



Whitepaper: Energieeffizienz mit Drehstrommotoren

Potenziale durch optimierte Umrichter- und Antriebskonzepte



Vorwort

Die Reduzierung und Optimierung des Energie- und Ressourcenverbrauchs ist wirtschaftlich und ökologisch eine gleichermaßen wichtige Aufgabe. In industriellen Anwendungen liegt der Verbrauch elektrischer Antriebe zwischen 30 % und 40 % der erzeugten elektrischen Energie. Eine Wirkungsgradoptimierung des gesamten Antriebssystems einschließlich der ausgeführten Anwendung stellt einen wesentlichen Ersparnisfaktor dar. Das Potential liegt hier typischerweise bei rund 30 % bis zu 60 %. NORD DRIVESYSTEMS hat sich dieser Aufgabe seit dem Aufkommen der Energiedebatte vor mehreren Jahrzehnten verschrieben und versucht bei jeder Neu- und Weiterentwicklung seiner Antriebssysteme Zukunftsfähigkeit, verbesserte Wirtschaftlichkeit, höhere Energieeffizienz sowie optimierte Funktionalität und Performance unter einen Hut zu bringen.

Der Begriff der Energieeffizienz

Die Energieeffizienz eines Wandlers beschreibt das Verhältnis der für einen bestimmten Arbeitsvorgang benötigten Nutzleistung zu der dafür aufgewendeten Leistungsaufnahme. Für die Verbesserung der Energieeffizienz in der elektrischen Antriebstechnik verwendet man dazu seit Jahren international die Regulierung des Wirkungsgrades η (griech.: Eta) nach der einfachen Formel:

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} = 1 - \frac{P_v}{P_{zu}}$$

P_{zu} = dem Prozess zugeführte Leistung
(Wirkleistung)

P_{ab} = Nutzleistung für den Arbeitsprozess
(Leistung am Wellenende)

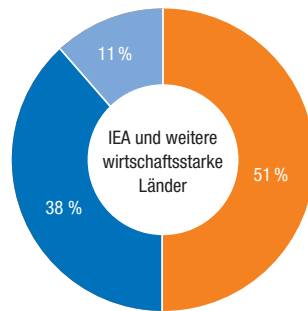
P_v = Verlustleistung als Differenz zwischen den beiden

η = Wirkungsgrad (Eta)

Da η sich auf den Energiefluss pro Zeiteinheit bezieht, ist die gesetzliche Regulierung für Pumpen, Lüfter und Transportanwendungen im Dauerbetrieb am wirksamsten. Deshalb existieren für Elektromotoren im Dauerbetrieb fast weltweit Regelwerke und in vielen Regionen sogar systembezogene Regeln, die auch Arbeitsmaschinen wie Pumpen, Lüfter oder Druckluftkompressoren umfassen. Die Regulierung der Energieeffizienz bewirkt im Hinblick auf Ressourcenschonung und Wirtschaftlichkeit gleichermaßen etwas. In der Regel spielen alle – selbst einschichtig im Dauerbetrieb laufende – Elektromotoren, die nach den heutigen Vorschriften (z. B. IE3) geliefert werden, ihre Mehrkosten gegenüber den Investitionen für früher übliche IE1-Motoren schon nach kurzer Zeit wieder ein.

Wirkung einer höheren Energieeffizienz

Über die Wirkung solcher Regelungen berichtete z. B. Rita Werle (Impact Energy, CH) auf dem Motor Summit 2018 aus ihrer Untersuchung der Energieeffizienzbemühungen verschiedener Sektoren: Auf Basis offizieller OECD-Zahlen kam sie auf etwa 12 % Einsparung des Energieeinsatzes gegenüber dem, was dem Bruttoinlandsprodukt großer Wirtschaftsbereiche der Welt von 2000 bis

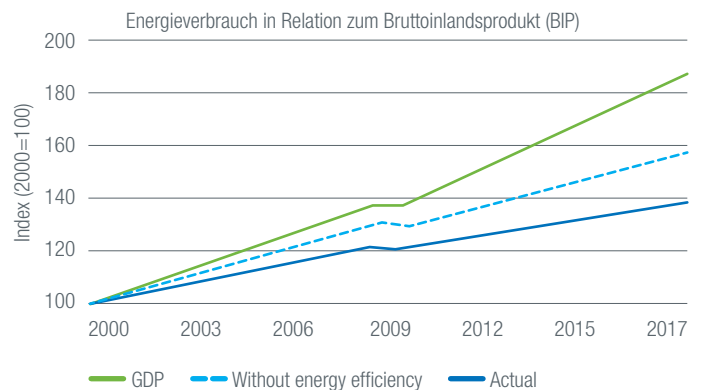


Sektorale Beiträge zu Energieeinsparungen durch Verbesserungen der Energieeffizienz. Andere wirtschaftsstarke Länder: China, Indien, Brasilien, Indonesien, Russland, Südafrika, Argentinien

Quelle: IEA (2018), Energy Efficiency 2018, OECD/IEA, Paris

Industrie Gebäude Transport

2017 entsprechen hätte. Dabei wird der Industrie mit 51 % der größte Anteil an der erreichten Einsparung zugeschrieben. In der Industrie haben die Prozesswärmeerzeugung und die Nutzung elektrischen Stroms in Antrieben die größten Anteile. Einschneidende Maßnahmen in beiden Sektoren tragen also sowohl zur Ressourcenschonung, als auch zu den Klimazielen erheblich bei. Die FAZ schrieb zum kürzlich vorgestellten Klimaschutzbericht 2020 der Bundesregierung: Den größten Emissionsrückgang mit 14,5 % verzeichnete die Stromerzeugung. Die ausgestoßenen 221 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente lagen klar unter den zulässigen 280 Mio. Tonnen. Am meisten zu verdanken war dies der starken Senkung in der Braunkohleverstromung. Doch auch die niedrigen Preise für Erdgas, dessen Nutzung weniger CO₂ ausstößt als die anderer fossiler Träger, und die hohen Preise für Emissionszertifikate schlugen sich positiv nieder. Die erneuerbaren Energien erreichten 2020 einen Anteil von 45 % am Bruttostromverbrauch, mehr als je zuvor. Wegen des Lockdowns sank der Stromverbrauch um mehr als 4 %.



Globaler elektrischer Energieverbrauch mit und ohne Verbesserung der Energieeffizienz, 2000 – 2017 – Energieeffizienz verhindert 12 % Energiemehrverbrauch
Quelle: IEA (2018), Energy Efficiency 2018, OECD/IEA, Paris

Motorentchnik: Welche Parameter beeinflussen die Effizienz?

Um zu beurteilen, welche Berechtigung Mehrpreise für die nächste Effizienzstufe haben, genügt es, die Maßnahmen anhand der in Industriemaschinen am weitesten verbreiteten 4-poligen Induktionsmotoren mit Aluminium-Käfigläufer zu betrachten. Um eine 20-prozentige Verlustverringern der IE2-Motoren zu erzielen, die auf das Niveau der IE3-Motoren führt, stehen vier Hauptstellschrauben zur Verfügung:

Die Eisenverluste

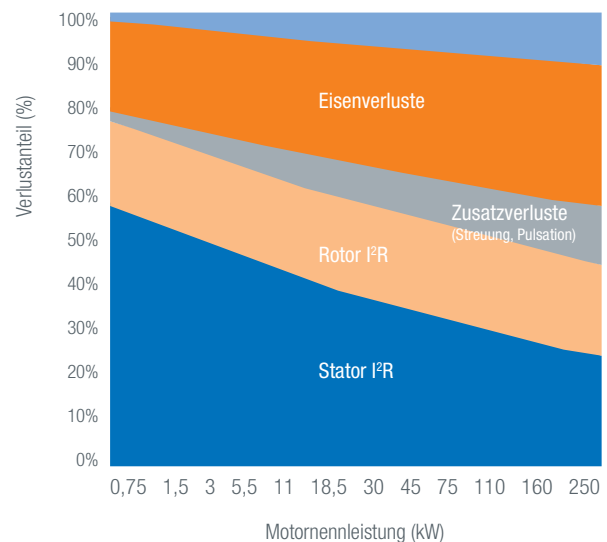
Hier liegt die vielleicht vielfältigste Eingriffsmöglichkeit, allerdings stößt die einfache Senkung der Flussdichte durch Vergrößerung der Statorgeometrie, die in den meisten Fällen das Mittel der Wahl ist, schnell an geometrische Grenzen: Eine Durchmesseränderung verbietet sich, weil das Gehäuse unverändert bleiben soll und eine Eisenlängenänderung erlaubt die Wickelkopflänge nicht mehr, weil die Wicklung dann zu nah am Lagerschild endet.

In diesem Fall bleibt eine Änderung der Eisenqualität: Mit dem Materialwechsel von 0,5 mm dickem, isoliertem und schlussgeglühtem M600-50A (spez. Verlustwert < 6 W/kg bei 1,5 Tesla Flussdichte und 50 Hz) auf M400-50A gleicher Stärke (< 4 W/kg, 1,5 T, 50 Hz) kann schon eine deutliche Verringerung erreicht werden. Hierdurch steigt der Preis etwas (z. Zt. ca. +10 % beim Elektroblech). Erfolgsmindernd kommt hinzu, dass die magnetische Leitfähigkeit sich durch die eingebrachten Silizium-Störstellen im Eisenmaterial meist etwas verringert. In der Folge kann sich der Magnetisierungsstrom vergrößern, womit die ohmschen Verluste wieder leicht ansteigen. Der Magnetisierungsstrom hat bei größeren Motoren nur geringen Anteil am Gesamtstrom, aber die Kennwerte im Leerlauf können sich verändern.

Streuverluste durch das Laststrom-Magnetfeld

Hier verursachen die Nutungen des Stators und des Rotors bei der Rotation unter Last wechselseitige Streufelder, die in Induktionsmotoren mit der Leistung wachsende Bedeutung erhalten (siehe Grafik „Verlustrückverteilung in Induktionsmotoren“). Die Eisenverluste des Stators und des Rotors werden aus der zeitlichen Variation der Magnetfeldverteilung berechnet, die durch eine FEM-Analyse unterstützt werden kann. Durch iterative Verbesserungen lassen sich hier auch über Luftspaltvariationen Optimierungen erreichen, die aber nur relativ geringe Verlustanteile haben. Dieser Anteil ist nicht vermeidbar.

Typischer Verlustanteil bei 50 Hz, 4-polige Induktionsmotoren, Aluminiumkäfig



Verlustrückverteilung in Induktionsmotoren – Kupferrotormotoren können die Rotorverluste um bis zu 50% reduzieren
Quelle: Prof. A. de Almeida (Portugal) zum MotorSummit 2018

Rotor-Stromwärmeverluste

Bei gegebenem Rotordurchmesser und dem für die Flussführung nötigen Eisenvolumen ergeben sich die oft tropfenförmigen Rotor-Nutquerschnitte fast von selbst. Dabei liegt in den Rotornuten der größte Schlüssel für die Änderung des Anlaufverhaltens. Wird ein Anlaufdrehmoment (am Netz) benötigt, muss für ausreichend Widerstand im oberflächennahen Bereich gesorgt werden, weil dahin der Strom im Stillstand verdrängt wird. Dort muss der Nutquerschnitt – also der ohmsche Leitwert – eher geringgehalten werden. Allerdings sollte für den Frequenzumrichterbetrieb und den Bemessungspunkt am Netz auch noch ein guter großer Querschnitt mit geringem ohmschem Widerstand vorhanden sein.

Motorentchnik: Welche Parameter beeinflussen die Effizienz?

Vor fast zwei Jahrzehnten wurde zu diesem Zweck der Kupferdruckguss entwickelt. Kupfer (spez. Leitwert $\sigma = 58 \times 10^6 \text{ S/m}$) ist deutlich leitfähiger als Aluminium ($\sigma = 37 \times 10^6 \text{ S/m}$), aber die höhere Schmelztemperatur macht das Druckgießen als Prozess für die Rotorherstellung in herkömmlichen Formen unmöglich. Sondermaterial und viel Verschleiß sind die kostenintensive Folge. Zwar sind die deutlich geringeren Stromwärmeverlustwerte von Kupfer-Druckgussrotoren bei gleichen Geometrien sehr verlockend – das Verhältnis von 37 zu 58 ist wegen mangelhafter Alu-Druckgussqualitäten in der Praxis oft noch geringer – doch die Euphorie ist vielfach der Wirtschaftlichkeit zum Opfer gefallen: Die Anteile der Kupferrotoren in Industriemotoren halten sich in engen Grenzen, weil die Herstellermehrkosten dafür schon bei 3kW-Motoren eklatant sind. Es gibt auch kombinierte Lösungen, bei denen z.B. für die Anlaufphase Aluminium und für den unteren Nutteil Kupfer eingesetzt wird. So ergeben sich bei passablen Anlaufdrehmomenten am Netz dennoch niedrige Rotorkupferverluste.

Stator-Stromwärmeverluste

Im Stator ist das Ziel, so viel Querschnitt wie möglich für den Strom zur Verfügung zu stellen. Die Gleichung für den ohmschen Widerstand eines elektrischen Leiters verdeutlicht dies sehr anschaulich:

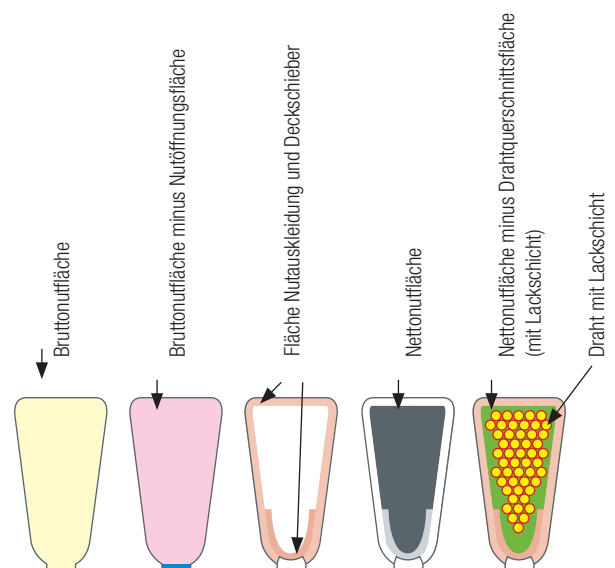
$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

ρ = spezifischer Materialwiderstand

l = Leiterlänge

A = Leiterquerschnitt

Der Leiterquerschnitt ist die entscheidende Größe im Nenner. Für geringe Widerstandswerte muss er möglichst groß sein. Das funktioniert bei der Motorauslegung nur über den Nutquerschnitt. In der Regel ist über den Magnetkreis des Motors und dessen Spannungs-/Frequenz-Verhältnis die Windungszahl der Leiter in der Nut vorgegeben. So versucht man, den nutzbaren Querschnitt der Nut optimal zu gestalten (siehe Grafik „Nutfüllfaktor“). Dazu wird die ausgestanzte Nutfläche zunächst mit Flächenisoliertstoff „ausgekleidet“ (in der Grafik mittig), der den Lackdraht vor Beschädigungen durch das Eisenpaket bewahren und die erste Isolationsbarriere bieten soll. Dann ordnen sich die in Industriemotoren typischerweise runden Leiter diskret in der Nut an, so dass ein gewisser Nutfüllfaktor selbst bei optimaler Anordnung nicht überschritten werden kann. In IE3-Motoren sind die Nuten typischerweise grenzwertiger gefüllt als in IE1-Motoren.



Erläuterung zum Nutfüllfaktor des Stators aus NORD-Werknorm 1-000-17 DE
Quelle: NORD DRIVESYSTEMS

Motorentchnik: Welche Parameter beeinflussen die Effizienz?

Doch auch die Leiterlänge lässt sich beeinflussen: So kann man bei der Verlegung der Kupferspulen auf die kürzesten Wege achten. Durch Veränderung des Wickelschrittes lässt sich der unliebsame Spulenteil im Wickelkopf gegenüber der traditionellen Verteilung der Spulen in Bündeln verkürzen. Diese Maßnahme ist bei Motorwickelern und Wickelmaschinenherstellern nicht sonderlich beliebt, weil sie deutlich verteilte Spulen am Umfang bewirkt und für den Umrichterbetrieb doppelt so viele Stellen mit isolierenden Phasentrennern ausgerüstet werden müssen. Das ist zwar deutlich aufwändiger, spart aber längenabhängig bis zu 4 % ohmschen Widerstand mit entsprechenden Minderverlusten.

Wichtig ist, dass Motorverlängerungen bei gleichem Fluss in der Maschine natürlich nur in dem Maße sinnvoll sind, wie der damit wegen der Spulenlänge erhöhte ohmsche Widerstand nicht den Eisenvorteil wieder aufhebt. Hier sind kurz vor Erreichen des Optimums bestätigende Versuche sinnvoll.



Exkurs zum Schlupf

Wussten Sie eigentlich, dass die Motordrehzahl fast alles über die Rotorverluste verrät? Schuld daran ist der Schlupf, der den Verlustanteil in der Luftspaltleistung, also die aufgenommene Wirkleistung des Stators minus der Kupfer- und Stator-Eisenverluste, direkt widerspiegelt. Dazu zwei simple Gleichungen mit Beispielrechnungen:

$$s = \frac{n_{\text{Feld}} - n_{\text{nenn}}}{n_{\text{Feld}}} = \frac{1500 - 1460}{1500} = 0,02666 = 2,67 \%$$

Der Schlupf beträgt also 2,67 %.

$$P_{\text{v rot}} = s * P_{\sigma} = 0,02666 * 3140\text{W} = 83,73 \text{ W}$$

Wenn die Luftspaltleistung P_{σ} bereits aus den Statorverlusten und der aufgenommenen Leistung bekannt ist, kann man so auf die verbleibenden Verluste schließen: Im Rotoreisen sind sie wegen der geringen Frequenz niedrig und in den Lagern betragen sie in der Regel wenige Watt – der Hauptanteil verbirgt sich in den ohmschen Verlusten des Rotorkäfigs.

Ein gutes Erkennungsmerkmal verlustarmer Motoren ist in der Tat der geringe Schlupf. Mit anderen Worten: Die Drehzahl des Motors ist sehr nah an der Drehfeldzahl. So kann der 4-polige 3kW-Motor (50Hz) aus dem Beispiel in IE1 mit z. B. 1415 1/min leicht auf die Drehzahl von 1460 1/min als IE3-Version klettern und der Schlupf sinkt von 5,67 % auf nur noch 2,67 %. Aber Vorsicht: In Lüftungs- und Pumpenanwendungen muss dafür die Arbeitsmaschine angepasst werden. Sonst führt die Verlusteinsparung des Energiesparmotors aufgrund der Lüfterkennlinie wegen der höheren Drehzahl zum Energiemehrverbrauch, weil die Luftstromleistung steigt.

Effizienzvorschriften weltweit – wie ist der aktuelle Standard?

Umsetzung der aktuellen Effizienzvorschriften in der Praxis

Für Anwendungen, in denen nur kurzzeitig ein Antrieb benötigt wird, können Sie die Standard-Asynchronmotoren der Effizienzklasse IE1 verwenden. Sie sind auf beste Materialausnutzung und geringste Investitionskosten ausgelegt. Auch nach der neuen Ecodesign-Richtlinie ab Juli 2021 ist das für S3 < 80 % oder Kurzzeitbetrieb möglich. Die Regionen, in denen diese Motoren im S1-Betrieb zugelassen sind, werden aber immer weniger. Wenn die Getriebemotoren mitbewegt werden müssen, kann die Wahl von IE1-Antrieben ebenfalls von Vorteil sein, da sie leichter sind und daher weniger Masse bewegt werden muss.

IE2 – mehr Wicklungsmaterial

Den ersten deutlichen Schritt in Richtung Effizienzsteigerung mussten die Hersteller von Asynchronmotoren in Vorbereitung auf das Jahr 2011 machen, in dem im Juni durch die bis heute gültige Richtlinie 640/2009 die Verwendung von IE2-Motoren für den Dauerbetrieb verbindlich vorgeschrieben wurde. Innerhalb eines Jahres verdoppelte sich dadurch die Zahl der eingesetzten IE2-Motoren, während der Einsatz von IE1-Motoren drastisch abnahm. Erstmals wurde eine nennenswerte Zahl an IE3-Motoren verkauft, aber auch deren Absatz stieg erst mit der verpflichtenden Einführung über 7,5kW in 2015 und für alle Leistungen seit 2017.

Zu erwarten ist ein erheblicher Rückgang der Verkaufszahlen für IE2-Motoren, weil die Anwender in den Bereichen wo die kommenden IE3-Regeln nicht eingehalten werden müssen, auf den in der Anschaffung günstigeren IE1-Motor setzen werden. Die Verluste des IE2-Motors liegen rund 20 % niedriger als die IE1-Motorverluste. Das ist in den meisten Fällen mit einer gravierenden Änderung, also Vergrößerung, des Aktivmaterials verbunden. Die Hersteller reagieren darauf unterschiedlich: Mancher entscheidet sich – schon mit Blick auf die kommenden IE3-Regeln – für eine grundlegende Durchmesseränderung. Diese wirkt quadratisch auf die Größe der Rotoroberfläche als wichtige Ausnutzungskenngröße.

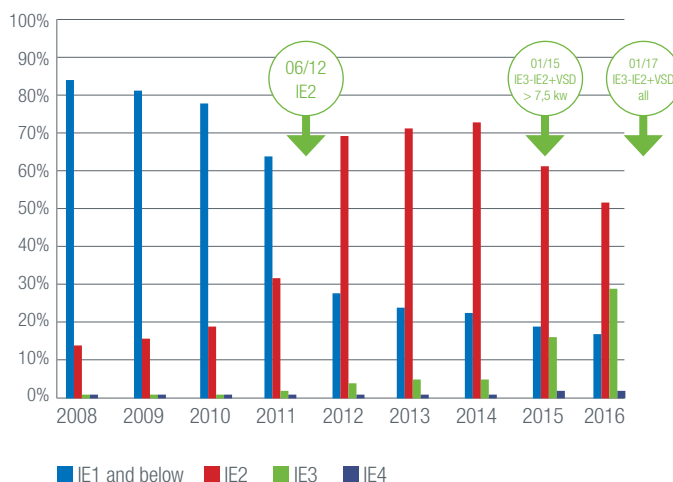
Zu den derzeitigen globalen Energieeffizienzvorgaben finden Sie regelmäßig aktualisierte Informationen auf der NORD-Website:

info.nord.com/de/effizienzvorschriften-motoren

So lassen sich Verlängerungen oder starke Blechqualitätsänderungen umgehen. Viele Hersteller scheuen die Investitionen, die mit diesem Schritt verbunden sind:

- ▶ Entwicklungskosten,
- ▶ neue Aluminiumgehäuse mit geringeren Rippenhöhen und tendenziell eher rechteckiger Außenkontur,
- ▶ mehr Platz für das Eisenpaket,
- ▶ gleiche Anbaumaße bei größeren Zentrierungen,
- ▶ neue Lagerschilde und Lüfter, bzw. Lüfterhauben.

Andere nutzen das Volumen bis auf die letzten Millimeter aus, kommen mit einer Paket- und Wicklungsverdichtung auf IE2 und überlegen sich dann neue Maßnahmen für den Schritt zu IE3.



Entwicklung der prozentualen Anteile der Motorenverkäufe in Europa nach Effizienzklassen

Quelle: CEMEP

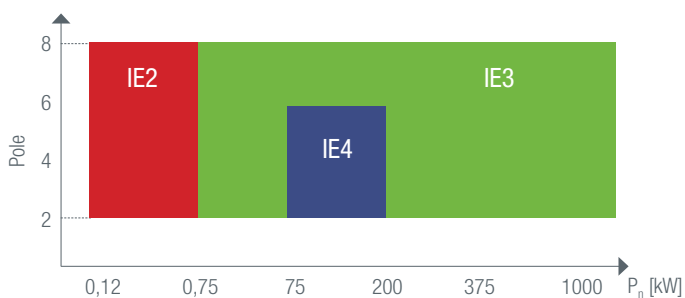
Effizienzvorschriften weltweit – wie ist der aktuelle Standard?

IE3 – mehr und höherwertiges Aktivmaterial

Mit der Vorgabe 20 % der IE2-Motorverluste einzusparen kommen viele Asynchronmotoren an ihre physikalischen und teilweise wirtschaftlichen Grenzen. In einigen Motorgrößen bedeutet das für die Hersteller den Einsatz des o. g. Cu-Läufers, um einen Baugrößensprung zu vermeiden. Für den Getriebeanbau bedeutet der IE3-Motor, dass die Flansche durch höheres Motorgewicht stärker belastet werden.

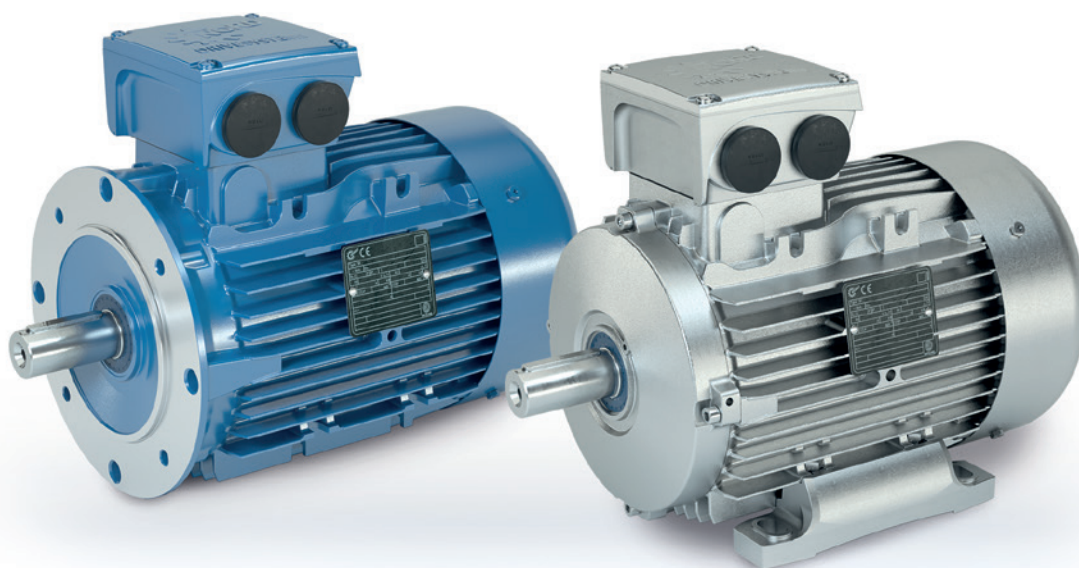
Mit der Jahresmitte 2021 entfällt im Geltungsbereich der EU-Ökodesign-Richtlinie die legale Möglichkeit den IE3-Motor durch IE2-Motoren in Kombination mit Frequenzumrichtern zu „umgehen“. Dadurch werden die Verkaufszahlen der IE3-Motoren stark ansteigen. Dies ist ebenfalls für die Polzahlen 2, 6 und 8 im Standard-Asynchronmotor-Markt zu erwarten, auch wenn hier die Zahlen erfahrungsgemäß deutlich kleiner sein werden als bei 4-poligen Ausführungen.

Für die Leistungen von 75 bis 200 kW wurde in der Richtlinie bereits eine Weichenstellung für 2023 aufgenommen, dann wird die IE4-Klasse auch für die Standard-Asynchronmotoren größerer Leistungen Realität. Mit den Baugrößen wachsen auch die Effizienzwerte. Deshalb sind die Differenzen zwischen IE3- und IE4-Motoren physikalisch leichter und mit weniger Anpassungen erreichbar. Während die EU noch die Verordnung der Klasse IE3 für die Antriebe unter 0,75 kW scheut, ist in China die IE3-Klasse seit Juni 2021 bereits für alle 3-Phasen-Induktionsmotoren ab 120W Pflicht.

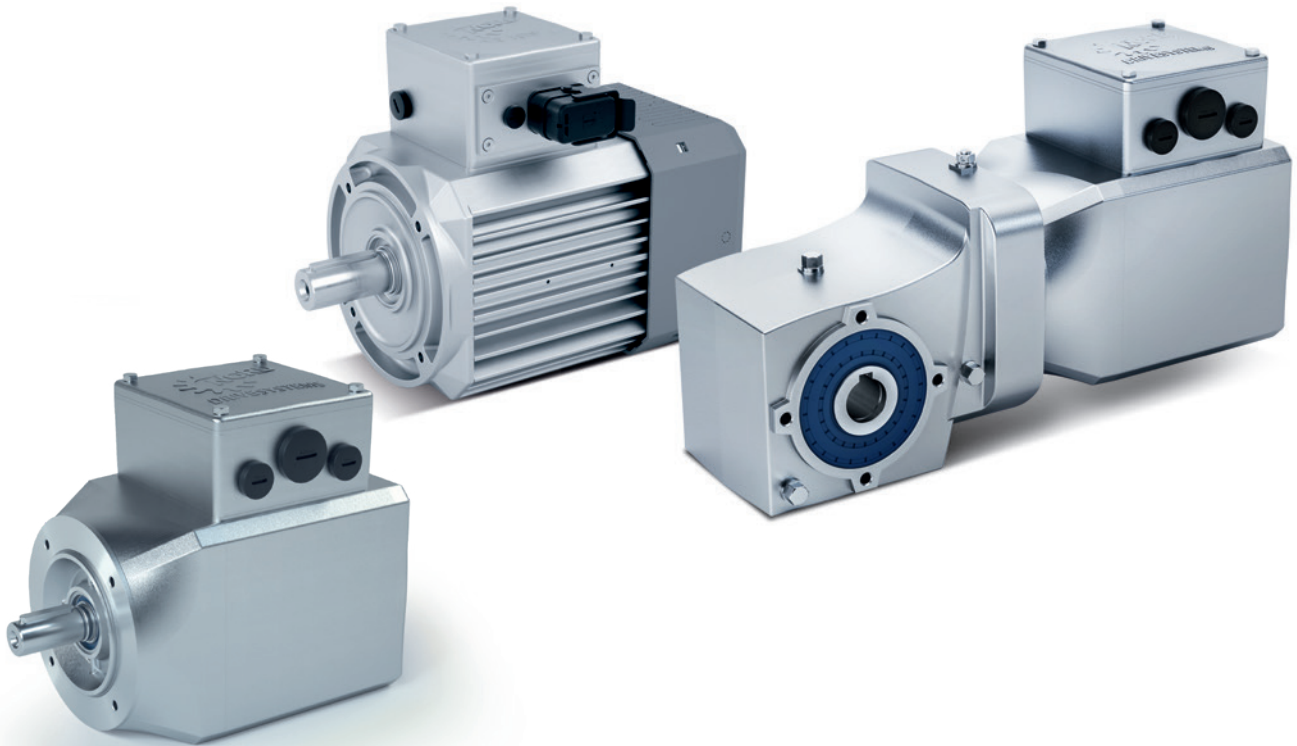


Regeln für die Energieeffizienz von Asynchronmotoren in Europa ab 1. Juli 2023

Quelle: CEMEP-CAPIEL-Guide New Ecodesign Regulation 2019-1781



Effizienzvorschriften weltweit – wie ist der aktuelle Standard?



IE4 – Permanentmagnet Rotor inside

Für kleinere Motoren weitere Effizienzschr tte zu gehen, gelingt meist nur noch mit Konzeptänderungen. NORD DRIVESYSTEMS geht hier bewusst den Weg mit 4-poligen IE4-Synchronmotoren, die am Umrichter betrieben werden. Sie sind äußerlich nicht von den Asynchronmotoren zu unterscheiden, passen in die Gehäuse-systeme und lassen ähnliche Kombinationen mit den Standardge-trieben im Direktanbau oder im Adapteranbau zu. Auch aufgebaute Umrichter sind möglich.

IE5+ – höhere Leistungsdichte, Zahnspulenwicklung

Erst ein weiterer Schritt hin zu einem neuen System der an einem Frequenzumrichter betriebenen Synchronmaschine hat weitere Chancen zur Verlustleistungsminderung erbracht: Mit der Einzel-zahnwicklung wurde der kürzeste Wickelkopf Realität, der physi-kalisch in der klassischen Magnetflussf hrung machbar ist. Hinzu kam ein Eisenpaket aus hochwertigem verlustarmem Material, das der Devise folgt:  berall dort, wo Material nicht zur Flussführung gebraucht wird, kann es weggelassen werden. So bleibt Platz für die Kupferwicklung mit geringem Widerstand und kompakter Spule.

Die aufgrund der 8-poligen Bauweise nötigen Frequenzen von 200 Hz bei bis zu 3.000 1/min sind damit noch beherrschbar.

Die optimierte Rotorkontur bringt wenig Momenten-Ripple und sehr geringe Cogging-Torque-Störungen ein, so dass der Motor für die Regelung gutmütig ist – wenn auch induktivitätsarm und recht schnell in der Reaktion. Zusammen mit dem massentr gheits-armen Rotor bietet er dem Anwender die Möglichkeit, ein häufiges Abschalten (Start-Stopp-Betrieb) zur Verlustminderung ohne große Energieverluste in den bewegten Massen zu realisieren.

Wo aber liegt unter TCO-Gesichtspunkten (Total Cost of Owner-ship) das Optimum? Wie lange benötigt so ein IE5+-Antrieb, um die Mehrkosten in der Beschaffung durch den sparsameren Betrieb wieder einzuspielen? Die Antworten auf diese Fragen hängen ganz erheblich von der kundenindividuellen Antriebslösung ab, bei der das NORD-Team gerne berät.

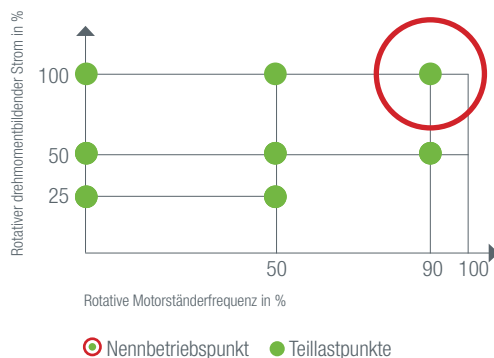
Bestimmung der Energieeffizienz des Frequenzumrichters

EU-Effizienzvorschriften für Frequenzumrichter

Um Handelshemmnisse aus ökologischen Gründen zu vermeiden und die Umweltauswirkungen energieverbrauchsrelevanter Produkte zu verringern, hat die EU-Kommission die Ökodesignrichtlinie 2009/125/EU erlassen. Diese wird durch das Energieverbrauchsrelevante-Produkte-Gesetz (EVG) in nationales Recht umgesetzt und durch die Durchführungsverordnung (EU)2019/1781 für Elektromotoren und Drehzahlregelungen realisiert. Die Norm DIN EN 68100-9-2 beschreibt Indikatoren für die Energieeffizienz von Drehzahlregelungen. Ab 1. Juli 2021 gelten Verschärfungen durch die neue Ökodesign-Verordnung (EU) 2019/1781: Alle Frequenzumrichter (FU), die ab diesem Zeitpunkt in der Europäischen Union verkauft werden, müssen die neue Energieeffizienzklasse IE2 erfüllen. Dies betrifft alle FU für 3-phasige Netzversorgung im Leistungsbereich 0,12 kW bis 1000 kW. Die Norm IEC 61800-9-2 definiert die IE-Klassen für Frequenzumrichter sowie die IES-Klassen für Antriebssysteme (Power Drive System = Motor und FU kombiniert).

Bestimmung der Energieeffizienz des Frequenzumrichters

Bei der Betrachtung des Wirkungsgrades werden die relativen Verluste des Umrichters in Bezug auf seine Bemessungs-Ausgangsleistung (S) in acht Messpunkten bewertet. Die Bewertung findet bei 90 % der Ausgangsspannung und 100 % des drehmomentbildenden Stroms statt. In einem Betriebspunkt 100 / 100 wären die Schaltverluste im Leistungsmodul auf Grund von Übermodulation deutlich geringer, so dass dies die Angaben zum Positiven verzerren würde, ohne für die Realität viel Aussagekraft zu haben. Der Betriebspunkt 90 / 100 ist der bestimmende für die Klassifizierung. In den anderen sieben Punkten dürfen auch schlechtere Effizienzwerte erreicht werden.

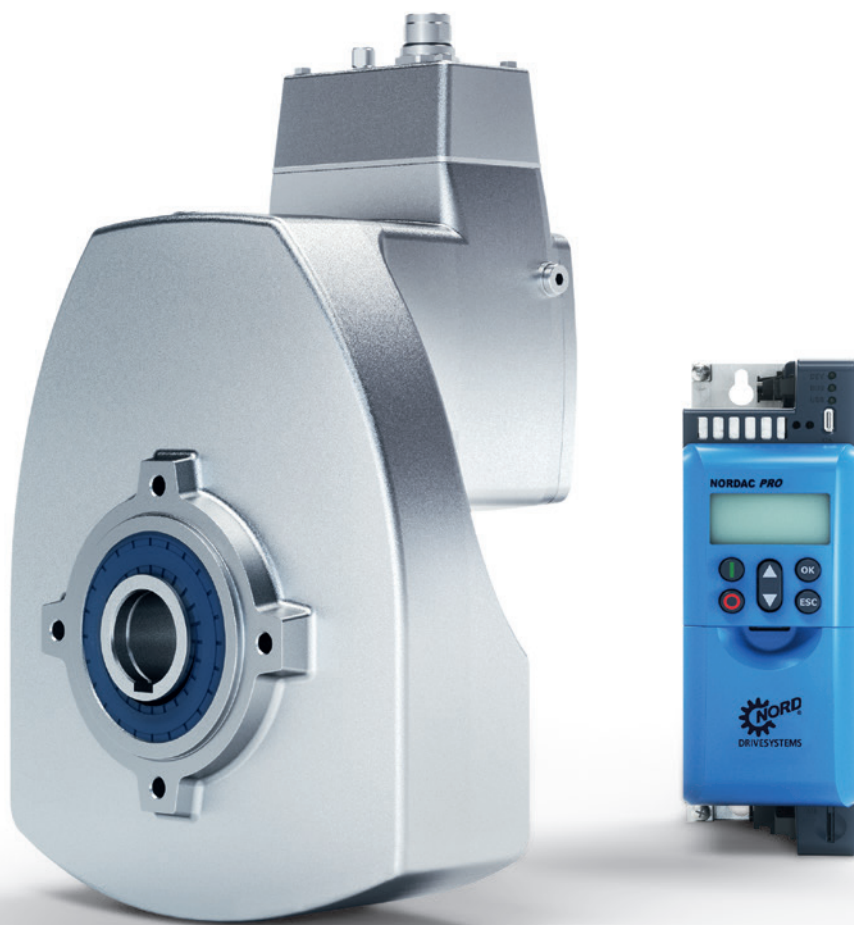


Die Energieeffizienz eines Frequenzumrichters wird neben dem Nennbetriebspunkt noch in sieben klar definierten Teillastbetriebspunkten bestimmt

Bestimmung der Energieeffizienz des Frequenzumrichters

Die relativen Verluste werden mit einem Referenz-FU (Normdefinition) der Klasse IE1 verglichen. Liegen die relativen Verluste des betrachteten FUs mindestens 25 % unter denen des Referenz-FUs, wird die Klasse IE2 erreicht. Liegen sie mehr als 25 % darüber, nur die Klasse IE0. Diese Angaben lassen sich mit den Betriebspunkten der Motoren kombinieren, um damit die Effizienz des Antriebs vom FU bis zur Abtriebswelle des Getriebemotors zu bestimmen. Zur Bestimmung der Verluste können drei verschiedene Vorgehensweisen angewendet werden:

1. Berechnung der Verlustleistung nach DIN EN 68100-9-2 mit den Daten des zu zertifizierenden FUs.
2. Elektrotechnische Messung: Aus Eingangs- und Ausgangs-Wirkleistung wird die Verlustleistung berechnet. Hier werden elektrische Größen - z. B. mit einem Power-Analyser - gemessen.
3. Kalorimetrische Messung: Aus der Differenz der zugeführten und der abgegebenen Wärmemenge eines thermisch isolierten FUs wird die Verlustleistung berechnet. Auch für diese Messung ist ein aufwendiger Messaufbau nötig.



NORD-Frequenzumrichter: effizient, kompatibel, zukunftsfähig

Wesentliche umrichterbezogene Faktoren, die in die Berechnung eingehen, sind zum Beispiel:

- ▶ Verluste des/der Leistungsmodul(e)
- ▶ Verluste des Netzfilters
- ▶ Verluste auf den Leiterbahnen bzw. Stromschienen
- ▶ Verluste des Zwischenkreises
- ▶ Leistungsaufnahme des Kühlsystems
- ▶ Leistungsaufnahme der Steuerelektronik und Standby-Verluste

Zukünftig könnten, ähnlich der Verschärfungen bei den Klassifizierungen der Motoren über die letzten Jahre, auch die zulässigen Effizienzklassen für die Umrichter verschärft werden. Allerdings sind Umrichter und Motoren nicht direkt vergleichbar, da IE2-Frequenzumrichter schon heute einen wesentlich höheren Wirkungsgrad haben als beispielsweise ein IE2-Asynchronmotor.

NORD-Antriebssysteme erfüllen alle Anforderungen

Alle NORD-Frequenzumrichter erfüllen bereits heute sicher die Anforderungen der Energieeffizienzklasse IE2. Aktuelle Untersuchungen haben sowohl für NORD-Umrichter als auch für Systeme aus Umrichtern und energieeffizienten Motoren Verlustleistungen weit unter den Referenzwerten der DIN EN 61800-9-2 ergeben. Die Systeme sind damit klar in die Systemeffizienzklasse IES2 einzuordnen. Die Vorgaben für das Power Drive System (PDS), also die Kombination aus Frequenzumrichter und Elektromotor, sind in der 61800-9-2 übernommen worden.

Dies betrifft alle Frequenzumrichter für 3-phasige Netzversorgung im Leistungsbereich 0,12 kW bis 1000 kW und damit alle verfügbaren NORD-Frequenzumrichterbaureihen:

- ▶ NORDAC *PRO*
- ▶ NORDAC *FLEX*
- ▶ NORDAC *BASE*
- ▶ NORDAC *LINK*
- ▶ NORDAC *ON/ON+*

Speziell mit dem NORDAC *PRO* liefert NORD DRIVESYSTEMS einen wettbewerbsfähigen Frequenzumrichter, der in verschiedenen Ausführungen auf Ihre Anwendung angepasst werden kann und eine Reihe wichtiger Vorteile bietet:

- ▶ Integriertes Multi-Ethernet-Interface
- ▶ Geeignet für Asynchron- und Synchronmotoren
- ▶ On-board PLC
- ▶ CANopen Systembus
- ▶ USB-C Interface
- ▶ uSD-Slot
- ▶ Multi-Encoder Interface
- ▶ Bluetooth-Verbindung mit APP



NORD-Frequenzumrichter: effizient, kompatibel, zukunftsfähig

NORDAC PRO SK 500P – so energieeffizient wie vielseitig

Der NORDAC PRO ist als Universalumrichter für eine Vielzahl von Antriebsaufgaben geeignet. Die Schaltschrankumrichter NORDAC PRO SK 500P decken Motornennleistungen von 0,25 bis 5,5 kW ab und zeichnen sich durch ein Höchstmaß an Konnektivität, Funktionalität und Vielseitigkeit aus. Verschiedene Gerätevarianten können dabei optimal den unterschiedlichsten Applikationsanforderungen zugeordnet werden. Steckbare Bedienungs-, Sicherheits- und Optionsbaugruppen sorgen für maximale Flexibilität und die kompakte Bauform im Booksize-Format ermöglicht eine platzsparende Installation im Schaltschrank. In der Basisausführung bietet er bereits große Vielseitigkeit. Der Applikationsumrichter SK 530P erweitert diesen Umfang und kann modular durch Optionsbaugruppen erweitert werden.

Integriertes Multi-Ethernet-Interface

Die Baureihe verfügt über eine integrierte Industrial-Ethernet-Anbindung. Egal ob ProfiNET, EtherNET IP, POWERLINK oder EtherCAT, das gewünschte Protokoll lässt sich über ein einziges Interface einfach per Parameter einstellen.

On-board PLC

Die integrierte PLC ermöglicht die Vorverarbeitung der antriebs-spezifischen Parameter und der antriebsnahen Sensorik sowie die Auswertung der Betriebszustände des Antriebs. Sie ist die Basis für virtuelle Sensorik sowie für Condition Monitoring- und Predictive Maintenance-Konzepte.

Spannungsfreies Parametrieren über USB-Schnittstelle

Der NORDAC PRO bietet durch eine USB-Schnittstelle, die das Parametrieren des spannungslosen Umrichters noch in der Verpackung erlaubt sowie die Nutzung einer SD-Karte als Parameter-Speichermedium. Zur Verfügung steht außerdem eine integrierte CANopen Systembus-Schnittstelle.

Multi-Encoder-Interface für Mehrachsbetrieb

Der NORDAC PRO SK 500P verfügt über eine HTL- / TTL-Inkrementalgeber-Schnittstelle sowie ein Universalgeberinterface, das den Anschluss von SIN/COS-, Biss-SSI-, Hiperface- und EnDat-Gebern ermöglicht. Es besteht die Möglichkeit, gleichzeitig bis zu vier Drehgebersysteme einzulesen und dadurch mehrere Motoren im Positionierbetrieb sequenziell zu steuern.

Bluetooth-Verbindung mit APP

Mit der NORDCON APP und dem Bluetooth-Stick NORDAC ACCESS BT steht eine mobile Inbetriebnahme- und Service-lösung für alle NORD-Antriebe zur Verfügung, die eine leichtere Einstellung, Überwachung und Wartung ermöglicht.

Zusammen mit einer 200 %-Überlastreserve für perfekte Drehmoment- und Drehzahlperformance sowie der sensorlosen Stromvektorregelung für Asynchron- und Synchronmotoren (openloop und closedloop) wird er so zu einem wahren Multitalent. Der integrierte Bremschopper für den 4-Quadrantenbetrieb gehört dabei in der gesamten Serie ebenfalls zur Grundausstattung wie das Motorbremsenmanagement, wichtig z. B. für Hubwerksanwendungen. NORD liefert die Umrichter optional mit integriertem STO, SS1 und weiteren Funktionen der funktionalen Sicherheit.



Bei Fragen zum NORD-Produktportfolio
wenden Sie sich bitte an:

Getriebebau NORD GmbH & Co. KG

Getriebebau-Nord-Str. 1
22941 Bargteheide
Fon. +49 4532 289-0
Fax. +49 4532 289-2253
nordacpro@nord.com