

# Wirkungsgradverlust durch schlanken Zwischenkreis?

## Frequenzumrichter mit schlankem Zwischenkreis

In jüngster Zeit wird die Diskussion über die Erhöhung des Wirkungsgrades von Elektromotoren insbesondere durch das CEMEP-Agreement verschärft. CEMEP (European Commission of Electric Machinery and Power Electrics Manufacturers) hat eine freiwillige Selbstverpflichtung der Motorenhersteller erwirkt, um den Wirkungsgrad der neu verkauften Elektromotoren von 1 bis 100 kW zu erhöhen. KARL-PETER SIMON



Frequenzumrichter FCD 300 montiert auf einen Bauer Kegelradtransporteurantrieb



Dipl.-Ing. Karl-Peter Simon ist Geschäftsführer der Danfoss GmbH Bereich Motion Control

Ziel der letzten Jahre war es, insbesondere Motoren mit dem Wirkungsgrad EFF3 vom Markt zu nehmen und durch EFF2 zu ersetzen. Dies ist gelungen. Teilweise werden auch schon Motoren mit der Wirkungsgradklasse EFF1 eingesetzt (Tabelle 1). Hier gibt es jedoch wirtschaftliche Grenzen, da die Wirkungsgradklasse EFF1 nur eingehalten werden kann, wenn die Drehstrom-Asynchronmotoren überdimensioniert werden, was insbesondere mehr Kupfer und damit Kosten bedeutet.

### Verringerung der Verluste

Durch eine weitere Reduktion der Stromwärmeverluste in der Statorwicklung kann der

Wirkungsgrad weiter verbessert werden. Die Verlustaufteilung der Drehstrom-Asynchronmotoren ist in Abbildung 1 dargestellt. Will man den Wirkungsgrad weiter wirtschaftlich erhöhen, sollte der gesamte Antriebsstrang genauer betrachtet werden, und zum Beispiel ein Schneckengetriebe statt eines Kegelradgetriebes mit hohem Wirkungsgrad eingesetzt werden. Zusätzlich setzt es sich immer mehr durch, dass der Drehstrommotor mit einem Frequenzumrichter betrieben wird, was insbesondere bei Lüfter- und Pumpenanwendungen zu erheblichen Energieeinsparungen beiträgt. Heute werden ca. 15 Prozent aller neu verkauften Drehstrom-Asynchronmotoren mit einem Frequenzumrichter betrieben. So schätzt z.B. das Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung den Energieverbrauch



Abb. 1: Verlustaufteilung der Drehstrom-Asynchronmotoren.

für Ventilatoren auf weit über 200 Mrd. kWh für Europa. Das Institut analysierte den europäischen Markt für Ventilatoren im Leistungsbereich von 750 W bis 750 kW. In den Berechnungen geht man davon aus, dass Energieeinsparungen zwischen 10 und 20 Prozent erreichbar sind, was die Energiekosten jährlich um 2,6 Mrd. Euro reduzieren würde. Zugleich wird die jährliche industrielle CO<sub>2</sub>-Emission jährlich um 19 Mio. Tonnen gesenkt. Durch den vermehrten Einsatz von Frequenzumrichtern wird dies möglich.

## Zwischenkreis beeinflusst Netzurückwirkungen

Es ist allgemein bekannt, dass durch den zunehmenden Einsatz von Frequenzumrichtern Netzurückwirkungen eine zunehmende Rolle spielen. Deshalb ist es heute üblich, dass z.B. die 5. Harmonische des Stromes auf einen Wert von ca. 40 Prozent begrenzt wird. Netzurückwirkungen bei Frequenzumrichtern entstehen vorwiegend durch den Zwischenkreiskondensator, hervorgerufen durch die Stromnachladung in der Spannungsspitze einer Halbwelle. Das übliche Verfahren, um diese Netzurückwirkungen zu reduzieren, ist der zusätzliche Einbau von Drosseln, entweder im Zwischenkreis (Abb. 2) oder am Eingang des Frequenzumrichters (Abb. 3).

Der Vorteil dieses Verfahrens liegt darin, dass eine sehr hohe Zwischenkreis-Gleichspannung mit einer sehr geringen Spannungswelligkeit erreicht wird. Durch die dämpfende Wirkung der Drosseln werden die Netzurückwirkungen reduziert und die Lebensdauer des Kondensators erhöht, aber auch die Spannungsfestigkeit des Frequenzumrichters bei Netztransienten wird verbessert. Nachteil dieses Verfahrens ist natürlich, dass die Drossel zusätzlich Geld kostet und auch Platz beansprucht.

## Schlanker Zwischenkreis als Kompromisslösung

Um diesen Nachteil zu kompensieren, wurden in den letzten Jahren vermehrt Frequenzumrichter mit einem sogenannten schlanken Zwischenkreis eingeführt. Bei diesem Verfahren wird die Kapazität des Kondensators im Zwischenkreis herabgesetzt (Abb. 4), was dazu führt, dass die Zwischenkreisspannung eine hohe Welligkeit aufweist (300 Hz) und der Mittelwert der Zwischenkreisspannung sinkt.

Damit sich die Welligkeit der Zwischenkreisspannung nicht auf die Qualität der Drehzahlregelung des Motors auswirkt, wird diese durch ein spezielles Verfahren mit der Pulsweitenmodulation kompensiert. Da jedoch die Zwischenkreisspannung im Vergleich zu dem bisher angewendeten Verfahren pulsiert, bedeutet dies, dass auch die

Anzeige

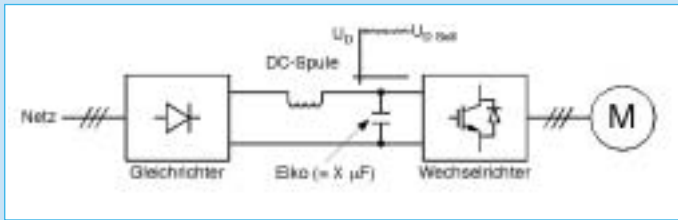


Abb. 2: Prinzip des Frequenzumrichters mit Zwischenkreisdrossel.

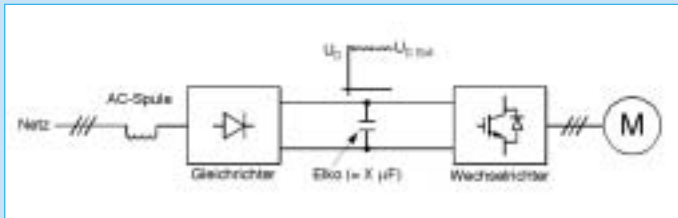


Abb. 3: Prinzip des Frequenzumrichters mit Netzdrossel.

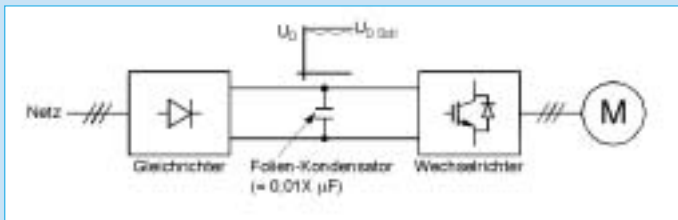


Abb. 4: Prinzip des Frequenzumrichters mit schlankem Zwischenkreis.

Ausgangsspannung für den Motor den Netzspannungsnennwert nicht erreicht. Dies hat zur Folge, dass der Drehstrom-Asynchronmotor im Nennbetrieb einen bis zu 10 Prozent höheren Strom als Motornennstrom aufnehmen kann, was zu einer höheren Motortemperatur führt. Damit wird mit diesem Verfahren nicht nur der Gesamtwirkungsgrad reduziert, sondern es muss auch in Abhängigkeit der Anwendung eine entsprechende Überdimensionierung des Motors vorgenommen werden. Eine zu niedrige Motorspannung wirkt sich ebenfalls nachteilig im Feldschwäcbereich aus, was dazu führt, dass das Drehmoment quadratisch zu der fehlenden Spannung zurückgeht und die Drehzahl belastungsabhängig stärker absinkt (Abb. 5). Ist

der Anwender auf eine konstante Drehzahl angewiesen, so muss in diesem Fall eine zusätzliche Drehzahlrückführung vorgesehen werden. Ein weiterer Drehmomentverlust durch die zu niedrige Spannung entsteht auch beim Start des Frequenzumrichters. Als Startmoment wird teilweise nur das Nennmoment erzielt und nicht wie bisher üblich, 150 bis 160 Prozent.

### Qualität ist langfristig kostengünstiger

Wegen der gravierenden Nachteile des Verfahrens mit schlankem Zwischenkreis hat Danfoss beschlossen, für alle Umrichterreihen –

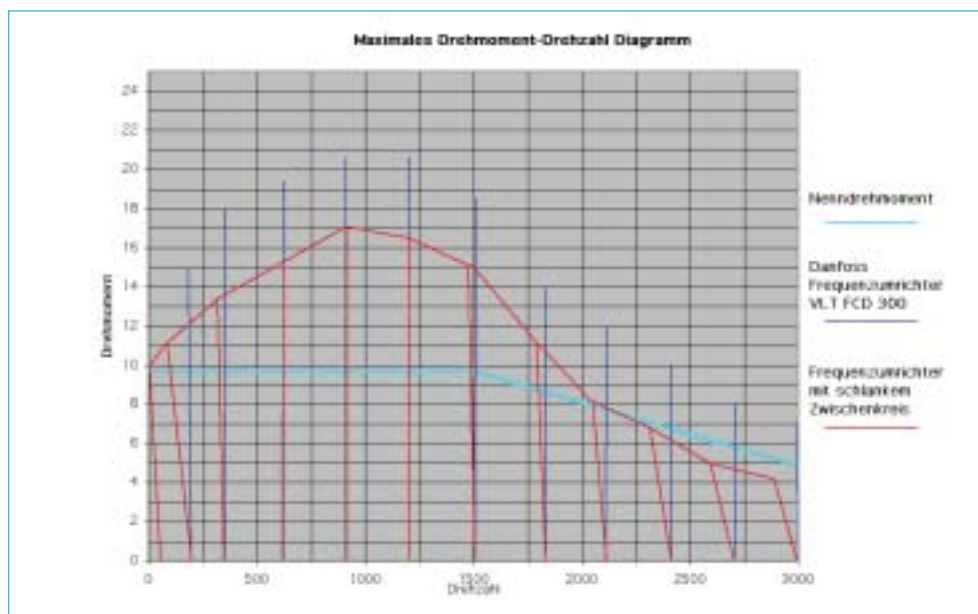


Abb. 5: Maximales Drehmoment über der Drehzahl mit Darstellung von Nenn Drehmoment und Vergleich der Kennlinien des Frequenzumrichters FCD 300 von Danfoss und eines Umrichters mit schlankem Zwischenkreis.

### Wirkungsgradklassen für 2-pol-Motoren

kW	eff2 - Motoren	eff1 - Motoren
	$\eta_N$	$\eta_N$
1,1	$\geq 76,2$	$\geq 82,8$
1,5	$\geq 78,5$	$\geq 84,1$
2,2	$\geq 81,0$	$\geq 85,6$
3	$\geq 82,6$	$\geq 86,7$
4	$\geq 84,2$	$\geq 87,6$
5,5	$\geq 85,7$	$\geq 88,6$
7,5	$\geq 87,0$	$\geq 89,5$
11	$\geq 88,4$	$\geq 90,5$
15	$\geq 89,4$	$\geq 91,3$
18,5	$\geq 90,0$	$\geq 91,8$
22	$\geq 90,5$	$\geq 92,2$
30	$\geq 91,4$	$\geq 92,9$
37	$\geq 92,0$	$\geq 93,3$
45	$\geq 92,5$	$\geq 93,7$
55	$\geq 93,0$	$\geq 94,0$
75	$\geq 93,6$	$\geq 94,6$
90	$\geq 93,9$	$\geq 95,0$

Tab. 1: Wirkungsgradklassen für 2-polige Motoren.

Wirkungsgradklasse eff3 gilt für Motoren mit niedrigerem Wirkungsgrad als eff2

ob zentral oder dezentral – auch zukünftig das Verfahren der Netzurückwirkungs-Reduktion mit Drosseln beizubehalten. In der Zwischenzeit setzen jedoch immer mehr Hersteller von Frequenzumrichtern das Verfahren mit dem schlanken Zwischenkreis ein. Es wurde anfangs vorwiegend für die dezentrale Antriebstechnik bei Getriebemotoren eingesetzt. Jetzt gibt es auch zentrale Umrichter, die speziell für Pumpen- und Lüfteranwendungen mit diesem Verfahren entwickelt wurden. Dies führt zur Verschlechterung des Systemwirkungsgrades. Wenn Anwender durch die Aktivität der CE-MEP zunehmend High Efficiency Motoren mindestens nach EFF2 einsetzen, sollte man erwarten, dass Frequenzumrichter ebenfalls wirkungsgradoptimiert gebaut werden. Danfoss verfolgt den Weg, dass der Nennwert der Frequenzumrichter-Ausgangsspannung vergleichbar sein muss mit Netzbetrieb. Damit können die Antriebe ohne Überdimensionierung projektiert werden, was zu niedrigeren Motor- und Schaltgerätekosten und Installationskosten führt und gleichzeitig einen sehr hohen System-Wirkungsgrad gewährleistet. Sonst läuft der Endkunde in die Falle, dass er günstigere Gerätepreise mit höheren laufenden Betriebskosten langfristig teurer bezahlen muss.

Beitrag als PDF im Internet:

[www.publish-industry.net](http://www.publish-industry.net)

more @ click AD43301

