
ABB ANTRIEBSTECHNIK

Effiziente Regelung von Kühlsystemen

Frequenzumrichter senken Betriebskosten
und CO₂-Emissionen



—
Die Kühlung kann bei Unternehmen in der Lebensmittelverarbeitung bis zu 70 Prozent der Stromkosten ausmachen.

Energieeffiziente Lösungen mit intelligenter Antriebstechnik tragen zu einer Reduzierung des Stromverbrauchs bei und gewährleisten die Lebensmittelsicherheit.

Inhalt

04	Das Energieeinsparpotenzial von Kühlsystemen
05	Industrie-Kühlsysteme
06–07	Kompressoren
09	Pumpen
09	Verdampfer
10	Kondensatoren
11	Weitere Vorteile der Drehzahlregelung
13	Energieeinsparung durch Frequenzumrichter
14	ABB Motion-Lösungen – hocheffizient, zuverlässig und kostengünstig
15	Das Oberschwingungsproblem lösen
16–17	Lifecycle-Service

Das Energieeinsparpotenzial bei Kühlsystemen

30 Prozent des weltweiten Stromverbrauchs entfallen auf den Antrieb von Elektromotoren, von denen die meisten in der Industrie eingesetzt werden. Die Nahrungs- und Genussmittelindustrie ist einer der größten Energieverbraucher, und die meiste Energie wird hier für die Kälteerzeugung benötigt.

Kühlsysteme können bis zu 70 Prozent des gesamten in einer Anlage zur Herstellung von Nahrungs- und Genussmitteln benötigten Stroms verbrauchen. Trotzdem bieten solche Systeme selbst heute noch wenig beachtete Möglichkeiten zur Energieeinsparung. Durch Nutzung dieses Energieeinsparpotenzials können Kosten signifikant gesenkt, die Rentabilität gesteigert und die CO₂-Emissionen reduziert werden. Frequenzumrichter, auch als Antriebe mit Drehzahlregelung bzw. Frequenzregelung bezeichnet, sind effiziente Instrumente zur Optimierung des Energieverbrauchs bei der Klimatisierung und Kälteerzeugung.

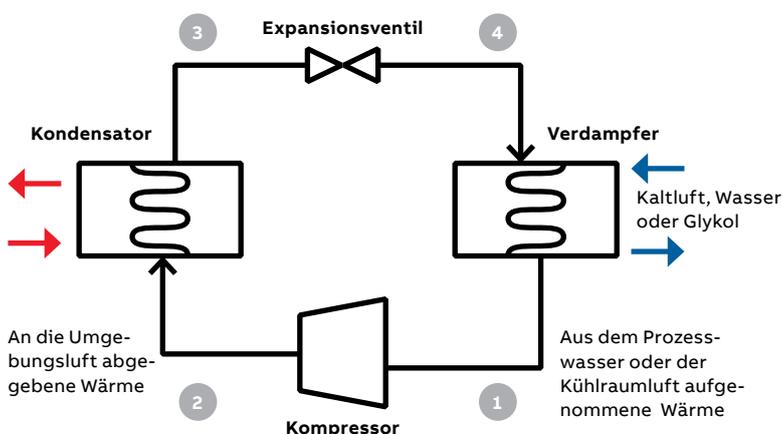
Da Kühllhäuser und Kühlsysteme üblicherweise täglich 24 Stunden betrieben werden, sind die meisten Kälteanwendungen potenziell für die Frequenzumrichterregelung geeignet. Kühlsysteme mit großen Lastschwankungen während des Betriebs oder einer Wärmebelastung unterhalb des Spitzenwertes können von einem Frequenzumrichter profitieren.

Die Antriebsmotoren von Kühlsystemen laufen normalerweise mit Konstantdrehzahl, obwohl sich die Last ändert. Beim Einsatz von Frequenzumrichtern kann die Motordrehzahl an die dynamischen Lastanforderungen angepasst werden, wodurch der Energieverbrauch sinkt.

Außerdem kann die Drehzahlregelung die Lebensdauer der Anlage verlängern. Anstatt eines Dauerbetriebs mit voller Drehzahl reduziert eine niedrigere Drehzahl die Anlagenbelastung, verlängert die Wartungsintervalle und senkt die Wartungskosten.

Viele bestehende Anlagen können mit Frequenzumrichtern nachgerüstet werden. Die Drehzahl des Elektromotors wird dann direkt durch den Frequenzumrichter geregelt, wobei die mechanischen Steuereinrichtungen im Allgemeinen komplett geöffnet bleiben.

Übersicht über einen typischen Kühlkreislauf in der Industrie.



Schritt 1:

An diesem Punkt ist das Kühlmittel gerade aus dem Verdampfer ausgetreten und ist ein kaltes Gas.

Schritt 2:

Das kalte Gas tritt in den Kompressor ein, wird verdichtet und als heißes Gas abgegeben. Das Gas strömt in den Kondensator, wo es seine latente Verdampfungswärme entweder an die Luft oder das Wasser abgibt. Gleichzeitig verflüssigt es sich wieder.

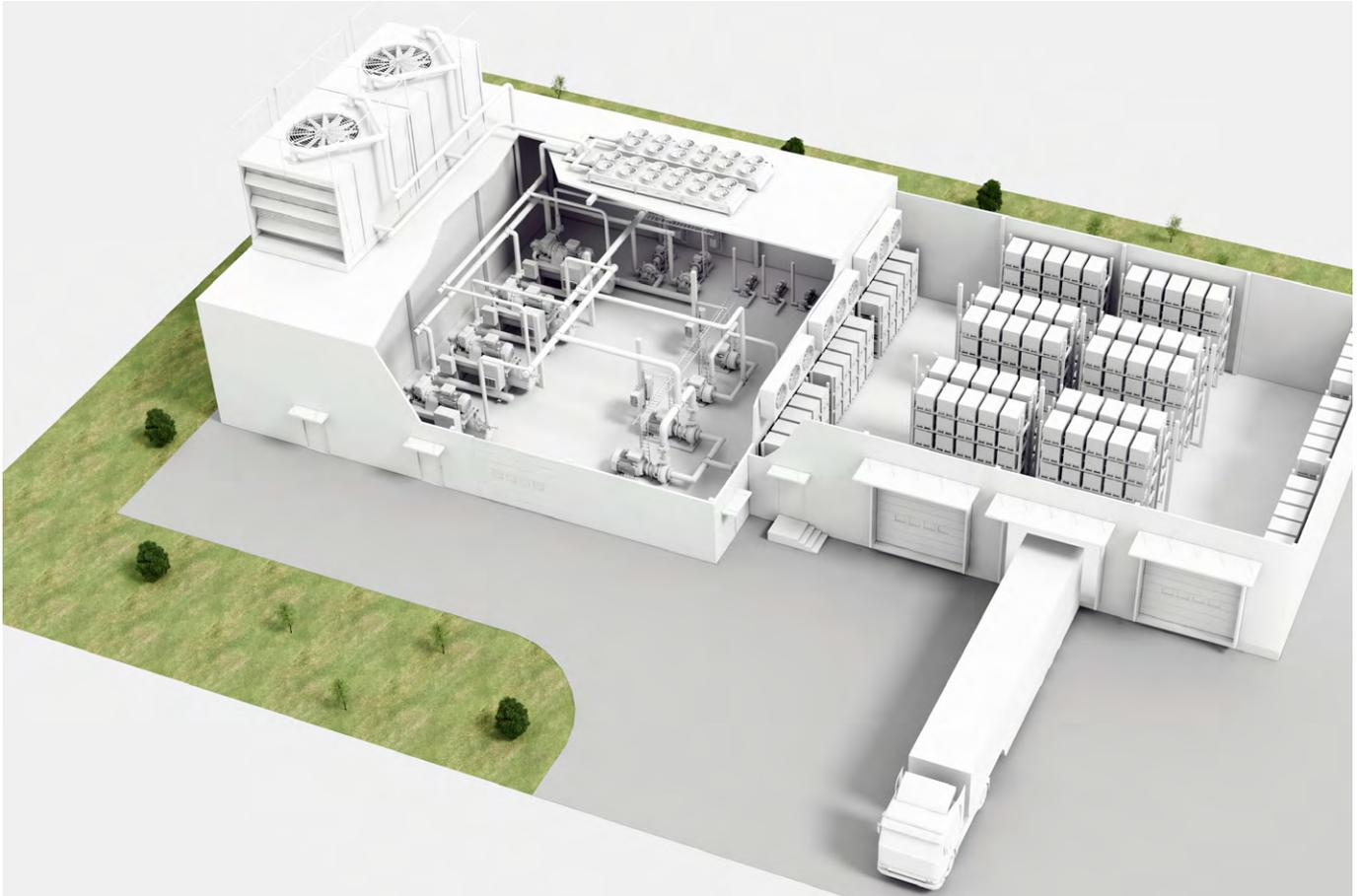
Schritt 3:

Das heiße, flüssige Kühlmittel fließt dann durch das Expansionsventil, wo es sich ausdehnt und zu einer kalten Flüssigkeit abkühlt.

Schritt 4:

Das kalte, flüssige Kühlmittel tritt in den Verdampfer ein. Es entzieht dem sich in dem Kühlschrank oder Kühlhaus gelagerten Produkt Wärme, wodurch es zu einem kalten Gas verdampft.

Industrie-Kühlsysteme



Kompressoren, Kondensatoren und Verdampfer werden in Kühlsystemen der Industrie vielfach eingesetzt.

Schrauben- und Hubkolbenkompressoren, luft- und wassergekühlte Kondensatoren sowie DX- oder Überflutungsverdampfer werden vielfach in Industrie-Kälteapplikationen von Kühlräumen bis zum Schockfrost eingesetzt, bei denen Kühlmitteltemperaturen bis zu -45 °C erreicht werden können. Die Systeme sind im Allgemeinen größer als die im Einzelhandelssektor eingesetzten, häufig mit einer Leistung von mehr als 500 kW, und verwenden mehrere Kompressoren, um eine hohe Leistung zu erzielen.

Bei herkömmlichen Anlagen wird die Kompressorleistung durch Starten und Stoppen der Kompressoren sowie bei Schraubenkompressoren zusätzlich mit Schiebersteuerung und bei Hubkolbenkompressoren durch Betätigen der Leistungsregelventile geändert. Bei geringem Kühlbedarf werden die Kompressoren in einer geregelten Reihenfolge abgeschaltet und bei steigendem Bedarf neu gestartet.

Die Steuerung der Kondensatorlüfter erfolgt durch Ein-/Aus-schalten, manchmal durch zweistufigen Betrieb unterstützt, wenn ein breiterer Regelungsbereich erforderlich ist. Die Verdampferlüfter werden bei Bedarf gestartet/gestoppt.

Diese Systeme haben zwar jahrzehntelang gut funktioniert, jedoch haben ein stärkeres Bewusstsein für die Betriebskosten, insbesondere den Energieverbrauch, und die Notwendigkeit, umweltfreundlichere Kühlsysteme einzusetzen, dazu geführt, dass Frequenzumrichter und hocheffiziente Motoren eine immer größere Verbreitung finden.

Kompressoren

Herausforderung

Schraubenkompressoren in herkömmlichen Systemen laufen mit fester Drehzahl, wobei die Leistung mit Schiebern geregelt wird. Schieber reduzieren entweder das Ansaugvolumen (durch Umleitung des Sauggases) das Verdichtungsverhältnis oder beides. Der Stromverbrauch sinkt jedoch nicht proportional zur Leistung, so dass Schraubenkompressoren, die mit fester Drehzahl und niedriger Leistung arbeiten, ineffizient sind.

Gängige Methoden zur Einstellung der Kühlleistung von **Hubkolbenkompressoren** sind ein Blockieren des Ansaugsystems, Zylinderentleerung, Heißgas-Bypass und Saugdruckregelung. Bei diesen Methoden der Leistungsregelung ist der Energieverbrauch nicht proportional zum Kühlleistungsbedarf. Bei einem Bedarf an Kühlleistung von beispielsweise 50 Prozent nimmt der Kompressor typischerweise etwa 65 Prozent der vollen Leistung auf.

Die Leistungsregelung von **Scroll-Kompressoren** erfolgt typischerweise mit Hilfe von Ein-/Ausschalten oder über die Bewegung der motorgetriebenen Spiralen. Die Ein-/Aus-Steuerung verbraucht aufgrund von Druckzyklen und transienten Verlusten mehr Energie im Verhältnis zum Kühlbedarf.

Lösung

Wenn ein Schraubenkompressor drehzahl geregelt wird, kann weitgehend auf einen Schieber verzichtet werden. Er ist nur dann notwendig, wenn die Leistung unterhalb der Mindestdrehzahl (typisch 25 Hz) geregelt werden muss. Bei allen höheren Drehzahlen kann die Leistung mit Hilfe des Frequenzumrichters geregelt werden, um die Betriebsdrehzahl bei geöffnetem Schieber zu verändern. Während der Schieber geöffnet ist findet keine Umwälzung statt, wodurch erhebliche Energieeinsparungen ermöglicht werden.

Wie die Grafik zeigt, wird bei Verwendung eines Schiebers zur Reduzierung der Kälteleistung eines Schraubenkompressors auf etwa 40 Prozent, der Stromverbrauch nur auf

60 Prozent reduziert. Beim Einsatz eines Frequenzumrichters hingegen sind die Reduzierung der Kälteleistung und der Leistungsaufnahme im Wesentlichen gleich.

Bei einigen der modernen Schraubenkompressoren entfällt der Schieber komplett, sie werden speziell für den Umrichtbetrieb angeboten.

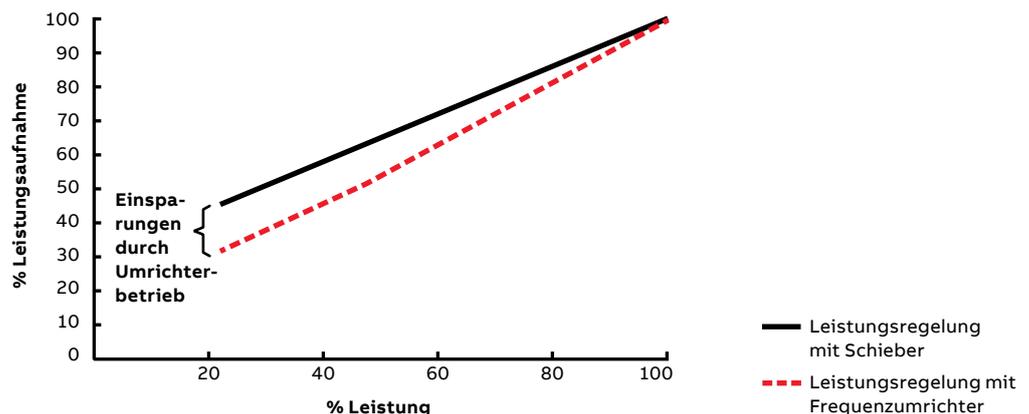
Vorteile

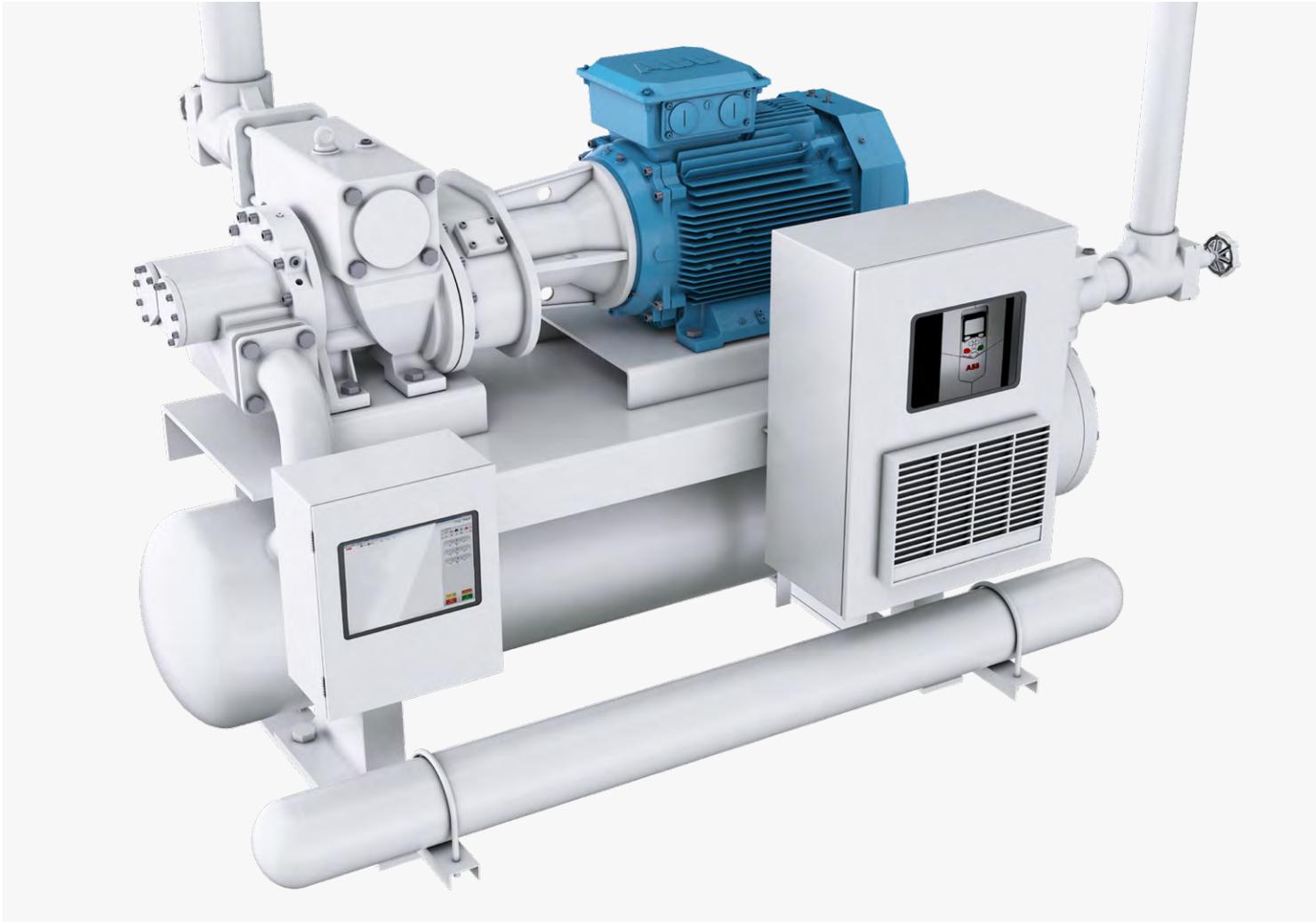
Mit der Drehzahlregelung kann die Leistung von **Schraubenkompressoren** durch Überdrehzahl bis zu 60 Hz erhöht werden. Bei Neuanlagen kann bei gleicher Leistung sogar eine kleinere Kompressor-Baugröße gewählt werden. Bei Nachrüstungen ist auch eine gewisse Leistungssteigerung möglich, solange das System einen höheren Durchsatz bewältigen kann. Eine Kombination aus Drehzahlregelung und gleitendem Kältemitteldruck optimiert das System. Die gleitende Regelung des Kältemitteldrucks ändert den Förderdruck (d. h. den Druck, mit dem das Gas aus dem Kompressor austritt) entsprechend der Umgebungstemperatur anstatt den Förderdruck auf einem festen, hohen Niveau zu halten. Energieeinsparungen von 15 bis 25 Prozent sind üblicherweise erreichbar, wobei in bestimmten Fällen noch größere Einsparungen möglich sind.

Die Regelung von **Hubkolbenkompressoren** mit Frequenzumrichter ermöglicht eine kontinuierliche Anpassung der Kompressordrehzahl ohne Aus-/Einschalten, wodurch der Energieverbrauch sinkt und sich die Lebensdauer des Kompressors erhöht. Die Drehzahlregelung reduziert die Kühl- und Wärmeverluste im System und gewährleistet eine optimierte Energienutzung auf Basis des tatsächlichen Kältebedarfs.

Drehzahl geregelte **Scroll-Kompressoren** können an eine sich ändernde Kühllast angepasst werden und verbrauchen so 30 Prozent weniger Energie als beim Ein-/Ausschalten. Darüber hinaus reduzieren Frequenzumrichter den Anlaufstrom und ermöglichen eine stabile und präzise Temperaturregelung.

Leistungsregelung bei einem Schraubenkompressor: Schieber im Vergleich zu einem Frequenzumrichter.





Vorteile der Regelung der Kompressordrehzahl mit Frequenzumrichter:

- Ein stabiler Ansaugdruck stellt eine stabile Kühlraumtemperatur sicher
- Höhere Leistung bei kleinerem Kompressor
- Regelung mehrerer Kompressoren
- Ölrückführungsmanagement mit Mindestdrehzahl-Überwachung
- Drehzahlregelung zum Erreichen der eingestellten Verdampfertemperatur
- Geringerer Verschleiß
- Geringerer Anlaufstrom
- Längere Kompressorlebensdauer
- Geringere Wartungskosten
- Höhere Leistung aufgrund der Fähigkeit, oberhalb der Nenndrehzahl zu laufen
- Keine Begrenzung der Anzahl der Starts pro Stunde
- Schnelles Hochfahren der Scroll-Kompressoren auf die Mindestdrehzahl

Bei Anwendungen, bei denen die Drehzahlreduzierung nicht das primäre Ziel ist, z. B. wenn der Kompressor als Teil eines größeren Systems für die Basiskühlung sorgt, empfehlen wir den Einsatz von Softstartern.

Vorteile der Softstarter verglichen mit dem Direktanlauf:

- Geringerer Anlaufstrom
- Geringerer Verschleiß
- Längere Kompressorlebensdauer
- Geringere Wartungskosten
- Feldbuskommunikation



Pumpen

Herausforderung

In Anlagen, die Kaltwasser oder Glykol als Kühlmittel verwenden, muss eine Pumpe das Kühlmittel umwälzen. Die Wasser/Glykol-Einlaufstemperatur liegt normalerweise zwischen -8 °C bis mehr als $+10\text{ °C}$, wobei die Rücklaufstemperatur etwa 5 °C höher ist. Dieser Temperaturanstieg, als Delta T bezeichnet, resultiert aus der Wärme, die aus der Produktion oder dem Kühlhaus abgezogen wird. Delta T ist der entscheidende Parameter für das Leitsystem und, nachdem er festgelegt ist, werden alle Komponenten – einschließlich der Kompressoren, Wärmetauscher und Pumpen – auf Einhaltung von Delta T ausgelegt. Deshalb werden die Pumpen so ausgewählt, dass sie die gewünschte Menge an Kaltwasser/Glykol durch die Anlage pumpen, damit bei jeder Belastung Delta T erreicht wird.

Lösung

Bei herkömmlichen Systemen wird diese Durchflussrate mit einem Durchflussregelventil (Drosselventil) vorgegeben, das bei der Inbetriebnahme eingestellt wird, um die gewünschten Ergebnisse zu erzielen. Allerdings berücksichtigen voreingestellte Durchflussraten keine veränderlichen Lasten, wodurch häufig Energie verschwendet wird, denn der tatsächliche Durchfluss ist größer als für die Ableitung der Wärmelast notwendig. Eine optimale Regelung wird durch eine Veränderung des Kaltwasser-/Glykolflusses durch die Anlage entsprechend der Wärmelast erreicht. Durch eine Nachrüstung der Kühlmittelpumpen auf drehzahlgeregelten Betrieb können die Regelventile geöffnet bleiben, und der Durch-

fluss wird entsprechend der Wärmelast angepasst. Durch die komplette Öffnung des Regelventils entfällt auch der Widerstand, der durch die Drosselung entsteht, wodurch eine zusätzliche Energieeinsparung erzielt wird. Ein weiterer Vorteil der Frequenzumrichter besteht in der Möglichkeit, einen Mindestdurchfluss (Minstdrehzahl) für die Verdampfungskreisläufe einzustellen, um ein Einfrieren der Kühlschlangen zu verhindern.

Eine Reduzierung der Pumpendrehzahl bedeutet eine Reduzierung der Leistungsaufnahme mit der dritten Potenz. Die nachfolgende Tabelle enthält Beispiele für die ungefähren Einsparungen, die erzielt werden können:

Reduzierung der Pumpendrehzahl (%)	Reduzierung der Leistungsaufnahme (%)
5	15
10	30
20	50

Vorteile

Es wird deutlich, dass selbst eine geringfügige Reduzierung der Drehzahl zu erheblichen Einsparungen beim Stromverbrauch und den Kosten führen können. Der Einsatz eines Frequenzumrichters in einem PID-Regelkreis (proportional-integral-differenzial) zur Temperatur- oder Druckregelung optimiert die Energieeinsparung durch Anpassung der Pumpenleistung an den geforderten Durchfluss.

Verdampfer

Herausforderung

Kaltes, flüssiges Kühlmittel, das vom Expansionsventil in den Verdampfer strömt, wird durch die Wärme des zu kühlenden Produkts verdampft und zu einem kalten Gas, das weiter zum Kompressor strömt. In konventionellen Kühlsystemen, bei denen der Kompressor immer mit voller Drehzahl läuft, wird die Kühlleistung durch den Verdampfer geregelt. Gleichzeitig versucht das Expansionsventil, eine optimale Füllung des Verdampfers zu erreichen. Die Wechselwirkung zwischen dem Betrieb des Verdampfers und dem des Expansionsventils führt zu Schwingungen im System. Infolgedessen wird der Verdampfer nicht vollständig gefüllt und arbeitet daher ineffizient.

Lösung

Die Leistung der Lüfter wird durch das Kubikgesetz geregelt. Mit anderen Worten ist die Leistungsaufnahme eines Verdampferlüftermotors proportional zur dritten Potenz der

Drehzahl. Die Drehzahlregelung kann deshalb durch Modulation der Lüfterdrehzahl entsprechend dem Kühlbedarf eine erhebliche Energieeinsparung erzielen. Bei einer Reduzierung der Lüfterdrehzahl um beispielsweise um 20 Prozent sinkt der Energiebedarf um etwa die Hälfte. Das Energieeinsparpotenzial hängt natürlich von der jeweiligen Anlage und der Last ab, in vielen Fällen jedoch kann der Stromverbrauch der Verdampferlüfter um bis zu 80 Prozent gesenkt werden.

Vorteile

Die Drehzahlregelung bietet eine hervorragende Raumtemperaturregelung in Relation zu den Zyklen. Das Lüftergeräusch wird bei niedrigeren Drehzahlen reduziert, wodurch zum Beispiel in Vertriebszentren eine angenehmere Arbeitsumgebung entsteht. In einigen Fällen verbessert eine reduzierte Lüfterdrehzahl die Lagerung verderblicher Waren wie z. B. Äpfel in einer kontrollierten Atmosphäre, da der Massenverlust bei Früchten durch Verwendung der Drehzahlregelung reduziert wird.

Kondensatoren



Der Einsatz von Frequenzumrichtern zur Regelung von Kondensatorlüftern kann die Effizienz um bis zu 15 Prozent erhöhen.

Herausforderung

Der Kondensator erhält überhitzten Hochdruckdampf vom Kompressor. Der Dampf kühlt im Kondensator ab und verflüssigt sich wieder. An diesem Punkt wird die gesamte Wärme des Systems an die Umgebung abgegeben.

Einfache Leitsysteme verwenden konventionelle Schütze zum Ein- und Ausschalten der Kondensatorlüfter. Diese Systeme werden im Zuge einer besseren Anlagenregelung manchmal durch einen zweistufigen Betrieb nachgerüstet. Das gängigste Regelungsverfahren ist die Drehzahlregelung des Kondensatorlüfters, um einen gleichbleibenden Systemauslassdruck aufrechtzuerhalten.

Kondensatorlüfter werden häufig durch Druckschalter oder Stufenregler gesteuert, welche die Lüfter ein- und ausschalten, um einen bestimmten Sollwert einzuhalten. Bei dieser Methode muss der Kompressor jederzeit einen bestimmten Förderdruck aufrechterhalten, der im Allgemeinen dem Auslegungsdruck für den Betrieb an den heißesten Tagen des Jahres entspricht.

Lösung

Zunehmend wird der Einsatz intelligenter Leitsysteme bevorzugt. Hierbei werden Frequenzumrichter zum Betrieb der Kondensatorlüfter eingesetzt, die eine Reduzierung des Förderzwecks ermöglichen.

Die Lüfter werden eventuell etwas stärker beansprucht und verbrauchen mehr Energie, jedoch wird durch eine entsprechende Reduzierung des Auslassdrucks aufgrund einer reduzierten Kompressorbelastung erheblich mehr Energie eingespart.

Vorteile

Bei der Drehzahlregelung der Kondensatorlüfter werden ein oder mehrere Frequenzumrichter zur gleichzeitigen Regelung der Drehzahl aller Lüfter eingesetzt. Dies ermöglicht eine Gleitkommaregelung des Förderdrucks und einen effizienten Lüfterbetrieb, während die gesamte Kondensatoroberfläche genutzt wird.

Das Leitsystem stellt die Lüfterdrehzahl ein, um die ordnungsgemäßen Kondensationsbedingungen sicherzustellen und den Stromverbrauch der Lüfter sowie die Gesamtanlageneffizienz zu optimieren.

Wenn die richtigen Umgebungsbedingungen für den Betrieb hergestellt sind, werden die Ein-/Ausschaltzyklen minimiert und die geringere Luftgeschwindigkeit reduziert eine Verschmutzung des Kondensators.

Die Effizienz der Kühlung kann durch die Drehzahlregelung des Kondensatorlüfters um bis zu 15 Prozent verbessert werden.

Weitere Vorteile der Drehzahlregelung

Geringerer Wartungsbedarf

Die Drehzahlregelung ermöglicht eine gleichmäßige Beschleunigung und Verzögerung der Motoren, wodurch die Belastung der Riemen und/oder Kupplungen reduziert und deren Lebensdauer verlängert wird. Dies steht im Gegensatz zum Direktstart, bei dem der Motor und die Last maximal beschleunigt werden. Dies belastet den Riemen, reduziert seine Lebensdauer und fordert einen häufigeren Austausch sowie kürzere Wartungsintervalle als bei der Frequenzumrichterregelung. Gleiches gilt für konventionell geregelte, zweistufige Lüfter: Das elektrische Bremsen belastet die Motoren, wenn die Lüfter langsamer werden. Frequenzumrichter haben außerdem einen geringeren Wartungsbedarf der Elektrik als konventionelle Steuergeräte.

Geräuscharmer Betrieb

Frequenzumrichter tragen auch zu einer Reduzierung des Geräuschpegels bei, wenn sie zur Regelung von Kondensatorlüftern eingesetzt werden. Das Lüftergeräusch nimmt mit der Drehzahl erheblich ab, so dass bei geringem Kühlbedarf – beispielsweise nachts – das Risiko einer Lärmbelastigung der Anwohner minimiert wird.

Reduzierter Anlaufstrom

Größere Motoren, wie sie bei Kältekompressoren verwendet werden, benötigen einen hohen Anlaufstrom. Zu den gängigen, bei konventionellen Systemen angewandten Methoden zur Minderung der Auswirkungen gehören Stern-Dreieck-Anlauf und elektronische Softstarter. Der Stern-Dreieck-An-

lauf reduziert das Anlaufmoment, erzeugt jedoch immer noch hohe Stromspitzen sowie transiente Überspannungen und erfordert eine regelmäßige Wartung. Der elektronische Sanftanlauf reduziert das Gesamtstromniveau, jedoch kann der Anlaufstrom für große Motoren immer noch überraschend hoch sein. Typischerweise können bei einem 315 kW Motor die Sanftanlaufströme 2.000 A oder mehr erreichen. Bei Drehzahlregelung übersteigen die Anlaufströme nie den Volllaststrom des Motors - ein großer Vorteil gegenüber konventionellen Anlaufmethoden.

Längere Lebensdauer der Motoren

Wenn Motoren bei reduzierter Drehzahl (und Last) betrieben werden, erhöht sich die Lebensdauer der Lager. Gleichzeitig kann die Kerntemperatur des Motors gesenkt werden, was die Lebensdauer der Isolierung erhöht und die Lebensdauer der Lager weiter verbessert, da weniger Wärme entlang der Welle zu den Lagern geleitet wird.

Neue Anlagen und Nachrüstmaßnahmen

ABB Frequenzumrichter sind sowohl für Neuanlagen als auch Nachrüstmaßnahmen bestehender Systeme die ideale Wahl. Auf Basis unserer umfangreichen Erfahrung mit Systemen unterstützen wir Sie bei der Auswahl der zu Ihrer Anlage passenden Produkte. Zusätzlich zu den Frequenzumrichtern liefern wir die notwendigen, für den Umrichterbetrieb geeigneten Motoren für Neuanlagen sowie entsprechende Filter für Motoren in einer bestehenden Anlage, die mit Frequenzumrichter nachgerüstet werden.

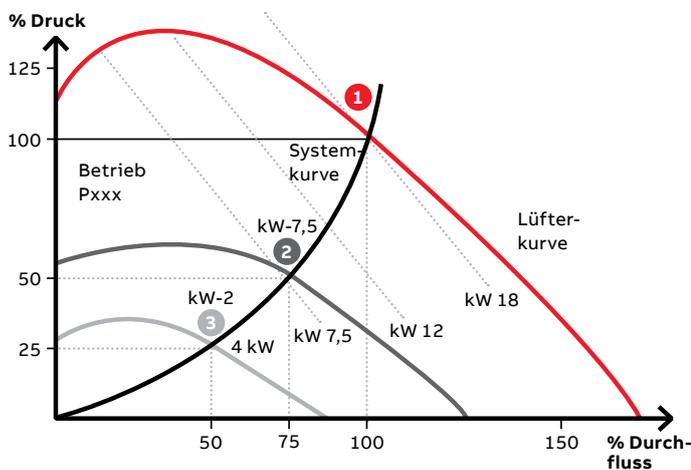


— Eine ordnungsgemäße Wartung ist für eine optimale Funktion der Anlage entscheidend.



Energieeinsparung durch Frequenzumrichter

Investitionen in neue industrielle Kühlssysteme werden häufig durch eine strenge Kontrolle der Investitionsausgaben (CAPEX) eingeschränkt. Leider kann dies zu viel höheren Betriebskosten über die gesamte Lebensdauer (OPEX) führen wie z. B. Energie- und Wartungskosten. Tatsächlich ist die Energie einer der größten Kostenfaktoren während der Nutzungsdauer eines industriellen Kühlsystems. Bei der Investition in ein neues System muss deshalb das Verhältnis zwischen CAPEX und OPEX bestimmt werden. Eine etwas höhere Anfangsinvestition kann die Lebensdauerkosten erheblich reduzieren, so dass sich die zusätzliche Investition innerhalb einer sehr kurzen Zeit amortisiert.



Kompressoren

Kühlssysteme laufen typischerweise 24/7, und bei vielen Unternehmen in der Nahrungs- und Genussmittelindustrie ist die Kühlung der größte Energieverbraucher. Kühlkompressoren können mehr als 50 Prozent der üblichen Stromkosten einer Fabrik ausmachen. Durch den Betrieb der Kompressormotoren entsprechend den Lastanforderungen – bedarfsgerechte Rampenführung der Motordrehzahl – ermöglichen Frequenzumrichter große Einsparungen.

Ein öffentliches Kühlhaus in den USA stattete die Motoren, welche die Kompressoren, Verdampfer und Kondensatoren betreiben, also die wichtigsten Komponenten der Infrastruktur, mit 26 Frequenzumrichtern von ABB aus. Am auffälligsten waren die Einsparungen bei den Energiekosten. Der Stromverbrauch der Anlage reduzierte sich um 35 Prozent, wodurch sich die Anschaffungskosten für die Frequenzumrichter bereits nach sechs Monaten amortisiert hatten.

Pumpen und Lüfter

Bei Kompressoren besteht ein lineares Verhältnis zwischen der Motordrehzahl und dem Energieverbrauch des Motors. Bei Pumpen und Lüftern ändert sich die Leistung mit der dritten Potenz der Drehzahl. Das bedeutet, dass die Halbierung der Drehzahl die Leistungsaufnahme um den Faktor 8 reduziert.

Diese Zahl belegt den praktischen Nutzen des Kubikgesetzes, denn es gilt für die Drehzahlregelung der Lüfter. An Punkt 1 läuft der Lüfter mit 100 Prozent Luftstrom und benötigt 18 kW. Bei einer Reduzierung des Luftstroms auf 75 Prozent (Punkt 2) betreibt der Frequenzumrichter den Motor mit 75 Prozent der Drehzahl, wofür nur 7,5 kW erforderlich sind. Eine Reduzierung des Luftstroms um 25 Prozent führte zu einer Reduzierung des Energiebedarfs um mehr als 58 Prozent.

Überträgt man diese Einsparmöglichkeiten auf den (Zuluft-)Ventilator eines Kühlhauses mit einer Nennleistung von 18 kW, der 24/7 läuft, beträgt der jährliche Leistungsbedarf:

- 171.975 kWh bei Betrieb mit konstanter Drehzahl
- 53.430 kWh bei Frequenzumrichterregelung

Der Einsatz eines Frequenzumrichters reduziert den Leistungsbedarf um mehr als 68 Prozent (mit dem Kubikgesetz berechnet und unter der Annahme, dass die Lüfterkennlinie bei reduzierter Strömung eine normale Glockenform aufweist).

Hier ein Beispiel aus der Praxis: Ein Entenfleisch verarbeitender Betrieb in Großbritannien wollte den Stromverbrauch des Kühlsystems reduzieren. Die Kondensatorlüfter waren direkt an das Netz angeschlossen und eine vor Ort durchgeführte Energieanalyse ergab, dass sie eine Leistung von 38 kW benötigten. Es wurden Frequenzumrichter von ABB zum Betrieb der Lüfter installiert. Das Förderdrucksignal wurde zur Regelung der Frequenzumrichter verwendet, damit die Frequenzumrichter den Druck am Auslegungspunkt halten und die Lüfterdrehzahl an den Kühlbedarf anpassen. Eine zweite Energieanalyse nach der Installation der Frequenzumrichter ergab, dass sich der Leistungsbedarf der Ventilatoren um 13 kW bzw. mehr als ein Drittel reduziert hat. Darüber hinaus führte eine reduzierte Häufigkeit der EIN/AUS-Schaltung des Kühlsystems zu einer weiteren Reduzierung der Kompressorleistung um 10 Prozent. Das Lüftergeräusch reduzierte sich erheblich, wodurch sich die Bedingungen für die Anwohner verbesserten.

Nach der Aufrüstung der Kondensatorlüfter hat der Betrieb seine Luftkompressoren, Wasserpumpen und anderen Geräte mit ABB Frequenzumrichter ausgestattet und berichtet, dass der Energieverbrauch dieser Anwendungen insgesamt um fast 50 Prozent gesunken ist. Die Investition in Frequenzumrichter hatte sich in weniger als acht Monaten amortisiert.

ABB Motion-Lösungen – hocheffizient, zuverlässig und kostengünstig

ABB verfügt über ein umfangreiches Angebot für die Kältetechnik und Kühlapplikationen.

Frequenzumrichter

Unübertroffene Energieeffizienz

- Geringerer Blindleistungsverbrauch
- Hohe Effizienz von 98 Prozent
- Integrierte Rechner für die Einsparungen bei Energie, CO₂ und Kosten
- Integrierte Energie Optimierungsfunktion
- Flussoptimierung für einen reduzierten Energieverbrauch

Präzise Regelung und hohe Dynamik

- Direkte Drehmomentregelung (DTC) für eine äußerst präzise Regelung
- Pumpen-, Lüfter-, Kompressorregelung ist Standard
- Lastprofil-Überwachung
- Mehrpumpen-, Lüfter-, Kompressorregelung ist Standard
- Hervorragende Leistung in anormalen Situationen wie:
 - kurzzeitigem Spannungsausfall
 - starken Drehmomentänderungen
 - bereits drehendem Motor
 - Kurzschluss im Kabel

Erhöhte Sicherheit, Zuverlässigkeit und Benutzerfreundlichkeit

- SIL 3 Sicherheit
- Sicherer Stopp
- Geräuscharmer Betrieb
- Ruhemodus
- Trockenlaufschutz für Pumpen
- IP55 Schutzart mit Netztrennschalteroption
- Flanschmontage-Option

Eine Vielzahl interaktiver Assistenten

- Inbetriebnahme
- Bis zu 4 PID-Regelkreise
- Timer-Funktionen
 - Echtzeituhr integriert
- Serielle Kommunikation
- Diagnose
- Wartung

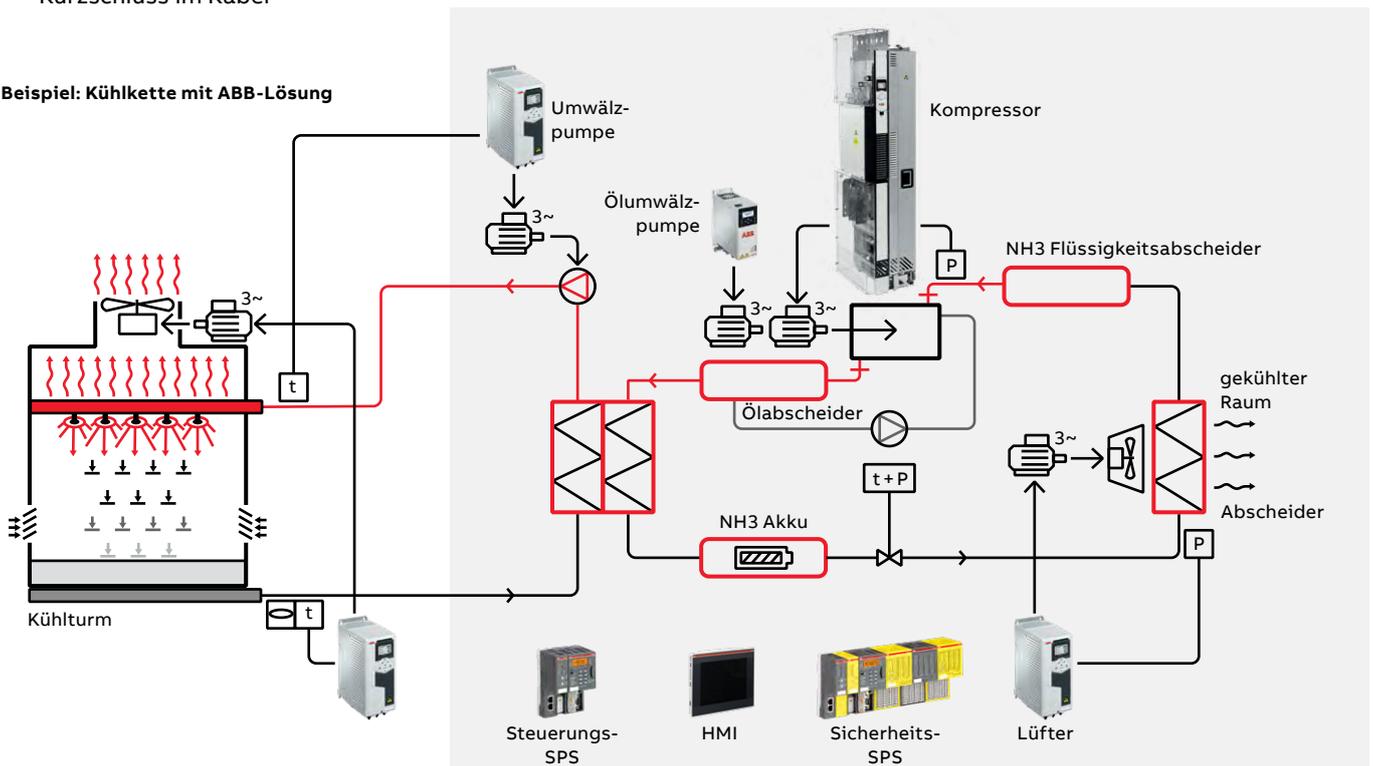
Softstarter

- Für jede Motorapplikation von 3 A bis 2160 A
- Geringerer Anlaufstrom und geringere elektrische Belastung des Motors und des Netzes
- Schnelle, einfache Installation und Inbetriebnahme, geringer Platzbedarf
- Geringerer Verschleiß der mechanischen Einrichtungen

SPS und HMIs

Unsere SPS-Systeme und Bedienpanels sowie die Automation Builder Software ermöglichen die Entwicklung der erforderlichen Regelung.

Beispiel: Kühlkette mit ABB-Lösung



Das Oberschwingungsproblem lösen

Was sind Oberschwingungen?

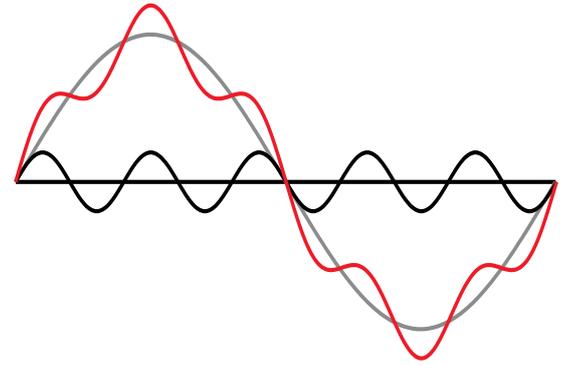
Oberschwingungsströme entstehen durch nichtlineare Lasten, die an das Netz angeschlossen sind. Die harmonische Verzerrung ist eine Form der Verschmutzung eines elektrischen Systems, die Probleme verursachen kann, wenn die Oberschwingungsströme bestimmte Grenzen überschreiten.

Die Spannungsversorgung ist fast niemals rein sinusförmig, und der von der Sinusform abweichende Strom enthält Oberschwingungen. Die Verzerrung wird durch nichtlineare Lasten, die an das Netz angeschlossen sind, verursacht. Oberschwingungen verursachen Störungen und Geräteausfälle.

Ultra-Low Harmonic (ULH) Drives erhöhen automatisch die Zuverlässigkeit Ihrer Anlage. Verglichen mit einem konventionellen Antrieb wird der Oberschwingungsgehalt um bis zu 97 % reduziert. Die Gesamtstromverzerrung eines ULH Drives von ABB liegt im Normalfall und bei einem ungestörten Netz typischerweise bei <3 Prozent.

In 6-Puls-Standardantriebe eingebaute Drosseln dämpfen Oberschwingungen durch die Reduzierung von Störungen und Geräteausfällen. Ein geringer Oberschwingungsgehalt spart auch Geld und erleichtert die Installation, denn es können kleinere Sicherungen und längere Motorkabel verwendet werden. Schließlich bedeuten geringere Oberschwingungen auch eine längere Lebensdauer der Komponenten und somit einen geringeren Wartungsbedarf sowie geringere Stillstandszeiten.

Der Gesamtstrom als Summe der Grundschwingung und der 5. Harmonischen



— Grundschwingungssignal = $\sin(x)$
 — Periodisches Signal $(x) = \text{Grundschwingung} + 5.$
 $= \sin(x) + 0,2\sin(5x)$
 — 5. Harmonische = $0,2\sin(5x)$



Sauberes Netz



Zuverlässiger Betrieb



Kostenersparnis



Längere Lebensdauer

Highlights der Ultra-Low Harmonic Drives von ABB

- Die Gesamtstromverzerrung beträgt typischerweise <3 % bei Nennbetrieb und nicht gestörtem Netz. Geringer Oberschwingungsgehalt auch bei Teillast.
- Komplettausstattung: Es besteht keine Notwendigkeit für externe Filter, Mehrpuls-Konfigurationen oder Spezialtransformatoren
- Einfache und kostengünstige Installation
- Leistungsfaktor Eins. Möglichkeit der Netz-Leistungsfaktorkorrektur
- Platzsparend bei der Installation
- Eine Stabilisierung der Ausgangsspannung sichert den Betrieb bei schwachem Netz
- Stabile Ausgangsspannung bei allen Lastbedingungen

Lifecycle-Service

Service-Optionen für Frequenzrichter

Obwohl Antriebe normalerweise nicht zu den teuersten Geräten zählen, führen Sie doch kritische Aufgaben aus und haben eine große Bedeutung für den Anlagenbetrieb.

Der Ausfall eines Antriebes kann zu Produktionsausfall und Umsatzeinbußen führen sowie Folgen für die Sicherheit und Umwelt haben. Um das Risiko und die Folgen eines Ausfalls zu reduzieren, muss der Frequenzrichter zum richtigen Zeitpunkt seines Lebenszyklus ordnungsgemäß gewartet werden.

Lifecycle-Service

Die von ABB angebotenen Dienstleistungen umfassen die gesamte Wertschöpfungskette vom Zeitpunkt der Anfrage bis zum Recycling des Antriebs. Über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg bietet ABB Schulungen, technischen Support und individuelle Verträge an. Für diese Leistungen steht eines der größten globalen Netze für den Vertrieb und Service von Antrieben zur Verfügung.

Vor dem Kauf

ABB bietet den Kunden Unterstützung bei der Wahl der richtigen Produkte für ihre Anwendungen an. Hierzu gehören:

- Energiekostenermittlungen (siehe nächste Seite)
- ATEX (siehe nächste Seite)
- Oberschwingungen
- EMV

Bestellung und Lieferung

Bestellungen können direkt bei ABB oder über die Vertriebspartner von ABB aufgegeben werden. Das Vertriebs- und Servicenetz von ABB ermöglicht eine termingemäße Lieferung; Express-Lieferungen sind ebenfalls möglich.

Installation und Inbetriebnahme

Viele Kunden sind in der Lage, die Installation und Inbetriebnahme selbst durchzuführen. ABB und seine Partner bieten aber auch einen professionellen Installations- und Inbetriebnahmeservice an.

Betrieb und Wartung

Von der Bestandsaufnahme vor Ort bis zur vorbeugenden Wartung und Wiederinstandsetzung der Antriebe bietet ABB alle Möglichkeiten, um die Prozesse seiner Kunden am Laufen zu halten.

Nachrüstung und Erweiterung

In vielen Fällen kann ein Antrieb von ABB auf die neueste Software oder Hardware nachgerüstet werden, um die Leistung der Anwendung zu verbessern. Prozesse können auf ökonomische Weise durch Umrüstung auf die modernste Antriebstechnologie modernisiert werden.

Vor dem Kauf

Bestellung und
Lieferung

Installation und
Inbetriebnahme

Austausch und Recycling

ABB kann den am besten geeigneten Austausch-antrieb anbieten und sicherstellen, dass der alte Antrieb entsprechend den geltenden Umweltschutzbestimmungen entsorgt wird.

Umfassender Service

Während der Nutzungsdauer angebotene Leistungen:

- Schulung und Weiterbildung - ABB bietet Produkt- und Anwendungsschulungen im Schulungszentrum und über das Internet an
- Technischer Support – In jeder Phase der Nutzung stehen Fachleute von ABB mit Rat und Tat zur Verfügung
- Verträge – Zwischen dem Kunden und ABB können individuell gestaltete Verträge abgeschlossen werden

Energiekostenermittlung

Ein einfacher Rundgang durch ein Werk, eine Fabrik oder einen Produktionsbereich kann die potenziellen Möglichkeiten von Frequenzumrichtern für Kühlsysteme aufzeigen. Ein Blick auf die Stellung der Schieber von Schraubenkompressoren kann einen Hinweis dafür liefern, ob Frequenzumrichter eine geeignete Option sind.

Eine ähnliche Überprüfung der Stellung der Drosselventile bei Pumpen kann ebenfalls aufschlussreich sein. Wenn die Ventile zumeist teilweise geschlossen sind, ist dies ein Anzeichen dafür, dass eine Nachrüstung sinnvoll ist.

Alternativ können potenzielle für die Nachrüstung geeignete Komponenten anhand von Durchfluss- und Leistungsmessungen sowie Vergleich dieser Werte mit dem Nenndurchfluss und der Nennleistung des untersuchten Systems identifiziert werden. ABB kann dabei helfen, für die Nachrüstung geeignete Anwendungen zu ermitteln.

ATEX

Industrie-Kühlsysteme in explosionsgefährdeten Bereichen müssen der Richtlinie ATEX 94/9/EG entsprechen [ATmosphères EXplosives]. Komponenten für die industrielle Kältetechnik werden hauptsächlich in Ammoniak-Kühlsystemen verwendet, einige Komponenten jedoch werden in ähnlichen Anwendungen eingesetzt, deren Standorte als Gefahrenbereiche klassifiziert sind.

Betrieb und
Wartung

Retrofit und
Nachrüstung

Austausch und
Recycling



—
Weitere Informationen erhalten Sie von Ihrer
ABB-Vertretung oder im Internet

new.abb.com/drives/de
new.abb.com/food-beverage/de

