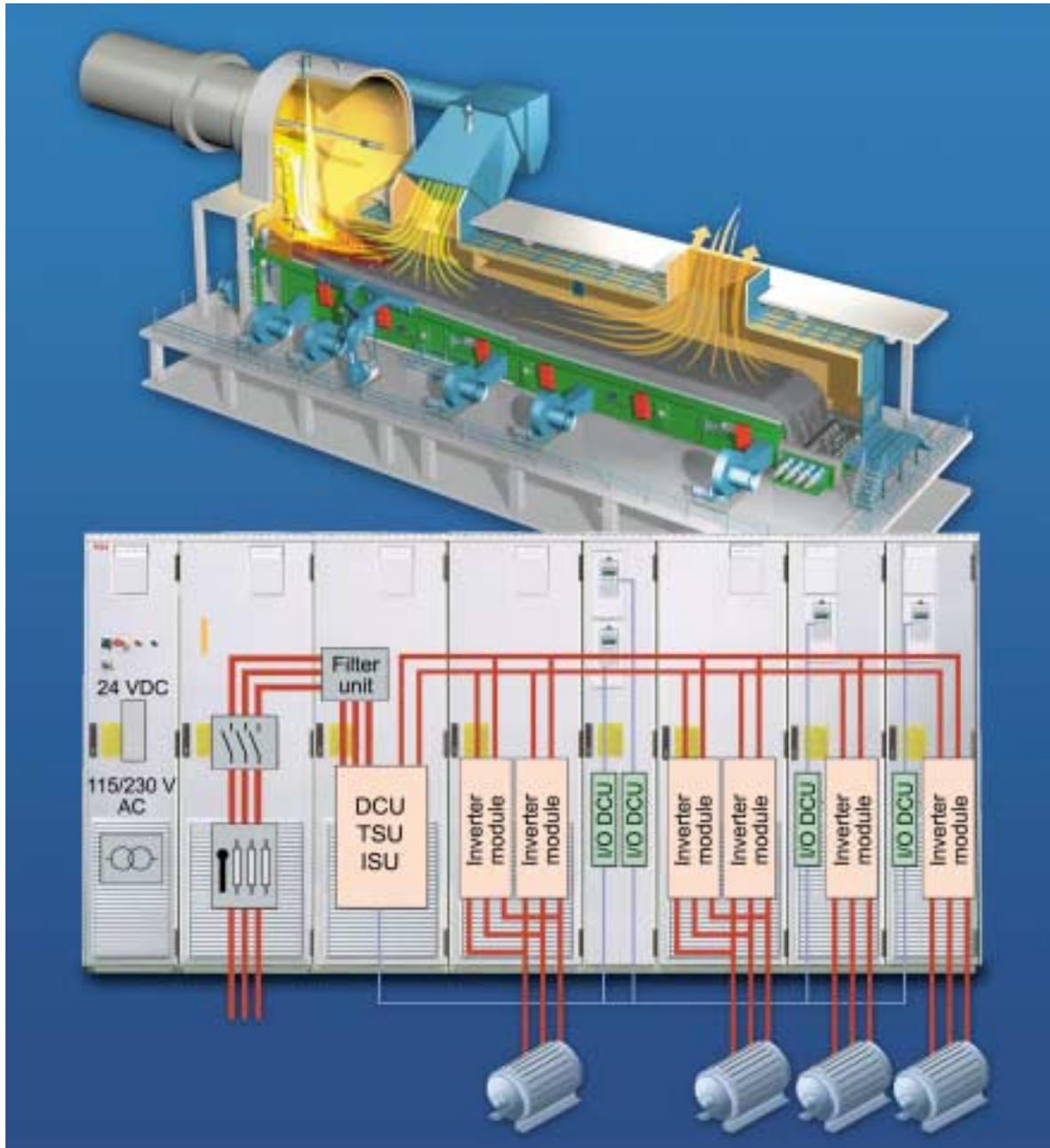


# An optimized drive solution for the cooler area

## Optimale Antriebslösung für den Kühlerbereich

Reprint from ZKG INTERNATIONAL 2-2005





**ABB Switzerland Ltd**

CH-5401 Baden-Dättwil  
Switzerland

Phone +41 58 586 8444

Fax +41 58 586 7333

E-Mail [process.industries@ch.abb.com](mailto:process.industries@ch.abb.com)

[www.abb.com/cement](http://www.abb.com/cement)

## Optimale Antriebslösung für den Kühlerbereich

**Zusammenfassung:** Klinkerkühler unterliegen einem ständigen Entwicklungsprozess. Waren es früher nur die Planetenkühler, die das Bild bestimmten, so sind es heute die Rostkühler. Je nach Hersteller gibt es kleinere Unterschiede hinsichtlich des Klinkertransports – ein Merkmal jedoch haben alle Rostkühler gemeinsam: Sie benötigen Luft, die durch die Klinkerschicht geblasen wird. Der vorliegende Bericht soll verdeutlichen, wie wichtig die richtige Wahl der Antriebslösung für die Kühlergebläse ist. Vergleiche zwischen Antrieben mit konstanter Drehzahl und geregelten Antrieben zeigen die wesentlichen Kriterien für kostengünstige Lösungen.

## An optimized drive solution for the cooler area

**Summary:** Clinker coolers are in an ongoing development process. Earlier it was only planetary coolers which were in use, nowadays coolers are of the grate type. Depending on the manufacturer, the way of handling the clinker might be slightly different but all of the grate coolers have one thing in common. All of them need air to be blown through the clinker bed. This paper sets out to explain the importance of choosing the right drive solution for the cooler fans. Comparisons of fixed speed and variable speed drives show the decisive points for cost-efficient solutions.

## Solution d'entraînement optimale pour la zone de refroidissement

**Résumé:** Les refroidisseurs de clinker sont soumis à un processus de développement permanent. Alors qu'avant, c'étaient les refroidisseurs planétaires qui dominaient, ce sont aujourd'hui les refroidisseurs à grille. Suivant le constructeur, il existe des différences minimales dans le transport du clinker – une caractéristique est toutefois commune à tous les refroidisseurs à grille: ils ont besoin d'air qui est soufflé à travers la couche de clinker. Le présent rapport veut souligner l'importance du bon choix du système d'entraînement des ventilateurs de refroidisseurs. Des comparaisons entre les moteurs d'entraînement à vitesse constante et les moteurs d'entraînement à régulation montrent les critères essentiels pour des solutions économiques.

## La solución óptima para el accionamiento en el campo del enfriador

**Resumen:** Los enfriadores de clinker están sujetos a un constante proceso de desarrollo. En el pasado se trataba de enfriadores de planetas y en la actualidad los enfriadores de parrilla son protagonistas. Existen pequeñas diferencias entre suministradores con relación al sistema de transporte del clinker, sin embargo, hay un punto de coincidencia para todos los enfriadores de parrilla: la necesidad de inyección de aire a través de la capa de clinker. El presente artículo debe clarificar lo importante que es una elección adecuada del accionamiento de los ventiladores de aire de enfriamiento. La comparación entre accionamientos con velocidad de giro constante y regulada muestra los criterios principales para encontrar las soluciones más económicas.

### 1 Klinkerkühler

Ausgenommen für Unterhaltsarbeiten ist der Kühler an 365 Tagen im Jahr rund um die Uhr in Betrieb. Im Klinkerkühler wird der Klinker, der mit Temperaturen von 1100 °C bis 1200 °C aus dem Ofen kommt, auf etwa 100 °C abgekühlt. Erst bei dieser niedrigen Temperatur kann der Klinker transportiert, gelagert und weiterverarbeitet werden. Klinkerkühler bestehen im Wesentlichen aus beweglichen Rosten, durch die Kühlluft geblasen wird. Die Hin-und-her-Bewegungen der Roste bewirken den langsamen Transport des Klinkers durch den Kühler. Es muss möglich sein, die Geschwindigkeit der Roste zu variieren, um den Klinkerdurchsatz und die Schichtdicke dem Produktionsprozess anzupassen. Ebenso wichtig ist es, die durch die Roste eingeblasene Luftmenge zu variieren, um die Druckverhältnisse aufrechtzuerhalten und die erforderliche Kühlung zu garantieren.

### 1 Clinker cooler

Except when overhauls are necessary, the cooler is in operation 24 hours a day, 365 days a year. The task of the clinker cooler is to cool the clinker leaving the kiln at a temperature of 1100 °C to 1200 °C down to about 100 °C. Only at this much lower temperature can the clinker be transported, stored or further processed. Clinker coolers consist mainly of movable grates through which cooling air is blown. Forward and backward movement of the grates transports the clinker slowly through the cooler. It must be possible to vary the speed at which the grates move in order to adapt the clinker throughput and layer thickness to the production process. Similarly, it must be possible to adjust the flow rate of the air blown through the grates in order to maintain the prevailing pressure ratios and ensure the required cooling.

Von den ungefähr 60 bis 80 kWh elektrischer Energie, die für die Herstellung von einer Tonne Klinker benötigt werden, werden mehr als 10 % allein für die Kühlung des Klinkers aufgewendet. Die richtige Wahl des Kühlerantriebssystems führt vor allem auch zu Einsparungen bei den Betriebskosten.

## 2 Konstante oder veränderliche Drehzahl?

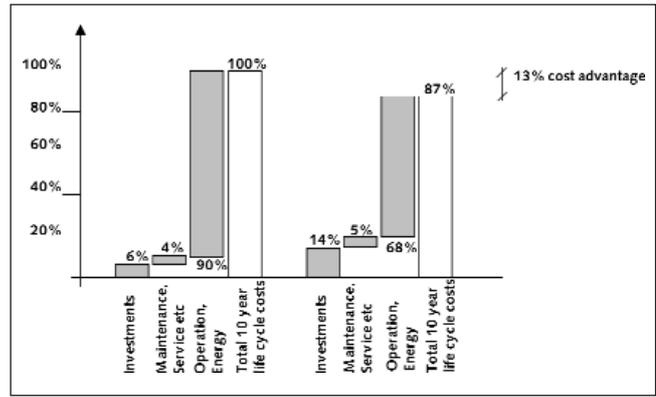
Die Kühlluftmenge muss laufend dem Produktionsprozess angepasst werden. Das kann entweder bei konstanter Gebläsedrehzahl durch Verändern des Luftkanalquerschnitts mittels Klappen oder bei konstantem Luftkanalquerschnitt durch Verändern der Drehzahl der Gebläse erreicht werden.

**Tabelle 1** zeigt einen Vergleich von Antrieben mit konstanter Drehzahl (direct on-line DOL) und Regelantrieben (variable voltage, variable frequency VVVF). Die Betriebskosten während der Lebensdauer der Anlage sind von entscheidender Bedeutung. Die folgende Rechnung basiert auf einem Zeitraum von zehn Jahren mit einem Kühlerantriebspaket von zehn Gebläsen. Die Investitionskosten umfassen Ausrüstungen, Ersatzteile, Raumbedarf für Umrichter und Transformator, Umrichter Kühlung, Installation und Verkabelung, Grundausbildung des Personals, Projektmanagement und Engineering für den Kunden. Die Betriebskosten ergeben sich aus dem Energiebedarf, den Schmier- und Verbrauchsstoffen.

**Tabelle 2** zeigt die Kosten für Regelantriebe im Vergleich zu Kosten für Antriebe mit konstanter Drehzahl. **Bild 1** zeigt die Kosten für eine Betriebsdauer von zehn Jahren bei Antrieben mit konstanter und veränderlicher Drehzahl. In diesem Fall machen die Investitionskosten für die Antriebe im Vergleich zu den Betriebskosten den kleineren Teil des gesamten Betrages aus. Der Hauptgrund dafür ist der viel höhere Energiebedarf der Gebläse, wenn diese mit einer konstanten Drehzahl betrieben werden. 85 % des Volumenstroms wurden als durchschnittlicher Betriebspunkt für die Gebläse angenommen. Die Angaben in Prozent wurden auf der Grundlage von 0,04 € pro kWh berechnet. Demnach sind nach einer Betriebsdauer von zehn Jahren die Kosten drehzahl geregelter Systeme um 13 % günstiger. Deshalb ist es energietechnisch und vor allem aus Kostengründen nicht sinnvoll, einen Kühler mit unregulierten Motoren zu wählen.

## 3 Drehzahl geregelter Einzelantrieb

Die hier betrachteten Frequenzumformer arbeiten nach dem Prinzip des Spannungswiderrückumformers. Zunächst wird die Netzspannung gleichgerichtet und auf einen Zwischenkreis geladen, der im Wesentlichen aus Kondensatoren besteht. Der



**1** Betriebskosten für einen Zyklus von 10 Jahren für einen Antrieb mit konstanter Drehzahl und einen drehzahl geregelten Antrieb  
**1** 10 year life cycle costs of fixed and variable speed drive

Of the approximately 60 to 80 kWh of electrical energy required to produce one ton of clinker, more than 10 % is needed just to cool the clinker. Hence, it makes good sense to give careful thought to the choice of drive system for the cooler.

## 2 Fixed speed or variable speed?

As mentioned, the cooling air flow rate has to be continuously adapted to the production process. This can be achieved either by keeping the rotational speed of the fans constant and using flaps to adjust the cross-section of the air duct, or by keeping the cross-section of the duct constant and varying the speed at which the fans rotate.

**Table 1** shows some comparisons of fix speed drives (DOL) versus variable speed drives (VVVF). The lifecycle costs of the installation are of decisive importance. The following life cycle calculation will consider a time period of 10 years. A cooler drive package with 10 fans will be taken as the basis for the calculation. Included in the cost of investment are equipment, spare parts, space required for converter and transformer, converter cooling system, installation and cabling, basic training and customer project management and engineering. The operating costs cover power demand, lubricants and expendables.

**Table 2** shows the variable speed drives costs related to fixed speed drives cost. **Figure 1** shows the 10 year life cycle costs of fixed speed drive and variable speed drive. In this case the investment costs for the drives make up the smallest part of the total. The operating costs are of far greater significance. This is mainly because the fans require much more energy when they

**Tabelle 1:** Vergleiche von Antrieben mit konstanter Drehzahl und drehzahl geregelten Antrieben

**Table 1:** Some comparisons of fix speed drives versus variable speed drives

Kühlergebläse/ Cooler fan:	Konstante Drehzahl/Fixed Speed [DOL]	Variable Drehzahl/Variable Speed [VVVF]
Investitionskosten <i>Investment costs</i>	100 % Investitionskosten <i>100 % investment costs</i>	Ungefähr 200–250 % einer DOL-Anlage <i>Compared to the investment costs of a DOL installation they are around 200–250 %</i>
Energieverbrauch <i>Energy consumption</i>	Durch Klappen gesteuerter Luftstrom <i>Airflow controlled by dampers</i>	Drehzahl geregelter Luftstrom <i>Airflow controlled by speed variation</i>
Anlassen <i>Starting</i>	Der Anlassstrom beträgt in Abhängigkeit vom Motor mehr als 700 % <i>The starting current lies above 700 %, depending on the motor</i>	Der Anlassstrom hängt u. a. von der Beschleunigungsrampe und der Trägheit der Last ab, er kann durch den Umrichter auf 100 % begrenzt werden. <i>The start-up current depends beside others on the acceleration ramp and the inertia of the load. Can be limited by converter to 100 %</i>
Harmonische Verzerrung des Versorgungsnetzes <i>Harmonic distortion of the supplying network</i>	Keine durch den Motor verursachte harmonische Verzerrung <i>No harmonic distortion caused by the motor</i>	Bild 5 zeigt das „Worst-case-Scenario“ auf der Grundlage einer Einspeisung mit einer 6-pulsigen Diodenbrücke <i>Figure 5 shows the worst case scenario based on a 6-pulse diode bridge line supply unit</i>

mit schaltbaren Halbleiterelementen versehene Wechselrichter formt dann die Gleichspannung wieder in Wechselspannung um, so dass diese in Frequenz und Spannung angepasst werden kann. Entsprechend der angelegten Frequenz wird nun die Drehzahl eines angeschlossenen Käfigläufermotors geregelt. Die Spannung muss ebenfalls in Abhängigkeit von der Frequenz geregelt werden, damit der induzierte Fluss konstant bleibt. **Bild 2** zeigt das Grundprinzip eines VVVF-Antriebs. Durch den Einsatz von Regelantrieben wird es möglich, die Anpassungen an den Prozess vorzunehmen.

### 3.1 Sanftes Anfahren

Das direkte Einschalten eines Käfigläufermotors ans Netz verursacht einen Spannungsabfall, dessen Ausmaß von der Kurzschlussleistung des Netzes abhängt. Das heißt, dem gerade gestarteten Motor steht nicht die volle Spannung zur Verfügung, da diese noch zusätzlich durch den Spannungsabfall im Kabel vom Netz zum Motor reduziert wird. Bei einem Motor mit 250 kW, der mit einem 100 m langen Kabel an das Niederspannungsnetz mit einer Kurzschlussleistung von 200 MVA angeschlossen ist, liegt an den Motorklemmen nur noch eine Spannung von ca. 62 % des Nennwerts an. Das Verhältnis zwischen dem Drehmoment des Motors und der angelegten Spannung ist quadratisch, so dass in diesem Fall weniger als 40 % des Beschleunigungsdrehmoments zur Verfügung stehen. In Abhängigkeit vom Belastungsmoment besteht sogar die Möglichkeit, dass der Motor gar nicht beschleunigt und der Rotor überhitzt und schließlich zerstört wird.

Ein Frequenzumrichter der beschriebenen Art bezieht vom Netz nur Wirkleistung. Da das Verhältnis zwischen dem Anstieg der Motorspannung und der Motordrehzahl linear ist, ist auch die Aufnahme der Wirkleistung (d. h. des Motorstroms) linear. In vielen Fällen ist der Einschaltstrom auf 100 % des Nennstroms begrenzt. Somit ist ein Spannungsabfall in der Größenordnung wie beim direkten Einschalten ausgeschlossen.

### 3.2 Bremsmöglichkeiten

Während des Normalbetriebs blasen alle Kühlergebläse so viel Luft in den Kühler, wie der Prozess es erfordert. Diese Luft wird dann durch einen Abluftventilator über Filter abgesaugt und gelangt ins Freie. Wenn einer der Lüfter ausfällt, entweicht ein Teil der Luft über diesen Ventilator, der nun in entgegengesetzter Richtung beschleunigt wird. Die Laufrichtung des Ventilators wieder umzukehren, ist relativ schwierig.

Der Motor wirkt nun als Generator und speist Energie in den Gleichstromzwischenkreis des Umrichters. Daher bewirkt ein weiteres Abbremsen des Motors einen Spannungsanstieg im

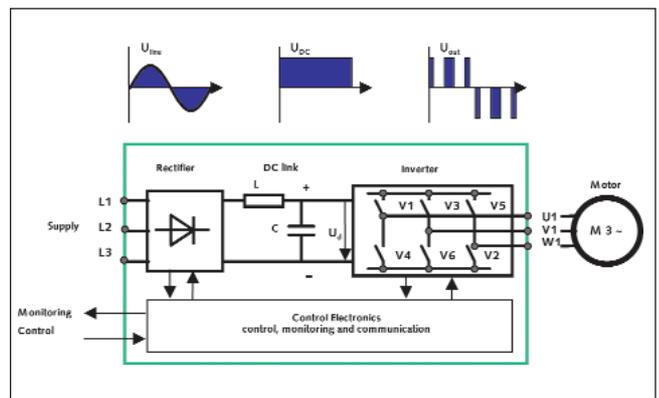
**Tabelle 2:** Kosten für drehzahlgeregelte Antriebe im Vergleich zu Kosten für Antriebe mit konstanter Drehzahl

**Table 2:** Variable speed drives costs related to fixed speed drives costs

	Konstante Drehzahl Fixed Speed [DOL]	Drehzahlregelung <sup>1</sup> Variable Speed [VVVF]
Investitionen/ <i>Investment</i>	6 %	14 %
Betriebskosten/ <i>Operating costs</i>	90 %	68 %
Betrieb/Wartung <i>Service/maintenance</i>	4 %	5 %
Gesamt/ <i>Total</i>	100 %	87 %

<sup>1</sup> Alle Prozentzahlen basieren auf 100 % der Kosten für einen Antrieb mit konstanter Drehzahl [DOL]

*All the percentages are based on 100 % costs for "Fixed Speed [DOL]"*



**2 Grundprinzip einer VVVF-Steuerung**  
2 Basic principle of a VVVF

are run at fixed speed. An 85 % volumetric flow was assumed as the average fan load. The percentage figures given above were calculated on the basis of a kWh cost of 0.04 €. Therefore, over the 10 year lifecycle the variable speed system is 13 % better in terms of cost. Accordingly, it makes absolutely no sense, from the energy standpoint and especially in terms of cost, to use fixed speed motors to drive the coolers.

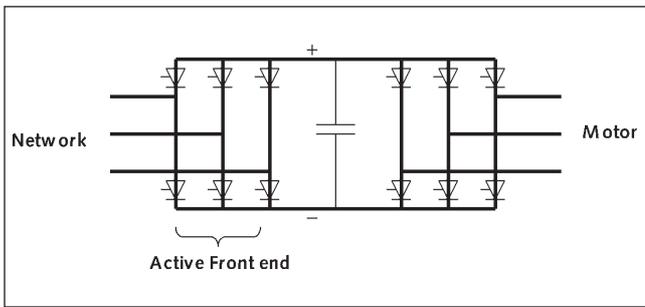
### 3 Variable speed single drive solution

The frequency converters considered here are of the voltage-source type. The system voltage is first rectified, then stored in a DC link consisting mainly of capacitors. The inverter, with switchable semiconductor devices, subsequently converts the DC voltage back into AC to allow adjustment of its frequency and voltage. The speed of a connected cage motor is now varied according to the applied frequency. To ensure that the induced flux remains constant, the voltage also has to be varied as a function of the frequency. **Figure 2** shows the basic principle of a VVVF. With variable speed drives it is possible to make the adjustments which the process requires.

#### 3.1 Soft starting

Direct on-line starting of a cage motor causes a voltage drop in the mains, the magnitude of which depends on that mains' short circuit power rating. In other words, the motor being started cannot count on the full voltage, as this is additionally reduced by the voltage drop in the cable connecting the motor to the mains. In the case of a 250 kW motor connected by a 100 meters long cable to a low-voltage network with a short-circuit power rating of 200 MVA, the voltage across the motor terminals will be only about 62 % of its nominal value. A square-law relationship exists between the motor torque and the applied voltage, so that in this case less than 40 % of the accelerating torque is available. Depending on the load torque, there is even a possibility that the motor will not accelerate and the rotor will overheat and eventually be destroyed.

A frequency converter of the type described takes only active power from the mains. As there is a linear relationship between the rise in motor voltage and motor speed, it follows that the consumption of active power (i.e. motor current) is also linear. In many applications, the starting current is normally limited to the full nominal current. Thus, there is no chance at all of the voltage drop being as large as with direct starting.



3 Voll rückspeisbarer Wechselrichter eines Zwischenkreises  
 3 Full regenerative voltage source inverter

Gleichstromzwischenkreis, da die Energie nicht abgebaut werden kann. Die überschüssige Energie muss aber abgebaut werden, um Überspannungen zu verhindern. Das kann entweder durch einen Bremschopper mit einem Bremswiderstand im Gleichstromzwischenkreis oder einer Rückspeiseeinheit erreicht werden. Während beim Einsatz eines Bremschoppers und eines Bremswiderstands die überschüssige Energie in ökonomisch wertlose Wärme umgewandelt wird, kann beim Einsatz der rückspeisefähigen Anlage die gesamte Energie, mit Ausnahme des Eigenverlusts, wieder in das Netz eingespeist werden.

### 3.2.1 Bremschopper mit Bremswiderstand

Wie bereits bei der Standardlösung eines Antriebs beschrieben, wird normalerweise eine 6- oder 12-pulsige Diodenbrücke eingesetzt, wobei ein Energiefluss nur vom Wechselstromnetz zum Motor möglich ist und nicht in umgekehrter Richtung. Da das Abbremsen eines sich drehenden Motors bzw. einer Last die Spannung im Gleichstromkreis des Umrichters erhöht, muss diese Energie eliminiert werden, beispielsweise in einem Widerstand.

Sobald der Gleichstromkreis ein hohes Niveau erreicht hat, wird ein Bremschopper aktiviert, der die Gleichstromsammelschiene direkt mit einem Widerstand verbindet. Dieser so genannte Bremswiderstand vergeudet jedoch die Energie. Ein Bremschopper kann eine Lösung sein, wenn

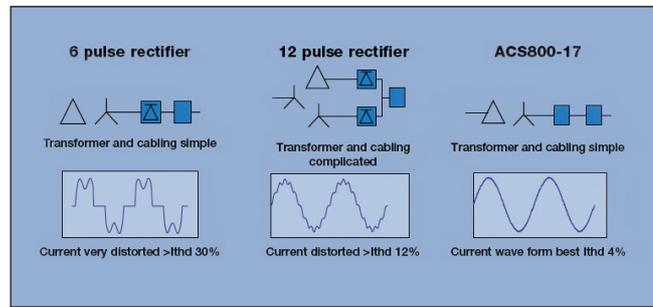
- Bremsen nur gelegentlich erforderlich ist,
- es nur eine kleine Menge Energie gibt,
- gebremst werden muss, weil die Hauptwechselstromversorgung ausgefallen ist.

### 3.2.2 Rückspeisefähige Einspeisung

Der rückspeisefähige Antrieb auf der Basis eines Wechselrichters an der Einspeisung, auch Active Front End (AFE) genannt, (**Bild 3**) steht im Gegensatz zu dem o. a. Konzept. Mit modernen, rückspeisefähigen Geräten auf der Basis von Bipolartransistoren mit isoliertem Gitter (Insulated Gate Bipolar Transistor IGBT) ist es möglich, die Spannung der Gleichstromsammelschiene unabhängig von Energiefluss und -richtung zu steuern. Weiterhin kann der Antrieb erforderlichenfalls mit einem Leistungsfaktor  $(\cos-\varphi) = 1$  betrieben werden. Das heißt, nur Wirkstrom wird vom Netz entnommen, und der Oberschwingungsstrom wird auf einen Minimalwert reduziert.

## 3.3 Harmonische Verzerrung

Jeder Frequenzumrichter erzeugt Oberschwingungen, die entweder eine Spannungsverzerrung oder eine Verzerrung der Stromkurve verursachen (**Bild 4**). Dabei hängt die Stromver-



4 Überblick über Alternativen zu Oberschwingungen  
 4 Harmonics overview alternatives

## 3.2 Possibility of braking

In normal operation, all the cooler fans blow air into the cooler at the rate demanded by the process. This air is afterwards extracted, via filters, by an exhaust-air fan and is emitted into the atmosphere. If one of the fans should fail, some of the air will escape through that fan, which now accelerates in the reverse direction. Getting this fan running in the proper direction again is not as easy as it might seem.

The motor now acts as a generator and feeds energy into the DC link of the converter. As a result of this, further braking of the motor causes an increase in the DC link voltage since the energy cannot be reduced. However, the surplus energy has to be reduced if overvoltages are to be prevented. This can be achieved with a brake chopper and braking resistor in the DC link or with a regenerative supply-section. Whereas the variant with braking chopper and braking resistor converts the surplus energy into heat and therefore has no economic value, the second variant with the recovery unit allows all of the energy, with the exception of internal losses, to be fed back into the mains.

### 3.2.1 Braking chopper with braking resistor

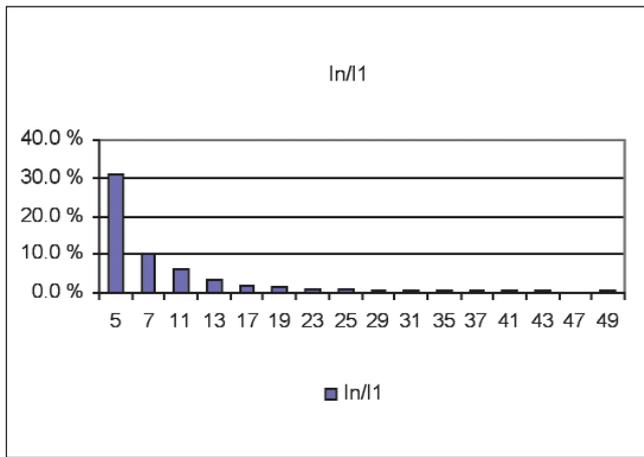
As in the previously mentioned standard drive solution normally a diode bridge either 6- or 12-pulse is implemented; there is only energy flow from AC Network to the motor possible and not vice versa. Since braking of a rotating motor respective load, will increase the voltage in the DC circuit of the converter this energy has to be eliminated, e. g. by heating them in a resistor.

As soon as the DC circuit reaches a high level a braking chopper will be activated and connect the DC bus directly to a resistor the so-called braking resistor. This installation is relatively simple and well known, but will waste energy. A braking chopper might be a solution if

- the braking is needed only occasionally,
- there is only a small braking energy,
- there is the request for braking in case the main AC supply is lost.

### 3.2.2 Regenerative supply

Contrary to the above-mentioned concept is the regenerative drive based on an inverter at the supply unit also called Active Front End (AFE) (**Fig. 3**). Modern IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) based regenerative units are able to control the DC bus voltage regardless of the power flow and its direction. Second, the drive can be operated if required with a  $(\cos-\varphi) = 1$  what means only active current is taken from network and third the harmonics are reduced to a minimal value.



5 Harmonische Verzerrung des Stroms einer 6-pulsigen Eingangsdiodenbrücke  
5 Current harmonic distortion of a 6-pulse input diode bridge

zerrung von der Art der Einspeisung des Umrichters ab, während die Spannungsverzerrung hauptsächlich von der Konfiguration des Netzes abhängt. Die gesamte Nennleistung der vom Umrichter gespeisten Kühlerantriebe erzeugt über eine 6-pulsige Diodenbrücke eine Gesamtstromverzerrung von ca. 30 bis 35 % auf der Primärseite des Umformertransformators. **Bild 5** zeigt die Stromverzerrung einer 6-pulsigen Eingangsdiodenbrücke. Würden alle Kühlermotoren an einem 12-pulsigen Umrichter betrieben werden, erzeugt man weniger Oberschwingungen, weil der 12-pulsige Kreis die fünfte und siebte Oberschwingung zum größten Teil eliminiert. Die gesamte installierte Motorkapazität in einem Klinkerkühler beträgt ca. 1 bis 1,5 MW. Es ist nicht möglich, alle kleinen Kühlerantriebe 12-pulsig auszuführen, da die Niederspannungsverteilung normalerweise nur drei Phasen hat und somit 6-pulsig ausgeführt ist.

### 3.4 Platzbedarf und Verkabelung

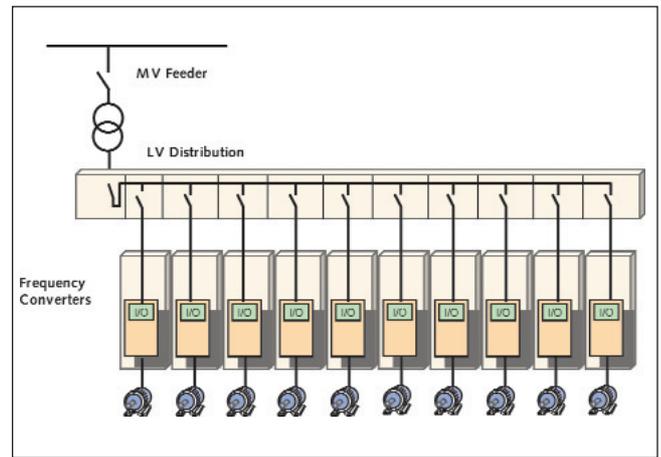
Wenn alle Kühlergebläse drehzahlregelt ausgeführt sein sollen, wird zusätzlicher Platz im E-Raum erforderlich. Jeder einzelne Frequenzumrichter benötigt seine eigene, separate Einspeisung aus einer Niederspannungsverteilungsanlage. **Bild 6** zeigt die Grundkonfiguration von Einzelantrieben. Die individuelle Verkabelung und der Montageaufwand für jede einzelne Einspeisung dürfen ebenfalls nicht vernachlässigt werden.

### 3.5 Schlussfolgerung

Aufgrund der dargelegten Fakten sollten nur drehzahlregelte Kühlerantriebe infrage kommen. Es gibt jedoch noch einige Nachteile drehzahl geregelter Einzelantriebe wie z. B. die Bremsmöglichkeit, die harmonische Verzerrung und der höhere Verkabelungs- und Raumbedarf. Da der Markt eine Lösung verlangt, die alle Vorteile eines drehzahl geregelten Einzelantriebs beinhaltet, gleichzeitig aber nicht die aufgeführten Nachteile mit sich bringt, wurde eine spezielle Lösung für Anwendungsbereiche mit vielen Motoren entwickelt. Diese Lösung erhielt die Bezeichnung „Multidrive“.

## 4 Drehzahl geregelter Multidrive

Der Multidrive ist eine optimale Antriebslösung für den Kühlerbereich. Er besitzt alle Vorzüge drehzahl geregelter Antriebe



6 Grundkonfiguration von Einzelantrieben  
6 Basic configuration of single frequency converter drives

### 3.3 Harmonic distortion

Every frequency converter generates harmonics, causing distortion of either the voltage or current wave-shape (**Fig. 4**). The amount of the current harmonic distortion depends on the type of supply section of the converter, while the voltage harmonic distortion depends mainly on the network configuration. The total number of rated power of the cooler drives fed by converter generates, via a 6-pulse diode bridge, a total current harmonic distortion of approximately 30–35 % on the primary side of the converter transformer. **Figure 5** shows the current harmonic distortion of a 6-pulse input diode bridge. Running all cooler motors off a 12-pulse converter fewer harmonics are generated. This is because the 12-pulse circuit eliminates to a great extent the 5<sup>th</sup> and 7<sup>th</sup> harmonics. The total installed motor capacity in a clinker cooler is approximately 1–1.5 MW. It is not possible to use a 12-pulse configuration for all the small cooler drives as the low-voltage distribution system usually has 3 phases and is configured for 6-pulse operation.

### 3.4 Space requirements and cabling

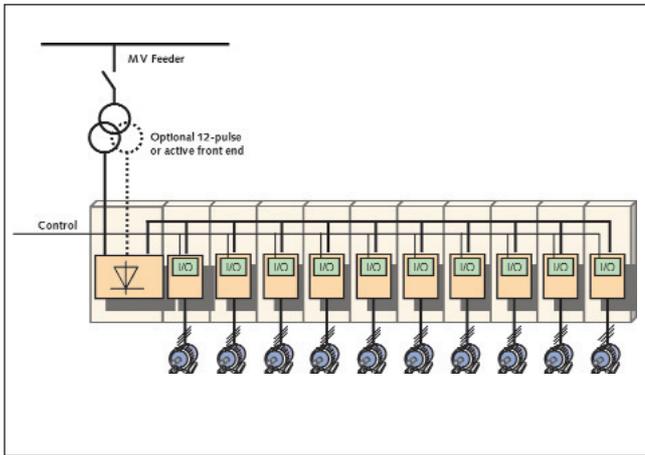
Configuring all the cooler fans for variable-speed operation calls for a certain additional space requirement in the E-room. Every individual frequency converter requires its own separate feeder from an LV distribution system. **Figure 6** shows the basic configuration of single frequency converter drives. Something else which cannot be ignored is the individual cabling work and assembly effort required for every one of the feeders.

### 3.5 Conclusion

According the facts mentioned, the solution for cooler drives only should be variable speed. But there are still some disadvantages of using variable speed single drives, like braking possibility, harmonic distortion, higher cabling request and space requirement. As the market demands a solution that includes all of the advantages of a variable speed single drive and at the same time gets rid of the disadvantages mentioned a solution was created especially for such multi-motor applications. The solution is called “Multidrive”.

## 4 Variable speed multi drive solution

The Multidrive can be referred to as an “optimized drive solution for the cooler area”. It offers all of the benefits of variable



7 Grundkonfiguration von Antrieben mit Multidrive  
7 Basic configuration of multidrive

und eliminiert viele Nachteile von Einzelantrieben auf wirtschaftlich rentable Weise.

Anders als bei Einzelantrieben, die aus eigenem Gleichrichter, Gleichstromzwischenkreis und Wechselrichter bestehen müssen, wird beim Multidrive die erforderliche Gleichspannung in einer „zentralen“ Einheit erzeugt und in den gemeinsamen Gleichstrombus gespeist, an den die einzelnen, unabhängig arbeitenden Wechselrichter angeschlossen sind. Alle wünschenswerten Eigenschaften eines Einzelantriebs bleiben erhalten. **Bild 7** zeigt die Grundkonfiguration eines Multidrive. Die einzelnen Wechselrichter müssen nicht alle die gleiche Leistung haben. Im Gegenteil, ein Multidrive-Paket kann aus Antrieben sehr unterschiedlicher Größe bestehen.

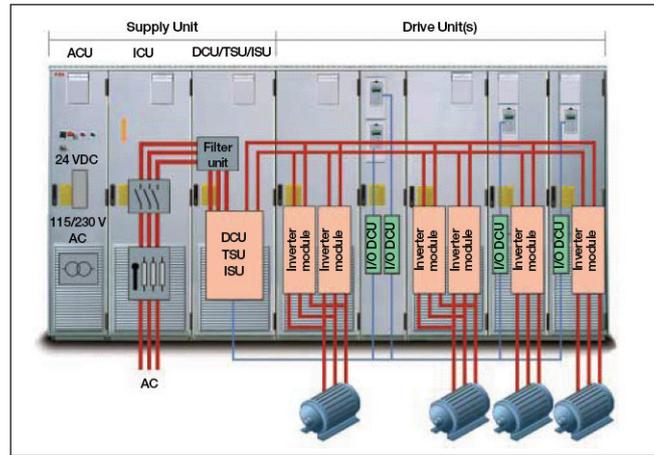
#### 4.1 Hauptmerkmale des Multidrive

**Bild 8** zeigt die Grundkonfiguration eines Multidrive mit vier angeschlossenen Motoren. Die Einspeisung besteht aus der Steuereinheit (ACU), der Eingangseinheit (ICU), der Filtereinheit und der Gleichrichtereinheit (DCU, TSU, ISU). Der Schaltschrank enthält alle erforderlichen Schnittstellenverbindungen zum Leitsystem des Kunden. Falls erforderlich, können hier auch alle kundenspezifischen Komponenten, wie z. B. die Speisungen für die Motorenlüfter und Stillstandsheizungen, installiert werden. Weitere mögliche Komponenten sind Schutzvorrichtungen wie z. B. PT100-Geräte für die Überwachung der Motorwicklungen und Lager. In der Eingangseinheit ist der Leistungsschalter bzw. der Schütz untergebracht. Eine Filtereinheit wird für die Einspeisung benötigt, wenn eine rückspeisefähige Gleichrichterbrücke (AFE) vorhanden ist. Normalerweise wird eine Diodenbrücke als Gleichrichtereinheit eingesetzt. Falls die Energierückführung ständig ermöglicht werden muss, werden zur Rückeinspeisung IGBTs anstelle der Dioden eingesetzt.

Der Antriebsteil besteht aus den Wechselrichtern. Die Motoren sind an diese angeschlossen und werden von diesen gesteuert. Dort gehen einzelne Steuerbefehle vom Leitsystem des Kunden ein, z. B. Drehzahlswerte.

#### 4.2 Investitionskosten

Da die Betriebs- und Wartungskosten für drehzahlgeregelte Einzelantriebe und den drehzahlgeregelten Multidrive nahezu



8 Grundkonfiguration eines Multidrive mit vier angeschlossenen Motoren  
8 Basic configuration of a multidrive with four connected motors

speed drives and eliminates in an economically viable way many of the drawbacks of individual drives.

Unlike individual drives, which have to have their own rectifier, DC link and inverter, the Multidrive system generates the required DC voltage in a “central” unit and feeds it into a common DC bus, to which the individual, independently operated inverters are connected. All the desirable features of an individual drive are still retained. **Figure 7** shows the basic configuration of a multi drive. The individual inverters do not all have to have the same power rating. On the contrary, a Multidrive package can consist of drives of very different sizes.

#### 4.1 The Multidrive's main features

**Figure 8** shows the basic configuration of a multidrive with four connected motors. The supply section consists of the Control Unit (ACU), the Incoming Unit (ICU), the Filter Unit and the Rectifier Unit (DCU, TSU, ISU). The control cabinet contains all the necessary interface connections to the customer's control system. If required, all customer specific components, such as feeders for the motor fans and motor space heaters, can also be installed here. Other possible components are the parts for monitoring, e.g. PT100 units for monitoring the motor windings and bearings. In the Incoming Unit the breaker or contactor is located. A Filter Unit is needed for the supply section when a regenerative rectifier bridge is used (AFE). Normally, a diode bridge is used as Rectifier Unit. In cases where energy feedback must always be possible, IGBTs are used in place of the diodes to enable regenerative operation.

The drive section consists of the Inverter Units. The motors are connected to those it and controlled by them. They receive individual control commands, such as speed reference signals, from the customer's control system.

#### 4.2 Investment costs

As a the operating costs as well as the service and maintenance costs are almost the same for variable speed single drive and variable speed multi-drive only the total investment costs are of interest. Compared to 100 % investment costs for variable speed single drive solution (6-pulse diode bridge), the investment costs will be reduced with variable speed multi-drive solution (12-pulse diode bridge) to 93 % and with variable speed multi

gleich sind, sind lediglich die Gesamtinvestitionskosten von Interesse. Im Vergleich zu 100 % Investitionskosten für drehzahlgeregelte Einzelantriebe (6-pulsige Diodenbrücke) werden die Investitionskosten für den drehzahlgeregelten Multidrive (12-pulsige Diodenbrücke) auf 93 % und den drehzahlgeregelten Multidrive (6-pulsig mit rückspeisbarer Einspeisung) auf 90 % reduziert. Die folgenden Punkte wurden bei der Berechnung berücksichtigt: Mittelspannungsverteilung, Transformator (Umrichtertransformator für Diodenbrücke, Verteilungstransformator für rückspeisbare Einspeisung), Niederspannungsverteilung, Kompensations- und Filtereinheiten (nur für Diodenbrücke), Umrichter, Kabel, Montage und Inbetriebnahme. Diese Daten können in Abhängigkeit von der Anlage variieren. Im Allgemeinen ist eine Lösung mit Multidrive kostengünstiger als mit Einzelantrieb. Generell kann jedoch ein drehzahlgeregeltes Antriebssystem für Gebläse mit geringeren Kosten betrieben werden als ein Antriebssystem mit konstanter Drehzahl und einer durch Klappen geregelten Luftmenge.

#### 4.3 Schlussfolgerungen

Ein Multidrive ist durch folgende Merkmale gekennzeichnet:

- weniger Verkabelung durch eine einzige Energiezufuhr für mehrere Antriebe,
- energiesparendes Motor-zu-Motor bremsen,
- reduzierter Raumbedarf,
- Möglichkeit die Einspeisung 12-pulsig auszuführen, dadurch geringere Oberschwingungen,
- alle Vorteile eines drehzahlgeregelten Einzelantriebs bleiben erhalten,
- Möglichkeit des Einsatzes einer Rückspeisung, wodurch Stromoberschwingungen reduziert werden können.

### 5 Beispiel einer optimierten Antriebslösung für einen Kühler

Im Zementwerk Ciment Alesd, Holcim (Rumänien) S. A., wurden folgende Grundeinrichtungen installiert: sechs Gebläse, drei Rostantriebe, Spannung 380 V, gesamter Energieverbrauch 565 kW.

Für die Kühlerantriebe wurde eine Multidrive-Anlage mit folgenden Merkmalen installiert:

Die Anlage wird über einen Antriebstransformator mit einer Nennleistung von 1000 kVA aus einem 6-kV-Netz gespeist. Beide Gleichrichter sind für 70 % der Last ausgelegt. Sollte eine Diodenbrücke ausfallen, können noch 70 % der Motorleistung abgegeben werden, ohne dass ein einziger Kühlerantrieb angehalten werden muss. Jede Diodenbrücke ist auf der Einspeisungsseite mit einem abschließbaren Sicherungslastschalter und auf der Seite der Gleichstromsammelschiene mit einem abschließbaren Lasttrennschalter ausgerüstet, so dass eine defekte Diodenbrücke bei laufenden Kühlergebläsen repariert werden kann. Wenn eine Diodenbrücke ausfällt, kann die andere noch ca. 83 % der maximal benötigten Luftmenge zur Verfügung stellen, ohne dass die Kühlerantriebe angehalten werden müssen. Beide Aggregate werden normalerweise im Dauerbetrieb gefahren (hot standby). Für jedes Kühlergebläse sind einzelne Wechselrichter vorgesehen, die an den gemeinsamen Gleichstrombus angeschlossen sind. Jede Einheit arbeitet unabhängig und hat ihre eigene serielle Schnittstelle zum Prozessleistsystem.

Es ist möglich, die Anlage zu einem späteren Zeitpunkt zu erweitern, sofern dies bei der Bestellung vorgesehen wird. Fol-

drive solution (6-pulse regenerative supply section) to 90 %. The calculation considered the following points where necessary: MV-distribution, transformer (converter transformer for diode bridge, distribution transformer for regenerative supply section), LV-distribution, compensation and filter units (only for diode bridge), converters, cables, installation and commissioning. These data may vary depending on the plant. Generally a multidrive solution is more cost efficient than a single drive solution. It is important, however, to understand that a variable speed fan drive system can be operated at a lower cost than one with a fixed speed and flap-controlled air flow rate.

#### 4.3 Conclusions

A Multidrive is characterized by:

- reduced cabling, due to the single power entry for multiple drives,
- energy-saving motor-to-motor braking,
- reduced space requirement,
- easy to create 12-pulse line supply section, thereby lower harmonics,
- all the benefits of a single variable speed drive are retained,
- possibility to apply a regenerative supply unit being able to reduce current harmonics.

### 5 Example of an "optimized drive solution for the cooler area"

At Ciment Alesd, Holcim (Romania) S.A., the following base has been installed: Fan 6 pc, grate drives 3 pc, Voltage 380 V, total power consumption 565 kW.

A Multidrive system with the following features has been installed for the cooler drives:

The system is fed from a 6 kV network via a drive transformer rated at 1000 kVA. Both rectifiers are dimensioned for 70 % load. Should a diode bridge fail, 70 % of the motor power can still be delivered without having to stop a single cooler drive. Each diode bridge is equipped with a lockable fused load disconnect switch and a main contactor on the incoming side and a lockable load disconnect switch on the DC bus side, so that a faulty diode bridge can be repaired with the cooler fans still running. In the event of one diode bridge failing, the other can provide approx. 83 % of the max. air flow required without having to stop the cooler drives. Both units are normally kept running continuously (hot stand-by). Individual inverter units, connected to the common DC bus, are provided for each cooler fan. Each unit is operated independently and has its own serial interface to the process control system.

The system can be extended at a later stage, if it is planned when placing the order. With the installation the following cost savings were achieved:

- No braking choppers and resistors needed, thereby less space required, reduced wiring and lower costs,
- fewer motor feeders, thereby less space required and lower costs,
- fewer cables and less cable laying, thereby lower costs,
- 12-pulse drive system easily realized, thereby reduced harmonics, no or lower costs for filters,
- reduced costs for engineering, erection and commissioning.

Each drive is equipped with a local control panel for controlling and programming the inverter. Remote control is provided

gende Kosteneinsparungen wurden mit dieser Anlage erreicht:

- Es werden keine Bremschopper und -widerstände benötigt, dadurch geringerer Raumbedarf, weniger Verdrahtung und niedrigere Kosten,
- weniger Motorabgänge in der Niederspannungsverteilung, dadurch geringerer Platzbedarf und weniger Kosten,
- weniger Kabel und Kabelverlegung, dadurch geringere Kosten,
- leicht zu realisierendes 12-pulsiges Antriebssystem, dadurch geringere Oberschwingungen, keine oder weniger Kosten für Filter,
- reduzierte Kosten für Engineering, Montage und Inbetriebnahme.

Jeder Antrieb ist mit einem örtlichen Bedienpanel für die Steuerung und Programmierung des Wechselrichters ausgerüstet. Die Fernsteuerung erfolgt durch das SPS-System des Kunden. Die Befehle werden über eine Profibus-DP-Schnittstelle zu den Antrieben übertragen.

## 6 Schlussfolgerungen und Ausblick

Betrachtet man nur die direkten Investitionskosten, ist es relativ einfach, sich für eine Investition zu entscheiden. Es hat sich jedoch gezeigt, dass bei solchen Entscheidungen die Betriebskosten eine wesentlich wichtigere Rolle spielen sollten.

Grundsätzlich sollte der Luftstrom eines Ventilators durch die Drehzahl geregelt werden. Das ist viel ökonomischer, besonders unter Teillast. Die Möglichkeit, mehrere Einzelantriebe zusammenzufassen (Multidrive), eröffnet neue Anwendungsgebiete, in denen drehzahlgeregelte Antriebe eingesetzt werden können. Dadurch kann die Kostenrentabilität von Zementanlagen gesteigert werden. Vorteile ergeben sich aus den reduzierten Verkabelungsarbeiten, da die Kabel von der Niederspannungsverteilung zu den einzelnen Umrichtern beim Multidrive entfallen. Oft spielt auch der Raumbedarf eine wichtige Rolle, speziell bei Modernisierungsprojekten, wenn bauliche Möglichkeiten bzw. E-Räume begrenzt sind.

Überall dort, wo mehrere drehzahlgeregelte Antriebe ihre Energie aus dem gleichen E-Raum erhalten, ist es möglich, sie zusammenzufassen und mit einem Multidrive zu betreiben. In Abhängigkeit von der Stromversorgung kann es vorteilhaft sein, die Spannung zu erhöhen und die Motoren bei 600 oder 690 V zu betreiben. Das führt zu einer Reduzierung des Stroms und des Kabelquerschnitts.

by the client's PLC system. The commands are transmitted to the drives via a Profibus-DP interface.

## 6 Conclusions and outlook

It is a relatively simple matter to decide which investment to choose when only the direct investment costs are considered. It has been shown, however, that the operating costs should play a far more important role in such decisions.

Basically the air flow of a ventilator should be controlled by variable speed. This is much more economical especially when operated at part load condition. The possibility of grouping individual drives in an installation (Multidrive) opens up new areas of application in which variable speed drives can be employed to increase the cost-efficiency of cement plants. Benefits result from the fact that less cable work is needed since the power cables from LV-distribution to the individual converters can be eliminated by the Multidrive variant. Space requirements are often also an important issue especially by up-grading projects where the civil work respectively the space in the E-rooms are limited.

Wherever different variable speed drives receive their power from the same electrical equipment room, it will be possible to group them together and operate them by means of a Multidrive. Depending on the power supply, it may be better to step up to a higher voltage and run the motors at 600 or 690 V. This will reduce the currents, allowing a reduction in the cable cross-section.





**ABB Switzerland Ltd**  
CH-5401 Baden-Dättwil  
Switzerland

Phone +41 58 586 8444  
Fax +41 58 586 7333  
E-Mail [process.industries@ch.abb.com](mailto:process.industries@ch.abb.com)

[www.abb.com/cement](http://www.abb.com/cement)