

Warum ist der Einsatz von Ölreguliersystemen in Verdichter-Verbundanlagen wichtiger denn je?

1

Seit mehr als 30 Jahren haben sich Verdichter-Verbundanlagen in der Kältetechnik aufgrund folgender Eigenschaften etabliert:

- Große Leistungsbereiche können mit wenigen Verdichter-Baugrößen bedient werden
- Ideale Leistungsregelung, durch das Abschalten von Verdichtern bei hoher Leistungszahl
- Ausreichende Kühlleistung bei Ausfall eines Verdichters
- Unkomplizierte Anlaufstrombegrenzung.

Der Verbundanlagenbau kann aufgrund allgemeiner Empfehlungen unterschiedlich ausgeführt werden. Kostengünstige Ausführungen basieren auf idealisierten Annahmen. In realer Anwendung, wie zum Beispiel im Bereich der Supermarktkühlanlagen mit einem komplexen und langen Rohrleitungsnetz, großen Kältemittelfüllmengen und häufigem Teillastbetrieb, liegen Bedingungen vor, die sich erheblich vom Ideal unterscheiden können.

Beim Einsatz eines saugseitigen Verteilers anstelle eines Ölreguliersystems spart man pro Verbundsatz 600 bis 800 € an Investitionskosten. Während der Inbetriebnahme oder im Servicefall werden zu geringe oder unterschiedliche Ölstände in den Verdichtern, bedingt durch Verdichter-Fertigungstoleranzen und Laufzeitdifferenzen, durch wiederholendes Auffüllen von Öl ausgeglichen. Nach Sättigung der Anlage mit Öl ist ein nicht effizienter Betrieb bei variierenden Betriebsbedingungen ermöglicht.

Einleitung

Introduction

Why is the installation of an oil control system in compressor packs more important than ever?

For more than 30 years, compressor parallel systems have been established in the refrigeration technology because of the following features:

- Vast capacity ranges can be covered by few compressor models
- Optimal capacity control and capability for high energy efficiency
- Back-up capacity in the event of one compressor failing
- Comparatively easy starting characteristics

The construction of multiple compressor racks can be executed variably due to general recommendations. Low cost solutions are based on idealized assumptions. In real applications, such as in the supermarket area with a complex and long distance piping network, large refrigerant charges and frequent part-load conditions are conditions which considerably differ from the ideal.

Systems with a suction header instead of an oil control system save, on the average, approx. € 600 – 800 per pack on investment. During commissioning of the system or when servicing, too low oil levels in the compressor crankcases are compensated by repeatedly charging additional oil. The different oil levels are a result of compressor tolerances as well as various operating conditions. After a system saturation with oil, a non-efficient operation is possible at various conditions.

2

Eine hinreichende Schmierung der Verdichter mit einem Kältemaschinenöl ist zwingend erforderlich, um Schädigungen oder Zerstörungen durch erhöhten Verschleiß der Maschinen zu vermeiden. Dabei ist es nicht zu verhindern, dass eine geringe Menge Öl, etwa 1 bis 3 Prozent des Kältemittel-Massenstroms, über den Verdichter in den Kältemittelkreislauf gelangt.

Schon geringe Mengen Öl im Kältemittelmassenstrom können die Ursache für einen Anstieg des Kondensationsdruckes (p_c) im Verflüssiger sein [1]. Eine Verschlechterung des Wärmeübergangs durch Öl im Verdampfer führt zu tieferen Verdampfungstemperaturen, was einen geringeren Druck auf der Saugseite (Verdampfungsdruck p_0) des Kältekreislaufs bedeutet. Das erhöhte Verhältnis von p_c / p_0 führt zu einer Reduzierung des Verdichter-Liefergrades, was bei geringerer Kälteleistung verlängerte Laufzeiten der Kältemittelverdichter zur Folge hat [2].

Einflüsse von Kältemaschinenöl im Kältekreislauf

Influence of oil in the refrigeration cycle

An adequate lubrication of the compressor with an refrigerating oil is obligatory to avoid damages by wear of bearings, pistons, connecting rods and crankshaft. Thereby, refrigerators unavoidably have an oil carry over rate of approx. 1–3 % of refrigeration mass flow.

Small amounts of oil can already be the reason for an increase of the condensing pressure (p_c). A deterioration of the heat transfer in the evaporator caused by oil will lead to lower evaporating pressure (p_0).

The rise of the pressure ratio p_c/p_0 has a negative impact on the volumetric efficiency. The system operation time increases in respect of the compressor capacity reduction.

3

Das Energieverhältnis COP (Coefficient of Performance) ist das Verhältnis der verfügbaren Kälteleistung zur aufgenommenen elektrischen Leistung. Es stellt eine wesentliche Kennzahl von Kälteanlagen dar. Kann der COP einer Kälteanlage erhöht werden, sinkt der Anteil der indirekten CO₂-Emission.

Gegenwärtige Untersuchungen haben die Verbesserung der Energieeffektivität von Kälteanlagen zum Ziel. Nach Ausführungen von Prof. Kruse [3] werden in Deutschland 14 Prozent des Elektroenergiebedarfs eines Jahres zur Erzeugung von Kälte aufgewendet. Das entspricht einem Verbrauch von 77.000 GWh. Somit wird deutlich, dass ein großes TEWI-Sparpotential bei der Kälteerzeugung liegt.

Betrachtungen zur Energieeffizienz

Consideration of energy efficiency

The energy ration COP (Coefficient of Performance) is the ration of the refrigeration capacity and the electrical power input. It represents an essential indicator of refrigeration installations. If the COP can be increased, the share of the indirect CO₂ emission diminishes.

Present investigations aim at improving the energy efficiency of refrigeration installations. According to Professor Kruse [3], 14 % of Germany's electrical power demand is spent on refrigeration. This corresponds to a consumption of 77,000 Gwh. It becomes apparent that there is a great TEWI-saving potential in refrigeration.

4

Anwendung von Ölreguliersystemen

Application of oil control systems

Durch den Einsatz eines Ölreguliersystems, bestehend aus Ölabscheider, Ölsammler und Ölspiegelregulator werden eine Reihe von positiven Eigenschaften hinsichtlich Zuverlässigkeit und Energieeinsparung erreicht.

Durch den Einsatz eines Ölabscheiders kann das in den Kältemittel-Massenstrom gelangte Öl fast vollständig abgetrennt werden. Dadurch steigt der COP der Anlage. Weiterhin wird eine geringere Verdichterlaufzeit erreicht, was den Energieverbrauch der Anlage und die indirekte CO₂-Emission reduziert.

Das Ölsammelgefäß erfüllt wichtige Funktionen hinsichtlich der Verbesserung der Eigenschaften des Kältemaschinenöls vor der „Wiederverwendung“. Über ein Druckdifferenzventil wird ein Druck mit $\Delta p=1,5$ bar über Saugdruck eingestellt. Durch den Druckabfall von Kondensationsdruck zum Sammlerdruck entmischt sich im Öl gelöstes Kältemittel und entweicht zur Saugseite. Weiterhin kann das heiße abgeschiedene Öl im Sammler abkühlen. Die Entmischung und die Abkühlung wirken sich positiv auf Schmiereigenschaften des Öls aus. In Verbindung mit den Ölspiegelregulatoren wird die Versorgung mit Öl und die optimale Regelung des Ölstandes auf Mitte Schauglas der Verdichter gesichert.

Durch den Einsatz von Ölreguliersystemen können somit Werte geschützt und zusätzliche Kosten vermieden werden.

By installing an oil control system, consisting of an oil separator, oil reservoir, oil level regulators, strainers and pressure valve, a number of positive features are achieved regarding reliability and energy savings.

The oil separator reduces the amount of oil flowing through the system almost completely. That improves the COP of the system, reduces compressor operating time and saves energy. The indirect CO₂ emissions are reduced.

The oil reservoir fulfills important functions with respect to quality of the oil before the reintroduction into the compressor. By the application of a pressure valve a pressure of 1,5 bar above suction pressure is maintained in the oil reservoir. Due to the pressure drop from condensing pressure to reservoir pressure, refrigerant trapped within the oil will escape into the suction line. Furthermore the oil will cool down in the reservoir. The reduction of the refrigerant concentration and the cool down improve the lubrication qualities of the oil. In connection with the oil level regulators, the supply with oil as well as an optimal control of the oil level in the compressor crankcase at center sight glass level is achieved.

Compressors are one of the most cost-intensive components in an industrial refrigeration system. A failed compressor is associated with considerable costs arising from replacements or servicing of existing plants. By applying an OCS, compressor lubrication failures can be mostly avoided.

5

Kostenrechnung an einem Supermarkt-Beispiel

Calculation of costs of a supermarket installation

	Supermarkt Normalkühlung Supermarket medium temperature	Supermarkt Tiefkühlung Supermarket low temperature
Verdichter Anzahl Number of compressors	4	4
Kältemittel Refrigerant	R404A	R404A
Betriebsbedingungen Operating conditons	to = -10°C tc = 40°C	to = -35°C tc = 40°C
Leistungsdaten / Verdichter Capacity data / compressor	Q _o = 27 kW Pel = 11 kW	Q _o = 8 kW Pel = 6 kW
Laufzeit / Jahr Operation time / year	6000 h	6000 h
Stromverbrauch / Jahr Energyconsumtion / year	6000 h x 44 kW = 264.000 kWh	6000 h x 24 kW = 144.000 kWh
Energiekosten / Jahr Energy cost / year	K = 264.000 kWh x 0,16 EUR/kWh K = 42.240 EUR	K = 144.000 kWh x 0,16 EUR/kWh K = 23.040 EUR

Steigt der Energiebedarf durch das „Verölen“ der Anlagen nur um zwei Prozent, haben sich die Ölreguliersysteme bereits nach einem Jahr amortisiert.

If the energy demand increases only by 2 % due to a higher oil saturation of a system, the OCS has already amortized itself after 1 year.

Quellenangaben

References

[1] Lebreton, Jean-Marc; Vuillame, Louis
„Oil Concentration Measurement in Saturated Refrigerant Flowing Inside a Refrigeration Machine“
In: J. Applied Thermodynamics, Vol.4, (No.1),

[2] „Anhaltende Einsparungen bei Kälteanlagen“
SPEKTRUM der Gebäudetechnik 4/2001

[3] Prof. Kruse, H., „TEWI-Betrachtungen“
Deutsche Kälte- und Klimatagung 2003, Bonn