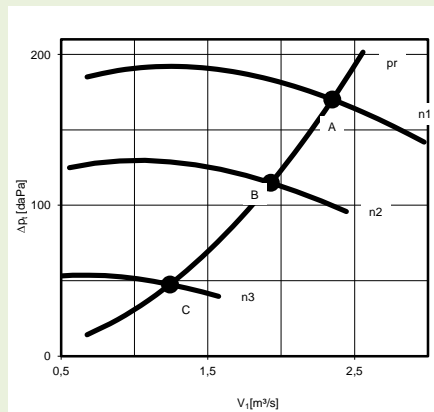


Die wirtschaftlichste Art der Regelung von Ventilatoren ist die Drehzahlanpassung über regelbare Antriebe. Hierbei kann der Ventilator immer im günstigen Drehzahlbereich betrieben werden. Die Anlagenparabel bleibt, im Gegensatz zu Drosselgeräten erhalten, während sich die Ventilator Kennlinie nach den Proportionalitätsgesetzen ändert.



Bei einer Änderung des Betriebspunktes von Schnittpunkt A auf C, ändert sich der Volumenstrom auf ca. 50%. Die Wellenleistung ändert sich nun um 87,5%. Eine Drehzahlregelung ist also optimal geeignet um die Ventilator Kennlinie an veränderte Anlagenbedingungen anzupassen.

Allerdings birgt der Betrieb mit Frequenzumrichtern auch einige Risiken. Durch die kontinuierliche Steigerung der Leistungsfähigkeit von Elektronikbauteilen hat das Angebot an leistungsstarken Frequenzumrichtern auf dem Markt deutlich zugenommen. Es ist wichtig zu wissen, dass Standard-Frequenzumrichter, ohne allpolig wirksamen Sinusfilter, eine blockförmige, bzw. puls-weiten-modulierte (PWM) Ausgangsspannung haben. Durch diese Art der Speisung besteht für Motorenlager und die Wicklung ein hohes Gefährdungspotential. Eine erhöhte Beanspruchung des Motoren-Wicklungssystems durch Spannungsspitzen und die Gefahr von Lagerströmen durch kapazitiv eingekoppelte Spannung, kann den vorzeitigen Ausfall der Motorenlager verursachen.

Bei der klassischen Art der Kombination eines Standard-Frequenzumrichters ohne Sinusfilter und einem Antriebsmotor, unter Berücksichtigung einer kurzen Motorzuleitungslänge (geschirmt), ist der Betrieb in der Regel unproblematisch. In diesem Fall findet normalerweise auch ein Motor Verwendung, der für diese Art der Ansteuerung konzipiert wurde und Sondermaßnahmen wie z. B. ein verstärktes Wicklungssystem beinhaltet. Frequenzumrichter sind i. d. R. für Schaltschrank einbau vorgesehen und die Hersteller gehen davon aus, dass bei Bedarf der Anwender im Schaltschrank einen externen Sinusfilter nachrüstet.

Ein externer Sinusfilter ist nicht allpolig und filtert lediglich die Spannungen zwischen den Phasen. Ein allpolig wirksamer Sinusfilter, filtert zusätzlich die Strangspannung zwischen einer Phase und dem Schutzleiter und sorgt für die Sinusförmigkeit der Ausgangsspannung und des Ausgangsstroms.

Die Leistungsfähigkeit von Elektronikbauteilen hat stark zugenommen. Insbesondere betrifft dieses, die in den Frequenzumrichtern verwendeten IGBT Module (Insulated Gate Bipolar Transistor). Diese dienen als elektronische Schalter, für die Generierung der PWM Spannung aus dem Zwischenkreis des Frequenzumrichters. Diese PWM Spannung liegt bei Frequenzumrichtern ohne Filter an den Motor-Abgangsklemmen an und trifft somit ungefiltert auf den Motor. Die steilen, rechteckigen Spannungsimpulse der PWM Spannung belasten mit Taktfrequenzen von 2...20 kHz die Motoren.

1. Durch die große Flankensteilheit der Gleichtaktspannung des PWM und der hohen Taktfrequenzen besteht die Gefahr, dass es zu einem Überschlag in den parasitären Motorkapazitäten (Läufer – Ständer) kommt. Bei entsprechend hoher Energie dieser impulsförmigen Überschläge treten Metallpartikel aus den Kugeln und dem Laufring der Motorenlagerung aus und gehen in das Schmiermittel über. Die Lagerströme verursachen eine so genannte Funkenerosion, welche zur Beschädigung der Laufringoberfläche des Motorenlagers führt.

Der frühzeitige Verschleiß des Lagers ist die Folge.

2. Die hochfrequenten Spannungsimpulse der PWM-Spannung breiten sich auf der Motorzuleitung ähnlich einer Welle aus. An den Motorklemmen werden Spannungsimpulse wie Wellen reflektiert. Es entstehen durch Addition der rücklaufenden Spannungswelle mit der hinlaufenden Welle Überspannungen. Messungen zeigen, solche Reflexionen treten hauptsächlich bei langen Motorleitungslängen auf. Durch diese Überspannung wird die Motorenwicklung sehr stark belastet.
3. Oberwellen des PWM-Signals führen in den Blechpaketen der Motoren zu Verlusten. Je nach Aufbau/Kühlung des Motors, können diese Verluste zu einer Überhitzung des Motors führen.
4. Durch die hohen Taktfrequenzen der IGBT Module entstehen bei Standard-Frequenzumrichtern oftmals Pfeifgeräusche, die als sehr störend empfunden werden.

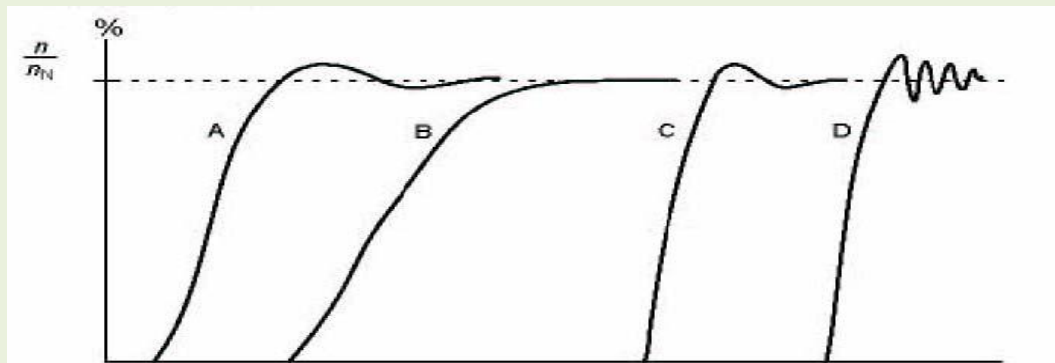
Weitere Probleme können bei der Inbetriebnahme durch ungeeignete Parametrisierung entstehen.

Grundsätzlich muss die Steuerung träge ausgelegt sein, Beschleunigungen und Lastwechsel (auch kleine Drehzahlanpassungen) müssen minimiert werden. Um Schäden an dem gesamten Aggregat

- Schwingungsbrüche am Laufrad,
- stark verschlissene Kupplungselemente,
- abgerissene Kupplungen,
- Lagerschäden,
- Resonanzschwingungen und vieles mehr

zu vermeiden, sollten die nachfolgenden Punkte, unter Beachtung der Bedienungsanleitung des Frequenzumrichters, bei der Parametrisierung beachtet werden.

1. Maximalfrequenz bzw. zulässige Maximaldrehzahl einstellen.
2. Eckfrequenz prüfen bzw. einstellen. Die Eckfrequenz ist die Frequenz, bei der die maximale Ausgangsspannung erreicht wird. Danach steigt die Spannung nicht mehr, der Motor arbeitet im Feldschwächebereich. Die Leistung bleibt bei steigender Drehzahl konstant.
3. Stromgrenze auf Motornennstrom bei Umrichterbetrieb einstellen, dabei bestimmt die Höhe des maximalen Stromes die Dynamik.
4. Parameter einstellen
 - Die Anlaufzeit des Ventilators können dem technischen Datenblatt entnommen werden.
 - Die Bremszeit ist so einzustellen, dass der Umrichter nicht wegen Überspannung (zu hohe Bremsleistung) abschaltet. Je nach Massenträgheitsmoment und Drehzahl des Laufrades und Dichte des Fördermediums kann die Bremszeit ein Vielfaches der Hochlaufzeit betragen.
 - Überprüfung der Einstellung des PID – Reglers zur Drehzahlregelung. Die Einstellung des PID – Reglers hat wesentlichen Anteil auf die Laufruhe des Ventilators. Nachfolgende Grafik zeigt das Verhalten bei veränderten PID- Anteilen



A: Unterkompensiert (I-Anteil zu kurz und Verstärkung zu niedrig)

B: Normal abgestimmt (für Ventilatoren besseres Regelverhalten als C)

C: Normal abgestimmt

D: Überkompensiert (I-Anteil zu kurz und Verstärkung zu hoch)

Nachstehende Hinweise auf die Parametrisierung sollten beachtet werden, wobei die genaue Zusammenstellung jedoch immer seitens des Frequenzumrichter Herstellers erfolgen sollte.

- *Ist die P-Verstärkung zu hoch, kann der Prozess instabil werden*
 - *Ist der I-Anteil (in s) zu kurz, so kann der Prozess aufgrund von Überschwingungen instabil werden*
 - *Ein gesetzter bzw. zu hoch gesetzter D-Anteil führt zu drehfrequenten Schwingungen*
5. Bei der Inbetriebnahme kann es hilfreich sein den Motorstrom mit einer Strommesszange und Oszilloskop sichtbar zu machen. Schwankung von +/-1 Hz bei unterschiedlichen Ventilatordrehzahlen unter Last beobachten. Treten Instabilitäten auf, Reglereinstellung nach Rücksprache mit dem Hersteller des Frequenzumrichters ändern.
 6. Die theoretische Voreinstellung der Anlauf- bzw. Bremszeiten unter Nennlast überprüfen und gegebenenfalls durch die tatsächlichen Anlauf- bzw. Bremszeiten in der Parameterliste ändern.
 7. Der Spitzenwert des Stromes darf nicht instabil sein (Schwebungen oder Modulationen).
 8. Nach Einstellung aller Parameter sollten Schwingungsmessungen über den gesamten Regelbereich durchgeführt und aufgezeichnet werden.
 - Den Ventilator in einem Betriebspunkt so unter Last betreiben, dass die Leistungsaufnahme des Motors in etwa dem Auslegungspunkt entspricht.
 - Am Umrichter eine entsprechend lange Rampe (ca. 300-360 s) einstellen und den Ventilator am Umrichter von max. auf min. geführt runterfahren. Hierbei möglichst alle Lager vertikal, horizontal und axial durch Schwingungsaufnahme und mitgeschriebener Kurve kontrollieren und dokumentieren.
 - Eventuell aufgetretene Resonanzstellen bestimmen. Den Ventilator am Umrichter unter Last einzeln in die Resonanz-Drehzahlen fahren. Und durch Beharren in der Resonanzdrehzahl den sich max. aufbauenden Schwingungswert kontrollieren. Liegt dieser über den zulässigen Werten gem. ISO 14694 / ISO 10816-3 muss durch Parameterverstellung am Frequenzumrichter das Schwingverhalten optimiert werden.
 - Ist es aus verfahrenstechnischer Sicht vertretbar, sollten am Umrichter Resonanzfrequenzen ausgeblendet werden. Schaffen diese Maßnahmen keine Abhilfe, müssen weitere Maßnahmen mit dem Ventilatorenhersteller abgestimmt werden.
- *Keinesfalls ist es zulässig den Ventilator mit erhöhten Schwingungen zu betreiben.*