

## PowerXL™

### DG1 Frequenzumrichter Motordaten und U/f-Kennlinie



Level 2	<ul style="list-style-type: none"><li>1 – Fundamental – keine weiteren Kenntnisse nötig</li><li>2 – Basic – Grundwissen empfehlenswert</li><li>3 – Fortgeschritten – Grundwissen notwendig</li><li>4 – Expert – Praxiserfahrung in dem Thema empfehlenswert</li></ul>
---------	---

## Inhalt

1	Allgemeines .....	5
2	Motordaten .....	5
2.1	Motor-Nennstrom .....	6
2.2	Motor-Nenndrehzahl.....	6
2.3	Motor CosPhi.....	6
2.4	Motor-Nennspannung.....	6
2.5	Motor-Nennfrequenz .....	7
2.6	Motor-Identifikation.....	7
3	Steuerungsmodus.....	9
3.1	U/f Regelung.....	9
3.2	Drehzahlregelung .....	9
3.3	Drehzahlregelung (OL).....	10
4	U/f-Kennlinie .....	11
4.1	Optimierung der Kennlinie bei U/f Regelung und Drehzahlregelung .....	12
4.1.1	Verbesserung des Drehmomentverhaltens .....	13
4.1.2	Steigerung der Energieeffizienz.....	15
4.2	87 Hz-Kennlinie.....	15

## Gefahr! - Gefährliche elektrische Spannung!

- Gerät spannungsfrei schalten.
- Gegen Wiedereinschalten sichern.
- Spannungsfreiheit feststellen.
- Erden und kurzschließen.
- Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschränken.
- Die für das Gerät angegebenen Montagehinweise (IL) sind zu beachten.
- Nur entsprechend qualifiziertes Personal gemäß EN 50110-1/-2 (VDE 0105 Teil 100) darf Eingriffe an diesem Gerät/System vornehmen.
- Achten Sie bei Installationsarbeiten darauf, dass Sie sich statisch entladen, bevor Sie das Gerät berühren.
- Die Funktionserde (FE, PES) muss an die Schutzterde (PE) oder den Potenzialausgleich angeschlossen werden.
- Die Ausführung dieser Verbindung liegt in der Verantwortung des Errichters.
- Anschluss- und Signalleitungen sind so zu installieren, dass induktive und kapazitive Einstreuungen keine Beeinträchtigung der Funktionen verursachen.
- Damit ein Leitungs- oder Aderbruch auf der Signalseite nicht zu undefinierten Zuständen führen kann, sind hard- und softwareseitig entsprechende Sicherheitsvorkehrungen zu treffen.
- Schwankungen bzw. Abweichungen der Netzspannung vom Nennwert dürfen die in den technischen Daten angegebenen Toleranzgrenzen nicht überschreiten, andernfalls sind Funktionsausfälle und Gefahrenzustände nicht auszuschließen.
- NOT-AUS-Einrichtungen nach IEC/EN 60204-1 müssen in allen Betriebsarten wirksam bleiben. Entriegeln der NOT-AUS-Einrichtungen darf keinen Wiederanlauf bewirken.
- Einbaugeräte für Gehäuse oder Schränke dürfen nur im eingebauten Zustand betrieben und bedient werden.
- An Orten, an denen auftretende Fehler Personen- oder Sachschäden verursachen können, müssen externe Vorkehrungen getroffen werden, die auch im Fehler- oder Störfall einen sicheren Betriebszustand gewährleisten beziehungsweise erzwingen (z. B. durch unabhängige Grenzwertschalter, mechanische Verriegelungen usw.).
- Während des Betriebs können die Frequenzumrichter heiße Oberflächen besitzen.
- Das unzulässige Entfernen der erforderlichen Abdeckung, die unsachgemäße Installation und falsche Bedienung von Motor oder Frequenzumrichter, kann zum Ausfall des Geräts führen und schwerste gesundheitliche Schäden oder Materialschäden verursachen.
- Bei Arbeiten an unter Spannung stehenden Frequenzumrichter sind die geltenden nationalen Unfallverhütungsvorschriften (z. B. BGV A3) zu beachten.
- Die elektrische Installation ist nach den einschlägigen Vorschriften durchzuführen (z. B. Leitungsquerschnitte, Absicherungen, Schutzleiteranbindung).
- Alle Arbeiten zum Transport, zur Installation, zur Inbetriebnahme und zur Instandhaltung dürfen nur von qualifiziertem
- Fachpersonal durchgeführt werden (IEC 60364 bzw. HD 384 oder DIN VDE 0100 und nationale Unfallverhütungsvorschriften beachten).
- Anlagen, in die Frequenzumrichter eingebaut sind, müssen ggf. mit zusätzlichen Überwachungs- und Schutzeinrichtungen gemäß den jeweils gültigen Sicherheitsbestimmungen, z. B. Gesetz über technische Arbeitsmittel, Unfallverhütungsvorschriften usw. ausgerüstet werden.
- Während des Betriebs sind alle Abdeckungen und Türen geschlossen zu halten.
- Der Anwender muss in seiner Maschinenkonstruktion Maßnahmen berücksichtigen, die die Folgen bei Fehlfunktion oder Versagen des Frequenzumrichters (Erhöhung der Motordrehzahl oder plötzliches Stehenbleiben des Motors) begrenzen, so dass keine Gefahren für Personen oder Sachen verursacht werden können, z. B.: – Weitere unabhängige Einrichtungen zur Überwachung sicherheitsrelevanter Größen (Drehzahl, Verfahrweg, Endlagen usw.). Elektrische oder nichtelektrische Schutzeinrichtungen (Verriegelungen oder mechanische Sperren) systemumfassende Maßnahmen. Nach dem Trennen der Frequenzumrichter von der Versorgungsspannung dürfen spannungsführende Geräteteile und Leistungsanschlüsse wegen möglicherweise aufgeladener Kondensatoren nicht sofort berührt werden. Hierzu sind die entsprechenden Hinweisschilder auf dem Frequenzumrichter zu beachten.

## Gewährleistungsausschluss und Haftungsbeschränkung

Die Informationen, Empfehlungen, Beschreibungen und Sicherheitshinweise in diesem Dokument basieren auf den Erfahrungen und Einschätzungen der Eaton Corp. Und berücksichtigen möglicherweise nicht alle Eventualitäten.

Wenn Sie weitere Informationen benötigen, wenden Sie sich bitte an ein Verkaufsbüro von Eaton. Der Verkauf der in diesen Unterlagen dargestellten Produkte erfolgt zu den Bedingungen und Konditionen, die in den entsprechenden Verkaufsrichtlinien von Eaton oder sonstigen vertraglichen Vereinbarungen zwischen Eaton und dem Käufer enthalten sind. Es existieren keine Abreden, Vereinbarungen, Gewährleistungen ausdrücklicher oder stillschweigender Art, einschließlich einer Gewährleistung der Eignung für einen bestimmten Zweck oder der Marktgängigkeit, außer soweit in einem bestehenden Vertrag zwischen den Parteien ausdrücklich vereinbart. Jeder solche Vertrag stellt die Verpflichtung von Eaton abschließend dar.

Der Inhalt dieses Dokumentes wird weder Bestandteil eines Vertrages zwischen den Parteien noch führt er zu dessen Änderung. Eaton übernimmt gegenüber dem Käufer oder Nutzer in keinem Fall eine vertragliche, deliktische (einschließlich Fahrlässigkeit), verschuldensunabhängige oder sonstige Haftung für außergewöhnliche, indirekte oder mittelbare Schäden, Folgeschäden bzw. –verluste irgendeiner Art – unter anderem einschließlich, aber nicht beschränkt auf Schäden an bzw. Nutzungsausfälle von Geräten, Anlagen oder Stromanlagen, von Vermögensschäden, Stromausfällen, Zusatzkosten in Verbindung mit der Nutzung bestehender Stromanlagen, oder Schadensersatzforderungen gegenüber dem Käufer oder Nutzer durch deren Kunden – infolge der Verwendung der hierin enthaltenen Informationen, Empfehlungen und Beschreibungen. Wir behalten uns Änderungen der in diesem Handbuch enthaltenen Informationen vor. Fotos und Abbildungen dienen lediglich als Hinweis und begründen keine Verpflichtung oder Haftung seitens Eaton.

## 1 Allgemeines

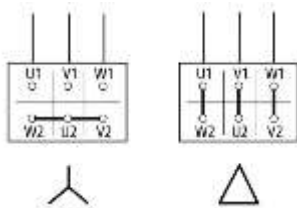
Die Geräte der Reihe **PowerXL™ DG1** sind Frequenzumrichter zum Anschluss von Drehstrommotoren. Werkseitig sind sie so konfiguriert, dass Induktionsmotoren der entsprechenden Leistungsklasse ohne Veränderung der Einstellung betrieben werden können. Viele Standardfälle können damit abgedeckt werden.

In manchen Applikationen gibt es jedoch Anforderungen, die eine Anpassung über Parameter erforderlich machen. In dieser Application Note werden folgende Aspekte betrachtet:

- Anpassung an den angeschlossenen Motor
- Vorwahl des Steuerungsmodus
- Schlupfkompensation
- Einstellung der U/f-Kennlinie

## 2 Motordaten

Voraussetzung für einen ordnungsgemäßen Betrieb ist der richtige Anschluss (Stern / Dreieck) des Drehstrommotors an die Ausgangsklemmen des Gerätes. Maßgebend ist die Spannung, für die die Wicklungen ausgelegt sind.

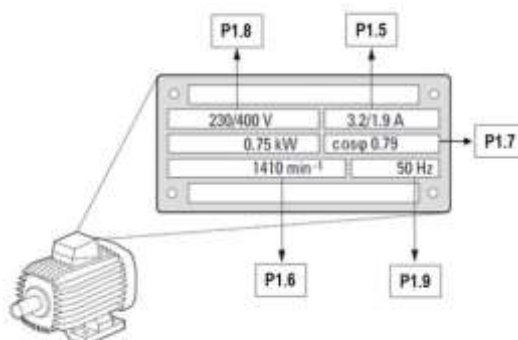


Gerät	Ausgangsspannung	Motor	Schaltungsart
DG1-32...	3 x 230 V	230 / 400 V	Dreieck
DG1-34...	3 x 400 V	230 / 400 V 400 / 660 V	Stern Dreieck
DG1-34...	3 x 400 V	230 / 400 V	Dreieck
Sonderfall: 87 Hz-Kennlinie (siehe Abschnitt 4.2)			

Eine Anpassung an die Daten des angeschlossenen Motors kann mit folgenden Parametern vorgenommen werden:

- P1.6 Motor Nenndrehzahl
- P1.7 Motor CosPhi
- P1.8 Motor Nennspannung
- P1.9 Motor Nennfrequenz

Die entsprechenden Werte können dem Typenschild des Motors oder dem Datenblatt des Motorherstellers entnommen werden. Sie dienen der Einstellung des Motorschutzes, und definieren die U/f-Kennlinie.



## 2.1 Motor-Nennstrom

Parameter P1.5 „Motor Nennstrom“ ist werkseitig auf den Bemessungsstrom  $I_e$  des Frequenzumrichters eingestellt. Er dient gleichzeitig als Einstellwert für den thermischen Schutz des Motors. Hat der Motor einen abweichenden Nennstrom, so ist dieser mit P1.5 einzustellen, um einen Motorschutz zu gewährleisten.

Es ist zu beachten, dass der Strom eingestellt wird, der auch der Schaltungsart zugeordnet ist. Im oberen Beispiel ist dies 3,2 A bei 230 V (Dreieck) bzw. 1,9 A bei 400 V (Stern).

Parameter	Name	Wertebereich	Werk
P1.5	Motor Nennstrom	$0,1 \cdot I_e \dots 2 \cdot I_e$	$I_e$

$I_e$  = Bemessungsstrom des Gerätes

Alle Maßnahmen zum Schutz des angeschlossenen Motors sind in der Application Note AP040176DE „Start, Stopp und Betrieb“ beschrieben.

## 2.2 Motor-Nenndrehzahl

Die Eingabe der Motor-Nenndrehzahl wird aus drei Gründen benötigt:

- zur richtigen Anzeige der Drehzahl in allen Betriebsarten
- zur Berechnung der Schlupfkompensation bei Drehzahlregelung (P8.1 = 1)
- für das interne Motormodell bei Berechnungen im Vektorbetrieb (P8.1 = 5 „Drehzahlregelung (OL)“)

Es ist der Wert einzugeben, der auf dem Typenschild steht.

Parameter	Name	Wertebereich	Werk
P1.6	Motor Nenndrehzahl	300 ... 20000 rpm	1750 rpm

## 2.3 Motor CosPhi

Im Vektormodus (P8.1 = 5 „Drehzahlregelung (OL)“) ist der auf dem Typenschild des Motor ersichtliche Leistungsfaktor ( $\cos \varphi$ ) einzugeben.

Parameter	Name	Wertebereich	Werk
P1.7	Motor CosPhi	0.3 ... 1	0.85

## 2.4 Motor-Nennspannung

Motor-Nennspannung (Typenschild-Angabe) unter Berücksichtigung der Schaltungsart (Stern / Dreieck).

In Ausnahmefällen ist eine abweichende Einstellung von P1.8 erforderlich. Siehe hierzu den Abschnitt 4.2 „87 Hz-Kennlinie“

Parameter	Name	Wertebereich	Werk
P1.8	Motor Nennspannung	180 ... 690 V	$U_e$

$U_e$  = Bemessungsspannung des Gerätes, z.B. 230 V oder 400 V, je nach Gerätetyp

## 2.5 Motor-Nennfrequenz

Werkseitig ist dieser Parameter auf den Wert der Netzfrequenz (50 Hz in Europa, 60 Hz in USA) eingestellt und braucht somit auch in den meisten Fällen nicht verändert zu werden.

Werden Motoren angeschlossen, deren Frequenz von der Netzfrequenz abweicht (z.B. 200 Hz für schnell laufende Motoren), oder wird die 87 Hz-Kennlinie (siehe Abschnitt 4.2) benutzt, ist der Einstellwert entsprechend anzupassen.

Wenn der Wert von P1.9 geändert wird, wird gleichzeitig P8.5 „f-Umax“ auf den gleichen Wert gesetzt. Eventuell abweichende Werte in P8.5 sind NACH der Eingabe der Motor-Nennfrequenz einzugeben.

Parameter	Name	Wertebereich	Werk
P1.9	Motor Nennfrequenz	0.00 ... 400.00 Hz	50 Hz

## 2.6 Motor-Identifikation

Diese Funktion MUSS für den Vektorbetrieb (P8.1 = 5 oder 6) ausgeführt werden, damit die für ein optimales Verhalten des Motors erforderlichen Parameter automatisch ermittelt werden können.

**ACHTUNG:** Die Daten eines Motors (z.B. der Widerstand) ändern sich mit der Temperatur. Die Motoridentifikation ist daher bei warmem Motor durchzuführen.

Die Art der Motoridentifikation wird durch die Vorwahl mit Parameter P8.14 „Motor-Identifikation“ bestimmt. Folgende Motordaten werden hierbei ermittelt:

- Motor Stator-Widerstand R1 (P8.50)
- Motor Rotor-Widerstand R2 (P8.51)
- Motor Streuinduktivität X1 (P8.52)
- Motor Gegeninduktivität Xh (P8.53)
- Magnetisierungsstrom im Leerlauf (P8.54)

P8.14 = 0: keine Aktion

Es findet keine Identifikation der Motordaten statt. Dies ist die Einstellung bei normalem Betrieb des Antriebs.

P8.14 = 1: Identifizierung: nur Statorwiderstand

Bei der Identifikation wird nur der Statorwiderstand ermittelt. Die anderen Werte bleiben unverändert.

P8.14 = 2: Identifizierung: mit RUN

Es werden die Werte für die Parameter P8.50 bis P8.54 ermittelt. Die Messung findet bei laufendem Motor statt. Dieser muss dabei unbelastet sein (Last abgekoppelt, kein Getriebe ....).

P8.14 = 3: Identifizierung: kein RUN

Es werden die Werte für die Parameter P8.50 bis P8.54 ermittelt. Die Messung findet bei stehendem Motor statt.

**Ablauf der Motor-Identifikation:**

- Vor Beginn müssen die Motordaten (Parameter P1.5 bis P1.9) eingegeben sein.
- Mit P8.1 den Steuerungsmodus „Drehzahlregelung (OL)“ vorwählen.
- Mit P8.14 „Motor-Identifikation“ vorwählen, welche Art der Identifikation durchgeführt werden soll (P8.14 = 1...3).
- Bitte entfernen Sie für die Dauer der Identifikation eine eventuell bestehende Verbindung zu einem PC.
- Startbefehl vorgeben.
- Die Motoridentifikation wird automatisch durchgeführt und ist nun für bis zu 30 s aktiv oder bis das Start-Signal wieder weggenommen wird.
- Auf der Bedieneinheit wird „Motor-Identifikation,, angezeigt.
- Die Motordaten werden ermittelt und den entsprechenden Parametern zugewiesen.
- Sollte eine Identifikation der Motordaten nicht möglich sein, erfolgt die Fehlermeldung „Motor Ident. Fehler“ (#57). Grund hierfür kann zum Beispiel sein, dass die Leistung des angeschlossenen Motors zu sehr von der dem Frequenzumrichter zugeordneten Motorleistung abweicht. Die Motordaten können auch manuell, zum Beispiel auf Basis von Informationen des Motorherstellers, eingegeben werden.
- Nach einer erfolgten Motor-Identifikation ist ein erneutes START-Signal erforderlich, um den Motor zu starten. Der Antrieb läuft nicht von selbst an, selbst dann nicht, wenn das START-Signal noch an der Klemme anliegt.
- Der Parameter P8.14 „Motor-Identifikation“ wird nach Abschluss der Identifikation automatisch wieder auf „0: Keine Aktion“ zurückgestellt.

Parameter	Name	Wertebereich	Werk
P8.14	Motor-Identifikation	0: Keine Aktion 1: Identifizierung: nur Statorwiderstand 2: Identifizierung: mit RUN 3: Identifizierung: kein RUN	0: keine Aktion
P8.50	Motor Stator-Widerstand R1	0.001 ... 65535 $\Omega$	0.033 $\Omega$
P8.51	Motor Rotor-Widerstand R2	0.001 ... 65535 $\Omega$	0.034 $\Omega$
P8.52	Motor Streuinduktivität X1	0.01 ... 655.35 mH	0.12 mH
P8.53	Motor Gegeninduktivität Xh	0.1 ... 6553.5 mH	3.4 mH
P8.54	Magnetisierungsstrom @M=0	0.1 ... 7.4 A	0.1 A

### 3 Steuerungsmodus

Parameter P8.1 „Steuerungsmodus“ bestimmt das Steuerverfahren (z.B. U/f oder Vektorregelung). Die in dieser Application Note gemachten Angaben beziehen sich auf die Einstellungen P8.1 = 0, 1 und 5.

Im Auslieferungszustand ist das Gerät für U/f-Regelung (P8.1 = 0) eingestellt. Diese Vorwahl ist für einfache Applikationen gedacht. Bei der Drehzahlregelung (P8.1 = 1 oder 5) wird eine höhere Genauigkeit und ein besseres Drehmomentverhalten erzielt. Hierzu ist die Eingabe der Motordaten und im Falle von „Drehzahlregelung (OL)“ (P8.1 = 5) zusätzlich ein Identifizierungslauf (P8.14, siehe 2.6) erforderlich.

Parameter	Name	Wertebereich	Werk
P8.1	Steuerungsmodus	0: U/f Regelung 1: Drehzahlregelung 5: Drehzahlregelung (OL) 6: Drehmomentregelung (OL)	0

#### 3.1 U/f Regelung

P8.1 = 0

Die Ausgangsfrequenz des Frequenzumrichters ist proportional dem Sollwert, der zum Beispiel über einen Analogeingang vorgegeben wird. Das Verhältnis von Ausgangsspannung und Frequenz wird dabei konstant gehalten. Dies führt dazu, dass die Drehzahl des angeschlossenen Motors sich belastungsabhängig ändert, wie bei einem unregelmäßigen Motor am Netz.

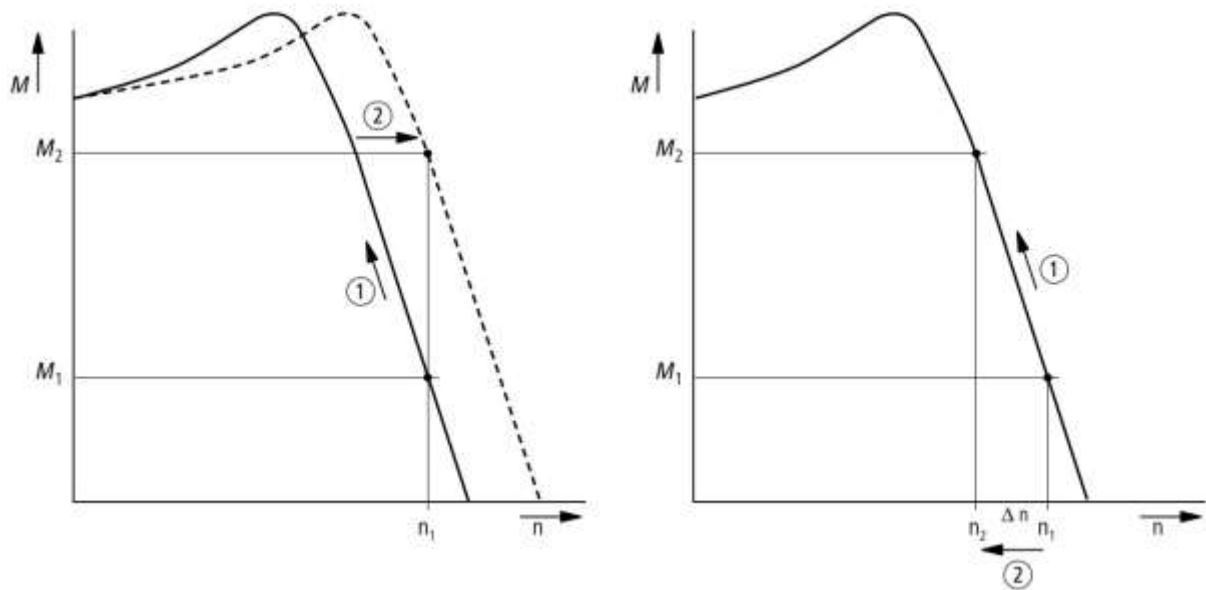
Dieser Steuerungsmodus ist besonders dann sinnvoll, wenn mehrere Motoren parallel am Ausgang eines Frequenzumrichters betrieben werden bzw. bei einfachen Anwendungen, in denen keine erhöhten Anforderungen an die Drehzahlkonstanz bei Laständerungen gestellt werden.

#### 3.2 Drehzahlregelung

P8.1 = 1

Die Drehzahlregelung arbeitet prinzipiell so, wie die unter 3.1 beschriebene U/f-Regelung. Bei der Drehzahlregelung wird darüber hinaus die Schlupfkompensation aktiviert, die dafür sorgt, dass die Motordrehzahl auch bei Belastungsänderungen fast konstant bleibt. Hierzu ist die Eingabe der Motordaten (P1.5 bis P1.9) erforderlich!

Als Schlupf bezeichnet man die Differenz zwischen der synchronen Drehzahl aufgrund des Drehfeldes und der tatsächlichen Drehzahl des Motors. Das Typenschild im Kapitel 2 zeigt eine Nenn Drehzahl von 1410 U/min. Es gehört zu einer 4-poligen Maschine, deren synchrone Drehzahl 1500 U/min beträgt. Zwischen Leerlauf und Nennlast gibt es also einen Schlupf von 90 U/min. Bei Betrieb an einem Frequenzumrichter möchte man diese lastabhängige Änderung der Drehzahl vermeiden und den Schlupf kompensieren.



mit Schlupfkompensation

ohne Schlupfkompensation

Mit Schlupfkompensation: bei Lasterhöhung ① werden Spannung und Frequenz entsprechend erhöht ②. Die Drehzahl  $n_1$  bleibt konstant. Bei Entlastung werden Spannung und Frequenz reduziert.

Ohne Schlupfkompensation: bei Belastung ① sinkt die Drehzahl von  $n_1$  auf  $n_2$  ②, bei Entlastung steigt sie wieder

### 3.3 Drehzahlregelung (OL)

P8.1 = 5

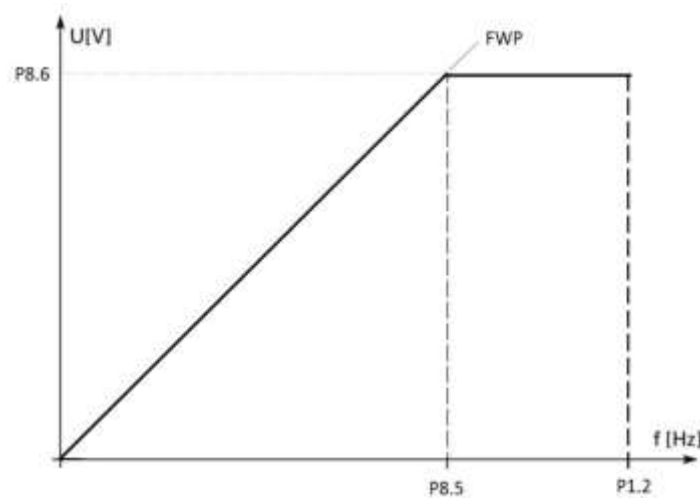
Die Abkürzung "OL" steht für "Open Loop" und besagt, dass es bei dieser Regelung keine Rückführung der Motordrehzahl zum Frequenzumrichter, zum Beispiel mit einem Impulsgeber, gibt. Die im Regelalgorithmus verwendete Drehzahl ist das Ergebnis einer Berechnung des Motormodells. Damit dieses optimal arbeiten kann, ist die Eingabe der korrekten Motordaten (Parameter P1.5 bis P1.9) und das Durchführen eines Identifikationslaufs (siehe Kapitel 2.6) erforderlich. Es wird eine höhere Genauigkeit und ein besseres Drehmomentverhalten als bei der Drehzahlregelung im Kapitel 3.2 erzielt.

Hinweis: Sind mehrere Motoren am Ausgang des Frequenzumrichters parallel geschaltet, darf dieser Steuerungsmodus nicht verwendet werden!

## 4 U/f-Kennlinie

Die U/f-Kennlinie bestimmt die Magnetisierung des Motors und damit maßgeblich das Drehmomentverhalten. Zusätzlich kann man hierüber auch die Energieeffizienz des Gesamtsystems beeinflussen.

Wie bereits im Abschnitt 3 „Steuerungsmodus“ beschrieben, gibt es unterschiedliche Regelverfahren. Allen gemeinsam ist, dass man den Beginn des Feldschwächbereichs (FWP = Field Weakening Point) und die maximal mögliche Frequenz definiert. Im Falle einer Drehzahlregelung mit Open Loop Vector (P8.1 = 5) errechnet der Umrichter sich die erforderlichen Einstellungen aufgrund der oben angesprochenen Informationen und der ermittelten Motordaten. Im Falle einer U/f-Regelung (P8.1 = 0) oder einer Drehzahlregelung mit Schlupfkompensation (P8.1 = 1), besteht die Möglichkeit, den Verlauf der U/f-Kennlinie zu modifizieren, um das Drehmomentverhalten zu verbessern, siehe Abschnitt 4.1).



- P1.2 „f-max“  
maximale Frequenz, mit der der Antrieb betrieben werden soll. Diese Frequenz kann auch oberhalb der Motor-Nennfrequenz (P1.9) liegen.
- P8.5 „f-Umax“  
Dieser Wert definiert die Frequenz, bei der die maximale Ausgangsspannung, eingestellt mit P8.6, erreicht werden soll.
- P8.6 „U-max“  
Maximale Ausgangsspannung der Frequenzumrichter in Prozent der Motor-Nennspannung (P1.8). Sie wird bei der mit P8.5 „f-Umax“ definierten Frequenz erreicht.

Hinweis: Bei einer Änderung des Parameters P1.9 „Motor-Nennfrequenz“ wird P8.5 „f-Umax“ automatisch auf dessen Wert gesetzt. In Anwendungen, in denen die Frequenz am FWP von der Motor-Nennfrequenz abweicht, ist zunächst P1.9 einzustellen und danach erst P8.5. Das gleiche gilt auch für die Spannung. Hier ist P1.8 „Motor-Nennspannung“ vor P8.6 „U-max“ einzustellen.

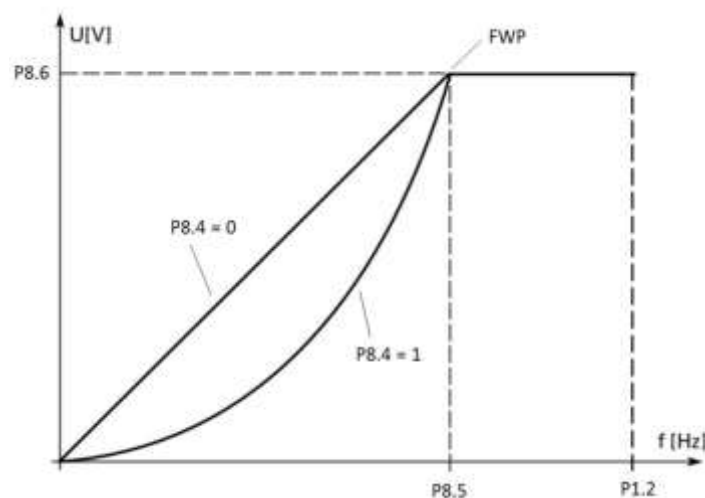
Parameter	Name	Wertebereich	Werk
P1.2	f-max	P1.1 ... 400 Hz	50.0 Hz
P8.5	f-Umax	8.0 Hz ... P1.2	P1.9
P8.6	U-max	10 ... 200 % · P1.8	P1.8

#### 4.1 Optimierung der Kennlinie bei U/f Regelung und Drehzahlregelung

Die im Abschnitt 4 dargestellte U/f-Kennlinie ist idealisiert (P8.4 = 0 „Linear“) und reicht für viele Anwendungsfälle aus. Es gibt jedoch zwei Anwendungsfälle, in denen der Verlauf der U/f-Kennlinie der Applikation angepasst werden sollte:

- wenn ein erhöhtes Startmoment erforderlich ist bzw. wenn der Antrieb stationär bei geringen Drehzahlen betrieben werden soll.
- wenn es sich bei der Anwendung um Strömungsmaschinen (Pumpen, Lüfter) handelt und die Verluste im Motor durch Feldschwächung bei Teillastbetrieb reduziert werden sollen.

Die unterschiedlichen Kennlinienverläufe, sind mit P8.4 „U/f-Kennlinie“ einstellbar.



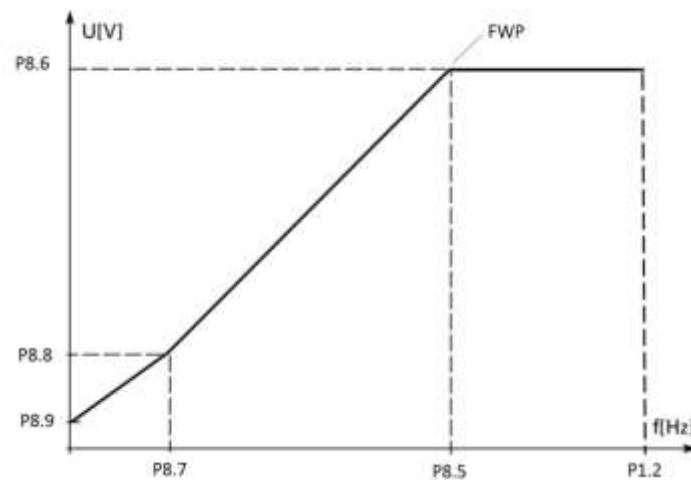
- P8.4 = 0 „Linear“  
Spannung und Frequenz ändern sich linear von Null bis zum Einsetzen der Feldschwächung (FWP)
- P8.4 = 1 „Quadratisch“  
Spannung und Frequenz ändern sich quadratisch von Null bis zum Einsetzen der Feldschwächung (FWP), siehe auch Abschnitt 4.1.2
- P8.4 = 2 „Programmierbar“  
Der Verlauf der Kennlinie ist konfigurierbar, siehe auch Abschnitt 4.1.1
- P8.4 = 3 „Linear + Flussoptimierung“  
Der Verlauf der U/f-Kennlinie wird automatisch den jeweiligen Lastverhältnissen angepasst, siehe auch Abschnitt 4.1.2

Parameter	Name	Wertebereich	Werk
P8.4	U/f-Kennlinie	0: Linear 1: Quadratisch 2: Programmierbar 3: Linear + Flussoptimierung	0: Linear

#### 4.1.1 Verbesserung des Drehmomentverhaltens

Bei einem Betrieb im unteren Drehzahlbereich macht sich der interne Spannungsabfall im Motor besonders stark bemerkbar, was zu einer reduzierten Drehzahl, unrundem Lauf und im Extremfall zum Stillstand des Motors bei gleichzeitigem Stromfluss führen kann. Man kann diesem Effekt entgegenwirken, indem man die Spannung im unteren Drehzahlbereich entsprechend anhebt. P8.3 „U/f-Optimierung“ bestimmt, auf welche Art und Weise dies geschieht:

- P8.3 = 1 „Aktiviert“  
 Eine Spannungsanhebung erfolgt automatisch. Der Wert der Anhebung ist abhängig von der Motorgröße und basiert auf Erfahrungswerten. Einstellung:
  - Motorparameter in der Parametergruppe 1 eingeben.
  - P8.3 = 1: Aktiviert
- P8.3 = 0 „Deaktiviert“  
 Der Verlauf der Kennlinie kann manuell konfiguriert werden. Hierzu ist P8.4 „U/f-Kennlinie“ auf „2: Programmierbar“ einzustellen.



- P8.7 „f-Umax“
- P8.8 „U-MidU/f“
- P8.9 „U-Boost“

Die U/f-Kennlinie wird in zwei lineare Abschnitte eingeteilt. Sie beginnt bei Frequenz Null mit der durch P8.9 „U-Boost“ definierten Spannung, verläuft von dort zu einem Punkt, der durch die Parameter P8.7 „U-MidU/f“ für die Frequenz und P8.8 „U-MidU/f“ für die Spannung definiert wird und weiter zum Punkt, bei dem die Feldschwächung beginnt (FWP). Durch diese Maßnahme ist es möglich, die Spannung im unteren Bereich überproportional anzuheben, um die Spannungsabfälle im Motor zu kompensieren und das Drehmomentverhalten zu verbessern.

Diese Maßnahme wird unter anderem dann benutzt, wenn ein Antrieb stationär im unteren Drehzahlbereich betrieben werden soll. Zu beachten ist hier, dass die Kühlung des Motors beim Standard-Asynchronmotor durch ein Lüfterrad auf der Welle erfolgt, das bei kleinen Drehzahlen auch eine entsprechend reduzierte Kühlwirkung hat. Handelt es sich um eine Anwendung, die auch im unteren Bereich einen gewissen Drehmomentbedarf hat, ist sicherzustellen, dass der Motor nicht zu warm wird. Eventuell ist ein Fremdlüfter auf dem Motor vorzusehen.

Bei der Einstellung der Parameter ist der Antrieb zunächst unbelastet und mit linearer U/f-Kennlinie zu betreiben. Es wird vorausgesetzt, dass die Motordaten bereits eingegeben und allgemeinen Einstellungen für die U/f-Kennlinie (siehe Abschnitt 4) erfolgt sind.

- P8.4 „U/f-Kennlinie“ = 0: Linear
- Antrieb im Leerlauf mit etwa 2/3 der Nenndrehzahl betreiben
- Motorstrom auf der Bedieneinheit oder in der Konfigurationssoftware inControl ablesen (M4). Der in diesem Zustand fließende Strom entspricht aufgrund des unbelasteten Motors in etwa dem Magnetisierungsstrom.
- Antrieb ausschalten.
- Tragen Sie den zuvor gemessenen Strom als Wert des Parameters P8.54 „Magnetisierungsstrom @M=0“ ein. Er wird für interne Berechnungen benötigt.
- P8.4 „U/f-Kennlinie“ = 2: Programmierbar
- Für die folgende Einstellung ist P1.1 „f-min“ auf 0 Hz einzustellen und zwar auch dann, wenn der Antrieb während des Betriebs einen höheren Wert für die minimale Frequenz haben sollte. Nach erfolgter Einstellung der Kennlinie ist P1.1 wieder auf den gewünschten Wert einzustellen.
- Frequenzsollwert = 0 und Antrieb einschalten
- Wert von P8.9 „U-Boost“ erhöhen, bis der zuvor gemessene Strom fließt.
- Antrieb ausschalten.
- P8.7 und P8.8 auf die gewünschten Werte einstellen. Diese Werte sind applikationsabhängig. Es ist ebenfalls möglich zusätzlich zu den hier vorgenommenen Einstellungen den Steuerungsmodus auf P8.1 = Drehzahlregelung (1) einzustellen und/oder mit P8.3 die U/f-Optimierung einzuschalten. Im Allgemeinen erreicht man gute Ergebnisse, wenn man P8.7 und P8.8 wie folgt einstellt:
  - $P8.8 = 1,4 \cdot P8.9$
  - $P8.7 = P8,5 \cdot (P8.8 : P8.6)$

Parameter	Name	Wertebereich	Werk
P8.3	U/F-Optimierung	0: Deaktiviert 1: Aktiviert	0: Deaktiviert
P8.7	f-MidU/f	0 Hz ... P8.5	0 Hz
P8.8	U-MidU/f	P8.9 ... P8.6	
P8.9	U-Boost	0 % ... 40 % P8.6	0 %
P8.54	Magnetisierungsstrom @M=0	Anhängig von der Gerätegröße	

### 4.1.2 Steigerung der Energieeffizienz

Ziel ist es, die Verluste im Motor zu senken und damit die Effizienz des gesamten Systems zu erhöhen. Durch Reduzierung der Spannung wird das Feld des Motors geschwächt, der Blindstrom geht zurück und der Wirkstrom steigt, jedoch weniger stark als der Blindstrom zurückgeht. Daraus resultiert eine Reduzierung des Motorstromes. Dieses Prinzip ist nur dann anwendbar, wenn die Applikation nicht das volle Drehmoment im gesamten Drehzahlbereich erfordert.

Die Gerätereihe DG1 bietet hierzu zwei Möglichkeiten:

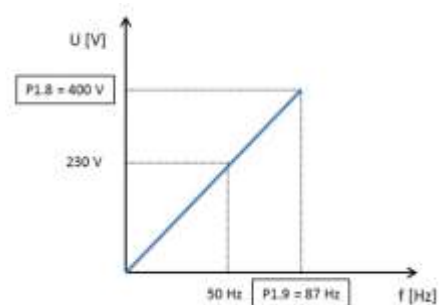
- P8.4 „U/f-Kennlinie“ = 1: Quadratisch  
Hierbei steigt die Spannung quadratisch mit der Frequenz an, bis sie am Punkt FWP ihren maximalen Wert erreicht, siehe auch Bild im Abschnitt 4.1.
- P8.4 „U/f-Kennlinie“ = 3: Linear + Fluss Optimierung  
Der Antrieb hat prinzipiell eine lineare U/f-Kennlinie. Arbeitet der Antrieb für eine bestimmte Zeit (Größenordnung 1 Minute) im Teillastbereich, erfolgt automatisch eine Spannungsabsenkung um einige Volt. Dieser Vorgang wiederholt sich, bis eine Einstellung erreicht ist, bei der der minimale Strom fließt. Dies führt zu geringeren Verlusten im Motor und reduzierten Geräuschen. Benötigt der Antrieb ein höheres Drehmoment, wird wieder auf die lineare Kennlinie zurückgeschaltet und der Prozess beginnt von Neuem. Diese Art der Energieoptimierung ist dann sinnvoll, wenn bei einer bestimmten Drehzahl unterschiedlicher Drehmomentbedarf auftreten kann. Das Prinzip eignet sich nur für Antriebe, bei denen keine kurzfristigen Drehzahländerungen auftreten, sondern über längere Zeit mit der gleichen Drehzahl gefahren wird.

### 4.2 87 Hz-Kennlinie

In den meisten Fällen werden Standard-Asynchronmotoren bis zu Ihrer Nenndrehzahl betrieben. Die maximale Ausgangsfrequenz des Frequenzumrichters ist dann 50 Hz. Man kann die Leistung des Motors um  $\sqrt{3}$  erhöhen, indem man bei konstantem Fluss die Frequenz von 50 Hz auf 87 Hz ( $50 \text{ Hz} \cdot \sqrt{3}$ ) erhöht.

Voraussetzungen am 400 V-Netz

- Der Motor ist gewickelt für 230 / 400 V (nicht 400 / 690 V)
- Die Wicklungen werden im Dreieck geschaltet.
- Der Frequenzumrichter hat eine Ausgangsspannung von 400 V und eine max. Frequenz von 87 Hz. Das ergibt bei 50 Hz eine Spannung von 230 V
- Der Frequenzumrichter wird für den Strom ausgelegt, den der Motor bei 230 V hat.



Parameter

- P1.8 = 400 V
- P1.9 = 87 Hz (bei einer Typenschildangabe auf dem Motor von 50 Hz)

**ACHTUNG:** Beim Betrieb eines 50 Hz-Motors mit 87 Hz können eventuell vorhandene Unwuchten im Läufer zu mechanischen Problemen führen. Daher wird empfohlen, vor einem solchen Betrieb mit dem Motorhersteller Rücksprache zu halten.

Beispiel für Auswahl:

## Motordaten

- 230 / 400 V
- 3,2 / 1,9 A
- 0,75 kW
- 1410 min<sup>-1</sup>
- 50 Hz

## Geräteauswahl

- Gerät bemessen für 400 V, aber für den Strom, den der Motor bei 230 V hat (hier: 3,2 A) → DG1-343D3FB-C21C.
- Die Leistung des Motors ist dann 0,75 kW · √3 = 1,3 kW (gleiches Drehmoment bei √3-facher Drehzahl).
- Die synchrone Drehzahl des Motors beträgt 1500 min<sup>-1</sup> · √3 = 2598 min<sup>-1</sup>
- Die zu erwartende Drehzahl bei Nennlast ist 2598 min<sup>-1</sup> – 90 min<sup>-1</sup> = 2508 min<sup>-1</sup>  
Bemerkung: 90 min<sup>-1</sup> entspricht der Schlupfdrehzahl (1500 min<sup>-1</sup> – 1410 min<sup>-1</sup>).