlupfabhängig. Diese Verluste werden beispielsweise durch größere leitende Stäbe und Endringe, die einen geringeren Widerstand erzeugen, reduziert. Streuverluste entstehen durch Streuflüsse, die durch Lastströme verursacht werden. Diese können durch eine verbesserte Nutgeometrie vermindert werden.

Völlig neue Motorkonstruktionen haben das Ziel, den Wirkungsgrad über die bekannten Grenzen hinaus zu steigern. Der Synchronreluktanzmotor ist ein Beispiel für eine solche neue Konstruktion. Die Effizienzwerte für die Nennleistung sind in den Tabellen der technischen Daten in den Produktkatalogen von ABB angegeben.

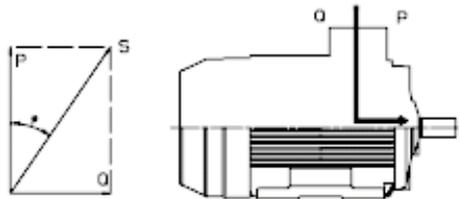
4.10 Leistungsfaktor

Ein Motor verbraucht sowohl Wirkleistung, die in mechanische Arbeit umgewandelt wird, als auch Blindleistung, die für die Magnetisierung benötigt wird und nicht in Arbeitsenergie umgewandelt wird.

Die Wirk- und die Blindleistung, im folgenden Diagramm mit P und Q bezeichnet, ergeben zusammen die Scheinleistung S. Das Verhältnis zwischen der in kW gemessenen Wirkleistung und der in kVA gemessenen Scheinleistung wird als Leistungsfaktor bezeichnet. Der Winkel zwischen P und S wird normalerweise mit φ angegeben und der Leistungsfaktor selbst mit $\cos \varphi$.

Der Leistungsfaktor liegt normalerweise zwischen 0,7 und 0,9. Bei kleinen Motoren ist er niedriger als bei großen Motoren.

Der Leistungsfaktor wird durch Messen der Eingangsleistung, der Spannung und des Stroms bei Nennleistung ermittelt. Für den angegebenen Leistungsfaktor gilt eine Toleranz von $(1 - \cos \varphi)/6$.



Wenn eine Anlage viele Motoren enthält, wird viel Blindleistung verbraucht und deshalb ist der Leistungsfaktor niedriger. Aus diesem Grund fordern Stromversorger manchmal einen höheren Leistungsfaktor für eine Anlage. Dies wird durch Anschluss von Kondensatoren an das Netz erreicht, die die Blindleistung aufnehmen und so den Leistungsfaktor erhöhen.

Blindleistungskompensation

Bei der Phasenkompensation werden normalerweise Kondensatoren mit dem Motor oder einer Gruppe von Motoren parallel geschaltet. In solchen Fällen kann eine Überkompensation jedoch bei einem Asynchronmotor zur Selbsterregung führen, so dass er als Generator arbeitet. Um Probleme zu vermeiden, ist es gängige Praxis, die Kompensation auf den Leerlaufstrom des Motors zu begrenzen.

Die Kondensatoren dürfen nicht mit einzelnen Phasen der Wicklung parallel geschaltet werden. Bei einer solchen Anordnung kann es schwer bis unmöglich sein, den Motor mit einem Stern-Dreieck-Anlauf zu starten.

Tabelle 4.7
Phasen-
kompensation

Bei einem polumschaltbaren Motor mit separaten Wicklungen und Phasenkompensation in beiden Wicklungen dürfen die Kondensatoren in der nicht genutzten Wicklung nicht geschaltet sein.

Unter bestimmten Bedingungen können diese Kondensatoren eine stärkere Erwärmung der Wicklung und eventuell auch Schwingungen verursachen.

Mit der folgenden Formel wird die Größe (pro Phase) eines Kondensators für eine Netzfrequenz von 50 Hz berechnet:

$$C = 3,2 \cdot 10^6 \cdot \frac{Q}{U_2}$$

Wobei

C = Kapazität, μF

U = Kondensatorspannung, V

Q = Blindleistung, kvar.

Die Blindleistung ergibt sich aus:

$$Q = K \cdot P \frac{1}{\mu}$$

Wobei

K = Konstante aus der nebenstehenden Tabelle

P = Motornennleistung, kW

μ = Motorwirkungsgrad

cos φ ohne Kompensation	Konstante K Kompensation auf cos φ =			
	0.95	0.90	0.85	0.80
0,50	1,403	1,248	1,112	0,982
0,51	1,358	1,202	1,067	0,936
0,52	1,314	1,158	1,023	0,892
0,53	1,271	1,116	0,980	0,850
0,54	1,230	1,074	0,939	0,808
0,55	1,190	1,034	0,898	0,768
0,56	1,150	0,995	0,859	0,729
0,57	1,113	0,957	0,822	0,691
0,58	1,076	0,920	0,785	0,654
0,59	1,040	0,884	0,748	0,618
0,60	1,005	0,849	0,713	0,583
0,61	0,970	0,815	0,679	0,548
0,62	0,937	0,781	0,646	0,515
0,63	0,904	0,748	0,613	0,482
0,64	0,872	0,716	0,581	0,450
0,65	0,841	0,685	0,549	0,419
0,66	0,810	0,654	0,518	0,388
0,67	0,779	0,624	0,488	0,358
0,68	0,750	0,594	0,458	0,328
0,69	0,720	0,565	0,429	0,298
0,70	0,692	0,536	0,400	0,270
0,71	0,663	0,507	0,372	0,241
0,72	0,635	0,480	0,344	0,214
0,73	0,608	0,452	0,316	0,186
0,74	0,580	0,425	0,289	0,158
0,75	0,553	0,398	0,262	0,132
0,76	0,527	0,371	0,235	0,105
0,77	0,500	0,344	0,209	0,078
0,78	0,474	0,318	0,182	0,052
0,79	0,447	0,292	0,156	0,026
0,80	0,421	0,266	0,130	
0,81	0,395	0,240	0,104	
0,82	0,369	0,214	0,078	
0,83	0,343	0,188	0,052	
0,84	0,317	0,162	0,026	
0,85	0,291	0,135		
0,86	0,265	0,109		
0,87	0,238	0,082		
0,88	0,211	0,055		
0,89	0,184	0,027		
0,90	0,156			

Tabelle 4.7

—
Tabelle 4.8
Leistungs-
faktoren für
Asynchron-
motoren

Leistungsfaktorwerte

Die Leistungsfaktoren für die Nennleistung sind in den Tabellen der technischen Daten in den Produktkatalogen enthalten.

Die folgende Tabelle enthält typische Leistungsfaktoren. ABB stellt garantierte Werte auf Anfrage zur Verfügung.

Wie die Tabelle zeigt, hat ein Motor mit Leistungsfaktor 0,85 den 3/4 Lastwert von 0,81, den 1/2 Lastwert von 0,72 und den 1/4 Lastwert von 0,54.

Leistungsfaktor $\cos \varphi$				
				2 - 12 Pole
1.25 x PN	1.00 x PN	0.75 x PN	0.50 x PN	0.25 x PN
0,92	0,92	0,90	0,84	0,68
0,91	0,91	0,89	0,83	0,66
0,90	0,90	0,88	0,82	0,64
0,89	0,89	0,87	0,81	0,62
0,88	0,88	0,86	0,80	0,60
0,88	0,87	0,84	0,76	0,58
0,87	0,86	0,82	0,73	0,56
0,86	0,85	0,81	0,72	0,54
0,85	0,84	0,80	0,71	0,52
0,84	0,83	0,78	0,70	0,50
0,84	0,82	0,76	0,66	0,46
0,84	0,81	0,74	0,63	0,43
0,83	0,80	0,73	0,60	0,40
0,82	0,79	0,72	0,59	0,38
0,82	0,78	0,71	0,58	0,36
0,81	0,77	0,69	0,55	0,36
0,81	0,76	0,68	0,54	0,34
0,80	0,75	0,67	0,53	0,34
0,79	0,74	0,66	0,52	0,32
0,78	0,73	0,65	0,51	0,32
0,78	0,72	0,62	0,48	0,30
0,78	0,71	0,61	0,47	0,30
0,77	0,70	0,60	0,46	0,30

—
Tabelle 4.8

—
Tabelle 4.9
Luftmenge
und Luftge-
schwindigkeit

4.11 Luftmenge und Luftgeschwindigkeit

Wenn der Motor ohne Eigenkühlung bestellt wird, muss eine ausreichende Kühlung durch andere Maßnahmen sichergestellt werden. Die Luftmenge und Luftgeschwindigkeit zwischen den Rippen im Motorgehäuse müssen mindestens die in der folgenden Tabelle angegebenen Werte erreichen. Die Werte gelten für eine Spannungsversorgung mit 50 Hz; bei 60 Hz müssen sie um 20 % erhöht werden.

Achshöhe	Pol- anzahl	Luft- geschw. m/s	Luft- menge m ³ /s	Achshöhe	Pol- anzahl	Luft- geschw. m/s	Luft- menge m ³ /s
280	2	9,6	0,46	355	2	10	0,82
	4	8,5	0,39		4	13	1,1
	6	6,5	0,32		6	11,5	1,0
	8	7,6	0,36		8	8,5	0,7
315 SM. ML	2	8,3	0,46	400	2	15	1,4
	4	9,4	0,56		4	13	1,25
	6	7,5	0,4		6	11	1,1
	8	7,6	0,43		8	8	0,8
315 LK	2	7,8	0,47	450	2	15	2,0
	4	15	0,80		4	15	2,0
	6	9,5	0,53		6	13	1,7
	8	8,8	0,49		8	10	1,25

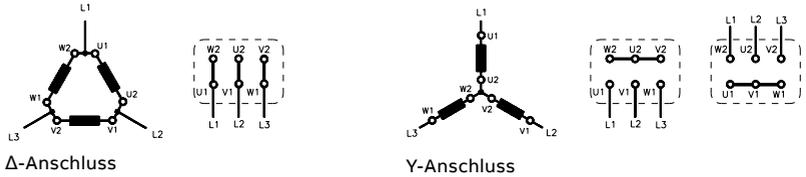
—
Tabelle 4.9

Bild 4.6
Anschluss
eintouriger
Drehstrom-
motoren

4.12 Anschlussschaltbilder

Anschluss eintouriger Drehstrommotoren

Bild 4.7
Anschluss-
optionen für
polumschalt-
bare Motoren



Δ-Anschluss

Y-Anschluss

Bild 4.6

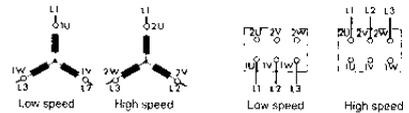
Anschluss polumschaltbarer Motoren

Polumschaltbare Motoren werden normalerweise, wie nachfolgend dargestellt, angeschlossen. Die Drehrichtung wird im Kapitel Normen behandelt. Motoren in Standardausführung haben sechs Anschlüsse und eine Erdungsklemme im Klemmenkasten. Motoren mit zwei separaten Wicklungen haben normalerweise einen Δ-Δ-Anschluss. Weitere Anschlussmöglichkeiten sind: Y/Y, Y/Δ oder Δ/Y. Motoren mit einer Wicklung, Dahlander-Schaltung, haben einen Δ/YY-Anschluss, wenn sie für Konstantmomentantriebe vorgesehen sind. Bei einem Lüfterantrieb wird ein Y/YY-Anschluss verwendet.

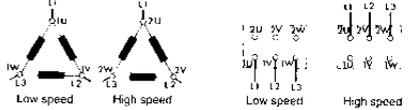
Zu jedem Motor wird ein Anschlussschaltbild mitgeliefert.

Beim Start eines Motors mit Y/Δ-Anschluss muss immer das vom Hersteller des Starters mitgelieferte Anschlussschaltbild beachtet werden.

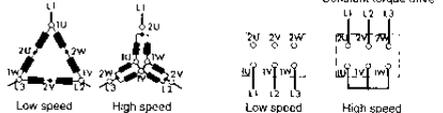
1. Zwei separate Wicklungen Y/Y



2. Zwei separate Wicklungen Δ/Δ



3. Dahlander-Schaltung Δ/YY



4. Dahlander-Schaltung Y/YY

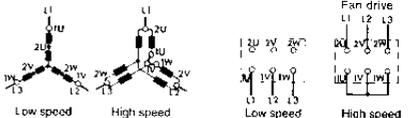


Bild 4.7



Mechanische Ausführung

In diesem Kapitel werden die Hauptkomponenten eines Asynchronmotors sowie die mechanische Konstruktion der unter dem Aspekt des Motoreinsatzes wichtigsten Bauteile beschrieben: Gehäuse und Klemmenkasten, Lager und Kondenswasserlöcher.

Die Grundlagen der Radial- und Axialkräfte sowie die Normen, in denen die Anforderungen an die Auswuchtung des Motors, die Vibrationsmessung und Oberflächenbehandlung definiert sind, werden ebenfalls beschrieben.

Mechanische Ausführung

5.1 Motorkonstruktion

Der Asynchronmotor ist ein Elektromotor, der elektrischen Strom verwendet, um den Rotor in Drehung zu versetzen. Die wesentlichen Komponenten eines Asynchronmotors und ihre Funktionen werden nachfolgend beschrieben.

Stator – der stationäre Teil des Motors, der den Rotor umgibt. Der Stator besteht aus Kupferleitern (Wicklungen), die in den Nuten verlaufen, den Strom leiten und ein drehendes Magnetfeld erzeugen, das den Rotor antreibt.

Rotor – die drehende, auf der Welle befestigte Hauptkomponente des Motors. Der Rotor besteht aus einem Blechpaket und einem Käfig aus leitenden Stäben, die auf das Magnetfeld des Motors reagieren und das Drehmoment zum Antreiben der Welle erzeugen.

Welle – der drehende, innerste Teil des Motors, der die Rotationsenergie des Rotors auf die A-seitig am Motor montierte Arbeitsmaschine überträgt.

Lager – Lager umgeben die Motorwelle an beiden Enden und reduzieren die Reibung zwischen Motorgehäuse und Welle.

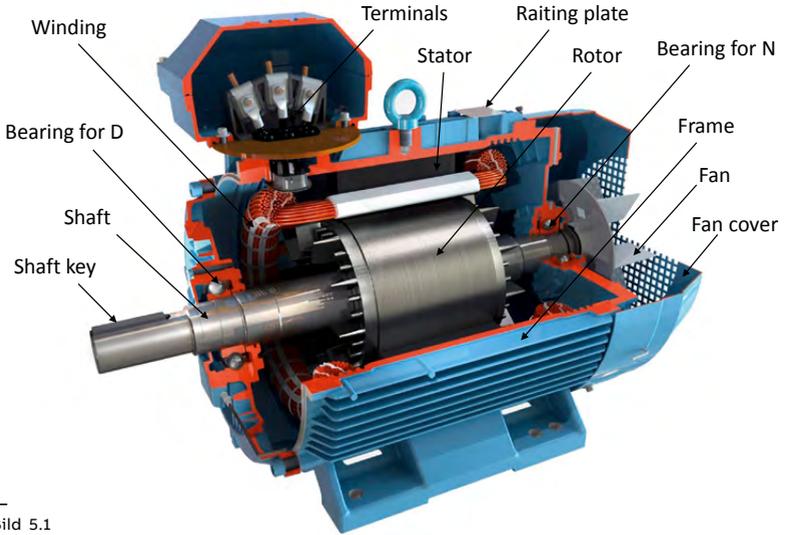
Gehäuse – Grauguss- oder Aluminiumgehäuse, das die inneren Teile des Motors umgibt und die elektrischen Anschlüsse ermöglicht.

A-Seite – die Antriebsseite des Motors.

B-Seite – die Abtriebsseite (Nichtantriebsseite) des Motors.

—
Bild 5.1
Querschnitt
durch einen
Asynchron-
motor mit Graugussgehäuse

Die folgende Querschnittszeichnung stellt einen dreiphasigen Asynchronmotor mit seinen Hauptkomponenten dar.



—
Bild 5.1

5.2 Gehäusekonstruktionen

Völlig geschlossene Elektromotoren sind für verschiedene Einsatzbereiche mit Aluminium- und Graugussgehäusen erhältlich. Graugussmotoren werden häufig in der Schwerindustrie eingesetzt, wo eine bessere Beständigkeit gegen Chemikalien und Korrosion erforderlich ist. Motoren mit Aluminiumgehäuse hingegen eignen sich besser für einfachere Anwendungen wie Pumpen und Lüfter.

—
Bild 5.2
Anschluss-
flansch mit
Kabelver-
schraubung

—
Bild 5.3 Winkel-
adapter und
Kabelver-
schraubung

5.3 Klemmenkästen

Der Klemmenkasten ist entweder oben auf dem Motor oder seitlich montiert. Die technischen Daten können bei den verschiedenen Typen variieren. Die jeweils aktuellen Informationen sind in den Produktkatalogen enthalten.

Die Klemmenkästen von Aluminiummotoren der Baugröße 56 bis 180 verfügen normalerweise über Ausbrechöffnungen, und die Klemmenkästen der Baugrößen 200 bis 250 sind mit zwei Kabelverschraubungsplatten ausgestattet.

Die Klemmenkästen von Graugussmotoren der Baugröße 71 bis 250 sind mit Blindplatten für Anschlussflansche versehen. Bei Motoren der Baugröße 280 bis 450 sind die Klemmenkästen mit Kabelverschraubungen oder Kabelanschlusskästen versehen (Bild 5.2 und 5.3). Es gibt zahlreiche Kabelverschraubungen und Kabelanschlusskästen, die als Option lieferbar sind und auch mit EMV-Modulen und Zugentlastungsklemmen ausgestattet sind.

Als Klemmenkastenmaterial wird je nach Motortyp entweder Grauguss oder Aluminium verwendet. Der Klemmenkasten wird oben, seitlich oder in einem Winkel von 45 Grad an der Seite montiert. Der Motoranschluss kann auch über Verlängerungskabel, sogenannte herausgeführte Anschlusskabel, erfolgen. Für Zubehör wie Kaltleiter oder Heizelemente können zusätzliche Klemmenkästen an den Motor angebaut werden. Klemmenkästen in Sonderausführung, wie andere Größen oder eine höhere Schutzart, sind als Optionen lieferbar.

Ein Standardmotor besitzt normalerweise sechs Phasenanschlüsse und mindestens einen Erdanschluss (Bild 5.4 und 5.5). Die notwendigen Anschlusssteile und ein Anschluss Schaltbild werden mit dem Motor geliefert. Der Plan befindet sich unter dem Klemmenkastendeckel.



—
Bild 5.2



—
Bild 5.3



Bilder 5.4–5.5

—
Bilder 5.4 – 5.5
Typische Klemmenkästen in den Baugrößen 71 bis 250 (5.4) und 280 bis 315 (5.5)

—
Bild 5.6 In das Motorgehäuse integrierter Klemmenkasten

Der Klemmenkasten bei Aluminiummotoren ermöglicht eine Kabeleinführung von beiden Seiten. Bei kleinen Motoren ist der Klemmenkasten in das Motorgehäuse integriert und hat auf beiden Seiten einen Blindflansch mit Ausbrechöffnungen (Bild 5.6). Größere Aluminiummotoren verfügen auf beiden Seiten über zwei Anschlussflansche. Bei Graugussmotoren der Baugrößen 71 - 132 ist der Klemmenkasten in das Gehäuse integriert und hat den Anschluss rechts von der A-Seite aus gesehen. Die Baugrößen 160 - 355 besitzen einen um $4 \times 90^\circ$ drehbaren Klemmenkasten, und die Baugrößen 400 - 450 verfügen über einen um $2 \times 180^\circ$ drehbaren Klemmenkasten, um eine Kabeleinführung von verschiedenen Seiten zu ermöglichen. Der um $4 \times 90^\circ$ drehbare Klemmenkasten ist auch für andere Motortypen als Option lieferbar.

Der Standard-Klemmenkasten hat Schutzart IP 55.



Bild 5.6

In den Produktkatalogen der Motoren finden Sie die Angaben zu den Flanschöffnungen, Kabelquerschnitten usw., die für den korrekten Anschluss notwendig sind.

5.4 Lager

Motoren sind mit einreihigen Rillenkugellagern ausgestattet. Die vollständige Lagerbezeichnung ist auf dem Leistungsschild der meisten Motortypen angegeben.

Wird das A-seitige Lager durch ein Rollenlager (NU oder NJ) ersetzt, sind höhere Radialkräfte möglich. Rollenlager sind speziell für Riementriebsapplikationen geeignet.

Bei hohen Axialkräften sollten Schrägkugellager verwendet werden. Dieser Lagertyp wird normalerweise bei vertikal montierten Motoren verwendet. Bei der Bestellung mit Schrägkugellagern müssen das Montageverfahren, die Richtung und Größe der Axialkraft angegeben werden.

Einreihige Schrägkugellager sind nicht für horizontal montierte Motoren geeignet, bei denen eine niedrige Axialkraft möglich ist. Zweireihige, nebeneinander angeordnete Schrägkugellager werden bei horizontal montierten Motoren mit geringen Axialkräften oder bei Axialkräften mit wechselnder Drehrichtung empfohlen. Einzelheiten zu den Lagern finden sich im Produktkatalog der jeweiligen Motoren.

Lagerlebensdauer

Die Nennlebensdauer L10h eines Lagers wird nach ISO 281 als Anzahl der Betriebsstunden definiert, die von 90 % identischer Lager in großen Testreihen unter festgelegten Bedingungen erreicht oder übertroffen wird. 50 % der Lager erreichen mindestens das Fünffache dieses Werts.

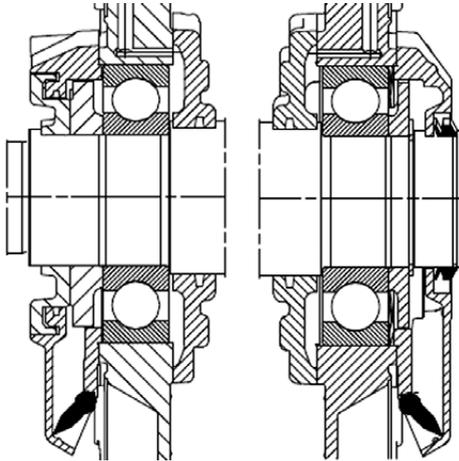
Die Nennlebensdauer des Lagers ist die Lebensdauer, die 90 % der identischen Lager erreichen oder übertreffen, bevor erste Verschleißerscheinungen auftreten. Eine ausreichende Fettschicht im Lagerinneren und die richtige Applizierung sind die Voraussetzungen für eine lange Lebensdauer der Lager. Laut Definition können 10 % der Lager vor Erreichen der Nennlebensdauer ausfallen. Infolgedessen darf die Lagerlebensdauer nicht mit der Gewährleistungsfrist verwechselt werden.

Die übliche Lagerlebensdauer von Standardmotoren beträgt 40.000 h bei Riementrieb und 100.000 h bei direkter Kupplung.

—
Bild 5.7 Lageranordnung bei Graugussmotoren für die Prozessindustrie, Baugrößen 280 bis 450

Lagergröße

Zuverlässigkeit ist das Hauptkriterium bei der Auslegung der Lager. Hierbei sind die häufigsten Applikationstypen sowie die Last und Baugröße des Motors zu berücksichtigen. ABB verwendet Lager der 63er Baureihe, die robust, langlebig und höher belastbar sind. Lager der 62er Baureihe haben einen geringeren Geräuschpegel, eine höhere maximale Drehzahl und geringere Verluste. Die genauen Lagertypen sind in den Produktkatalogen und auf den Motorleistungsschildern angegeben.



—
Bild 5.7

5.5 Kondenswasserlöcher und Feuchtigkeit

Die absolute Feuchtigkeit ist die in einem bestimmten Luftvolumen enthaltene Menge an Wasser (g/m^3). Der sogenannte Sättigungswert erhöht sich mit steigender Temperatur. Die relative Luftfeuchte ist das Verhältnis zwischen der absoluten Luftfeuchtigkeit und dem Sättigungswert bei einer bestimmten Umgebungstemperatur. Wenn sich die Luft unter die Temperatur abkühlt, bei der der Taupunkt erreicht wird (die relative Luftfeuchtigkeit beträgt 100 %), schlägt sich Kondenswasser auf kalten Flächen nieder.

Die Luftfeuchtigkeit stellt nicht nur auf der Motoroberfläche ein Risiko dar, sie kann auch im Inneren zu Korrosion führen.

Wenn sich eine geschlossene Maschine erwärmt, dehnt sich die Luft im Inneren aus; beim Abkühlen der Maschine nimmt das Luftvolumen ab. Das Ausdehnen und Schrumpfen des Volumens ist von der Temperaturdifferenz zur

Umgebungsluft abhängig. Wenn der Motor abkühlt, kann er Feststoffe und Feuchtigkeit ansaugen, die zu einer Beschädigung der Lager und der Isolierung führen können. Der Vorteil der Kondenswasserlöcher ist, dass sie eine Belüftung durch die Lager und den Klemmenkasten verhindern. Kondenswasserlöcher können geöffnet und mit Kunststoff-Stopfen verschlossen werden.

Wenn die Temperaturdifferenz zur Umgebungsluft hoch ist, sind eventuell Heizelemente in den Wickelköpfen notwendig, um eine Korrosion der Wicklungen zu verhindern. Wenn Feuchtigkeit im Motorinneren vermutet wird, müssen Maßnahmen wie eine Messung des Isolationswiderstands oder Trocknen im Ofen ergriffen werden, um eine dauerhaften Beschädigung des Motors zu verhindern.

5.6 Externe Radial- und Axialkräfte des Motors

Entsprechend dem Einsatzzweck und zusätzlich zum Drehmoment, das bei laufendem Motor immer vorhanden ist, können externe Radial- oder Axialkräfte auf das Wellenende wirken. Radialkräfte wirken senkrecht auf die Welle, während Axialkräfte linear zur Welle wirken. Auf das Wellenende können Radial- und Axialkräfte gleichzeitig wirken. Die maximalen Radial- und Axialkräfte sind in den Produktkatalogen für die einzelnen Motortypen in Newton angegeben. Bei den Radialkräften muss die exakte Position der Last am Wellenende bekannt sein. Wenn auf das Wellenende gleichzeitig Radial- und Axialkräfte wirken, muss die Belastbarkeit des Motors im Einzelfall mit ABB abgeklärt werden.

5.7 Auswuchtung

Der Rotor ist gemäß ISO 8821 mit Halbkeil in der Passfedernut des Wellenendes dynamisch gewuchtet (Auswuchtung mit Halbkeil). Eine Auswuchtung mit Vollkeil oder ohne Passfeder ist auf Anfrage ebenfalls möglich. Standardmäßig sind ABB-Motoren mit Wuchtgüte G2.5 gemäß ISO 1940/1 gewuchtet. Schwingstärkestufe G1 ist auf Anfrage erhältlich. Wenn der Motor der höheren Vibrationsklasse B (siehe Vibrationen) bestellt wird, erfolgt die Auswuchtung des Rotors standardmäßig mit Wuchtgüte G1.

Es gibt zwei Möglichkeiten, die Qualität der Auswuchtung zu prüfen: den Rotor aus dem Motor ausbauen und ihn auf eine Wuchtmaschine setzen

—
Tabelle 5.1
Grenzwerte
der maximalen Schwing-
stärke bei
Verschiebung,
Geschwindigkeit
und Be-
schleunigung
(eff) für
Achshöhe H

oder die Auswuchtung mit einem Vibrationsmesser prüfen. Diese Option kann, wie folgt, ausgeführt werden. Den Motor an einer Hebeöse anheben und ihn hängen lassen oder ihn auf einer weichen Gummimatte absetzen. Den Motor mit Nenndrehzahl laufen lassen und die Schwingung prüfen. Die gemessene Schwingung muss bei einem neuen Motor unter 1,5 mm/s (eff) liegen.

5.8 Vibration

Die Effektivwerte (eff) der Schwinggeschwindigkeit sind in der Norm IEC 60034-14 definiert (siehe Tabelle 5.1). Die Anforderungen gelten über den Messbereich von 10 bis 1000 Hz. Der Zweck dieser Norm ist das Messen des Schwingverhaltens einer Maschine ohne Last unter definierten Bedingungen auf reproduzierbare und vergleichbare Weise, bei der der Motor elastisch aufgestellt ist. Die Schwingstärke hängt jedoch von der Wuchtgüte ab und außerdem im Wesentlichen von der Kupplung an die Arbeitsmaschine und die verwendete Kupplung.

Mögliche Ursachen starker Vibrationen bei gekoppelten Motoren können eine unzureichende Auswuchtung (Halbkeil/Vollkeil), eine ungenaue Fluchtung des Motors mit der gekoppelten Maschine und eine Resonanz des Systems (Motor und Fundament) sein. ABB-Motoren haben standardmäßig Schwingstärkestufe A.

Vibrationen werden in mm/s eff angegeben.

Schwing- stärke- stufe	Achshöhe, mm Montage	56 ≤ H ≤ 132			132 < H ≤ 280			H > 280		
		Ver- schieb., µm	Ge- schw. mm/s	Be- schl. m/s ²	Ver- schieb., µm	Ge- schw. mm/s	Be- schl. m/s ²	Ver- schieb., µm	Ge- schw. mm/s	Be- schl. m/s ²
A	Fest montiert	25	1,6	2,5	35	2,2	3,5	45	2,8	4,4
	Frei hängend	21	1,3	2,0	29	1,8	2,8	37	2,3	3,6
B	Frei hängend	11	0,7	1,1	18	1,1	1,7	29	1,8	2,8
	Fest montiert		-		14	0,9	1,4	24	1,5	2,4

—
Tabelle 5.1

—
Tabelle 5.2
Kategorien
der atmosphä-
rischen Korro-
sivität und
empfohlene
Umgebung

5.9 Oberflächenbehandlung

Die Kategorisierung der Oberflächenbehandlung von ABB-Motoren beruht auf der Norm ISO 12944. ISO 12944-5 unterteilt die Haltbarkeit des Anstrichs in drei Kategorien: gering (L), mittel (M) und hoch (H). Eine geringe Haltbarkeit entspricht einer Dauer von 2 – 5 Jahren, die mittlere 5 – 15 Jahren und die hohe Haltbarkeit über 15 Jahren. Die Haltbarkeit wird nicht für die Lebensdauer garantiert. Der Sinn ist, dem Nutzer des Motors einen Anhaltspunkt für die entsprechenden Wartungsintervalle zu geben. Aufgrund von Ausbleichen, Mehlen, Verschmutzung oder aus anderen Gründen können kürzere Abstände notwendig sein.

Die Standard-Oberflächenbehandlung von ABB entspricht der Korrosivitätskategorie C3 und der Haltbarkeit M (dies entspricht der mittleren Korrosivität und der mittleren Haltbarkeit). Für die einzelnen Korrosivitätskategorien wird jeweils eine spezielle Oberflächenbehandlung angeboten. Für die Korrosivitätskategorien C4 und C5-M, in beiden Fällen Haltbarkeitsklasse M, gibt es eine spezielle Oberflächenbehandlung. Einzelheiten hierzu siehe folgende Tabelle. Zusätzlich ist optional die Oberflächenbehandlung gemäß dem NORSOK-Standard für den Schiffbau/Offshore-Bereich erhältlich.

Der von ABB verwendete Standardfarbton für Motoren ist Munsell Blau 8B 4.5/3.25.

Korrosivitäts-kategorie	Außenatmosphäre	Innnenatmosphäre	Verwendung bei Motoren von ABB
C1, sehr niedrig	Nicht verwendet	Beheizte Gebäude mit sauberer Atmosphäre	Nicht verfügbar
C2, niedrig	Atmosphäre mit geringem Verschmutzungsgrad, hauptsächlich ländliche Gegenden	Unbeheizte Gebäude, in denen sich Kondenswasser bilden kann wie z. B. Lager- und Sporthallen	Nicht verfügbar
C3, mittel	Stadt- und Industrieatmosphäre, moderate Verschmutzung durch Schwefeldioxid. Küstenregionen mit geringem Salzgehalt	Produktionsstätten mit hoher Feuchtigkeit und Luftverschmutzung; Lebensmittelverarbeitungsanlagen, Wäschereien, Brauereien, Molkereien	Standardbehandlung
C4, hoch	Industriegebiete und Küstenregionen mit mittlerem Salzgehalt	Chemieanlagen, Schwimmbäder, Schiffs- und Bootswerften	Optimale Behandlung, Variantencode 115
C5-I, sehr hoch (Industrie)	Industriegebiete und Küstenbereiche mit hoher Feuchtigkeit und aggressiver Atmosphäre	Gebäude oder Bereiche mit nahezu ständig vorhandener Kondensation und hoher Verschmutzung	Nicht verfügbar
C5-M, sehr hoch (Schiffbau/Offshore)	Küsten und Offshore-Bereiche mit hohem Salzgehalt.	Gebäude oder Bereiche mit nahezu ständig vorhandener Kondensation und hoher Verschmutzung	Optimale Behandlung, Variantencode 754



Geräusch

Der Geräuschpegel unterliegt heutzutage strengen Vorschriften, die die maximal zulässigen Werte vorschreiben. Dementsprechend betrachtet ABB die Geräuschreduktion als wesentliches Konstruktionskriterium bei der Entwicklung von Motoren.

Geräusch

—
Bild 6.1
Menschlicher
Hörbereich

6.1 Schalldruckpegel und Schalleistungspegel

Schall sind Druckwellen, die von einer Quelle über ein Medium (normalerweise Luft) übertragen werden. Der Schalldruck wird bei einer Geräuschmessung in Dezibel (dB) gemessen. Das Verhältnis zwischen der Hörschwelle und der Schmerzschwelle beträgt 1:10 000 000. Die Druckskala ist sehr groß, und da wir eine Differenz von 10 dB als Verdoppelung des wahrgenommenen Schallpegels wahrnehmen, wird eine logarithmische Skala verwendet, wobei:

$$\text{Schalldruckpegel } L_p = 10 \log [(p/p_0)^2] \quad [\text{dB}]$$

$$p_0 = 20 \mu\text{Pa} \text{ Hörschwelle einer Durchschnittsperson}$$

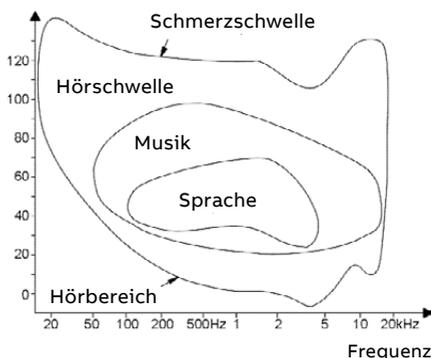
$$p = \text{Druckmesswert [Pa]}$$

Der Schalldruck wird im Labor gemessen, um Reflexionsschall und externe Geräuschquellen auszuschließen. Mikrofone werden an verschiedenen Stellen um den Motor herum platziert, um die Schallabstrahlung in verschiedene Richtungen zu messen. Die Entfernung zwischen Mikrofon und Motor beträgt normalerweise einen Meter. Da der Geräuschpegel in verschiedenen Richtungen aufgrund des Einflusses interner Quellen variiert, wird bei einem durchschnittlichen Schalldruckpegel eine Toleranz von 3 dB angenommen. Die Angaben zum Schalldruckpegel sind nur dann aussagekräftig, wenn die Entfernung zur Schallquelle angegeben ist. Zum Beispiel, $L_p = 80 \text{ dB}$ in einer Entfernung von einem Meter von einer punktförmigen Schallquelle entspricht 70 dB in drei Metern Entfernung.

Der gemessene Schallpegel L_p kann in die von der Schallquelle abgestrahlte Leistung umgerechnet werden, um den Schalleistungspegel L_w zu ermitteln. Die Formel hierfür lautet:

$$L_w = L_p + L_s \text{ (} L_s \text{ errechnet sich aus der Messfläche, gemäß ISO).}$$

Deshalb ist der Schalleistungspegel normalerweise ein höherer Wert als der entsprechende Schalldruckpegel. Diese Werte dürfen nicht verwechselt werden.



—
Bild 6.1

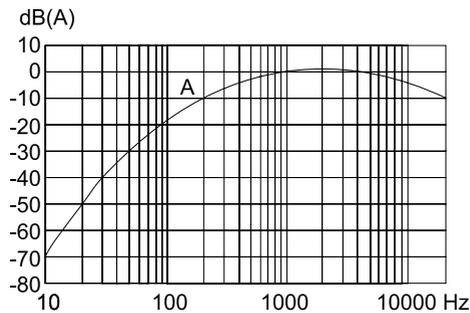
—
Bild 6.2
Filtermerkmale
für die
A-Gewichtung

Bei der Angabe der Geräuschemission eines Motors sollte die Schalleistung anstelle des Schalldrucks angegeben werden: denn der Schalldruck ist von der Entfernung und Umweltfaktoren (Reflexionen) abhängig, die Schalleistung ist dagegen eine feste Größe. Es gibt eine Parallele zu Heizkörpern: Wenn Sie einen Elektroheizkörper mit 1000 W zur Beheizung eines Raums verwenden, hängt die endgültige Raumtemperatur von der Isolierung der Wände, der Raumgröße usw. ab. In diesem Beispiel ist die Temperatur analog zum Schalldruck.

6.2 Bewertungsfilter

Zur Messung komplexer Geräusche werden Verstärker und verschiedene Filter verwendet. Normalerweise wird nur der Wert LpA angegeben. Er entspricht am besten der menschlichen Wahrnehmung.

Filter lassen einen kompletten Frequenzbereich durch, dämpfen oder verstärken aber bestimmte andere Frequenzen. Die sich ergebenden Frequenzkurven ähneln stilisierten 40-, 70- und 100-Phon-Kurven bei Sinustönen.



—
Bild 6.2

Bild 6.3
Geräusch-
bewertungs-
kurven (NR)

6.3 Oktavbänder

Der durchschnittliche Schalldruckpegel wird mit einem Breitbandfilter gemessen, der das gesamte Frequenzband abdeckt. Die Messung erfolgt auch mit einem Schmalbandfilter zur Spezifizierung des Geräuschpegels pro Oktavband (Frequenzband), denn die Wahrnehmung des menschlichen Ohrs ist vom Oktavband abhängig.

Oktavbandanalyse

Um eine Vorstellung von dem komplexen Klang zu erhalten, hat es sich als pragmatisch erwiesen, den Frequenzbereich in Oktavbänder im Verhältnis 1:2 zwischen den Bandgrenzfrequenzen zu unterteilen. Der Frequenzbereich wird normalerweise auf die Mittelfrequenz des Bandes bezogen. Die für alle Oktavbänder gemessenen dB-Werte werden normalerweise in einen Oktavbanddiagramm dargestellt.

Im Rahmen von ISO wurde ein System von Lärmbewertungskurven (NR-Kurven) entwickelt, um den subjektiven Störungsgrad verschiedener Geräusche auszudrücken. Diese Kurven werden zur Bewertung des Risikos eines Gehörschadens herangezogen. Es gibt auch noch andere ähnliche Systeme. Lärmbewertungskurven geben die Lärmbelastung an.

In Bezug auf die Oktavbänder mit einer mittleren Frequenz von 1.000 Hz entspricht der Wert dem Schalldruckpegel in dB. Die Lärmbewertungskurve, die die Geräuschkurve des betreffenden Motors berührt, bestimmt den Beurteilungspegel des Motors. Die folgende Tabelle enthält die entsprechenden Werte. Sie geben an, wie lange eine Person dem Lärm ausgesetzt sein darf, ohne einen bleibenden Hörschaden zu erleiden.

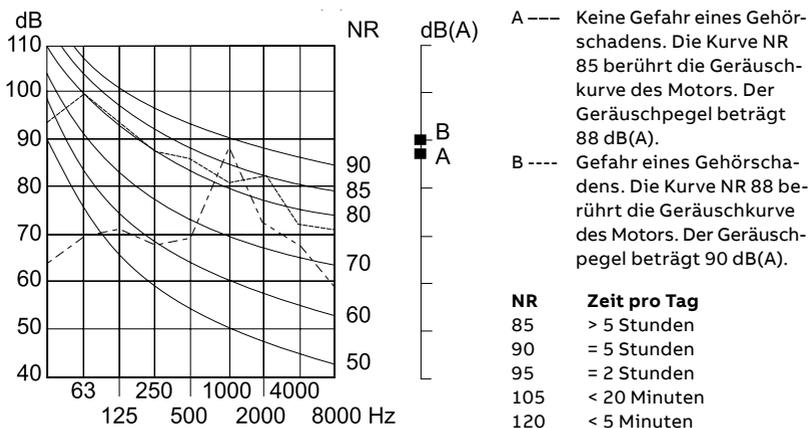


Bild 6.3

Bild 6.4 Auswirkung von Schallquellen auf den Gesamtschalldruckpegel

6.4 Zusätzliche Schallquellen

Wahrnehmung verschiedener Schallpegel

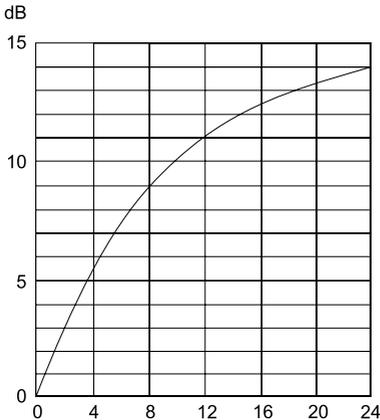
Eine Schallpegeldifferenz von 1 dB ist kaum wahrnehmbar, während eine Differenz von 10 dB als eine Verdoppelung oder Halbierung des Schallpegels wahrgenommen wird.

Die folgenden Diagramme veranschaulichen den Gesamtschalldruckpegel beim Vorhandensein mehrerer Schallquellen. Diagramm A zeigt beispielsweise, dass der Schalldruckpegel um 3 dB höher ist, wenn die Schallpegel von zwei identischen Quellen sich addieren. Diagramm B zeigt, wie sich der Schalldruckpegel ändert, wenn die Schallquellen unterschiedliche Pegel aufweisen.

Bevor jedoch logarithmische Werte addiert oder subtrahiert werden können, müssen sie in Absolutwerte umgewandelt werden. Schallquellen lassen sich anhand der folgenden Diagramme einfacher addieren oder subtrahieren.

Bild 6.4

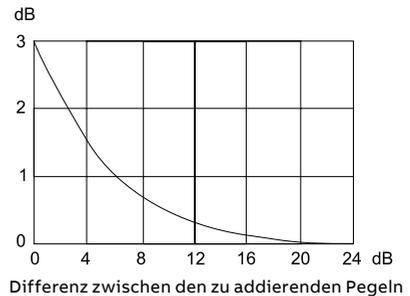
Erhöhung des Gesamtschalldruckpegels



Anzahl der Schallquellen gleicher Stärke

Addition mehrerer gleicher Schallquellen. Die Addition von zwei Quellen erhöht den Gesamtpegel um 3 dB; die Addition von vier Quellen erhöht den Wert um 6 dB usw.

Erhöhung des Gesamtschalldruckpegels



Differenz zwischen den zu addierenden Pegeln

Addition zweier verschiedener Schallpegel. Wenn die Differenz zwischen den beiden Schalldruckpegeln größer als 10 dB ist, trägt der niedrigere Wert so wenig zu dem Gesamtschalldruckpegel bei, dass er vernachlässigt werden kann.

6.5 Lärmkomponenten eines Motors

Die gesamte Schallemission eines Motors kann als Kombination aus drei unkorrelierten, zusammenwirkenden Geräuschquellen betrachtet werden. Diese Geräusche entstehen durch magnetisches Rauschen, die Kühlung sowie die Mechanik oder die Rotation. Das magnetische Rauschen resultiert aus zeitlichen und räumlichen Änderungen der Magnetkraftverteilung im Luftspalt. Der Betrieb eines Lüfters erzeugt das Kühlgeräusch. Durch Rotation verursachte Geräusche werden erzeugt, wenn 1) ein unebener Körper (Rotor) in einem ungleichförmigen Hohlraum, in dem sich Hindernisse befinden, rotiert und 2) die Welle in den Lagern dreht. Die Stärke der einzelnen Quellen hängt vom Motortyp ab. Die wesentlichen Faktoren bei den einzelnen Quellen in einem Motor sind:

Magnetisches Rauschen P_{magn} [W]

- Wellenbelastung
- Spannung, Strom, Frequenz und Netztyp
- Wicklungsparameter
- Nutgeometrie
- Sättigung, Exzentrizität usw.

Kühlgeräusch P_{cool} [W]

- Lüftertyp: axial, radial oder kombinierter Luftstrom
- Drehzahlbereich und Lüfterdurchmesser
- Luftgeschwindigkeit
- Kühlart; geschlossen oder offen, Wasser oder Luft

Mechanisches oder Rotationsgeräusch P_{rot} [W]

- Kühlart; geschlossen oder offen
- Lagertyp
- Drehzahlen

Der gesamte Schalleistungspegel L_{Wtot} eines Elektromotors in Dezibel kann, wie folgt, ausgedrückt werden:

$$L_{\text{Wtot}} = 10 \log_{10} \left(\frac{P_{\text{magn}} + P_{\text{cool}} + P_{\text{rot}}}{P_{\text{ref}}} \right)$$

Wobei $P_{\text{ref}} = 1 \text{ pW}$ Referenz-Schalleistung ist. Die Gleichung zeigt, dass der Gesamtschalleistungspegel eines Elektromotors das Ergebnis aller Schallquellen ist.

Die Gleichung ist bei der Betrachtung der Reduzierung der Gesamtschallleistung eines Elektromotors hilfreich. Zuerst sollten für die dominanteste Schallquelle Maßnahmen zur Schallreduzierung ergriffen werden. Dieses Konzept wird durch folgende Beispiele verdeutlicht:

- Bei einem 2-poligen, direkt gekühlten Motor verursacht das Kühlgeräusch 99 % der gesamten Schalleistung. Das bedeutet, dass weder die Belastung noch die Frequenzrichterversorgung die gesamte Schalleistung des Motors erhöhen.
- Bei einem 8-poligen, völlig geschlossenen Motor mit Wasserkühlung dominiert das magnetische Rauschen den Gesamtgeräuschpegel, und die Belastung und/oder die Frequenzrichterversorgung erhöhen den Schalleistungspegel zu einem gewissen Grad.
- Bei sinusförmiger Spannungsversorgung kann die Belastung der Maschine das magnetische Rauschen deutlich verstärken. Bei Frequenzrichter-einspeisung jedoch fällt die Erhöhung des Geräuschpegels normalerweise deutlich geringer aus.
- Das Geräusch der Kühlung kann durch eine optimierte Lüfterausführung reduziert werden. Entsprechend bedeutet eine Erhöhung des Gesamtwirkungsgrads des Motors, dass ein kleinerer Lüfter gewählt werden kann. Der Lüfter muss jedoch groß genug sein, um einen ausreichenden Luftstrom zu erzeugen, der eine ausreichende Kühlung des Motors sicherstellt.
- Der Geräuschpegel größerer Motoren kann durch Montage einer Schallschutzhaube reduziert werden. Bei großen, 2-poligen Motoren verursacht ein Lüfter mit nur einer Drehrichtung ein geringeres Geräusch.
- Bei Frequenzrichterbetrieb mit fester PWM kann sich das in bestimmten Oktavbändern erzeugte Motorgeräusch entsprechend der Schaltfrequenz des Umrichters erheblich verändern. Der Umrichter erzeugt keine sinusförmige Spannung. Da jedoch die Frequenzrichter mit direkter Drehmomentregelung von ABB keine feste Schaltfrequenz besitzen, ist der Geräuschpegel niedriger als dies bei einem Frequenzumrichter mit fester Schaltfrequenz und demselben Motor der Fall wäre.

—
Tabelle 6.1
Schalldruck-
pegel bei Alu-
miniummotoren

6.6 Schalldruckpegel

In den beiden folgenden Tabellen sind die Schalldruckpegel für Motoren für die Prozessindustrie (400 V Netz, 50 Hz) angegeben. Wir verwenden immer noch den Schalldruck zur Angabe der Geräuschpegel bei Niederspannungsmotoren, denn für die Angabe von Referenzwerten wird häufig diese Benennung verwendet. Um den Schalldruckpegel grob in die Schallleistung umzurechnen, braucht nur der in der letzten Spalte angegebene Referenzwert zu dem Schalldruckwert hinzuaddiert zu werden. Beide Werte sind in Dezibel angegeben. Die angegebenen Umwandlungswerte sind nur ungefähre Angaben und variieren entsprechend Motorlänge und -typ.

Baugröße	2 Pole dB(A)	4 Pole dB(A)	6 Pole dB(A)	8 Pole dB(A)	Für Schallleistung hinzuaddieren
63	54	40	38	32	5
71	58	45	42	43	6
80	60	50	47	50	6
90	63	50	44	52	7
100	62	63	49	53	7
112	68	64	56	55	8
132	73	66	61	58	8
160	69	65	59	59	9
180	69	62	59	59	9
200	72	63	63	68	10
225	74	66	63	60	10
250	75	67	63	63	11
280	75	67	63	63	11

—
Tabelle 6.1

Baugröße	2 Pole dB(A)	4 Pole dB(A)	6 Pole dB(A)	8 Pole dB(A)	Für Schallleistung hinzuaddieren
71	58	45	42	43	6
80	60	50	47	50	6
90	69	56	44	53	7
100	68	58	49	53	7
112	70	59	66	55	8
132	70	67	57	58	8
160	69	62	59	59	9
180	69	62	59	59	9
200	72	63	63	60	10
225	74	66	63	63	10
250	75	67	66	65	11
280	77	75	70	72	12
315	78	78	70	72	13
355	83	78	75	75	14
400	82	78	77	71	15
450	85	85	81	80	15

—
Tabelle 6.2

Installation und Wartung

Alle Motoren müssen gemäß den Anweisungen in dem mitgelieferten Handbuch montiert und gewartet werden. Die in diesem Kapitel enthaltenen Installations- und Wartungsanweisungen sind nur eine allgemeine Anleitung.

Installation und Wartung

7.1 Warenannahme

1. Prüfen Sie die Lieferung auf Transportschäden. Informieren Sie bei Schäden sofort den Spediteur.
2. Prüfen Sie die Angaben auf dem Leistungsschild. Achten Sie besonders auf die Spannung und den Wicklungsanschluss (Stern- oder Dreieckanschluss).
3. Entfernen Sie die Transportsicherung, falls montiert, und drehen Sie die Welle von Hand, um zu prüfen, ob sie frei dreht.

7.2 Prüfung des Isolationswiderstands

Vor der Inbetriebnahme des Motors oder bei vermuteter Feuchtigkeit in der Wicklung muss eine Messung des Isolationswiderstands durchgeführt werden.

Der Widerstand, korrigiert auf 25 °C, muss den Referenzwert 10 MΩ (mit 500 V oder 1000 V DC gemessen) übertreffen. Der Isolationswiderstand wird bei einem Anstieg der Umgebungstemperatur pro 20 °C halbiert.



WARNUNG: Das Motorgehäuse muss geerdet sein und die Wicklungen müssen sofort nach der Messung gegen Masse entladen werden, um einen elektrischen Schlag zu vermeiden.

Wenn der Referenzwiderstand nicht erreicht wird, ist die Wicklung zu feucht und muss 12 – 16 Stunden bei 90 °C und anschließend bei 105 °C 6 – 8 Stunden in einem Ofen getrocknet werden. Die Kondenswasserloch-Stopfen, falls eingesetzt, müssen vor dem Trocknen im Ofen entfernt werden, und Sperrventile, falls montiert, müssen geöffnet werden.

Wicklungen, die mit Meerwasser in Kontakt gekommen sind, müssen normalerweise neu gewickelt werden

—
Tabelle 7.1
Anzugsmo-
mente für
Stahlschrauben
und -muttern

7.3 Anzugsmomente an den Klemmen

Die folgende Drehmomenttabelle stellt eine allgemeine Richtlinie für die Anzugsmomente dar. Das Gehäusematerial und die Oberflächenbehandlung des Motors müssen bei der Festlegung des Anzugsmoments berücksichtigt werden.

Gewinde	4,60 Nm	6,8 Nm	8,8 Nm	10,9 Nm	12,9 Nm
M2,5	0,24	-	-	-	-
M3	0,42	-	-	-	-
M5	2	4	5	8	9
M6	3	7	9	13	15
M8	8	16	21	33	37
M10	16	32	43	63	73
M12	27	55	73	108	126
M14	44	88	117	172	200
M16	67	134	180	264	309
M20	130	262	363	517	605
M22	176	353	495	704	824
M24	226	450	625	890	1040
M27	330	660	915	1300	1530
M30	450	900	1250	1780	2080
M33	610	-	-	-	-
M36	780	-	-	-	-

—
Tabelle 7.1

7.4 Betrieb

Betriebsbedingungen

Niederspannungsmotoren sind für den Einsatz in Industrieapplikationen unter folgenden Bedingungen ausgelegt.

- Normaler Umgebungstemperaturbereich von - 20 °C bis + 40 °C
- Maximale Aufstellhöhe 1.000 m über NHN
- Die Toleranz der Versorgungsspannung beträgt $\pm 5\%$ und der Frequenz $\pm 2\%$ gemäß EN/IEC 60034-1.

Sicherheit

Alle Motoren müssen von Fachpersonal, das mit den entsprechenden Arbeitsschutzvorschriften und nationalen Gesetzen vertraut ist, montiert und betrieben werden. Notwendige Sicherheitseinrichtungen zur Unfallverhütung bei der Montage und dem Betrieb müssen entsprechend den vor Ort geltenden Vorschriften bereit gestellt werden.

**WARNUNG**

Kleine Motoren, bei denen der Strom direkt durch temperaturabhängige Schalter geschaltet wird, können automatisch anlaufen.

Unfallverhütung

Für bestimmte Motoranwendungen wie Frequenzumrichter-Einspeisung können spezielle Anweisungen gelten.

7.5 Handling

Lagerung

- Motoren müssen immer in einer trockenen, vibrations- und staubfreien Umgebung gelagert werden.
- Ungeschützte, bearbeitete Flächen (Wellenenden und Flansche) müssen mit einem Korrosionsschutzmittel behandelt werden.
- Wellen sollten regelmäßig von Hand gedreht werden, damit das Fett gleichmäßig verteilt bleibt.
- Es wird eine Standheizung empfohlen, um eine Kondensatbildung im Motor zu vermeiden. Die Heizung sollte eingeschaltet werden.
- Elektrolytkondensatoren, falls einphasige Motoren damit ausgestattet sind, müssen nach einer Lagerdauer von mehr als 12 Monaten neu formiert werden.

Transport

Mit Zylinderrollenlagern und/oder Schrägkugellagern ausgestattete Motoren müssen während des Transports mit einer Transportsicherung versehen werden.

Motorgewicht

Das Gesamtgewicht und der Schwerpunkt von Motoren gleicher Baugröße können wegen der unterschiedlichen Leistung, den Bauformen und den Hilfseinrichtungen variieren. Das tatsächliche Gewicht des Motors ist auf dem Leistungsschild angegeben.

7.6 Fundament

Der Nutzer des Motors trägt die volle Verantwortung für die Vorbereitung des Fundaments für den Motor.

Das Fundament muss eben, waagrecht und, wenn möglich, vibrationsfrei sein. Deshalb wird ein Betonfundament empfohlen. Bei Verwendung einer Metallplatte muss diese mit einem Korrosionsschutzmittel behandelt werden. Das Fundament muss ausreichend tragfähig sein, um möglichen Kurzschlusskräften standzuhalten. Das Kurzschlussmoment besteht im Wesentlichen aus einer gedämpften sinusförmigen Oszillation und kann deshalb positive wie auch negative Werte annehmen. Die Fundamentbelastung kann mit Hilfe der Datentabellen im Motorkatalog und der folgenden Formel berechnet werden.

$$F = 0,5 \times g \times m + \frac{4 \times T_{\max}}{A}$$

Wobei F = Belastung pro Seite, N

g = Erdbeschleunigung, $9,81 \text{ m/s}^2$

m = Motorgewicht, kg

T_{\max} = maximales Drehmoment, Nm

A = seitlicher Abstand zwischen den Bohrungen in den Motorfüßen, m

Maß A ist in der Maßzeichnung des Motors in Millimetern angegeben.

Das Fundament muss so ausgelegt werden, dass ein ausreichend großer Resonanzabstand zwischen der Eigenfrequenz der Anlage und verschiedenen Störfrequenzen besteht.

Fundamentbolzen

Der Motor muss mit Fundamentbolzen oder einer Grundplatte verschraubt werden. Motoren für Riementriebe müssen auf Spannschienen montiert werden. Die Fundamentbolzen werden in die Füße des Motors geschraubt, nachdem die Positionsbolzen in die hierfür vorgesehenen Bohrungen eingesetzt sind. Die Bolzen müssen in die richtigen Füße eingesetzt und mit einer 1 – 2 mm dicken Blechbeilage unterlegt werden. Beachten Sie die Markierungen auf den Bolzen und an den Statorfüßen. Stellen Sie den Motor auf das Fundament und richten Sie die Kupplung aus. Überprüfen Sie die horizontale Ausrichtung der Welle mit einer Wasserwaage oder einem Lasergerät. Die Höhe des Statorgehäuses kann entweder durch Einstellen der Schrauben oder durch Blechbeilagen ausgerichtet werden. Wenn die Ausrichtung stimmt, gießen Sie die Blöcke mit Mörtel aus.

7.7 Kupplungsaurichtung

Motoren müssen immer korrekt ausgerichtet sein. Dies ist bei direkt gekoppelten Motoren besonders wichtig. Eine nicht sachgemäße Ausrichtung kann zu einem Lagerschaden, Vibrationen und sogar dem Bruch der Welle führen. Bei einem Lagerschaden oder dem Auftreten von Vibrationen muss die Ausrichtung sofort überprüft werden.

Der beste Weg für eine korrekte Ausrichtung ist die Montage von zwei Messuhren. Auf jeder Kupplungshälfte sitzt eine Messuhr. Diese Geräte zeigen die Differenz zwischen den Kupplungshälften axial und radial an. Die während des langsamen Drehens der Wellen angezeigten Werte, geben an, welche Einstellungen notwendig sind. Die Kupplungshälften müssen lose miteinander verschraubt werden, so dass sie einander beim Drehen leicht folgen können.

Um zu prüfen, ob die Wellen parallel sind, messen Sie mit einer Fühlerlehre den Abstand zwischen den Außenkanten der Kupplungshälften an einem Punkt am Rand, siehe Bild 7.2. Drehen Sie dann die beiden Hälften um 90°, ohne die relativen Positionen der Wellen zu verändern, und messen Sie dann exakt am selben Punkt. Messen Sie den Abstand erneut nach dem Drehen um 180° und 270°. Bei typischen Kupplungsgrößen darf die Differenz zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Wert nicht mehr als 0,05 mm betragen.

Zur Prüfung, ob die Wellenmittelpunkte einander genau gegenüber liegen, halten Sie ein Stahllineal parallel zu den Wellen am Rand einer der gedrehten Kupplungshälften und messen Sie dann den Abstand zwischen dem Rand der einen Kupplungshälfte und dem Lineal an vier Positionen (Parallelismusprüfung). Die Differenz zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Wert darf nicht mehr als 0,05 mm betragen.

Bei der Ausrichtung eines Motors mit einer Maschine, deren Gehäuse eine andere Temperatur erreicht als der Motor bei Normalbetrieb, muss zu der Differenz in der Achshöhe für die unterschiedliche Wärmedehnung eine Toleranz hinzugegeben werden. Bei dem Motor beträgt die Zugabe in der Höhe ca. 0,03 % von Umgebungstemperatur bis zur Betriebstemperatur bei voller Leistung. In den Montageanweisungen der Pumpen- oder Getriebehersteller wird häufig eine vertikale und seitliche Verschiebung der Welle bei Betriebstemperatur angegeben. Beachten Sie die Auswirkungen der Wärmedehnung, um während des Betriebs Vibrationen oder andere Probleme zu vermeiden.

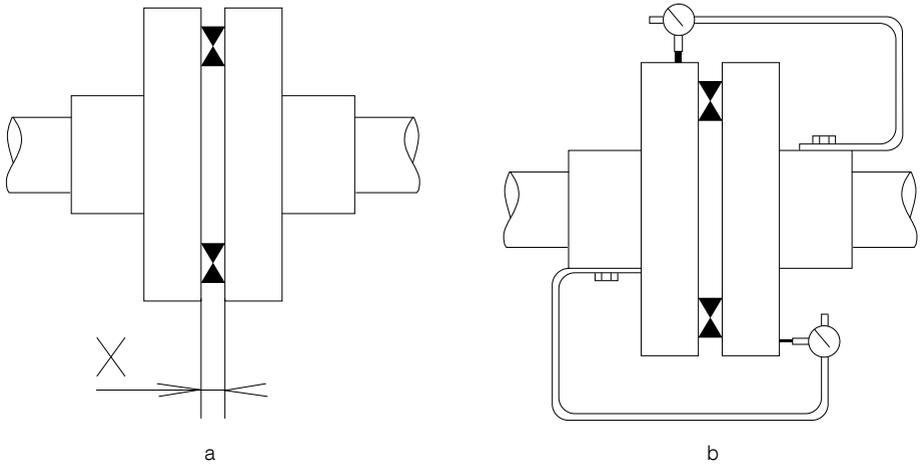


Bild 7.2

—
Bild 7.2 Winkel-
abweichung
und Motor-
ausrichtung

7.7.1 Montage der Riemenscheiben und Kupplungshälften

Bei der Montage der Riemenscheiben und der Kupplungshälften muss sorgfältig vorgegangen werden, um eine Beschädigung der Lager zu vermeiden. Sie dürfen niemals mit Gewalt aufgesetzt oder abgenommen werden. Die Riemenscheiben und Kupplungshälften mit Presssitz werden vor der Montage erwärmt. Das Erwärmen der Riemenscheibe oder der Kupplungshälfte kann mit einem Induktionsheizgerät, einem Gasbrenner oder in einem Ofen erfolgen.

Eine Kupplungshälfte oder eine Riemenscheibe mit Gleitsitz kann von Hand bis etwa zur Mitte des Wellenendes auf die Welle geschoben werden. Dann wird die Kupplungshälfte oder die Riemenscheibe mit Hilfe eines Spezialwerkzeugs oder einem Gewindebolzen, einer Mutter und zwei Metallblechen bis gegen die Wellenschulter geschoben.

Bild 7.3
Befestigen
der Spann-
schienen

7.8 Spannschienen

Motoren für Riementriebe sollten auf Spannschienen, wie in Bild 7.3 dargestellt, montiert werden. Die Spannschienen müssen waagrecht ausgerichtet auf einem Niveau montiert werden. Dann den Motor und die Spannschienen auf das Fundament setzen und so ausrichten, dass die Mitte der Motorriemenscheibe genau mit der Mitte der Riemenscheibe der Arbeitsmaschine fluchtet. Prüfen Sie, dass die Motorwelle parallel zur Antriebswelle verläuft, und spannen Sie den Riemen gemäß der Anweisungen des Lieferanten. Die im Produktkatalog angegebenen maximalen Riemenkräfte (radiale Lagerbelastung) dürfen nicht überschritten werden. Die dem Riemen am nächsten gelegene Spannschiene muss so positioniert werden, dass sich die Spannschraube zwischen Motor und Arbeitsmaschine befindet. Die Schraube auf der anderen Spannschiene muss sich auf der anderen Seite befinden. Nach dem Ausrichten müssen die Befestigungsschrauben der Spannschiene eingemörtelt werden.



WARNUNG

Der Zug auf die Riemen darf nicht zu stark sein. Ein zu starker Zug kann zu Lagerschäden und Wellenbruch führen.

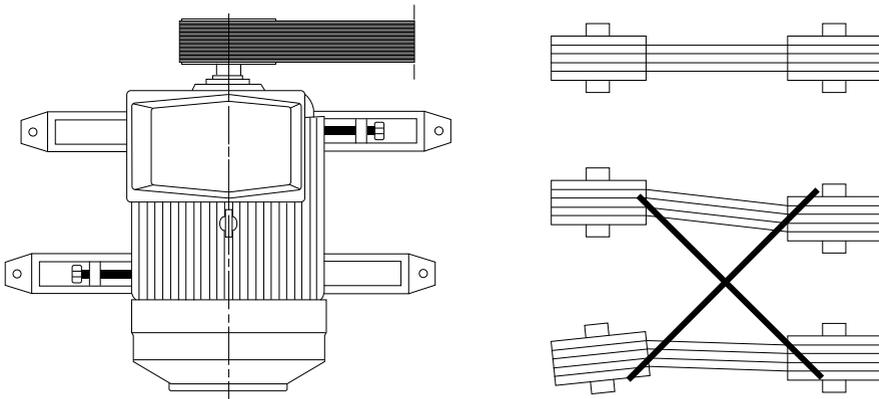


Bild 7.3

7.9 Lagermontage

Lager müssen immer mit besonderer Vorsicht behandelt werden. Ein- und Ausbau der Lager müssen durch Warmmontage oder mit Spezialwerkzeug und mit Ausziehwerkzeug erfolgen. Die maximale Heiztemperatur beträgt 100 °C. Zur Montage eines Lagers auf der Motorwelle kann die Kalt- oder Warmmontage verwendet werden. Die Kaltmontage eignet sich nur für kleine Lager und Lager, die nicht weit auf die Welle geschoben werden müssen. Bei der Warmmontage und bei der Schrumpfpassung der Lager auf die Welle wird das Lager zuerst in einem Ölbad oder mit einem Spezialheizgerät erwärmt. Dann wird es mit einer Muffenkupplung, die zu dem Innenring des Lagers passt, auf die Welle geschoben. Fettgefüllte Lager, die normalerweise mit Abdicht- oder Schirmblechen ausgestattet sind, dürfen nicht erwärmt werden.

7.10 Schmierung

Zuverlässigkeit ist bei der Lagerkonstruktion und der Lagerschmierung ein wesentlicher Faktor. Deshalb wendet ABB standardmäßig das L_1 -Prinzip an: 99 Prozent der Motoren erfüllen diese Laufzeit. Die Schmierintervalle können auch nach dem L_{10} -Prinzip berechnet werden. Das bedeutet, dass 90 Prozent der Motoren diese Laufzeit erfüllen. L_{10} -Werte, die normalerweise verdoppelt werden, verglichen mit dem L_1 -Werten, sind bei ABB auf Anfrage erhältlich.

Motoren mit dauergeschmierten Lagern

Motoren bis Baugröße 250 sind normalerweise mit dauergeschmierten Lagern des Typs Z oder 2Z ausgestattet. Motoren für die Prozessindustrie verfügen normalerweise über Schmiernippel.

Richtlinien zur Lagerlebensdauer

- 4-polige Motoren: 20.000 – 40.000 Betriebsstunden¹⁾
- 2- und 2/4-polige Motoren: 10.000 – 20.000 Betriebsstunden¹⁾
- Kürzere Intervalle gelten für größere Motoren.

¹⁾ Von den Anwendungs- und Lastbedingungen abhängig.

Motoren mit Schmiersystem

Der Motor ist im laufenden Betrieb zu schmieren. Den Schmierstoffauslass-Stopfen für die Schmierung vorübergehend entfernen oder bei automatischer Schmierung immer entfernt lassen. Wenn der Motor über ein Schmierschild verfügt, verwenden Sie die darauf angegebenen Werte; ansonsten wenden Sie bei der Schmierung das L_1 -Prinzip.

—
Tabelle 7.2
Sicherungstabelle

7.11 Sicherungen

Die folgende Tabelle dient als Anleitung zur Auswahl einer Sicherung und einer Schaltsicherung für einen an ein 400 V Netz, 50 Hz, angeschlossenen Motor.

p kW	I _N (A) gem. Motordrehzahl				Schaltsicherung	Standard- sicherung
	750	1000	1500	3000		
0,09	0,53	-	-	-	OS 32 D12	2aM
0,12	0,63	0,59	-	-	OS 32 D12	2aM
0,18	0,90	0,75	0,72	-	OS 32 D12	2aM
0,25	1,18	0,92	0,83	0,70	OS 32 D12	2aM
0,37	1,6	1,25	1,12	0,93	OS 32 D12	2aM
0,55	2,4	1,78	1,45	1,33	OS 32 D12	2aM
0,75	2,7	2,4	1,9	1,7	OS 32 D12	4aM
1,1	3,35	3,3	2,55	2,4	OS 32 D12	4aM
1,5	4,5	4,1	3,4	3,3	OS 32 D12	6aM
2,2	5,9	5,4	4,8	4,5	OS 32 D12	10aM
3,0	7,8	6,9	6,5	6,0	OS 32 D12	10aM
4,0	10,0	8,7	8,6	7,4	OS 32 D12	16aM
5,5	13,4	11,9	11,1	10,5	OS 32 D12	16aM
7,5	18,1	15,4	14,8	13,9	OS 32 D12	20aM
11	25	23	22	20	OS 32 D12	32aM
15	29	31	29	27	OS 63 D12	40aM
18,5	36	36	37	33	OS 63 D12	50aM
22	45	43	42	40	OS 63 D12	63aM
30	60	59	56	53	OS 125 D12	80aM
37	74	69	68	64	OS 125 D12	100aM
45	90	82	83	79	OS 125 D12	125aM
55	104	101	98	95	OS 250 D03P	160aM
75	140	140	135	131	OS 250 D03P	200aM
90	167	163	158	152	OS 250 D03P	200aM
110	202	199	193	194	OS 400 D03P	250aM
132	250	238	232	228	OS 400 D03P	315aM
160	305	280	282	269	OS 630 D03P	355aM
200	395	355	349	334	OS 630 D03P	500aM
250	470	450	430	410	OS 630 D03P	630aM
315	605	565	545	510	OS 800 D03P	800aM
355	680	635	610	580	OS 800 D03P	800aM

—
Tabelle 7.2

Das SI-System

In diesem Kapitel werden einige der in dem Internationalen Einheitensystem (SI) verwendeten Angaben erläutert.

Es wird zwischen Menge, Mengenswert, Einheit, Messnummer sowie zwischen dem Namen und dem Symbol der Einheit unterschieden. Diese Unterscheidungen werden im folgenden Beispiel erläutert.

Beispiel: $P = 5,4 \text{ W}$, d. h. die Leistung beträgt 5,4 Watt, wobei:

Mengenname = Leistung

Mengensymbol = P

Mengenswert = 5,4 Watt

Name der Einheit = Watt

Symbol der Einheit = W

Numerischer Wert = 5,4

Das SI-System

8.1 Mengenangaben und Einheiten

Mengenname	Symbol	Name der Einheit	Symbol	Anmerkungen
Raum und Zeit				
Flächenwinkel	$\alpha \beta \gamma$	Radian	rad	
		Grad	...°	$1^\circ = \pi/180 \text{ rad}$
		Minute	...'	
		Sekunde	...''	
Länge	l	Meter	m	
Fläche	A	Quadratmeter	m ²	
Volumen	V	Kubikmeter	m ³	
		Liter	l	
Zeit	t	Sekunde	s	
		Minute	min	
		Stunde	h	
Frequenz	f	Hertz	Hz	
Geschwindigkeit	v	Meter pro Sekunde	m/s	km/h ist das häufigste Vielfache
Beschleunigung	a	Meter pro Sekunde im Quadrat	m/s ²	
Freifallgeschwindigkeit	g	Meter pro Sekunde im Quadrat	m/s ²	
Energie				
Wirkenergie	W	Joule	J	$1 \text{ J} = 1 \text{ Ws} = 1 \text{ Nm}$
Wattsekunde	Ws			
Wattstunde	Wh			
Blindenergie	Wq	Var-Sekunde	vars	
		Var-Stunde	varh	
Scheinenergie	Ws	Voltampere-sekunde	VA _s	
		Voltampere-stunde	VA _h	
Leistung				
Wirkleistung	P	Watt	W	$1 \text{ kW} = 1,34 \text{ hp}^{1)} = 102 \text{ kpm/s} = 10^3 \text{ Nm/s} = 10^3 \text{ J/s}$
Blindleistung	Q, Pq	Var	var	
Scheinleistung	S, Ps	Voltampere	VA	

¹⁾ kW = 1,34 hp (Großbritannien, USA) wird in IEC Publ 72 verwendet.

1 kW = 1,36 hp (Pferdestärke, metrisch)

Mengenname	Symbol	Name der Einheit	Symbol	Anmerkungen
Mechanik				
Masse	m	Kilogramm	kg	
		Tonne	t	$1^\circ = \pi/180 \text{ rad}$
Dichte	ρ	Kilogramm pro Kubikmeter	kg/m^3	
Kraft	F	Newton	N	$1 \text{ N} = 0,105 \text{ kp}$
Kraftmoment	M	Newtonmeter	Nm	$1 \text{ Nm} = 0,105 \text{ kpm} = 1 \text{ Ws}$
Trägheitsmoment	J	Kilogramm-Meter	kgm^2	$J = G \times D^2$
Druck	p	Pascal	Pa	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$
		Newton pro Quadratmeter	N/m^2	$1 \text{ N/m}^2 = 0,102 \text{ kp/m}^2 = 10^{-5} \text{ bar}$
		Bar	bar	$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ N/m}^2$
Wärme				
Thermodynamische Temperatur	T, θ	Kelvin	K	Alte Bezeichnung: absolute Temperatur
Celsius-Temperatur	ϑ, t	Grad Celsius	$^\circ\text{C}$	$0^\circ\text{C} = 273,15 \text{ K}$
Temperatur	$\Delta T, \Delta \vartheta$	Kelvin	K	Die Differenz von 1 K ist genauso groß wie die Differenz von 1°C
		Grad Celsius	$^\circ\text{C}$	
Wärmeenergie	Q	Joule	J	
Elektrizität				
Spannungspotenzial	V	Volt	V	$1 \text{ V} = 1 \text{ W/A}$
Elektrische Spannung	U	Volt	V	
Elektrischer Strom	I	Ampere	A	
Kapazität	C	Farad	F	$1 \text{ F} = 1 \text{ C/V}$
Reaktanz	X	Ohm	Ω	
Widerstand	R	Ohm	Ω	$1 \Omega = 1 \text{ V/A}$
Impedanz	Z	Ohm	Ω	$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$

8.2 Präfixe

Vielfache der SI-Einheiten werden mit den folgenden Präfixen angegeben. Die in Klammer stehenden Präfixe sollten nicht verwendet werden, denn sie sind nicht allgemein bekannt.

10^3	Kilo	k	10^{-6}	Mikro	μ
(10^2)	(Hekto)	(h)	10^{-9}	Nano	n
(10^1)	(Deka)	(da)	10^{-12}	Pico	p
(10^{-1})	(Dezi)	(d)	10^{-15}	Femto	f
(10^{-2})	(Zenti)	(c)	10^{-18}	Atto	a
10^{-3}	Milli	m			

8.3 Umrechnungsfaktoren

Generell werden bei technischen Applikationen SI-Einheiten verwendet. In Beschreibungen, Zeichnungen usw. können jedoch auch andere Einheiten verwendet werden, insbesondere wenn das Zollsystem zugrunde gelegt wird.

Hinweis: Die amerikanische Gallone und die britische Gallone sind nicht identisch. Um Missverständnisse zu vermeiden, sollte die Angabe durch 'USA' oder 'UK' ergänzt werden. In der folgenden Tabelle sind die am häufigsten verwendeten Umrechnungsfaktoren aufgelistet.

Länge	
1 nm = 1,852 km	1 km = 0,540 nm
1 mile = 1,609344 km	1 km = 0,621 Meile
1 yd = 0,9144 m	1 m = 1,09 yd
1 ft = 0,3048 m	1 m = 3,28 ft
1 in = 25,4 mm	1 mm = 0,039 in
Geschwindigkeit	
1 knot = 1,852 km/h	1 km/h = 0,540 Knoten
1 m/s = 3,6 km/h	1 km/h = 0,278 m/s
1 mile/h = 1,61 km/h	1 km/h = 0,622 Meilen/h
Fläche	
1 acre = 0,405 ha	1 ha = 2,471 Acre
1 ft ² = 0,0929 m ²	1 m ² = 10,8 ft ²
1 in ² = 6,45 cm ²	1 cm ² = 0,155 in ²
Volumen	
1 ft ³ = 0,0283 m ³	1 m ³ = 36,3 ft ³
1 in ³ = 16,4 cm ³	1 cm ³ = 0,0610 in ³
1 Gallone (UK) = 4,55 l	1 l = 0,220 Gallone (UK)
1 Gallone (US) = 3,79 l	1 l = 0,264 Gallone (US)
1 Pint = 0,568 l	1 l = 1,76 Pint
Durchfluss	
1 m ³ /h = 0,278 x 10 ⁻³ m ³ /s	1 m ³ /s = 3600 m ³ /h
1 cfm = 0,472 x 10 ⁻³ m ³ /s	1 m ³ /s = 2120 cfm
Masse	
1 lb = 0,454 kg	1 kg = 2,20 lb
1 oz = 28,3 g	1 g = 0,0352 oz
Kraft	
1 kp = 9,80665 N	1 N = 0,105 kp
1 lbf = 4,45 N	1 N = 0,225 lbf
Druck	
1 mm vp = 9,81 Pa	1 Pa = 0,102 mm vp
1 kp/cm ² = 98,0665 kPa	1 kPa = 0,0102 kp/cm ²
1 kp/cm ² = 0,980665 bar	1 bar = 1,02 kp/m ²
1 atm = 101,325 kPa	1 kPa = 0,00987 atm
1 lbf/in ² = 6,89 kPa	1 kPa = 0,145 lbf/in ²

Energie	
1 kpm = 9,80665 J	1 J = 0,102 kpm
1 cal = 4,1868 J	1 J = 0,239 cal
1 kWh = 3,6 MJ	1 MJ = 0,278 kWh
Leistung	
1 hp = 0,736 kW	1 kW = 1,36 hp
1 hp (UK, US) = 0,746 kW	1 kW = 1,34 hp (UK, US)
1 kcal/h = 1,16 W	1 W = 0,860 kcal/h
Temperatur	
0 °C	= 32 °F
°C	= 5/9 (°F - 32)
0 °F	= -17,8 °C
°F	= 9/5 (°C + 32)

Vergleichstabelle für Temperaturen	
°F	°C
0	-17.8
10	-12.2
20	-6.7
30	-1.1
32	0
40	4.4
50	9.9
60	15.5
70	21.0
80	23.6
90	32.1
100	37.8

Vergleich NEMA- IEC-Baugrößen					
NEMA			IEC		
Baugröße	Achshöhe (in)	Achshöhe (mm)	Baugröße	Achshöhe (in)	Achshöhe (mm)
			63	2,48	63
42	2,625	66,675	71	2,795	71
48	3	76,2	80	3,15	80
56/140T	3,5	88,9	90	3,543	90
			100	3,937	100
180T	4,5	114,3	112	4,409	112
210T	5,3	133,35	132	5,197	132
250T	6,3	158,75	160	6,299	160
280T		177,8	180	7,087	180
320T	8	203,2	200	7,874	200
360T	9	228,6	225	8,858	225
400T	10	254	250	9,843	250
440T	11	279,4	280	11,024	280
5000	12,5	317,5	315	12,402	315
5800	14,5	368,3	355	13,976	355
			400	15,748	400



Bestellung

Der Vertrieb spielt bei ABB eine Schlüsselrolle bei der Spezifizierung des passenden Produkts gemeinsam mit dem Kunden und der Weiterleitung des Auftrags an die Produktionsstätten. Der Auftrag wird in der Angebotsphase spezifiziert, wird aber häufig bei der Auftragserteilung präzisiert oder eventuell abgeändert. Damit die Produktionsstätten Motoren gemäß Kundenspezifikation liefern können, müssen die Angaben in der Bestellung korrekt und vollständig sein.

Dieses Kapitel beschreibt, wie man einen Motor auswählt und welche Tools hierbei helfen. Außerdem werden die Vorgaben zur Ausfertigung einer korrekten Bestellung erläutert.

Bestellung

9.1 Motorauswahl

Bei der Auswahl eines Motors sind drei grundlegende Variablen zu berücksichtigen:

- Netz, an das der Motor angeschlossen wird
- Gehäusotyp des Motors (IP-Klasse)
- Anlaufverfahren (siehe Elektrische Ausführung)

Die Netzspannung und -frequenz variieren in den verschiedenen Regionen und Ländern. Außerdem können in der Industrie und in Anwendungen Spannungen verwendet werden, die von dem Standard des Landes abweichen, in dem der Motor eingesetzt wird oder gekauft wurde. Die Frequenz ist normalerweise regionspezifisch. In der folgenden Tabelle sind die Netzspannungen und -frequenzen verschiedener Länder und Regionen angegeben. Die hier genannten Spannungen sind die am häufigsten verwendeten. Klären Sie in jedem Einzelfall die benötigte Spannung ab.

Gehäusotyp

Es stehen zwei Gehäusematerialien zur Wahl: völlig geschlossene Aluminium- und Graugussgehäuse.

Der völlig geschlossene, oberflächengekühlte Motor (der IP55 und IC411 entspricht) ist der heute in Industrieapplikationen hauptsächlich eingesetzte Motor. Dieser vielseitige Motor ist völlig geschlossen, oberflächengekühlt und die Kühlluft wird von einem auf der Welle montierten Lüfter direkt über den Motor geleitet.

Online-Tools

Online-Vertriebstools zur Auswahl und der Dimensionierung eines Motors können von der Internetseite heruntergeladen werden:

new.abb.com/motors-generators/de/niederspannungsmotoren

Tabelle 9.1
Netzspannungen und
-frequenzen
in verschiedenen
Ländern

Region/Land	Spannung V	Frequenz Hz
Europa		
EU	220, 230, 400, 500, 690	50
Russland	220, 380	50
Afrika		
Afrika, in den meisten Ländern	220, 380, 400, 415	50
Südafrika	220, 230, 380, 400, 500	50
Mittlerer Osten		
Israel	220, 230, 280, 400, 415	50
Saudi-Arabien	220, 230, 380, 400, 440	50, 60
Indien	220, 230, 400, 415	50
Nordamerika		
Kanada	230, 460, 575, 600	60
Vereinigte Staaten	230, 460, 480	60
Mexiko	220, 480	60
Mittelamerika		
Kuba	220, 440	60
Costa Rica	240, 440	60
Südamerika		
Brasilien	220, 380, 440	60
Chile	220, 380, 400, 500	50, 60
Argentinien	220, 380, 440	50
Nordostasien		
China	380, 400	50
Japan	200, 220, 400, 440	50, 60
Südkorea	220, 380, 440	60
Südostasien		
Philippinen	115, 380, 440	60
Malaysia	240, 415	50
Indonesien	220, 380, 400	50
Ozeanien		
Neuseeland	230, 240, 400, 415	50
Australien	230, 240, 415, 440	50

Tabelle 9.1.

9.2 Belastung (kW)

Die Motorbelastung wird durch die Arbeitsmaschine und das an der Welle vorhandene Drehmoment bestimmt.

IEC-Elektromotoren haben eine in der Norm festgelegte Standardleistung je nach Baugröße. Einzelheiten darüber, wie die Norm die Kombinationen aus Leistung und Baugröße bestimmt, finden Sie unter Korrelation der Normen, Leistung und Baugröße.

—
Tabelle 9.2.
Motor-
drehzahlen

9.3 Drehzahl

Der Asynchronmotor ist eine eintourige Maschine. Seine Drehzahl hängt von der Netzfrequenz und der Konstruktion der Ständerwicklung ab.

Die Leerlastdrehzahl liegt aufgrund der Leerlastverluste etwas unter der Synchrondrehzahl. Die Volllastdrehzahl liegt typischerweise 3 – 4 Prozent unter der Leerlastdrehzahl.

Synchrondrehzahl U/min = Frequenz x 120 / Anzahl der Pole

Anzahl der Pole	50 Hz Drehzahl U/min		60 Hz Drehzahl U/min	
	Synchron		Synchron	Typ. Volllast
2	3000		3600	3450
4	1500		1800	1740
6	1000		1200	1150
8	750		900	850
10	600		720	700
12	500		600	580
16	375		450	430

—
Tabelle 9.2.

9.4 Starten des Motors

Das verfügbare Motordrehmoment und das Lastmoment variieren manchmal mit der Drehzahl. Das resultierende Beschleunigungsmoment zu einem bestimmten Zeitpunkt ist drehzahlabhängig. Das Anlaufverfahren ist ein wichtiges Kriterium bei der Motorauswahl und muss genau analysiert werden.

Zwischen der Anlaufdrehzahl und der Nenndrehzahl muss selbst bei ungünstigen Bedingungen (wie niedere Spannung an den Motoranschlüssen) sichergestellt werden, dass das Drehmoment immer weit genug über dem höchstmöglichen Lastmoment liegt. Dies muss bei der Auswahl des Anlaufverfahrens berücksichtigt werden.

Außerdem müssen bei einer hohen Startfrequenz oder Schweranlauf die Möglichkeit der Überhitzung und ihre Folgen berücksichtigt werden.

9.5 Betriebsumgebung

Die Betriebsumgebung eines Motors ist ein weiterer wichtiger Faktor, der bei der Bestellung zu berücksichtigen ist, denn die Umgebungstemperatur, die Feuchtigkeit und die Aufstellhöhe können die Leistung beeinträchtigen. Bei einem IP55 Motor ist nicht sichergestellt, dass er bei Betrieb unter allen Bedingungen im Freien dicht bleibt. Die Applikation, in die der Motor eingesetzt wird, die Einbaulage und die tatsächlichen Bedingungen am Einsatzort müssen berücksichtigt werden. Eine Umgebungstemperatur über 40 °C oder Höhen über 1000 m führen zu einer reduzierten Belastbarkeit. Ähnlich bedeutet eine Montage an der Decke, dass vom Standard abweichende Kondenswasserlöcher notwendig sind. Alle Metalle korrodieren durch das Einwirken von Chemikalien und Feuchtigkeit unterschiedlich stark. Reines Aluminium und die meisten Legierungen beispielsweise sind ohne spezielle Oberflächenbehandlung anfällig gegen Salzwasser. Andererseits ist Grauguss an sich widerstandsfähig gegen viele Chemikalien mit Ausnahme bearbeiteter Teile wie Bohrungen. Die Wahl der richtigen Oberflächenbehandlung verlängert die Lebensdauer des Motors und reduziert den Wartungsaufwand. Siehe hierzu Mechanische Ausführung, Oberflächenbehandlung.

9.6 Bestellung und Bestellcheckliste

Bei der Bestellung müssen folgende Daten angegeben werden:

- Motortypen, Netzspannung und -frequenz und Produktcode
- Einbaulage
- Variantencode zur Spezifizierung der Motorkonstruktion oder von Komponenten wie:
 - Kabelflansche und andere Anschlussteile, sofern nicht Standard
 - Spezialisierung und isolierte Lager, sofern nicht Standard
 - Betriebsart und Umgebungsbedingungen
 - Nennwerte
 - Anzahl der bestellten Motoren
 - Preis, Lieferzeit und Lieferanschrift
 - Angebotsreferenznummer

Das Order Management System (OMS) ist ein umfassendes System für Auftragsmanagement und Logistik für Nieder- und Hochspannungsmotoren und wird von den Produktionsstätten von ABB verwendet. Sonderausstattungen sind lieferbar, wenn sie in der Bestellung angegeben sind. Falls es für ein bestimmtes Konstruktionsmerkmal keinen Variantencode gibt, können die Verfügbarkeit, der Preis und die Lieferzeit beim Vertrieb von ABB angefragt werden.



Frequenzumrichter

Asynchron-Käfigläufermotoren bieten eine hervorragende Verfügbarkeit, Zuverlässigkeit und einen hohen Wirkungsgrad. Sie haben jedoch zwei Schwachpunkte: hoher Anlaufstrom und keine gleichmäßige Drehzahlregelung über einen weiten Drehzahlbereich. Ein Motor, der über einen drehzahlgeregelten Antrieb – auch Frequenzumrichter genannt - eingespeist wird, löst normalerweise beide Probleme. Ein über einen Frequenzumrichter angetriebener Motor kann sanft mit einem geringen Anlaufstrom gestartet werden, und die Drehzahl kann applikationsgemäß über einen weiten Drehzahlbereich gleichmäßig geregelt und eingestellt werden.

Die Vorteile des Frequenzumrichterbetriebs sind: optimale Drehzahl- und Regelungsgenauigkeit, reduzierter Wartungsaufwand dank geringerer Drehzahlen, höhere Fertigungsqualität. Auf dem Markt gibt es zahlreiche Anwendungen für den Frequenzumrichterbetrieb, und etwa die Hälfte aller Neuanlagen ist mit Frequenzumrichtern ausgestattet.

Frequenzumrichter

10.1 Frequenzumrichtertypen

Frequenzumrichter sind Leistungselektronikgeräte, die eine feste AC- oder DC-Eingangsspannung in eine variable Spannung und Frequenz auf der Ausgangsseite umwandeln. Durch die Anwendung wird festgelegt, ob ein direkter oder indirekter Umrichter verwendet wird.

Umrichter

Ein Umrichter ist ein Antrieb mit variabler Drehzahl, der eine feste AC-Einspeisung in eine variable Spannung und Frequenz umwandelt. Er besteht aus vier Hauptkomponenten: Gleichrichter, Gleichstromkreis, Wechselrichtereinheit und Regelungseinheit. Umrichter werden an ein AC-Netz angeschlossen.

Wechselrichter

Ein Wechselrichter ist ein Antrieb mit variabler Drehzahl, der eine feste DC-Einspeisung in eine variable AC-Spannung und Frequenz umwandelt. Er besteht aus zwei Hauptkomponenten: Wechselrichtereinheit und Regelungseinheit. Wechselrichter werden an ein DC-Netz angeschlossen und werden auch als Zwischenkreisdrives bezeichnet.

Direktumrichter

Direktumrichter wie Zykloumrichter und Matrixumrichter wandeln die Eingangsspannung und -frequenz direkt am Ausgang ohne DC-Zwischenkreis um. Zykloumrichter werden in Hochleistungsanwendungen (Megawattbereich) und bei niedrigeren Frequenzen eingesetzt.

Zwischenkreisumrichter

Zwischenkreisumrichter sind entweder Strom- oder Spannungszwischenkreis-Umrichter. Bei einem Spannungszwischenkreisumrichter (VSC), der bei Niederspannungsanwendungen am häufigsten verwendeten Umrichtertopologie, agiert der Zwischenkreis als DC-Spannungsquelle und der Ausgang besteht aus geregelten Spannungsimpulsen bei kontinuierlich variierender Frequenz. Die Impulse werden in die verschiedenen Phasen eines Drehstromnetz eingespeist. Dies ermöglicht eine stufenlose Drehzahlregelung des Motors.

Bei einem Stromzwischenkreisumrichter (CSC) agiert der DC-Zwischenkreis als DC-Stromquelle, und sein Ausgang ist ein Stromimpuls oder eine Sequenz von Stromimpulsen.

10.2 Pulsweitenmodulation (PWM)

Spannungszwischenkreisumrichter von ABB (Niederspannung) verwenden die Pulsweitenmodulation (PWM) mit variabler Schaltfrequenz. Diese Technik ist für die meisten Anforderungen am besten geeignet. Das verwendete Regelungsverfahren, wie direkte Drehmomentregelung (DTC), Vektorregelung oder Skalarregelung, ist produkt- und applikationsabhängig.

Bei einem PWM-Antrieb wandelt der Gleichrichter die Eingangsspannung, die eine feste Spannung und feste Frequenz hat, in eine feste DC-Spannung um. Diese feste DC-Spannung wird dann gefiltert, um die sich aus der Gleichrichtung der AC-Spannung ergebende Welligkeit zu reduzieren. Der Wechselrichter wandelt dann die feste DC-Spannung in eine AC-Ausgangsleistung mit einstellbarer Spannung und Frequenz um.

10.3 Dimensionierung des Frequenzumrichters

DriveSize, ein umfassendes Dimensionierungstool für Frequenzumrichter und Motoren, kann aus dem Internet heruntergeladen werden. Nachfolgend wird die Auswahl des Motors und des Umrichters mit DriveSize kurz erläutert.

Auswahl des Motors

Das tatsächliche Lastmoment sollte unter der Referenzbelastbarkeitskurve (oder der Belastbarkeitskurve) der ausgewählten Motor-Umrichter-Kombination liegen (siehe Bild 10.2 in Abschnitt 10.4). Wenn jedoch der Motorbetrieb nicht an allen Betriebspunkten des Drehzahlbereichs gleich ist, kann die Lastkurve von der Referenzkurve abweichen. Dann ist eine spezielle Dimensionierung notwendig.

Bild 10.1 Funktionsprinzip eines über einen Frequenzumrichter geregelten Motors

Außerdem muss das maximale Motormoment bei jeder Frequenz mindestens 40 Prozent über dem Lastmoment liegen und die maximal zulässige Motordrehzahl darf nicht überschritten werden.

Motorkonstruktion

Umrichter mit verschiedenen Funktionsprinzipien, Modulationsmustern und Schaltfrequenzen führen zu einer unterschiedlichen Leistung desselben Motors. Da Leistung und Verhalten auch von der Konstruktion des Motors abhängen, können sich Motoren mit gleicher Baugröße und Ausgangsleistung aber unterschiedlicher Konstruktion mit demselben Umrichter sehr unterschiedlich verhalten. Deshalb sind die Auswahl- und Dimensionierungsanweisungen produktspezifisch.

Auswahl des Frequenzumrichters

Der Umrichter sollte gemäß der Nennleistung P_N und dem Nennstrom des Motors ausgewählt werden. Zur Regelung und dem Beherrschen dynamischer Vorgänge sollte eine ausreichend hohe Stromreserve berücksichtigt werden.

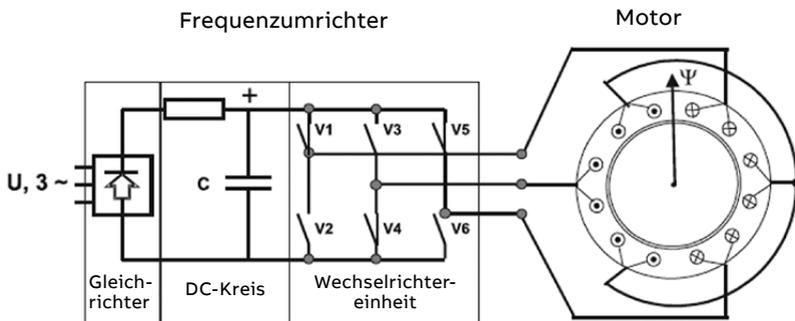


Bild 10.1

Bild 10.2 Referenzkurve für die Belastbarkeit von Motoren, die über ABB-Frequenzumrichter angetrieben werden (Motoren für die Prozessindustrie).

10.4 Belastbarkeit (Drehmoment)

Sowohl theoretische Berechnungen als auch Laborprüfungen zeigen, dass die dauerhafte Maximalbelastung (Drehmoment) eines über Umrichter gespeisten Motors hauptsächlich vom Modulationsverfahren und der Schaltfrequenz des Umrichters, aber auch von der Motorkonstruktion abhängt. Das folgende Diagramm dient als Anleitung zur Auswahl des Motors.

Diese Kurven stellen das maximale Dauerlastmoment des Motors in Abhängigkeit der Frequenz (Drehzahl) dar, um dem Temperaturanstieg durch die sinusförmige Nennspannung bei Nennfrequenz und Volllast zu entsprechen.

ABB-Motoren sind normalerweise für Wärmeklasse B ausgelegt. Motoren für die Prozessindustrie (im Gegensatz zu Motoren für explosionsgefährdete Bereiche) können beispielsweise in solchen Fällen entweder gemäß Wärmeklasse B oder Wärmeklasse F für eine höhere Belastbarkeit dimensioniert werden. Wenn im Produktkatalog Wärmeklasse F bei sinusförmiger Spannungsversorgung angegeben ist, darf der Motor bei Frequenzumrichterbetrieb nur gemäß der Kurve von Wärmeklasse B dimensioniert werden.

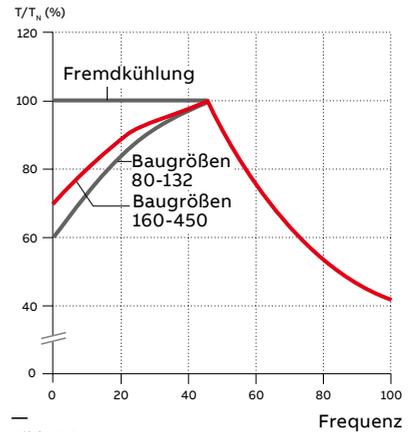


Bild 10.2.

Folgende ABB-Motoren können mit Frequenzumrichter verwendet werden:

- Motoren für die Prozessindustrie (für anspruchsvolle Industrieapplikationen ausgelegt)
- Standardmotoren mit Aluminium- und Graugussgehäuse (für Standardanwendungen)
- Motoren für explosionsfähige Atmosphären: druckfest gekapselte, non-sparking und staubexplosionssgeschützte Motoren

Hinweis: Spezialmotoren wie Synchronreluktanzmotoren, Schnellläufer und Permanentmagnetmotoren werden immer über Frequenzumrichter angetrieben. Manche benötigen eine motortypspezifische Antriebssoftware.

10.4.1 Verbesserung der Belastbarkeit

Das Ausgangsmoment des über Frequenzumrichter angetriebenen Motors ist normalerweise etwas geringer wegen der durch die Oberschwingungen bedingten Aufheizung und einer geringeren Kühlung bei reduzierter Spannung und niedrigeren Frequenzen. Jedoch lässt sich die Belastbarkeit des Motors durch folgende Maßnahmen verbessern:

Effektivere Kühlung

Eine effektivere Kühlung wird durch Montage eines separaten Konstantdrehzahl Lüfters erreicht, der besonders bei niedrigen Drehzahlen vorteilhaft ist. Eine optimale Lüfterdrehzahl und Lüfterausführung zur Erzielung einer stärkeren Kühlwirkung als bei einem Standardmotor bei Nenndrehzahl verbessert die Kühlwirkung über den gesamten Drehzahlbereich. Die Flüssigkeitskühlung (wassergekühlte Motoren) ist eine andere sehr effektive Kühlart. Bei sehr anspruchsvollen Betriebsbedingungen müssen auch die Lagerschilde gekühlt werden z. B. durch zusätzliche Kühlelemente auf der Welle.

Filterung

Das Filtern der Umrichter-Ausgangsspannung reduziert den Oberschwingungsgehalt der Motorspannung und des -stroms und so werden auch die Zusatzverluste im Motor gesenkt. Dadurch entfällt auch eine eventuell notwendige Leistungsminderung. Bei der Dimensionierung der Filter müssen die volle Leistung des Frequenzumrichters und der Drehzahlbereich des Motors berücksichtigt werden (zusätzliche Reaktanz). Filter können jedoch das maximale Drehmoment und die Drehzahl des Motors begrenzen. Filter reduzieren auch das elektromagnetische Rauschen und Spannungsspitzen und verbessern die EMV.

10.5 Isolationsfestigkeit

Bei einem Frequenzumrichter besteht die Ausgangsspannung (oder der Ausgangsstrom) meistens aus einem Spannungs- (Strom)-Impuls oder einem Impulsmuster. Abhängig von dem Typ der Leistungskomponenten und dem Aufbau des Stromkreises können bei der ansteigenden Flanke eines Spannungsimpulses sehr hohe Spannungsspitzen auftreten. Deshalb muss die Isolationsfestigkeit der Motorwicklung immer anhand der produktspezifischen Vorgaben geprüft werden. Die Grundregeln für Standardanwendungen lauten:

- Bei Netzspannungen < 500 V sind für Standard-Asynchronmotoren von ABB in der Regel keine spezielle Isolierung oder Filter nötig.
- Bei Netzennspannungen zwischen 501 und 600 V sind eine spezielle Motorisolierung oder dU/dt-Filter erforderlich. Wenn aber die Motorkabel länger als 150 m sind, ist keine spezielle Isolierung bzw. sind keine Filter notwendig.
- Wenn die Netzennspannung zwischen 601 und 690 V liegt, sind eine spezielle Motorisolierung und dU/dt-Filter erforderlich. Wenn aber die Motorkabel länger als 150 m sind, ist nur eine spezielle Isolierung notwendig.

Die genauen produktspezifischen Vorgaben sind in den ABB-Produktkatalogen enthalten.

10.6 Erdung

Bei Einsatz von Umrichtern muss auf eine ordnungsgemäße Erdung geachtet werden:

- Ordnungsgemäße Funktion aller Schutzgeräte und Relais für die allgemeine Sicherheit
- Minimale oder akzeptable elektromagnetische Störung
- Akzeptable Lagerspannungen zur Verhinderung von Lagerströmen und Lagerschäden

ABB empfiehlt symmetrisch geschirmte Kabel mit Kabelverschraubungen, die eine 360-Grad-Schirmerdung ermöglichen (sogenannte EMV-Kabelverschraubungen).

—
Tabelle 10.1
Maximal-
drehzahlen von
Motoren für die
Prozess-
industrie

10.7 Betrieb mit Maximaldrehzahl

Beim Einsatz von Umrichtern kann die tatsächliche Motordrehzahl erheblich von der Nenndrehzahl abweichen. Bei Betrieb mit höheren Drehzahlen dürfen die maximal für den Motortyp zulässigen und die kritische Drehzahl der gesamten Anlage nicht überschritten werden.

Wenn der Motor mit einer Drehzahl > Nenndrehzahl betrieben wird, müssen auch das maximale Drehmoment und die Lagerkonstruktion geprüft werden. Bei Verwendung eines Standardlüfters werden sich auch die Reibungs- und Strömungsverluste sowie der Geräuschpegel erhöhen.

Maximales Drehmoment

Im Feldschwächbereich ist die Motorspannung konstant, aber der Motorfluss und die Fähigkeit, das Drehmoment zu erzeugen, reduzieren sich etwa im Quadrat der Frequenz nach dem Feldschwächpunkt (dem Punkt, nach dem die Ausgangsspannung trotz einer Zunahme der Ausgangsfrequenz konstant bleibt). Am höchsten Drehzahlpunkt oder einem anderen Betriebspunkt im Feldschwächbereich muss das maximale Drehmoment (Kippmoment) mindestens 40 Prozent über der Last und dem Lastmoment liegen, um eine übermäßige Erwärmung des Rotors zu vermeiden.

Wenn Filter oder zusätzliche Blindwiderstände zwischen dem Umrichter und dem Motor eingesetzt werden, muss der Spannungsabfall der Grundwellenspannung bei Vollaststrom berücksichtigt werden.

Lagerkonstruktion

Für den Betrieb von Wälzlagern gibt es einen Drehzahlgrenzwert. Lagertyp und -größe, Konstruktion, Last, Schmierung und Kühlbedingungen sowie die Käfiggestaltung, die Fertigungstoleranz und das Lagerspiel beeinflussen insgesamt die zulässige Maximaldrehzahl.

Frame size	Speed U/min	
	2-pole motor	4-pole motor
71-100	6000	6000
112-200	4500	4500
225-250	3600	3600
280 SM	3600	2600
280 ML	3600	2300
315 SM, ML	3600	2300
315 LK	3600	2000
355 SM	3800	2000
355 ML	3800	2000
355 LK	3600	2000
400	3600	2000
450	3600	1800

—
Tabelle 10.1

Schmierung

Generell werden die Schmierintervalle und der zu verwendende Schmierstoff durch die Betriebs- und Umgebungstemperaturen beeinflusst. Ein Wechsel der Lager und/oder des Schmierstoffs kann höhere Drehzahlen ermöglichen. Geschieht dies, sollte die gewählte Kombination durch ABB überprüft werden.

Die reine Beständigkeit des Schmierstoffes wird durch die Viskosität des Grundöls und des Eindickmittels bestimmt, was wiederum die für das betreffende Lager zulässige Betriebsdrehzahl bestimmt. Die maximale Drehzahl kann durch Verwendung von Hochgeschwindigkeitsfetten oder Ölschmierung erhöht werden. Eine sehr präzise Nachschmierung mit kleinen Schmierstoffmengen reduziert ebenfalls die Lagerreibung und die Wärmeerzeugung im Lager.

Lüftergeräusch

Das Lüftergeräusch erhöht sich mit der Drehzahl des Motors und wirkt störend, bei 2- und 4-poligen Motoren bereits bei 50 Hz-Netzfrequenz. Wird die Drehzahl weiter erhöht, nimmt auch der Geräuschpegel zu. Die Erhöhung des Geräuschpegels kann anhand der folgenden Formel in etwa berechnet werden:

$$\Delta L_{sp} = 60 \times \log \frac{n_2}{n_1} \text{ dB(A)}$$

wobei ΔL_{sp} = Erhöhung des Schalldruckpegels bei Drehzahländerung von n_1 auf n_2 .

Das Lüftergeräusch ist meistens ein „weißes Rauschen“, d. h. es enthält alle Frequenzen innerhalb des hörbaren Frequenzbereiches.

Lüftergeräusche können reduziert werden durch:

- Austausch des Lüfters (und Lüfterdeckels) durch einen Lüfter mit kleinerem Außendurchmesser
- Lüfter mit nur einer Drehrichtung
- Montage einer Schalldämmhaube

10.8 Auswuchtung

Die Genauigkeit der Auswuchtung und die mechanische Festigkeit aller drehenden Teile müssen geprüft werden, wenn die zulässige Maximaldrehzahl des Motors überschritten wird. Alle anderen, an der Motorwelle montierten Teile wie z. B. Kupplungshälften und Riemenscheiben müssen ebenfalls sorgfältig gewuchtet werden.

10.9 Kritische Drehzahlen

Die erste kritische Drehzahl des gesamten Antriebssystems oder seiner Komponenten darf nicht überschritten werden. Eine Sicherheitsmarge von 25 % ist einzuhalten.

Es können auch überkritische Antriebskomponenten verwendet werden, diese müssen jedoch im Einzelfall ausgesucht und bewertet werden.

10.10 Wellendichtungen

Alle Reibungsdichtungen (Spannringe, Öldichtungen usw.) haben einen empfohlenen maximalen Drehzahlgrenzwert. Liegt dieser unter der vorgesehenen Drehzahl für High-Speed-Betrieb, sollten reibungsfreie Labyrinth-Dichtungen verwendet werden.

10.11 Betrieb mit niedriger Drehzahl

Schmierung

Beim Betrieb mit sehr niedrigen Drehzahlen verliert der Motorlüfter seine Kühlwirkung. Bei einer Betriebstemperatur der Motorlager $\geq 80\text{ °C}$ (durch Messen der Oberflächentemperatur der Lagerschilde überprüfen) müssen die Nachschmierintervalle verkürzt oder ein Spezialfett (Hochdruckschmierfett bzw. Hochtemperaturschmierstoff) verwendet werden.

Das Nachschmierintervall muss pro 15 °C Erhöhung der Lagertemperatur über $+70\text{ °C}$ hinaus halbiert werden.

Kühlleistung des Lüfters

Der Luftstrom und die Kühlleistung sind von der Lüfterdrehzahl abhängig. Ein separater, mit konstanter Drehzahl laufender Lüfter kann zur Erhöhung der Kühlleistung und der Motorbelastbarkeit bei niedriger Drehzahl verwendet werden. Da die interne Kühlung durch einen externen Lüfter nicht beeinflusst wird, ist eine geringfügige Reduzierung der Belastbarkeit bei sehr niedrigen Drehzahlen trotzdem nötig.

Elektromagnetische Geräusche

Die harmonischen Teilschwingungen der Frequenzumrichterspannung verstärken das magnetische Geräusch des Motors. Der Frequenzbereich dieser Blebschwingungen kann im Motor – speziell bei Motoren mit Stahlgehäuse – zu einer Resonanz führen.

Die magnetischen Geräusche können reduziert werden durch:

- Erhöhung der Schaltfrequenz, was zwar Oberschwingungen höherer Ordnung erzeugt, die jedoch für das menschliche Ohr u. U nicht mehr hörbar sind. Andererseits kann die Einstellung einer höheren Schaltfrequenz den Ausgangsstrom des Frequenzumrichters reduzieren.
- Das Herausfiltern der Oberschwingungen am Umrichteranschluss durch Filter oder zusätzliche Blindwiderstände
- Motorschalldämpfer



—
Weitere Informationen erhalten Sie von
Ihrer ABB-Vertretung oder im Internet:

new.abb.com/motors-generators/de/

