

GETRIEBEBAU NORD

Member of the NORD DRIVESYSTEMS Group



Getriebebau NORD GmbH & Co. KG

Getriebebau-Nord-Straße 1 • 22941 Bargteheide, Germany • www.nord.com

Projektierungs- und Inbetriebnahmerichtlinie für NORD IE4-Synchronmotoren mit NORD Frequenzumrichtern

Allgemeines

Motoren der Effizienzklasse IE4 sind von der grundsätzlichen Funktionsweise **Synchronmotoren** und sind für den Betrieb am Frequenzumrichter bestimmt. Sie bieten aufgrund ihres hohen Wirkungsgrades, besonders bei Dauerlauf-Applikationen, Vorteile durch eine Energieeinsparung. Unter dem Gesichtspunkt Wirkungsgrad ist aber **immer** das Gesamtsystem zu betrachten.

- Frequenzumrichter haben einen Wirkungsgrad von > 95 %. Durch Prozessoptimierung kann der Umrichtereinsatz jedoch energetische Vorteile in dem Maße bieten, die der Verlustleistung des einzelnen Gerätes um ein vielfaches entgegenstehen (z.B. Drehzahlregelung bei Pumpen anstelle der Verwendung von Drosselklappen).
- Ebenso ist bei der Auswahl der Getriebe neben dem zu Grunde gelegtem Betriebsfaktor (f_B) auch die Sinnhaftigkeit der Motor - Getriebekombination, insbesondere bei der Kombination mit hocheffizienten Synchronmotoren (IE4) von Bedeutung. So führen höhere Betriebsfaktoren zu höherer Betriebssicherheit, andererseits aber auch zu teilweise deutlich höheren Verlustleistungen. Auch bei der Getriebeart gibt es z.T. erhebliche Unterschiede beim Wirkungsgrad.

NORD – IE4-Synchronmotoren

NORD bietet Motoren in Effizienzklasse IE4 derzeit im Leistungsbereich 1,1 kW – 5,5 kW (Baugröße 80 – 100).

Die Motoren sind eigenbelüftet, haben zu normalen Asynchronmotoren ein identisches Statorgehäuse und uneingeschränkte Anbaumöglichkeiten aller Optionen sowie Getriebekombinationen. Der Klemmkasten ist identisch zu Standardmotoren ausgeführt und das 6-polige Klemmbrett kann wie bekannt in Stern oder Dreieck mit den entsprechenden Brücken geschaltet werden.

NORD Synchronmotoren sind mit Permanentmagneten im Rotorpaket ausgestattet. Diese sind in Taschen eingelegt (sog. IPMSM: integrated permanent magnetic synchron motor) und erfordern dadurch nur geringen Magnetmaterialeinsatz (Kosten) im Vergleich zum SPMSM (surface ..., Magnete auf der Rotoroberfläche, klassischer Servomotor).

Ein Synchronmotor kann nicht am Netz anlaufen oder betrieben werden, sondern nur am Frequenzumrichter (Sicherheitsaufkleber weist darauf hin). Alle NORD-Frequenzumrichter können NORD Synchronmotoren betreiben.

Der Betrieb der NORD Synchronmotoren mit Umrichtern anderer Hersteller ist grundsätzlich möglich. Einige Wettbewerbsgeräte sind mit unseren Motoren erfolgreich getestet worden. Die Verantwortung für eine erfolgreiche Inbetriebnahme liegt beim Kunden. Ebenso ist die Motorperformance, bzw. das Erreichen von Wirkungsgraden, die der Klassifizierung IE4 entsprechen, abhängig vom Umrichter und dessen Funktion und Einstellungen.

Technische Information / Datenblatt	Projektierungs- und Inbetriebnahmerichtlinie für NORD IE4-Synchronmotoren mit NORD Frequenzumrichtern			
Frequenzumrichter	TI 80-0010	V 1.6	1219	de

Synchronmotoren anderer Hersteller können theoretisch auch am NORD-Umrichter betrieben werden, jedoch muss diese Möglichkeit vorab geprüft werden, ggf. ist ein Testmotor im Stammwerk einzumessen (Rücksprache dringend erforderlich).

NORD PMSM IE4-Motoren sind keine Servomotoren. Bedingt durch Anregelzeiten und elektrische Zeitkonstanten ist das dynamische Verhalten mit dem von IE1 oder IE2 Motoren vergleichbar.

Als Synchronmotoren haben sie keinen lastabhängigen Schlupf. Die NORD Motoren sind für 2 verschiedene Nenndrehzahlen ausgelegt:

1. 2100 U/min bei 70 Hz, 400 V Stern bzw. 230 V Dreieck
2. 3000 U/min bei 100 Hz, 400 V. Dazu wird der Motor in Dreieck geschaltet und theoretisch mit $70 \text{ Hz} \times 1,71 = 121 \text{ Hz}$ gefahren (vgl. 87 Hz-Kennlinie bei 50 Hz-Motoren). Da der 121 Hz Betrieb jedoch hohe Geräusche (Lüfter) erzeugt und die Getriebezuordnung erschwert, wird der Typenpunkt *100 Hz, 400 V Dreieck* ausgewiesen.

Beide Betriebspunkte werden in den Katalogen beschrieben, auf dem Typenschild gestempelt bzw. finden sich in den Motorauswahltabellen der NORD-Umrichter.

Zusätzlich finden sich auf dem Motortypenschild Angaben über Motorstatorwiderstand R_s , Statorinduktivitäten L_d und L_q sowie der Wert der Induktionsspannung (U_{EMK}). Diese Angaben sind für die Umrichterprogrammierung notwendig.

Typenschlüssel Motor am Beispiel eines 80T1/4



Motoren-Umrichter-Zuordnung

Nachfolgende Zuordnungen der Motoren zu den jeweiligen Frequenzumrichtern gelten bei Betrieb bis zur Nenndrehzahl. Höhere Drehzahlen und Überlasten erfordern eine Projektierung.

Size	M _N [Nm]	P _N [kW]	n _N [rpm]	I [A]	η	J [kgm ²]	m [kg]	M _{max} [Nm]	k _T [Nm/A]	k _E [mV/rpm]	Zuordnung FU
80T1/4	5.0	1.1	2100	2.07	90.5	0.0011	8.0	14.4	2.5	154	-111-123- -111-323- -111-340-
80T1/4 HM	3.41	0.75	2100	1.46	90.5	0.0011	7.8	14.4	2.3	154	-111-123- -111-323- -111-340-
80T1/4 Δ	4.8	1.5	3000	3.44	90.4	0.0011	8.0	14.4	1.4	89	-151-340-
90T1/4	6.8	1.5	2100	2.82	89.9	0.0019	10.0	21.0	2.4	156	-151-323- -151-340-
90T1/4 Δ	7.0	2.2	3000	5.09	89.6	0.0019	10.0	21.0	1.4	90	-221-340-
90T3/4	10	2.2	2100	4.13	90.5	0.0024	12.0	29.0	2.4	158	-221-323- -221-340-
90T3/4 HM	5.0	1.1	2100	2.08	92.7	0.0024	11.6	28.3	2.4	156	-151-323- -151-340-
90T3/4 Δ	9.5	3.0	3000	6.84	92.3	0.0024	12.0	29.0	1.4	91	-301-340-
100T2/4	13.6	3.0	2100	5.4	91.4	0.0046	18.0	42.0	2.6	161	-301-323- -301-340-
100T2/4 Δ	12.7	4.0	3000	8.9	92.1	0.0046	18.0	42.0	1.5	93	-401-340-
100T5/4	18.2	4.0	2100	7.1	92.1	0.0060	21.0	57.0	2.6	165	-401-323- -401-340-
100T5/4 HM	10.0	2.2	2100	4.16	91.0	0.0060	20.2	53.5	2.4	165	-301-323- -301-340-
100T5/4 Δ	17.5	5.5	3000	11.9	92.2	0.0060	21.0	57.0	1.5	95	-551-340-

Information

Motorleistung vs. Umrichterleistung

Die Zuordnung Umrichter → Motor erfolgt primär nach Leistung. Bedingt durch die Kennlinien kommt es teilweise dazu, dass ein NORD-Umrichter höherer Leistung dem Motor zugeordnet werden muss.

Die Umrichterzuordnung bei IE4 Glattmotoren (HM) erfolgt pauschal für abgesetzte Umrichter (z.B. NORDAC PRO im Schaltschrank) bei Drehgeberrückführung.

Überlasten oder dynamische Start-Stopp-Applikationen können eine Umrichterzuordnung mit höherer Leistung erfordern. Bei einer 1:1 Zuordnung, Motor zu Umrichter, ist 2-faches Nennmoment möglich. Der Motor selbst kann theoretisch ein bis zu 3-faches Nennmoment (im Anlauf und eingeschränktem Drehzahlbereich) erbringen.

Eine dauerhafte Überlast von Faktor 1,4 ist ab 10 Hz möglich (gilt jedoch nicht für IE4 Glattmotoren (HM)).

Betriebsarten

Im Vergleich zu Asynchronmotoren weist der Betrieb von Synchronmotoren folgende relevanten Unterschiede auf:

- Kein Netzbetrieb:

NORD Synchronmotoren können nur am Umrichter betrieben werden

- Feldschwächbereich:

NORD Synchronmotoren können nicht bzw. nur sehr eingeschränkt im Feldschwächbereich betrieben werden. Die Permanentmagnete im Rotor induzieren bei Rotation eine Spannung im Stator, die der Klemmspannung entgegenwirkt. Die induzierte Spannung ist dabei proportional zur Motordrehzahl und reduziert die stromtreibende Klemmspannung. Dadurch sinkt das verfügbare Motordrehmoment. Darüber hinaus besteht die Gefahr, z.B. bei fallenden Lasten eines Hubwerks, dass durch hohe Motordrehzahlen hohe induzierte Spannungen den Umrichter beschädigen.

- Umrichterfunktionen:

Bestimmte Umrichterfunktionen wie z.B. DC-Bremung stehen nicht zur Verfügung.

Es werden verschiedene Regelungsarten durch den Betrieb am Umrichter unterstützt.

VFC open-loop Betrieb	CFC open-loop Betrieb	CFC closed-loop Betrieb
<ul style="list-style-type: none"> Anwendungen mit linearer oder quadratische Last-Kennlinie geringe Dynamik Maximaldrehmoment 50...150 % M_N je nach Drehzahl Anregelzeiten Drehmoment ≥ 250 ms 	<ul style="list-style-type: none"> Anwendungen mit konstanten, linearen oder quadratischen Lastmoment mittlere Dynamik Maximaldrehmoment 100...200 % M_N je nach Drehzahl Anregelzeiten Drehmoment ≥ 150ms <p>(ab ca. $n = 10$ % n_n)</p>	<ul style="list-style-type: none"> Alle Arten von Anwendungen inklusive Hubwerke hohe Dynamik Maximaldrehmoment bis 300 % M_N drehzahlunabhängig Anregelzeiten Drehmoment ≥ 100 ms
Anwendungsbereiche		
<ul style="list-style-type: none"> Pumpen ohne Losbrechmoment Verdichter, Ventilatoren z. T. Mischer 	<ul style="list-style-type: none"> Fördertechnik mit Losbrechmoment Pumpen und Lüfter mit mittleren Losbrechmoment 	<ul style="list-style-type: none"> Hubwerke Handlings-Maschinen Dyn. Fördertechnik
Besonderheiten		
<p>Motordaten müssen genau bekannt sein!</p>	<p>Betrieb wegen eingeschränkter Strommessung nicht mit SK 180E möglich.</p> <p>Motordaten müssen genau bekannt sein!</p>	<p>CFC closed-loop Betrieb erfordert Drehgeber und somit einen Umrichter mit Drehgeberauswertemöglichkeit.</p> <p>Geringe Empfindlichkeit bezüglich Ungenauigkeiten R_S, L und U_{EMK}. Rotorlage muss bekannt sein (Absolutwertgeber) oder ermittelt werden (siehe Beschreibung)</p>

O.g. Angaben basieren auf Applikationserfahrungen aus dem Hause NORD.

Inbetriebnahme

1. Umrichterwahl hinsichtlich Motorzuordnung prüfen.
2. Umrichterwahl hinsichtlich Betriebsart/Geber prüfen.
3. Motorschaltung hinsichtlich Kennlinie und (Umrichter-) Netzspannung prüfen.
4. Umrichter- und Motoranschluss wie bekannt.
5. Sicherheitshinweise gemäß Betriebsanleitungen und Arbeitsvorschriften beachten.
6. Netzversorgung zuschalten
7. Umrichterparametrierung kann mittels
 - SimpleBox,
 - ParameterBox (ab Firmwareversion V4.6R1, oder im ControlBox-Mode)
 - NORDCON (Version ab 2.5 oder ControlBox-Mode)erfolgen.
8. Im P200 kann der entsprechende NORD Synchronmotor aus der Liste gewählt werden. Die Motordaten sind dadurch korrekt eingestellt. *Eine Statorwiderstandsmessung $P220 = 1$ ist empfohlen.*
9. Regelverfahren (P300) wählen:

VFC open-loop Betrieb (Pumpen, Lüfter), P300 = 0

(geringe Dynamik)

- Von Start bis zur Frequenz gemäß P247 (Umschafffrequenz vfc PMSM) wird Strom eingepreßt, welcher linear mit steigender Frequenz fällt, um den Rotor gezwungen mitzuziehen (üblicher Einstellwert 25 % der Nennfrequenz). Die Höhe des Stroms kann über P210 (statischer Boost) beeinflusst werden (\rightarrow geringe Anfahrtdrehmomente = $P210 < 100$ %).
- Es sind keine Regelparameter einzustellen, jedoch sind genaue Motordaten, insbesondere RS, L und U_{EMK} erforderlich.
- Zum stabilen Betrieb ist eine geeignete Schwingungsdämpfung notwendig (P245), die bei dynamischen Laständerungen die Frequenz kurzfristig erhöht bzw. absenkt.
- Beim Start kann der Motor sich kurzzeitig in die andere Richtung bewegen.

CFC open-loop Betrieb, P300 = 2

(mittlere Dynamik)

- Von 0 – 10 % der Synchro Drehzahl wird im VFC open-loop Betrieb gefahren. Der Strom fällt im Hysteresebereich auf Wert von P209 (in der Regel 0), danach wird aus dem Strom die Drehzahl ermittelt und mittels Drehzahlregler das Betriebsverhalten verbessert.
- Es können Regelparameter eingestellt werden, jedoch sind genaue Motordaten, insbesondere RS, L und U_{EMK} erforderlich.

CFC closed-loop Betrieb, P300 = 1

(hohe Dynamik)

- Schleppfehlerüberwachung erforderlich P337 + P338
- Einstellung für Strom- und Drehzahlregler erforderlich

Mögliche Gebersysteme

- Inkrementalgeber ohne Nullspur
 - Ermittlungsverfahren zur Anfangsrotorlagebestimmung notwendig, s.u.; die Messgenauigkeit erreicht nur ca. $\pm 3 - 10^\circ$ elektrisch, dadurch etwas eingeschränkte Performance (ungünstigeres Verhältnis Strom zu Moment).

- Schleppfehlerüberwachung (P327 / P328) muss zwingend eingeschaltet werden.
- Bedingt durch das inkrementelle Messverfahren empfiehlt es sich, den Antrieb häufiger zu referenzieren. Dies kann durch ein Reset der Spannung erfolgen. Nach einer Schleppfehlermeldung passiert dies automatisch.
- Inkrementalgeber mit Nullspur (NORDAC *FLEX*, NORDAC *LINK*)
 - Anschluss der Nullspur auf Digitaleingang 1.
 - Einstellung P420[-01] = 42/ 43 (siehe jeweiliges Handbuch).
 - Ermittlungsverfahren zur Anfangsrotorlagebestimmung notwendig, um Betrieb bis zum ersten Nullpunktdurchlaufen zu ermitteln s.u.. Der Nullimpuls korrigiert dabei die Fehlertoleranzen des Nullpunktermittlungsverfahrens.
 - Ist der Inkrementalgeber nicht ausgerichtet bzw. durch Stoß oder Demontage am Motor verstellt, muss die Nullspur des Inkrementalgebers auf die Rotorlage ausgerichtet werden. Hierfür wird ein Offset in P334 eingestellt.
 - Inkrementalgeber mit Momentenstütze an Lüfterhaube können werkseitig **nicht** ausgerichtet werden.
 - Schleppfehlerüberwachung (P327/P328) muss zwingend eingeschaltet werden.
 - Bedingt durch das inkrementelle Messverfahren empfiehlt es sich, den Antrieb häufiger zu referenzieren. Bei Nutzung P420[-01] = 43 kann dies durch ein Reset der Spannung erfolgen, bei P420[-01] = 42 reicht es, die Freigabe wegzunehmen. Nach einer Schleppfehlermeldung passiert dies automatisch.
- AG-IG-Kombigeber
 - AG-IG-Kombigeber erfordern keine Anfangslagebestimmung (wegen Absolutsignal). Der Drehgeber wird durch NORD vor Auslieferung des Getriebemotors justiert und erfordert keine Offset-Ermittlung.
 - Ist der Drehgeber nicht ausgerichtet bzw. durch Stoß oder Demontage am Motor verstellt, muss die Nulllage des Drehgebers auf die Rotorlage ausgerichtet werden.
 - Die Schleppfehlerüberwachung (P327/P328) muss zwingend eingeschaltet werden.

Anfangsrotorlagebestimmung

Bei Inkrementalgebern ist die Anfangsrotorlagenbestimmung jedes Mal nach dem Einschalten der Netzspannung oder nach bestimmten Umrichterfehlern nötig erforderlich.

a. durch Testsignalverfahren (P330 = 1)

Rotorlagebestimmung durch Testmessung (Dauer ca. 1 Sekunde). Mittels P212 kann der bei der Messung genutzte Strom verstärkt werden, um bei ungünstigen Bedingungen ein besseres Ergebnis zu erzielen.

b. durch Rastverfahren (P330 = 0, spannungsgesteuert). Die Spannung zwingt den Rotor in Nulllage und richtet damit den Motor aus. Das Verfahren ist nur bei horizontalen Anwendungen, bzw. bei momentfreien Antrieben ohne Motorbremse möglich (Achtung: Welle dreht sich beim dem Verfahren).

Es sind die Hinweise der entsprechenden Handbücher zu beachten.

Für die Reglereinstellung und Optimierung empfiehlt es sich, das Dokument AG 0101 zu beachten.