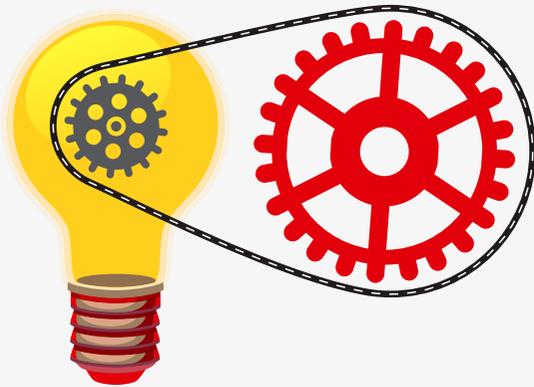


DC-Motoren als Generatoren

Sowohl bürstenbehaftete als auch bürstenlose DC-Motoren lassen sich als Generatoren betreiben. Allerdings gibt es bei der Auslegung des Antriebs einige wichtige Punkte zu beachten.



Hin und wieder werde ich gefragt, ob sich die DC-Motoren von maxon auch als Generatoren eignen. Die kurze Antwort lautet: Ja. Unsere Motoren haben einen hohen Wirkungsgrad – auch im Generatorbetrieb. Die grundlegenden Zusammenhänge zwischen Drehzahl und Spannung sowie zwischen Strom und Drehmoment sind darüber hinaus sehr einfach. Im Folgenden einige Regeln für eine erfolgreiche Auswahl des richtigen Antriebs für den Generatorbetrieb.

Gleich- oder Wechselspannung?

Regel #1

Um eine Gleichspannung zu erzeugen, wähle einen bürstenbehafteten DC-Motor oder verwende einen bürstenlosen DC-Motor (EC) mit Spannungsgleichrichter. Um eine Wechselspannung zu erzeugen, wähle einen bürstenlosen DC-Motor und kontaktiere nur zwei Phasen. Hallsensoren werden nicht benötigt.

Drehzahlkonstante k_n

Generatoren werden häufig bei Drehzahlen von 1000 UpM oder darunter betrieben. Für unsere kleinen DC-Motoren ist dies eine sehr tiefe Drehzahl. Um 10 V oder mehr bei 1000 UpM zu generieren, benötigt man eine Drehzahlkonstante von 100 UpM/V oder weniger. Die entsprechenden Wicklungen sind im maxon motor Portfolio nicht einfach zu finden. Nur ein paar hochohmige Wicklungen bei grösseren Motoren erfüllen diese Bedingung. Kleinere Motoren haben dagegen höhere Drehzahlkonstanten.

Tabelle 1 zeigt eine Auswahl von Motoren mit tiefer Drehzahlkonstante (oder hoher Generatorkonstante = erzeugter Spannung pro Drehzahl). Meist hat nur die Motorwicklung mit dem höchsten Widerstand eine Drehzahlkonstante von unter 100 UpM/V.

Regel #2

Ohne Berücksichtigung der Last sollte die Motorwicklung eine Drehzahlkonstante von $k_n < \frac{U}{U}$ oder kleiner haben.

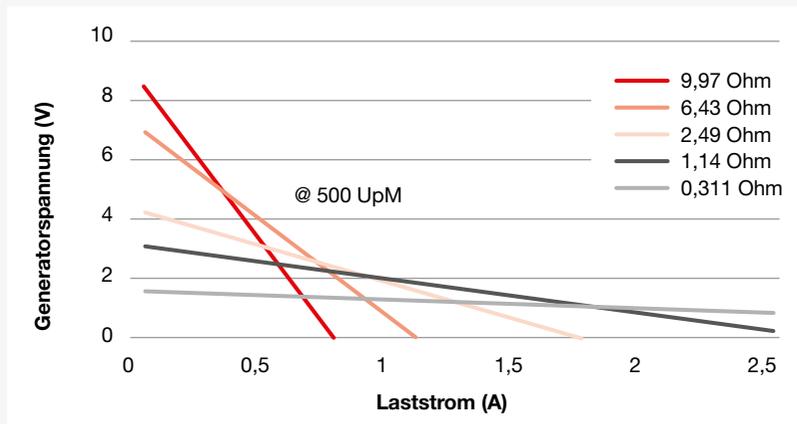
Als Alternative kann die Motordrehzahl auch durch ein Getriebe erhöht werden (siehe nächste Seite).

Widerstand

Regel #2 verlangt nach Motoren mit hoher Generatorkonstante. Leider haben diese Wicklungen ebenfalls hohe Widerstände. Ein hoher Widerstand reduziert die Ausgangsspannung unter Last, und die Ausgangsspannung reagiert empfindlich auf den Laststrom.

Motortyp	Drehzahlkonstante k_n	Spannung pro 1000 UpM	Anschlusswiderstand	Bemerkung
DCX 32 L	97,9 UpM/V	10,2 V	4,1 Ω	Wicklung mit tiefstem k_n
DCX 26 L EB	111 UpM/V	9,0 V	11,6 Ω	Wicklung mit tiefstem k_n
RE 50 GB	39,5 UpM/V	25,3 V	3,9 Ω	Wicklung mit tiefstem k_n
RE 40 GB	56,2 UpM/V	17,8 V	10,2 Ω	tieferes k_n möglich
RE 25 GB	97,8 UpM/V	10,2 V	36,8 Ω	Wicklung mit tiefstem k_n
EC-max 40	76,1 UpM/V	13,1 V	7,2 Ω	Wicklung mit tiefstem k_n
EC-i 40 HT 70 W	104 UpM/V	9,6 V	2,0 Ω	Wicklung mit tiefstem k_n
EC-i 40 HT 100 W	104 UpM/V	9,5 V	0,9 Ω	Wicklung mit tiefstem k_n
EC-flat 45 50 W	95 UpM/V	10,5 V	7,5 Ω	Wicklung mit tiefstem k_n
EC-flat 45 70 W	72,7 UpM/V	13,7 V	6,9 Ω	Wicklung mit tiefstem k_n
EC-flat 60 100 W	83,4 UpM/V	12,0 V	1,1 Ω	Wicklung mit tiefstem k_n

Auswahl von Motoren mit tiefer Drehzahlkonstante.



Die Spannung-Strom-Kennlinien verschiedener Wicklungen des DC-Motors RE 40 mit Edelmetallbürsten bei 500 UpM. Man beachte die unterschiedliche Steigung jeder Wicklung.

Regel #3

Um eine stabile Spannung über einen grossen Lastbereich zu erhalten, wähle eher einen grossen DC-Motor, wo der Widerstand relativ tief ist – auch bei grosser Generatorkonstante.

Die bürstenlosen EC-i 40 High Torque Motoren von maxon sind in dieser Hinsicht sehr interessant.

Leistungseinschränkungen

Den Motor-Generator sollte man nicht nur aufgrund der Leistung wählen. Um die Dreh-

momentanforderungen zu erfüllen, muss oft ein Motor mit viel höherer Typenleistung verwendet werden als verlangt. Insbesondere, wenn die Drehzahl verglichen mit typischen Motordrehzahlen eher tief ist.

Grenzen bezüglich Drehmoment und Drehzahl

Das Drehmoment des Antriebs bestimmt die Grösse und den Typ des Motor-Generators. Der Motor benötigt ein Dauerdrehmoment, das höher ist als das Drehmoment des Generators. Beim Bestimmen des Drehmoments oder des Laststroms ist die Betriebsart zu berücksichtigen. Läuft der Generator dauernd während langer Zeit, in intermittierenden Betriebszyklen oder nur während kurzer Intervalle? Entsprechend benötigt man einen DC-Motor mit genügend Dauerdrehmoment oder Dauerstrom. Auch die Grenzdrehzahl des Motors muss respektiert werden. Allerdings ist dies aufgrund der eher tiefen Drehzahlen meist keine Herausforderung.

Grenzen bezüglich Strom und Spannung

Die passende Wicklung eines gegebenen Motortyps ergibt sich aus den Anforderungen für Strom und erzeugter Spannung. Die Wicklung muss die geforderte Spannung U auch unter Last erzeugen können. Unter der Annahme einer festen Generatordrehzahl n muss die erzeugte Spannung U_t der Wicklung grösser sein als U

$$U_t = \frac{n}{k_n} - R_{mot} \cdot I_L > U$$

Ohne Berücksichtigung des Laststroms wählt man die Drehzahlkonstante gemäss Regel #2: Die Wicklung braucht also einen genügend hohen Widerstand. Da die erlaubten Ströme mit zunehmendem Widerstand abnehmen,

sollte man prüfen, ob der Dauerstrom nach wie vor ausreicht.

Das Diagramm zeigt sehr schön die gegenläufigen Effekte von verschiedenen Wicklungen.

- Je höher der Wicklungswiderstand, desto höher die erzeugte (Leerlauf-)Spannung.
- Aber: Je höher der Wicklungswiderstand ist, umso empfindlicher reagiert die Ausgangsspannung auf Stromänderungen.

Diese gegenläufigen Effekte können bis zu einem gewissen Grad vermieden werden, indem man grössere Motoren auswählt, welche kleinere Widerstände für dieselbe Generatorkonstante aufweisen (gemäss Regel #3).

Getriebe-Motor-Kombinationen

Regel #4

Verwende Getriebe, um sehr tiefe Drehzahlen zu erhöhen. Allerdings sind die maxon motor Getriebe nur bedingt für Übersetzungen in höhere Geschwindigkeiten geeignet. Am besten eignen sich Getriebe, die rückdrehbar sind: Also Planetengetriebe mit einer oder zwei Stufen sowie Stirnradgetriebe (oder Spezialanfertigungen).

Gründe für die Verwendung von Getriebe-Motor-Kombinationen liegen in den oft sehr langsamen Antriebsmechanismen bei Generatoren; da sie zum Beispiel durch Wind, Wasser oder von Hand angetrieben werden. Einige beachtenswerte Aspekte und Empfehlungen dazu:

- Getriebe werden in diesen Fällen von der Abgangsseite her angetrieben. Allerdings sind die maxon Getriebe nicht speziell auf Rückdrehbarkeit ausgelegt, und der Wirkungsgrad ist eher bescheiden.
- Getriebe mit hoher Untersetzung (drei Stufen und höher) sind nicht rückdrehbar; sie drehen also nicht, wenn sie mit dem maximalen Dauerdrehmoment angetrieben werden. Besser geeignet sind ein- oder

zweistufige Planetengetriebe. Diese können meist von der Abgangsseite her angetrieben werden.

- Noch besser sind Stirnradgetriebe. Sie sind viel leichter rückdrehbar, und der Wirkungsgrad in diese Richtung ist höher.

Spezialfall: DC-Motor als DC-Tacho

Regel #5

Für DC-Tachos verwende DC-Motoren mit Edelmetallbürsten. Wähle die Wicklung gemäss der geforderten Tachospaltung und dem Drehzahlbereich deiner Anwendung. Der Wicklungswiderstand spielt hier keine Rolle, solange der Lastwiderstand einige $k\Omega$ gross und die Ströme entsprechend klein sind. █

drive.tech

Mehr Fachberichte und Blogbeiträge von unseren maxon Experten finden Sie auf www.drive.tech



Urs Kafader ist seit über 20 Jahren für die technische Ausbildung bei maxon motor verantwortlich. Er führt Schulungen zur Technik und zum Einsatz von maxon Produkten durch – für die Mitarbeitenden am maxon Hauptsitz in Sachseln, für das internationale Verkaufnetz, aber auch für Kunden. Der promovierte Physiker absolvierte zusätzlich ein MBA in Produktionswissenschaften. Seine berufliche Laufbahn begann er am Institut für Festkörperphysik der ETH Zürich.

