

Lüfter für Kühlgeräte mit verbesserter Performance

Tiefkühltruhen und -schränke mit automatischer Abtau-Funktion sowie Frischkühlbereiche in Kühlschränken sind von Umluftgebläsen abhängig. In modernen auf Konvektion basierenden Systemen spielt die Zuverlässigkeit des No-Frost-Lüfters eine wichtige Rolle, da ein Ausfall dieses Lüfters auch zu einem Ausfall des Gefriergerätes führen würde.

Nachfolgend werden Lüfter für Kühlgeräte beschrieben, die mit Blick auf hohe Zuverlässigkeit und möglichst geringem Energieverbrauch entwickelt wurden. Das hier beschriebene Gleitlagersystem basiert auf neuen Materialien und die Elektronik wurde mit einem speziellem Feuchtigkeitsschutz ausgestattet.

Dieses System wurde eingeführt, um verlässliche Produkte herzustellen, die die strengen Anforderungen an Kühlgeräte erfüllen. Der Einsatz von bürstenlosen Gleichstrommotoren ist eine interessante Lösung für diese Anwendung.

Das Geräuschverhalten dieser Motoren wurde optimiert, um mit Wechselstrommotoren konkurrenzfähig zu sein und diese in den bestehenden Geräten problemlos ersetzen zu können.

Bedienerfreundlichkeit und komfortable Ausstattung rücken bei den heute im Handel angebotenen Kühlgeräten als Merkmal in den Vordergrund.

Gleichzeitig stellen neue Vorschriften hinsichtlich des Energieverbrauchs hohe Ansprüche an die Leistungsfähigkeit jedes einzelnen Bauteiles.

Einleitung

Motoren für Lüfteranwendungen in Gefriergeräten und Kühlschränken sind rauen Bedingungen wie sehr niedrigen

Temperaturen, hoher Luftfeuchtigkeit und schnellen Temperaturwechseln ausgesetzt.

Moderne Konstruktionen mit steuerbaren Kompressoren führen zu erhöhter Einschaltdauer des Lüfters. Daraus resultieren extreme Anforderungen an den Motor bei einer Lebensdauererwartung, die 100.000 Betriebsstunden übersteigt. Durch die angestiegene Einschaltdauer, und neue EU- und US-Richtlinien in Bezug auf den Energieverbrauch bedarf es Verbesserungen beim Wirkungsgrad des Motors.

Das dringlichste Entwicklungsziel ist jedoch die Erfüllung der ständig wachsenden Forderungen des Verbrauchers hinsichtlich der Geräuschreduzierung bei technischen Produkten.

Lüfter in Kühlgeräten sind typischerweise innerhalb des Kühlraumes montiert, das aus Kostengründen normalerweise aus thermoplastischem Material besteht. Seine akustischen Eigenschaften beinhalten eine schlechte Dämpfung. Deshalb muss der Zusammensetzung der vom Lüfter erzeugten Schwingungen besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Nachfolgend werden Verbesserungsansätze hinsichtlich Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit unter den schwierigen Bedingungen innerhalb eines Kühlgerätes aufgezeigt.

Die Eigenschaften eines Standard-Spaltpolmotors werden mit denen konkurrierender bürstenloser Gleichstrommotoren (BLDC) verglichen.

Einsatz- und Umgebungsbedingungen

In Gefrier- und Kühlschränken ist der Lüfter innerhalb der Kältezone montiert.

Das erhöht die Kompressorbelastung um die Leistungsaufnahme des Motors, was wiederum die gesamte Leistungsfähigkeit reduziert.

Blowers for Refrigerator Applications with Improved Performance

Freezers with automatic defrosting and zero degree compartments in refrigerators depend on the use of air moving devices. In modern convection based systems the reliability of the frost-free blower has become very important because failure of the blower will also cause the appliance to fail.

This paper describes blowers for cold storage appliances that have been developed with the focus on high reliability and the lowest possible energy consumption. The sleeve bearing system is based on new materials and special humidity protection is applied to the electronics. These features have been introduced in order to achieve reliable products that fulfill the stringent specifications of cold storage appliances. Today brushless DC motors are an interesting solution for these applications.

The noise properties of these motors have been optimised to resemble those of an AC motor making it a hassle-free direct replacement in existing appliances.

In today's cold storage appliances ease of use and comfort features are the main innovations that are obvious to the customer. In the background new standards for energy consumption put pressure on the efficiency of every single detail solution.

Introduction

Motors for blower applications inside a freezer or refrigerator are exposed to a harsh environment including very low temperatures, high humidity,

and rapid temperature changes.

Modern designs of variable capacity compressors lead to longer duty cycles for the blower.

This results in extreme demands on a life expectancy exceeding 100 thousand operating hours. The increased duty cycles and new standards for energy consumption in the EU and the USA require improvements to the motor efficiency.

However, the most demanding development target is the fulfillment of the continuously increasing expectations of the consumer concerning the reduction of audible noise emitted by technical products. Refrigerator blowers are typically mounted on the internal cabinet of the appliance which, for cost reasons, normally consists of a thermoplastic material. Its acoustic properties include rather poor damping. Therefore a great deal of attention must be paid to the composition of the blower induced vibrations.

This paper describes new approaches to the improvements of energy efficiency as well as reliability in the unfriendly condition inside an appliance. The properties of standard AC motors are compared to competing designs of brushless DC (BLDC) motors.

Application and Ambient Conditions

In freezer and refrigerators the typical mounting location of the blower is inside the cold cabinet. This increases the compressor load by the radiated energy loss of the motor, which further reduces the overall efficiency of the appliance.

No-Frost Gebläse

Normalerweise ist der Lüfter im Zirkulationsweg des Luftstroms zwischen Verdampfer und Gefrierfach montiert.

Im Kühlmodus bläst der Lüfter trockene, kalte Luft vom Verdampfer zum Gefrierfach.

Während des Abtau-Vorgangs liegt die Umgebungstemperatur vorübergehend über dem Gefrierpunkt, was zu höherer Feuchtigkeit durch das schmelzende Eis führt. Während dieser Phase ist der Motor ausgeschaltet und es herrscht keine Luftströmung.

Die Feuchtigkeit kondensiert dadurch auf der kalten Oberfläche des Motors. Der Motor wird wieder eingeschaltet, sobald der Verdampfer die normale Betriebstemperatur erreicht hat. Durch den trockenen Luftstrom verdunstet dann das Kondensat auf der Oberfläche des Motors.

Umluftgebläse für Kühlschränke

Umluftgebläse für Kühlschränke werden zum Beispiel genutzt, um Zonen unterschiedlicher Temperaturen innerhalb des Kühlraums zu bilden.

Dort liegt die Umgebungstemperatur knapp über dem Gefrierpunkt. Wie sehr der Lüfter Feuchtigkeit ausgesetzt ist, hängt von der Befestigungsposition ab und davon, wie häufig die Kühlschranktür geöffnet wird.

Betriebspunkt

Das typische axiale Laufrad des Ventilators hat einen Durchmesser von 100 mm.

Der bekannte Betriebspunkt liegt bei ca. 2.400 min^{-1} . Das erfordert einen Kompromiss zwischen der Leistungsfähigkeit eines Spaltpolmotors und seines Geräuschverhaltens.

Die Abgabeleistung liegt bei etwa 0,7 W. Ein hierfür typischer asymmetrischer Spaltpolmotor nimmt ca. 7 W auf, was nur 10 % Wirkungsgrad bedeutet. Die neuen Konstruktionen werden im Folgenden diskutiert und mit diesem Aufbau verglichen.

Spaltpolmotor mit verbessertem Wirkungsgrad

Ein neuer Spaltpolmotor (EM2513LN, Abb1), abzielend auf einen breiten Markt, wurde entwickelt.

Diese Neuentwicklung zeichnet sich



Abb. 1: Spaltpolmotor EM2513LN
Fig. 1: Shaded pole motor EM2513LN

durch einige neuartige Konstruktionsmerkmale aus, die zur Optimierung des Energieverbrauchs, der Zuverlässigkeit und der Anpassung an die Umgebungstemperatur dienen.

Verglichen mit den gebräuchlichen No-Frost-Motoren, wurde die Geometrie verändert, indem man den Rotordurchmesser verkleinerte bei Vergrößerung der aktiven Länge.

Der Vorteil ist eine Verringerung der Verluste, verursacht durch Endeffekte. Diese sind eine Kombination von nicht-linearen Anteilen an den Schlupfverlusten des Rotors und den Streuverlusten des Stators.

Die Verbesserungen wurden durch Reduzierung der Querschnittsfläche des Eisenwegs, sowohl innerhalb der Spule als auch an den Schenkeln, erreicht. Die Flusssdichte wurde natürlich auf einem vertretbaren, reduzierten Niveau gehalten.

Der bedeutendste Vorteil dieser Änderungen war, dass sich die durchschnittliche Windungslänge der Spule verkürzt und sich damit die Kupferverluste verringern.

Die axiale Länge des Motors ist durch die Position der Gummitüllen zur elastischen Befestigung bestimmt.

Folglich musste die größere Pakethöhe von 3 mm durch kleinere Lagerbügel ausgeglichen werden. Die Länge konnte insbesondere dadurch reduziert werden, dass man auf die inneren Druckdeckel der Lagerbügel verzichtete.

In früheren Konstruktionen wurden diese Abdeckungen benötigt, um zu verhindern, dass der Schmierstoff aus dem Motor tropft. Das geschah, wenn der Filz oder anderes Fasermaterial des Reservoirs das Öl nicht vollständig

Point of Operation

The typical axial impeller of the blower has a diameter of 100 mm. The known operating point is about 2400 rpm. This is a compromise between the efficiency of an AC shaded pole motor and the noise composition. The output power demand is about 0.7 W. As can be seen in Table 1 a standard C-frame shaded pole motor of 2.5 inch size consumes 7 W which yields only 10% motor efficiency. The following new designs are discussed and compared to this set-up.

Shaded Pole Motor with improved Efficiency

A new shaded pole motor (EM2513LN, Fig. 1) has been developed that is targeted to the general market. This includes some unique design features for optimising the power consumption, reliability, and ambient temperature range.

Compared to the market standard for frost-free motors the geometry of the C-frame has been redesigned to a smaller rotor diameter with increased active length. The benefit is a reduction of losses caused by end effects. These are a combination of nonlinear contributions to slip losses in the rotor and of stray losses in the stator.

The improvements have been achieved by reducing cross sectional area of the iron path, both inside the coil and on the sides. Naturally the flux density was kept at a reasonable, reduced level. The major benefit of these modifications was the reduction in the average turn length of the coil resulting in a reduction of copper losses.

The axial length of the motor is fixed by the position of the rubber grommets of the resilient mounting. Hence the increase in stack size by 3 mm had to be compensated by smaller bearing brackets. In particular the length could be reduced by the omission of inner covers on the cavity of the bearing bracket.

In former designs these covers were needed to prevent the lubri-

Frost Free Blower

Typically the frost-free blower is mounted in the circulation path of the airflow between evaporator and cabinet. In cooling mode the blower maintains the flow of cold, dry air from the evaporator to the cabinet. During the deicing operation of the evaporator the ambient temperature is increased above the freezing-point for a short time resulting in saturated humidity due to the melting ice. During this phase the motor is switched off and there is no airflow.

Some of the humidity will then condense on the cold surface of the motor. Later the motor is restarted when the evaporator has reached the normal operating temperature.

The flow of dry air will then remove the condensate from the surface of the motor.

Refrigerator Circulation Blower

Refrigerator circulation blowers are for instance used to produce layers of different temperature inside the cabinet. There, the ambient temperature is just above freezingpoint.

Exposure to humidity depends mainly on the mounting position and how often the door is opened.

aufsaugen konnten, z.B. wegen schneller Temperaturwechsel oder Übersättigung.

Bei den geänderten Lagerbügeln wurde der Filz durch einen neuen Schmierstoffträger ersetzt, der das Öl dosiert an die Kalotte abgibt. Das Öl wird durch Kapillarwirkung zu den Lagerbuchsen transportiert; somit wird bei einem Mangel an Schmiermittel immer nur die benötigte Menge an Öl aus dem Vorrat nachgeführt. Es kommt zu keinem Überschuss an Öl, wie es beim Filz der Fall sein könnte.

Durch ausführliche Tests wurde eine Lebensdauererwartung von mehr als 100.000 Betriebsstunden nachgewiesen. Desweiteren haben Vergleichstests bei in Betrieb befindlichen Geräten gezeigt, dass kein Schmiermittel von der Welle oder dem Lagerbügel tropft.

Bei dem benutzten Schmiermittel handelt es sich um ein Silikonöl mit sehr niedriger Viskosität. Im kalten Zustand besitzt es eine bedeutend niedrigere Viskosität als andere gebräuchlichere synthetische Öle.

Die niedrige Viskosität ermöglicht es, dass derselbe Motor von niedrigsten Temperaturen (-40°C) bis ca. 60°C genutzt werden kann, wie es bei Kompressor-Kühlung der Fall sein kann.

Die Spulenwicklung ist durch eine Umspritzung mit Polyamid geschützt. Eine spezielle, patentierte Befestigungsmethode ermöglicht auch eine Verbindung zwischen der Wicklung und den Anschlusslitzen innerhalb des Gehäuses. Stecker und andere Zubehörteile können direkt an die Spule angespritzt werden.

Bürstenloser DC-Motor für direkte Netzanschlußspannung

Das mechanische Konstruktionsprinzip eines asymmetrischen Spaltpolmotors wurde auch bei einem bürstenlosen Gleichstrommotor (BG2012, Abb. 2) angewandt, mit der Absicht bei höherem Wirkungsgrad direkte Austauschbarkeit zu gewährleisten.

Jedoch erfordert die Hinzufügung einer Leiterplatte eine erneute Diskussionen bezüglich des Feuchtigkeitsschutzes.

Die bestückte Leiterplatte ist zum Schutz gegen Korrosion mit einem Lack überzogen. Folglich beeinträchtigt eine geringe Menge an Kondensat die elektrische Funktion der Leiterplatte nicht.

Es ist jedoch ein zusätzlicher Schutz der Elektronik nötig, der durch

Abdeckung des gesamten Motors erreicht werden konnte. Um die elektronischen Bauteile vor mechanischer Beanspruchung zu schützen, fiel die Entscheidung auf ein einfaches Kunststoffgehäuse. Dadurch wird die Leiterplatte vom feuchten Luftstrom getrennt. Während der Abtauphase erhöht sich die Umgebungstemperatur und die sich ausdehnende Luft innerhalb des Gehäuses verhindert, dass Luftfeuchtigkeit in das Gehäuse eindringt.

Dadurch wird vermieden, dass die Feuchtigkeit an der kalten Oberfläche des Motors kondensiert. Damit die Leiterplatte nicht zu lange der Luftfeuchtigkeit ausgesetzt ist, sollte vor allem darauf geachtet werden, dass das Gebläse erst eingeschaltet wird, nachdem die Umgebungstemperatur unter die Motortemperatur gefallen ist.

Diese Vorgehensweise schützt den Motor mit dem geringsten Aufwand vor Feuchtigkeit. Der Motor ist mit einem Niederspannungskreis ausgestattet, der über eine kapazitive Strombegrenzung direkt vom Netz gespeist wird. Ein Reihenwiderstand gewährleistet Schutz bei Kurzschluss und Spannungsspitzen.

Form und Einbaumöglichkeiten des Gleichstrommotors sind identisch mit denen eines Spaltpolmotors und ersetzen diesen in perfekter Weise bei Geräten der Energieeffizienzklasse A.

cant from dropping out of the motor. This occurred when the felts or other fibre material of the reservoir could not retain the oil, e. g. due to rapid temperature changes or excessive saturation.

In the new bearing bracket design the felt has been replaced by a slow release material that proved to lubricate the bearing more reliably under all conditions.

The method of transporting the lubricant to the sleeve bearings is based on capillary action. Any lack of lubricant will therefore drag only the required amount of oil from the reservoir instead of an excess amount, which can happen with a felt system.

Extensive test have proven a life expectancy of more than 100,000 operating hours. Furthermore, comparative tests in real applications have shown the absence of any lubricant slingered off the shaft or leaking from the bearing system.

The lubricant used is a silicon oil with very low viscosity index. In cold conditions it has a significantly lower viscosity than other more commonly used synthetic oils.

The low viscosity index allows the same motor to be used from the lowest temperatures (-40°C) up to about 60°C, as can be found in compressor cooling applications.

The coil bobbin is protected by encapsulating it in a polyamide resin. A special patented fixation method also allows the connection between the coil and the supply leads to be sealed within this enclosure. Even connectors and other additions can be molded directly to the bobbin.

PM BLDC-Motor for Direct Mains Connection

The mechanical design principles of an asymmetric shaded pole motor have been applied to a permanent magnet brush-less DC (BLDC) motor (BG2012, Fig. 2) in conjunction with the objective of achieving a direct replacement, but with higher efficiency. However, the addition of an electronic circuit board demands renewed discussions on humidity protection. The printed circuit board (PCB) is covered by an enamel as a protection against corrosion. Hence small amount of condensate will not affect the electric function of the circuit.

However additional protection of the electronics is necessary. This could be achieved by enclosing of the whole motor. To prevent the electronic components from mechanical stress caused by the enclosing resin it was decided to use a simple plastic cover. This separates the PCB from the moisture carrying airflow. During the defrost phase, the ambient temperature rises and the expanding air inside the cover prevents any humidity from entering the enclosure. Consequently condensation of humidity on cold motor surfaces is avoided. In order to reduce the long term exposure of the PCB to humidity low, special care should be taken that the blower is switched on only after the ambient temperature has dropped below the actual motor temperature. This procedure minimises the exposure to moisture with the least effort.

The motor is supplied by a low voltage circuit, which uses a capacitive current limiter to feed the low voltage directly from the mains. A series resistor provides short circuit and voltage surge protection.

The shape and mounting arrangement of the BLDC motor are identical to AC motors making it a perfect replacement for appliances with energy efficiency class A.



Abb. 2: BLDC-No-Frost Gebläse BG2012
Fig. 2: BLDC frost free blower BG2012

Wirkungsgrad

Die Wirkungsgrade beider Neuausführungen wurden mit auf dem Markt gebräuchlichen Motoren verglichen. Abbildung 3 zeigt die Aufnahmeleistung eines typischen asymmetrischen Spaltpolmotors im Vergleich zu den neuen Ausführungen.

Der Energieverbrauch des Spaltpolmotors bewegt sich auf dem bekannten Niveau von 6,9 W. Sein Betriebspunkt liegt mit einem 100 mm Axial-Lüferrad bei 2.400 min⁻¹.

Der hinsichtlich Energieverbrauch optimierte EM2513LN verbraucht dagegen nur 4,8 W, was einer Reduzierung von 30 % entspricht.

Geringere Wellendurchmesser als 3 mm wären eine preiswerte Lösung für weitere Verbesserungen.

Ein Durchmesser von 2 mm wäre hinsichtlich der Lagerung ausreichend. Der Motor müsste jedoch aufgrund der dann empfindlichen Welle sehr vorsichtig gehandhabt werden.

Durch Verwendung von verlustärmerem Elektroblech und durch Erhöhung des Kupferfüllfaktors, könnte die Leistungsaufnahme auf weniger als 4 W reduziert werden, was allerdings mit erheblich höheren Kosten verbunden wäre.

Der bürstenlose Gleichstrommotor BG2012 erreicht ohne weiteres einen deutlich besseren Wirkungsgrad mit einer Leistungsaufnahme von 2,4 W, was einem Drittel entspricht. Ein großer Teil dieser Leistung wird durch den Schutzwiderstand verbraucht. Mit externen Geräten, die als Ersatz für den Widerstand fungieren, könnte die Leistungsaufnahme auf ca. 1,8 W reduziert werden.

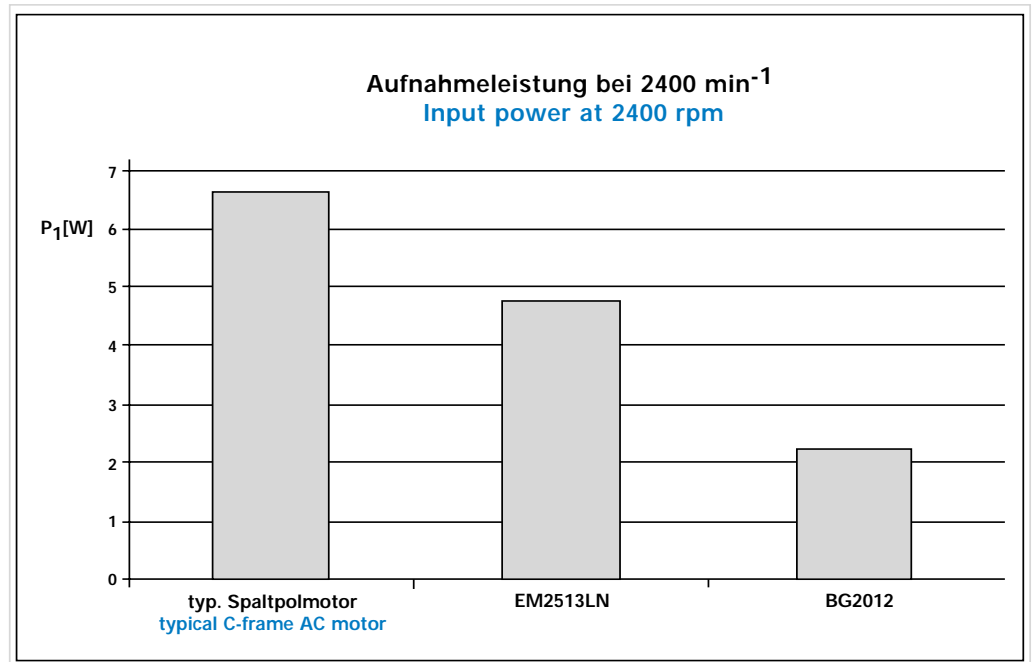


Abb. 3: Aufnahmeleistung der No-Frost Gebläse
Fig. 3: Input power of frost-free blowers

Geräusch

Durch die zunehmende Anzahl von Motoren und Lüftern in elektrischen Geräten bedarf es vermehrter Geräuschreduzierung, besonders bei Lüftern in Haushaltsgeräten.

Deshalb wurden Untersuchungen durchgeführt, um die verschiedenen Lösungen für No-Frost-Lüfterkonstruktionen hinsichtlich ihres Geräuschverhaltens zu vergleichen. Drei verschiedene Ausführungen wurden untersucht: eine 4-polige und eine 2-polige Version des Gleichstrommotors und die 2-polige Version eines Spaltpolmotors.

Obwohl der 4-polige Gleichstrommotor die Materialien in höherem Maße ausnutzt, wurde als endgültige Lösung die 2-polige Ausführung bevorzugt. Wie in Abbildung 6 gezeigt, ist der Geräuschpegel bei den 2-poligen Spaltpol- und Gleichstrommotoren niedriger als beim 4-poligen Gleichstrommotor.

Energy Efficiency

The energy efficiencies of both of the new motor designs have been compared to the market standard.

Fig. 3 shows the input power of a typical C-frame AC motor in comparison to the new designs. The power consumption of the AC motor lies at the known level of 6.9 W. Its operating point is 2400 rpm with a 100mm axial impeller.

The energy optimised EM 2513LN consumes only 4.8 W corresponding to a reduction of 30%.

In order to achieve further improvements a commercially effective solution could be the reduction of the shaft diameter to less than 1/8 inch.

A diameter of 2 mm would be sufficient from the bearing point of view. However, the motor would have to be handled very delicately with a shaft this fragile.

By combining better steel for the laminations and a higher copper content the power consumption could reach targets below 4 W, but at considerably higher cost.

The brushless DC motor BG2012 achieves a better efficiency level easily with a measured power consumption of 2.4 W, which is 1/3 of the standard. A large part of this power is dissipated by the protective resistor. With external devices as a substitute for the resistor the power consumption could be further reduced to approximately 1.8 W.

Noise

The increasing number of motors and blowers in electric devices has led to more demand for noise reduction, in particular for blowers in household appliances.

Consequently an investigation was carried out to compare the different frost-free blower solutions with respect to their noise emission.

Three different designs have been investigated: a 4-pole and a 2-pole version of BLDC-motors and a 2-pole version of a shaded pole motor. Although the 4-pole BLDC-motor utilises the materials to a higher degree, the final decision was taken for a 2-pole design. As will be shown below, the noise properties of 2-pole shaded pole motor and BLDC-motor versions are superior over those of 4-pole BLDC-motors.

Messverfahren

Jeder Motor wurde mit einem 100 mm Standard-Lüfterrad bestückt und unter normalen Einsatzbedingungen in einen handelsüblichen Gefrierschrank mit einer Höhe von 1,84 m installiert.

Die Gebläse wurden mit Gummitüllen montiert, wie es bei den Kundengeräten üblich ist. Bei diesen Tests wurden die Lüfter vom Netz gespeist, während der Kompressor inaktiv blieb. Somit wurde nur das Geräusch, das vom eingebauten Lüfter abgegeben wurde, gemessen.

Dies ermöglichte einen ausgezeichneten Vergleich zwischen den getesteten Motoren, da alle anderen Einflüsse eliminiert wurden.

Vor jeder Messung wurde die Drehzahl auf 2.400 min^{-1} mit montiertem 100 mm Lüfterrad eingestellt.

Der Schalldruck wurde mit einem Mikrofon, das in halber Höhe des Gefriergerätes einen Meter vor der geschlossenen Tür platziert wurde, gemessen. Alternativ wurde ein Kunstkopf-Stereomikrofon mit Aufnahmeausrüstung für die nachträgliche Auswertung des Schalleindrucks benutzt. Die Schallmessungen wurden fachgemäß in einem reflexionsarmen Raum durchgeführt (Abb. 4). Die Geräuschpegel wurden mit einem 1/24 Oktavfilter als Spektrum über einen Frequenzbereich von 16 Hz bis 10 kHz dargestellt.

Measurement Set-up

Each motor was fitted with the standard 100 mm impeller and mounted under normal conditions in a commercial upright freezer with a height of 1,84 m. The blowers were mounted using rubber grommets, which is usual in custom designed appliances. For these tests the blowers were supplied from the mains, while the compressor remained inactive. Thus only the noise emitted by the built-in motors was measured.

This enabled an excellent comparison between the tested motors because all other influences were eliminated. Before each measurement the speed was adjusted to 2400 rpm with the 100 mm impeller fitted.

Sound pressure was measured using a microphone placed one meter from the front of the closed cabinet door at half the height of the freezer. Alternatively a stereophonic microphone (artificial head) with recording facility was used for offline evaluation of the sound impression. Sound measurements were carried out in our special anechoic room (Fig. 4). The acoustic levels were represented in an autospectrum with 1/24 octave filter in a frequency range from 16 Hz to 10 kHz.



Abb. 4: Schallmessung im reflexionsarmen Raum
Fig. 4: Test setup in the anechoic room

Spektral-zusammensetzung

Die wichtigsten Ergebnisse der Geräuschmessungen sind in Abb. 5 gezeigt.

Die Grundfrequenz, d.h. die Drehzahl, spiegelt sich in der vorherrschenden 40Hz-Komponente wieder. Es zeigte sich jedoch, dass die Obertöne niedriger Ordnung (80, 120, 160, 200 Hz) von besonderer Bedeutung sind.

Zudem verursachte die Netzfrequenz einen 100 Hz Beitrag, besonders beim Spaltpolmotor. Wurden nur die Grundtöne untersucht, schien es, als ob der Spaltpolmotor mehr Geräusch als die elektronisch kommutierten Gleichstrommotoren (BLDC) erzeugen würde. Die Erfahrung hat jedoch gezeigt, dass die Spaltpolmotor-Lösung hinsichtlich der akustischen Geräuschmission überlegen ist.

Insbesondere zeigt diese Lösung Vorteile bei höheren Frequenzen, wo das menschliche Ohr empfindlicher ist. In diesem Frequenzbereich wird ein gravierender Unterschied zwischen den 2-poligen und 4-poligen BLDC Lüfter-Motoren ersichtlich.

Die hochfrequente Geräuschmission von letzterem ist beträchtlich höher und wurde darum als deutlich störender empfunden.

Andererseits spielt der durch die Netzspannung verursachte 100 Hz Brumm nur beim Spaltpolmotor eine Rolle. Naturgemäß reduziert die Spannungsgleichrichtung diese Geräuschentwicklung bei BLDC Ausführungen. Die Geräuschmessungen mittels des üblichen Filters führten zu den in Abbildung 6 dargestellten Ergebnissen. Es wird offensichtlich, dass die 4-polige BLDC-Ausführung bedeutende Nachteile bezüglich der Geräuschmission aufweist.

Andererseits produziert der 2-polige BLDC Motor einen Geräuschpegel, der dem des Spaltpolmotors gleicht.

Diese Ergebnisse stimmen mit dem subjektiven Eindruck überein. Folglich ist der 2-polige BLDC-Lüftermotor offensichtlich die bessere Lösung, wenn man sowohl Geräuschmission als auch Wirkungsgrad in Betracht zieht.

Glücklicherweise stimmen die mechanischen Abmessungen überein, so dass der bestehende Spaltpolmotor problemlos durch die neue BLDC-Ausführung ersetzt werden kann, ohne dass weitere Änderungen notwendig werden.

Spectral Composition

The essential results of the noise measurements are shown in Figure 5. The fundamental frequency, i.e. the motor speed, is reflected in the dominant 40Hz component. However, also the lower order harmonics (80, 120, 160, 200 Hz) have been found to be of major significance. In addition the line frequency caused a 100Hz contribution, especially in the case of the shaded pole motor. Inspecting only the fundamental levels, it appears as if the shaded pole motor causes more noise than either of the BLDC motor designs. However, experience has shown that the shaded pole solution is a preferable choice with respect to acoustic noise emission.

Looking at the harmonics it becomes evident that the AC motor solution has advantages in the higher frequency range where the susceptibility of the human ear increases significantly. In this range a striking difference occurs between the 2-pole and the 4-pole BLDC motor blowers. The noise emission of the latter was considerably higher resulting in a significant in-

crease of annoyance.

On the other hand the line frequency induced 100Hz component is only relevant for the shaded pole AC motor. Naturally voltage rectification minimizes this noise contribution of the BLDC designs.

When the acoustic noise was evaluated using the common A-type filter the result displayed in Figure 6 was found. This evidently shows that the 4-pole BLDC design has remarkable disadvantages concerning noise emission. On the other hand the 2-pole BLDC motor produces a noise level that is approximately equal to that of the shaded pole AC motor. These results coincide with the subjective impression.

Consequently, considering both, noise emission and energy efficiency, the preferable solution is evidently the 2-pole BLDC motor blower. Fortunately this coincides with mechanical dimensions that allow a simple replacement of existing AC motors by the new BLDC design without any other modification.

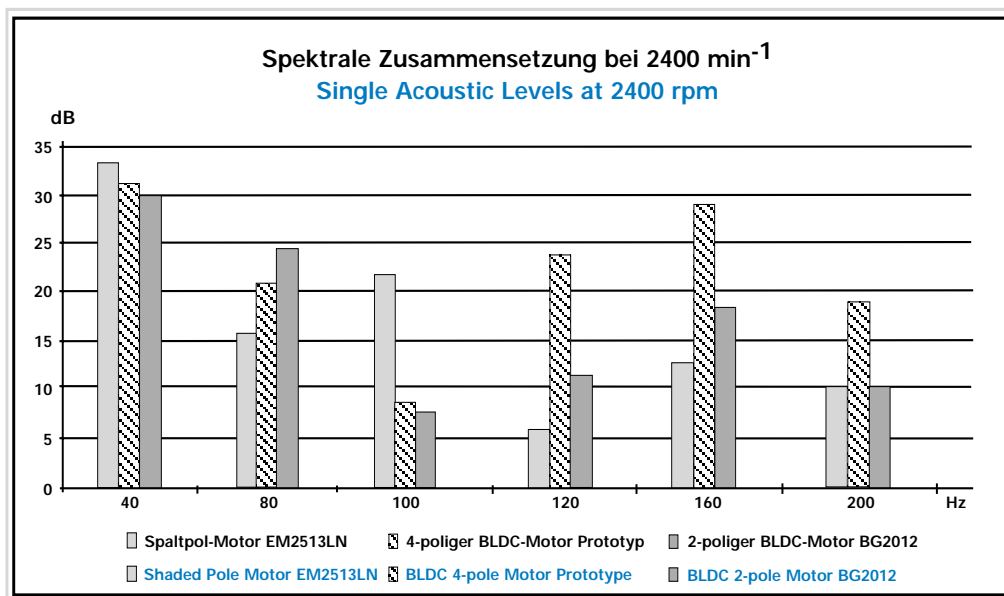


Abb. 5: Spektrale Zusammensetzung bei 2400 min⁻¹
Fig. 5: Single Acoustic Levels at 2400 rpm

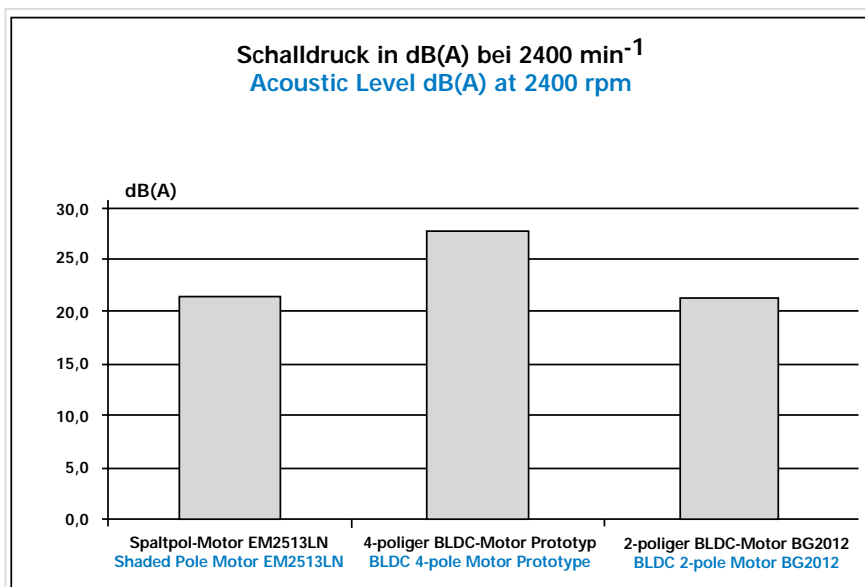


Abb. 6: Schalldruck der No-Frost-Gebläse bei 2400 min⁻¹
Fig. 6: Acoustic dBA-noise levels of the blowers operating at 2400 rpm

Schlussfolgerung

Neue technische Lösungen wurden entwickelt, um die wichtigen Eigenschaften von Gebläsen in Kühlgeräten zu verbessern.

Ein Gleitlagersystem mit einem Schmierstoffträger aus zähflüssigem Silikonmaterial ermöglicht eine hohe Lebensdauer des Lüfters und geringere Reibungsverluste bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt.

Ein feuchtigkeitsgeschützter bürstenloser Gleichstrommotor, der als Hauptmerkmal einen sehr niedrigen Energieverbrauch aufweist und damit auf einfachste Weise eine höhere Effizienzklassifizierung erreicht, wurde vorgestellt.

Es hat sich gezeigt, dass die Geräuschemission des bürstenlosen Gleichstrommotors keine andere elastische Befestigungslösung erfordert als bei ähnlichen Spaltpolmotoren.

Conclusion

New technical approaches have been put forward for the important features of air moving devices in cold storage appliances. A sleeve bearing system lubricated by a slow release, silicon based material allows a wide operating range of the blowers including reduced friction at freezer temperature.

A humidity protected brushless DC motor is proposed featuring very low power consumption and thus providing an easy way to achieve higher energy classification. It has been shown that the noise emitted by the BLDC motor does not require a different resilient mounting solution to the method used for similar AC motors.

Autoren/Authors

Kurt Eclercy
Dr. Rainer Lessmeier
Dr. Eckart Nipp




Motoren Ventilatoren Landshut GmbH

Hofmark-Aich-Straße 25 · D-84030 Landshut, Germany

e-mail: info@mvl.de · internet: www.mvl.de

Telefax (08 71) 707-4 65

Telefon (08 71) 707-0

— Ein Unternehmen der **ebm**  —