

MSD MEDIUM VOLTAGE CAPACITORS

MSD MITTELSPANNUNGSKONDENSATOREN

ELECTRONICON KONDENSATOREN GMBH GERA • GERMANY





INTRODUCTION 7

Basics of power factor correction – Calculation of required capacitor power – Influence of harmonics, Harmonic filtering

COMPARISON OF CONVENTIONAL MEDIUM VOLTAGE CAPACITORS AND ENGINEERING TECHNIQUES 11

Operational stress of ALLFILM capacitors – Objective of capacitor protection techniques – Breakdown behaviour of ALLFILM capacitors – 3phase MV capacitors

RISKS AND SHORTCOMINGS OF FORMER COMMON CONCEPTS 13

Choice of nominal fuse current – Selection of the rated voltage for capacitor fuses – Course of damage at capacitors with winding fuses – Correct handling of fault tripping

MSD – SELF-HEALING MEDIUM VOLTAGE CAPACITORS IN DRY TECHNOLOGY 19

Design and characteristics – Benefits – Economic viability – Application

DEFINITIONS AND SELECTION CRITERIA 22

Voltage ratings – Test voltages – Rated power – Current ratings – Temperature categories

MOUNTING AND OPERATING INSTRUCTIONS 24

Mounting position – Mounting location/Cooling – Vibration stress – Connection – Fixing torque – Discharge – Earthing – Environmental compatibility – Disposal

SAFETY 27

Self-Healing Dielectric – Protection Against Accidental Contact – Protection against Overload

GENERAL TECHNICAL DATA 28

DATA CHARTS

MSD E90.xxx
3.15...3.6kV 50Hz 29
6.3...7.1kV 50Hz 30
10.5...11.8kV 50Hz 31
2.4...4.16kV 60Hz 32

EINFÜHRUNG 7

Grundlagen der Blindleistungskompensation – Berechnung der benötigten Kondensatorleistung – Einfluss von Oberwellen und deren Filterung

MITTELSPANNUNGSKONDENSATOREN- UND ANLAGENTECHNIKEN IM VERGLEICH 11

Betriebsbeanspruchung von ALLFILM Kondensatoren – Zielsetzung der Kondensatorschutztechnik – Ausfallverhalten von ALLFILM Kondensatoren – 3-phasige Mittelspannungskondensatoren

RISIKEN UND UNZUGÄNGLICHKEITEN DER BISHER GEBRÄUCHLICHEN KONZEPTE 13

Wahl des Sicherungsnennstroms – Wahl der Nennspannung von Kondensatorsicherungen – Schadensverlauf bei Kondensatoren mit Wickelsicherungen – Richtiger Umgang mit Schutzauslösungen

MSD – SELBSTHEILENDE MITTELSPANNUNGSKONDENSATOREN IN TROCKENTECHNOLOGIE 19

Aufbau und Eigenschaften – Vorteile – Wirtschaftlichkeit – Anwendung

BEGRIFFE UND AUSWAHLKRITERIEN 22

Nennspannung – Netznennspannung – Prüfspannung – Isolationsspannung – Nennleistung – Stufenleistung – Nennstrom – Effektivstrom – Stoßstromfestigkeit – Temperaturklasse

VORSCHRIFTEN ZU EINBAU UND BETRIEB 24

Einbaulage – Einbauort/Kühlung – Schwingungsbelastung – Anschluss – Anzugsdrehmomente – Entladung – Erdung – Umweltverträglichkeit, Entsorgung

SICHERHEIT DER KONDENSATOREN 27

Selbstheilendes Dielektrikum – Berührungssicherheit – Schutz gegen Überlastung

ALLGEMEINE TECHNISCHE ANGABEN 28

DATENTABELLEN

MSD E90.xxx
3.15...3.6kV 50Hz 29
6.3...7.1kV 50Hz 30
10.5...11.8kV 50Hz 31
2.4...4.16kV 60Hz 32





Basics of Power Factor Correction

Under normal operating conditions certain electrical loads (e.g. induction motors, welding equipment, arc furnaces and fluorescent lighting) draw not only active power from the supply, but also inductive reactive power (kvar). This reactive power is necessary for the equipment to operate correctly but could be interpreted as an undesirable burden on the supply. The power factor of a load is defined as the ratio of active power to apparent power, i.e. kW:kVA and is referred to as $\cos\varphi$. The closer $\cos\varphi$ is to unity, the less reactive power is drawn from the supply:

The transmission of a certain effective power at a $\cos\varphi = 0.6$ requires a current approx. 1.67 times higher than with a $\cos\varphi = 1$. Accordingly, distribution and transmission equipment as well as feeding transformers have to be derated for this higher load. Furthermore their useful life may also be decreased.

For systems with a low power factor the transmission of electric power in accordance with existing standards results in higher expenses both for the supply distribution companies and the consumer.

Another reason for higher costs are the losses incurred via heat dissipation in the cables caused by the overall current of the system as well as via the windings of both transformers and generators. In our above example the power dissipated would increase by approx. 180%.

In general terms, as the power factor of a three phase system decreases, the current rises. The heat dissipation in the system rises proportionately by a factor equivalent to the square of the current rise.

This is the main reason why Electricity Supply Companies in modern economies demand reduction of the reactive load in their networks via improvement of the power factor. In most cases, special reactive current tariffs penalise consumers for poor power factor.

Conclusion:

- A reduction in the overall cost of electricity can be achieved by improving the power factor to a more economic level.
- The supply will be able to support additional load which may be of benefit for expanding companies.
- Reducing the load on distribution network components by power factor improvement will result in an extension of their useful life.

Grundlagen der Blindleistungskompensation

Unter normalen Betriebsbedingungen entnehmen elektrische Verbraucher, deren Betrieb durch den Auf- und Abbau von magnetischen Feldern begleitet wird (z.B. Induktionsmotoren, Schweißausrüstungen, Lichtbögen und Fluoreszenzleuchten) dem Netz nicht nur Wirkleistung, sondern auch induktive Blindleistung (kvar). Diese Blindleistung ist für die Funktion der Ausrüstung erforderlich, kann gleichzeitig jedoch als unerwünschte Belastung des Netzes interpretiert werden. Der Leistungsfaktor eines Verbrauchers ist als das Verhältnis von umgesetzter Wirkleistung zu dem Netz tatsächlich entnommener Scheinleistung (kW zu kvar) definiert und wird bezeichnet als $\cos\varphi$. Je näher der $\cos\varphi$ bei eins liegt, um so geringer ist der Anteil von Blindleistung, die dem Netz entnommen wird.

Bei einem $\cos\varphi = 0.6$ erhöht sich der benötigte Strom für die Übertragung einer bestimmten Wirkleistung in etwa um den Faktor 1.67 im Vergleich zum benötigten Strom bei einem $\cos\varphi = 1$. Dementsprechend müssen Einspeisungs-, Übertragungs- und Verteilungseinrichtungen stärker dimensioniert werden. Außerdem kann ihre Nutzungsdauer durch die größere Belastung herabgesetzt werden.

In Systemen mit einem niedrigen Leistungsfaktor erfordert die standardgerechte Übertragung von Elektroenergie verbraucherseitig und generatorseitig erhöhte Aufwendungen.

Ein weiterer kostensteigernder Faktor ist die durch den erhöhten Gesamtstrom hervorgerufene Wärmeentwicklung in Kabeln und anderen Verteilungseinrichtungen, in Transformatoren und Generatoren. Im oben genannten Beispiel würde sich gleichzeitig die Verlustleistung im System um ca. 180% erhöhen.

Mit sich verringendem $\cos\varphi$ und damit steigendem Strom steigt die Verlustleistung in einem Dreiphasennetz quadratisch an.

Das oben genannte ist der Hauptgrund dafür, dass die Energieversorgungsunternehmen moderner Volkswirtschaften eine Reduzierung der Blindlast in ihren Versorgungsnetzen durch Verbesserung des Leistungsfaktors verlangen. In der Regel werden Verbraucher mit einem niedrigen Leistungsfaktor durch spezielle Blindleistungstarife belastet.

Fazit:

- Der Verbraucher kann durch Verbesserung seines Leistungsfaktors eine Verringerung der Gesamtkosten für Elektrizität erreichen.
- Eine Verringerung der Blindlast ermöglicht es dem Versorger, mit gleicher Kapazität zusätzliche Nutzlast zu versorgen, welches für expandierende Unternehmen von Nutzen sein kann.
- Die Verbesserung des Leistungsfaktors reduziert die Belastung der Komponenten des Verteilernetzes. Dies erhöht ihre Lebensdauer.



Types of Power Factor Correction

A capacitive reactive power resulting from the connection of a correctly sized capacitor can compensate for the inductive reactive power required by the electrical load. This ensures a reduction in the reactive power drawn from the supply and is called Power Factor Correction.

Most common methods of power factor correction are:

SINGLE OR FIXED PFC, compensating for the reactive power of individual inductive loads at the point of connection so reducing the load in the connecting cables (typical for single, permanently operated loads with a constant power, e.g. MV motor)

GROUP PFC – connecting one fixed capacitor to a group of simultaneously operated inductive loads (e.g. MV substation)

BULK PFC, typical for large electrical systems with fluctuating load where it is common to connect a number of capacitors to a main power distribution station or substation. The capacitors are controlled by a microprocessor based relay which continuously monitors the reactive power demand on the supply. The relay connects or disconnects the capacitors to compensate for the actual reactive power of the total load and to reduce the overall demand on the supply.

A typical power factor correction system would incorporate a number of capacitor sections determined by the characteristics and the reactive power requirements of the installation under consideration. Where harmonic distortion is of concern, appropriate systems are supplied incorporating detuning reactors.

Calculation of Required Capacitor Power

The reactive power which is necessary to achieve a desired power factor is calculated by the following formula:

$$Q_c = (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$$

Q_c reactive power of the required correcting capacitor
Blindleistung des erforderlichen Kompensationskondensators

P active power of the load to be corrected
Wirkleistung der zu kompensierenden Last

Arten der Blindleistungskompensation

Durch die Zuschaltung eines exakt berechneten Kondensators kann man der induktiven Blindlast, die durch einen elektrischen Verbraucher benötigt wird, eine kapazitive Blindlast entgegensetzen. Dies ermöglicht eine Reduzierung der Blindleistung, die dem Netz entnommen wird und wird Leistungsfaktorkorrektur oder Blindleistungskompensation genannt.

Je nach Anordnung und Einsatzform der Kondensatoren unterscheidet man:

EINZEL- BZW. FESTKOMPENSATION, bei der die induktive Blindleistung unmittelbar am Entstehungsort kompensiert wird, was zu einer Entlastung der Zuleitungen führt (typisch für einzelne, meist im Dauerbetrieb arbeitende Verbraucher mit konstanter oder relativ großer Leistung – Motoren, Transformatoren, u. a.)

GRUPPENKOMPENSATION, bei der ähnlich der Einzelkompensation bestimmten gleichzeitig arbeitenden induktiven Verbrauchern ein gemeinsamer Festkondensator zugeordnet wird (z.B. örtlich beieinanderliegende Motoren) – auch hier werden die Zuleitungen entlastet, allerdings nur bis zur Verteilung auf die einzelnen Verbraucher

ZENTRALE KOMPENSATION, bei der eine Anzahl von Kondensatoren an eine Haupt- oder Unterverteilerstation angeschlossen wird. Sie ist in großen elektrischen Systemen mit veränderlicher Last üblich. Die Kondensatoren werden hier durch einen elektronischen Regler gesteuert, welcher kontinuierlich den Blindleistungsbedarf im Netz analysiert. Dieser Regler schaltet die Kondensatoren zu bzw. ab, um die momentane Blindleistung der Gesamtlast zu kompensieren und somit den Gesamtbedarf im Netz zu reduzieren.

Eine Blindleistungskompensationsanlage beinhaltet eine Anzahl von Kondensatorengruppen, welche in Aufteilung und Staffelung den Besonderheiten und dem Blindleistungsbedarf des zu kompensierenden Netzes angepasst sind. Ist das Netz mit Oberwellen behaftet, so werden die Kondensatoren in der Regel durch Filterkreisdrosseln geschützt.

Berechnung der benötigten Kondensatorleistung

Die Blindleistung, die notwendig ist, um einen gewünschten Leistungsfaktor zu erreichen, wird mit Hilfe der folgenden Formel berechnet:

F conversion factor acc. to chart 1
Umrechnungsfaktor laut Tabelle 1

chart 1_Tabelle 1

original power factor Ausgangsleistungsfaktor $\cos\varphi_1$	conversion factor F for a target power factor F Umrechnungsfaktor F für einen Zielleistungsfaktor F $\cos\varphi_2$									
	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.92	0.94	0.96	0.98	1.00
0.20	3.879	4.017	4.149	4.279	4.415	4.473	4.536	4.607	4.696	4.899
0.25	2.853	2.991	3.123	3.253	3.389	3.447	3.510	3.581	3.670	3.873
0.30	2.160	2.298	2.430	2.560	2.695	2.754	2.817	2.888	2.977	3.180
0.35	1.656	1.795	1.926	2.057	2.192	2.250	2.313	2.385	2.473	2.676
0.40	1.271	1.409	1.541	1.672	1.807	1.865	1.928	2.000	2.088	2.291
0.45	0.964	1.103	1.235	1.365	1.500	1.559	1.622	1.693	1.781	1.985
0.50	0.712	0.85	0.982	1.112	1.248	1.306	1.369	1.440	1.529	1.732
0.55	0.498	0.637	0.768	0.899	1.034	1.092	1.156	1.227	1.315	1.518
0.60	0.313	0.451	0.583	0.714	0.849	0.907	0.97	1.042	1.130	1.333
0.65	0.149	0.287	0.419	0.549	0.685	0.743	0.806	0.877	0.966	1.169
0.70		0.138	0.27	0.4	0.536	0.594	0.657	0.729	0.817	1.020
0.75			0.132	0.262	0.398	0.456	0.519	0.59	0.679	0.882
0.80				0.13	0.266	0.324	0.387	0.458	0.547	0.75
0.85					0.135	0.194	0.257	0.328	0.417	0.62
0.90						0.058	0.121	0.193	0.281	0.484
0.95								0.037	0.126	0.329



- a. Consumption of active energy Verbrauch an Wirkenergie: $E_W = 300\ 000\ \text{kWh}$
- b. Consumption of reactive energy Verbrauch an Blindenergie: $E_B = 400\ 000\ \text{kvarh}$
- c. Number of working hours Anzahl der Arbeitsstunden: $t = 600\ \text{h}$

Resulting average active power:

Daraus ergibt sich eine durchschnittliche Wirkleistung:

$$P = \frac{300\ 000\ \text{kWh}}{600\ \text{h}} = 500\ \text{kW}$$

Calculation of the original power factor $\cos\varphi_1$:

Der Ausgangsleistungsfaktor $\cos\varphi_1$ errechnet sich wie folgt:

$$\cos\varphi_1 = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{E_B}{E_W}\right)^2 + 1}} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{400\ 000\ \text{kvarh}}{300\ 000\ \text{kWh}}\right)^2 + 1}} = 0.6$$

For the improvement of the power factor from 0.6 to 0.9 we read the factor 0.849 from the chart above.

Für eine Verbesserung des Leistungsfaktors von 0.6 auf 0.9 entnehmen wir aus unserer Tabelle den Faktor 0.849.

The required capacitor power is:

Damit erhalten wir einen Bedarf an Kondensatorleistung von:

$$Q_C = 500\ \text{kW} \cdot 0.849 = 425\ \text{kvar}$$





Influence of Harmonics, Harmonic Filtering

Developments in modern semiconductor technology have led to a significant increase in the number of thyristor- and inverter-fed loads.

Unfortunately these non-linear loads have undesirable effects on the incoming AC supply, drawing appreciable inductive reactive power and a non-sine-wave current. The supply system needs to be kept free of this harmonic distortion to prevent equipment malfunction.

A typical inverter current is composed of a mixture of sine-wave currents; a fundamental component at the supply frequency and a number of harmonics whose frequencies are integer multiples of the line frequency (in three phase mains most of all the 5th, 7th, and 11th harmonic). The harmonics lead to a higher capacitor current, because the reactive resistance of a capacitor reduces with rising frequency.

The rising capacitor current can be accommodated by constructional improvements in the manufacture of the capacitor. However a resonating circuit between the power factor correction capacitors, the inductance of the feeding transformer and the mains may occur. If the frequency of such a resonating circuit is close enough to a harmonic frequency, the resulting circuit amplifies the oscillation and leads to immense over-currents and over-voltages.

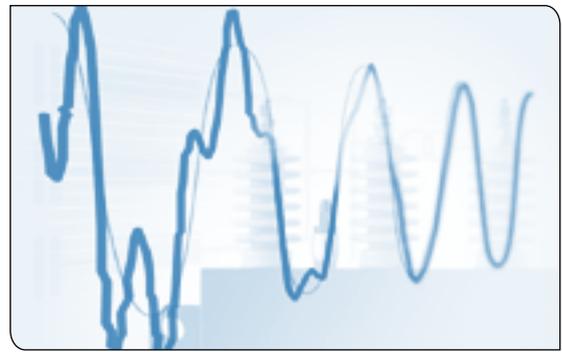
Harmonic distortion of an AC supply can result in any or all of the following:

- Premature failure of capacitors.
- Nuisance tripping of circuit breakers and other protective devices.
- Failure or maloperation of computers, motor drives, lighting circuits and other sensitive loads.



The installation of detuned (reactor-connected) capacitors is designed to force the resonant frequency of the network below the frequency of the lowest harmonic present, thereby ensuring no resonant circuit and, by implication, no amplification of harmonic currents. Such an installation also has a partial filtering effect, reducing the level of voltage distortion on the supply, and is recommended for all cases where the share of harmonic generating loads is more than 20% of the overall load to be compensated. The resonance frequency of a detuned capacitor is always below the frequency of the fifth harmonic.

A close-tuned filter circuit however is tuned to a certain harmonic frequency and presents a very low impedance to the individual harmonic current, diverting the majority of the current into the filter bank rather than the supply.



Einfluss von Oberwellen und deren Filterung

Die Entwicklung der modernen Halbleitertechnologien hat zu einer entscheidenden Erhöhung der Anzahl von thyristor- und konvertergesteuerten Verbrauchern geführt.

Leider üben Konverter unerwünschte Nebeneffekte auf das Wechselspannungsnetz aus, indem sie eine beachtliche induktive Blindleistung und einen nichtsinusförmigen Strom verursachen. Diese Verunreinigung des Versorgungsnetzes kann zu Beschädigungen und Fehlfunktionen von Ausrüstungen und Geräten führen.

Ein typischer Konverterstrom ist aus einer Überlagerung von verschiedenen sinusförmigen Teilströmen zusammengesetzt, d.h. einer Grundschwingung, welche die Frequenz des Netzes aufweist, und einer Anzahl von sogenannten Harmonischen oder Oberwellen, deren Frequenzen ein Vielfaches der Netzfrequenz betragen (in Dreiphasennetzen treten vorwiegend die fünfte, siebente und elfte Oberwelle auf). Diese Oberwellen führen zu einem erhöhten Kondensatorstrom, da sich der Blindwiderstand eines Kondensators mit steigender Frequenz verringert.

Dem steigenden Kondensatorstrom kann man durch konstruktive Verbesserungen des Kondensators begegnen, allerdings wird dadurch nicht das Risiko von Resonanzerscheinungen zwischen den Leistungskondensatoren auf der einen Seite sowie der Induktivität des einspeisenden Transformators und des Netzes auf der anderen Seite beseitigt. Erweist sich nämlich die Resonanzfrequenz eines solchen Resonanzkreises nahe genug an der Frequenz einer der Oberwellen im Netz, so kann dieser Resonanzkreis die Schwingung der Oberwelle verstärken und zu immensen Überströmen und Überspannungen führen.

Die Oberwellenverunreinigung eines Wechselspannungsnetzes kann einige oder alle der nachstehenden Auswirkungen haben:

- frühzeitiges Ausfallen von Kondensatoren
- verfrühtes Ansprechen von Schutzschaltern und anderen Sicherungseinrichtungen
- Ausfall oder Fehlfunktion von Computern, Antrieben, Beleuchtungseinrichtungen und anderen empfindlichen Verbrauchern

Die Installation von verdrosselten Kondensatoren soll die Resonanzfrequenz des Netzes unter die Frequenz der niedrigsten vorhandenen Oberwelle zwingen. Dadurch wird eine Resonanz zwischen den Kondensatoren und dem Netz und damit auch eine Verstärkung von Oberwellenströmen verhindert. Eine solche Installation hat auch einen Filtereffekt, indem sie den Grad der Spannungsverzerrung im Netz verringert. Sie wird deshalb für alle Fälle empfohlen, in denen der Leistungsanteil der oberwellenerzeugenden Verbraucher mehr als 20% der Gesamtleistung beträgt. Die Resonanzfrequenz eines verdrosselten Kondensators liegt immer unterhalb der Frequenz der 5. Oberwelle.

Ein abgestimmter Filterkreis ist dagegen speziell auf eine bestimmte Oberwellenfrequenz abgestimmt und stellt für den jeweiligen Oberwellenstrom eine sehr niedrige Impedanz dar. Dadurch wird ein Großteil des Oberwellenstromes in den Filterkreis umgeleitet.

COMPARISON OF CONVENTIONAL MEDIUM VOLTAGE CAPACITORS AND ENGINEERING TECHNIQUES

MITTELSPANNUNGSKONDENSATOREN- UND ANLAGENTECHNIKEN IM VERGLEICH

This description and our product range both focus on single capacitors and reactive power compensation systems in the power range from 50 to approx. 6,000 kvar, because the greatest deficit in risk-awareness is present here. In practice, they are often just «parked» somewhere since the dimensions and prices of such equipment are relatively small and they should be close to the load. Protection devices are then often neglected in comparison to larger systems, because the costs appear to be unreasonably high.

It is a fact that the protection systems necessary for the reliable operation of a small reactive power compensation system, e.g. 300 kvar, require the same protection relay and a similarly expensive current transformer as a 10 MVAR system. If the total power is divided into 3 or 6 units, even higher costs are incurred. Disparities of up to 80% for the protection component then occur, compared to 5% for larger systems.

Serious mistakes are often made especially in the reactive power compensation of small installations, which lead to equipment damage and environmental incompatibility. This unsatisfactory situation was the starting point for the development of a new concept that offers an acceptable relationship between protection costs and total costs, while reducing the ecological risk.

Operational stress of Allfilm medium voltage capacitors

Capacitors operate at full power immediately after every switching. No-load or low-load periods do not exist. The design is made under economical constraints with high electrical field strengths up to 75 kV/mm and a finite service life, which can be dependent on many influencing factors, and is estimated from statistical data. There are many effects that cannot be detected during durability tests.

Summarising, it can be said that modern power capacitors are very reliable and failure rates greater than 0.2% per year are very rare. However, it must be considered that much higher failure rates occur from early failures, manufacturing faults, dimensioning errors, incorrect application or overload.

The effects of such failures must be assessed carefully by means of a risk analysis that also includes the ecological risk, due to the high short-circuit power present in medium voltage installations.

Objective of capacitor protection techniques

The reduction of damage to the environment is the most important criterion for capacitors, while preventive protection against permanent damage is the prime concern with motors, transformers, inverters, lines, cables and similar components.

Breakdown behaviour of Allfilm medium voltage capacitors

Breakdown of the dielectric is the prime cause of failure. Only this breakdown and the resulting consequential effects are considered here.

Der Schwerpunkt dieser Ausführungen und unserer Produktpalette liegt bei Einzelkondensatoren und Blindleistungs-Kompensationsanlagen im Leistungsbereich von 50 bis ca. 6.000 kvar, weil hier die größten Defizite im Risikobewusstsein bestehen. Da Abmessungen und Preis solcher Anlagen verhältnismäßig gering sind und der Einsatz möglichst verbrauchernah erfolgen soll, werden sie in der Praxis oft «irgendwo» hingestellt. Dabei werden häufig die Schutzeinrichtungen im Vergleich zu großen Anlagen vernachlässigt, weil die Kosten unangemessen hoch erscheinen.

In der Tat ist es so, dass die für einen sicheren Betrieb notwendige Schutztechnik für eine kleine Kompensationsleistung, von z.B. 300 kvar, dasselbe Schutzrelais und einen genauso teureren Wandler erfordert wie eine 10 Mvar Anlage. Bei Aufteilung der Gesamtleistung in 3 oder 6 Einheiten entstehen sogar noch höhere Kosten. Es ergeben sich dann Missverhältnisse von bis zu 80% Schutzkostenanteil bei Kleinanlagen gegenüber 5% bei großen Anlagen. Deshalb werden gerade bei der Blindleistungs-Kompensation von kleineren Anlagen häufig schwerwiegende Fehler gemacht, die zu Sach- und Umweltschäden führen können. Diese unbefriedigende Situation war der Ausgangspunkt für die Entwicklung eines neuen Konzeptes, das ein vertretbares Verhältnis von Schutzkosten zu Gesamtkosten erlaubt und das Umweltrisiko minimiert.

Betriebsbeanspruchungen von Allfilm – Mittelspannungskondensatoren

Kondensatoren sind bei jeder Zuschaltung sofort mit voller Leistung in Betrieb. Leerlauf oder Schwachlastzeiten gibt es nicht. Aus wirtschaftlichen Gründen erfolgt die Auslegung mit einer hohen elektrischen Feldstärke von bis zu 75 kV/mm und eine endlichen Lebensdauer, die nach statistischen Kriterien von vielen Einflussfaktoren abhängig sein kann. Es gibt viele Beeinträchtigungen, die bei Lebensdauerprüfungen nicht erfassbar sind.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass Leistungs-kondensatoren heute sehr zuverlässig sind und Ausfallraten von > 0,2% pro Jahr nur selten erreicht werden.

Trotzdem ist nicht auszuschließen, dass sich auf Grund von Frühausfällen, Fertigungsfehlern, Dimensionierungs- bzw. Applikationsfehlern oder Überlastung gelegentlich weit höhere Ausfallraten ergeben. Die möglichen Auswirkungen derartiger Ausfälle sind wegen der bei Mittelspannungsanlagen hohen Kurzschlussleistung sorgfältig durch eine Risikoanalyse, die auch das Umweltrisiko einschließt, zu bewerten.

Zielsetzung der Kondensatorschutztechnik

Während bei Motoren, Transformatoren, Stromrichtern, Leitungen, Kabeln und ähnlichen Komponenten ein vorbeugender Schutz der Betriebsmittel vor bleibenden Beschädigungen im Vordergrund steht, ist bei Kondensatoren die Eingrenzung von Schadensauswirkungen auf die Umgebung wichtigstes Kriterium.

Ausfallverhalten von Allfilm - Mittelspannungskondensatoren

Die Ausfallursache Nr. 1 sind Durchschläge im Dielektrikum. Aus diesem Grunde soll hier nur dieser Fehler und die daraus resultierenden Folgeauswirkungen betrachtet werden.

Every breakdown of a single winding element in a capacitor with several internal serial winding circuits leads to a change of the internal voltage distribution, irrespective of whether this winding is fused individually or whether it is a fuse-less design. This leads inevitably to higher voltage stress in the remaining winding elements. Accelerated ageing accompanies the increased voltage stress, which leads to further winding breakdowns.

Considerable damage to the environment of the capacitor must be expected if the breakdown process is uncontrolled, i.e. operation is continued until an over-current, earth or short-circuit trip responds.

This means that, when the maximum permitted energy input into the capacitor casing is exceeded (violation of the typical current-time destruction limit), it can, in the worst case, tear open, and the contents of the casing be ejected. A considerable shock wave, with ignition of the oil spray and the solid inflammable content, are conceivable further consequences.

■ Protection for medium voltage capacitors normally means the minimisation of effects of already existing, irreversible capacitor damage to the direct neighbourhood. This occurs in the knowledge that Allfilm capacitors contain a large proportion of ecologically critical, flammable, solid and fluid organic materials, which pose a considerable hazard potential.

3-phase medium voltage capacitors

These capacitors are frequently built without internal fuses, due to their usually low power and three-phase design. Such a capacitor exhibits a group short-circuit after a winding breakdown.

Depending upon the number of internal serial circuits, the capacitance and voltage stress in the affected branch increase by the factor $n/n-1$.

The current increases correspondingly. This is thermally barely noticeable due to the low capacitor losses and further short-circuits can occur, especially if the fault remains unnoticed for a long period.

■ Since remaining windings can still survive at up to twice the nominal voltage for minutes or even hours, the effects on fuses and feeders under the influence of twice the rated current are to be taken into account.

Gas formation need not be expected during this overload phase, since the film layers weld together solidly at the breakdown position and can carry increased current for a long period. An internal pressure build-up does not occur during this period.

■ Pressure monitors are ineffective in Allfilm medium voltage capacitors.

Jeder Durchschlag eines einzelnen Wickelelementes in einem Kondensator mit mehreren internen Wickel-Serienschaltungen führt, unabhängig davon ob diese Wickel einzeln abgesichert sind oder ob es sich um eine sicherungslose Konstruktion handelt, zu einer Änderung der internen Spannungsverteilung. Dies führt zwangsläufig beim verbleibenden Teil der Wickelelemente zu einer höheren Spannungsbelastung.

Mit der erhöhten Spannungsbelastung geht eine beschleunigte Alterung einher, die zwangsläufig weitere Wickelausfälle nach sich zieht. Bei unkontrolliertem Verlauf des Ausfallprozesses, das heißt weiterer Betrieb bis zum Ansprechen einer vorgeschalteten Überstrom-, Erd- oder Kurzschlussauslösung, muss mit erheblichen Schadensauswirkungen auf die Umgebung des Kondensators gerechnet werden.

Das bedeutet, dass bei Überschreitung des maximal zulässigen Energieeintrages in ein Kondensatorgehäuse (Überschreitung der typischen Strom-Zeit-Zerstörungsgrenze), dieses im ungünstigsten Fall aufreißt und der Gehäuseinhalt hinausgeschleudert wird. Eine erhebliche Druckwelle, mit Entzündung der zerstäubten Ölfüllung und des festen brennbaren Inhaltes, sind die weiteren denkbaren Folgen.

■ Schutztechnik bei Mittelspannungskondensatoren bedeutet in der Regel, die Minimierung der Auswirkungen eines bereits eingetretenen irreversiblen Kondensatorschadens auf die unmittelbare Umgebung. Dies erfolgt im Bewusstsein, dass Allfilm-Kondensatoren einen großen Anteil umweltkritischer, brennbarer, fester und flüssiger organische Stoffe enthalten, die ein beachtliches Gefährdungspotential darstellen.

3-phasige Mittelspannungskondensatoren

Wegen der meist nur kleinen Leistung und der 3-phasigen Bauart, werden diese Kondensatoren häufig ohne interne Sicherung gebaut. Ein solcher Kondensator weist nach einem Wickeldurchschlag einen Gruppenkurzschluss auf. Je nach Anzahl der internen Serienschaltungen erhöhen sich die Kapazität und Spannungsbelastung im betroffenen Strang um den Faktor $n/n-1$.

Dementsprechend steigt die Stromaufnahme. Wegen der niedrigen Kondensatorverluste macht sich das normalerweise thermisch kaum bemerkbar und es kann zu weiteren Gruppenkurzschlüssen kommen, besonders wenn der Fehler lange Zeit unbemerkt bleibt.

■ Da hierbei Restwickel bei bis zur 2-fachen Nennspannung noch eine Überlebenszeit von Minuten und sogar Stunden haben können, sind die Auswirkungen auf Sicherungen und Zuleitungen unter dem Einfluss des bis zu 2-fachen Nennstroms zu beachten.

Während dieser Überlastphase ist nicht mit einer Gasbildung zu rechnen, da die Belagfolien am Durchschlagort massiv miteinander verschweißen und langfristig erhöhte Ströme führen können. Somit kommt es auch während dieses Zeitraumes nicht zu einem Innen-Druckanstieg.

■ Gehäusedrucküberwachungen in Allfilm-Mittelspannungskondensatoren sind wirkungslos.

RISKS AND SHORTCOMINGS OF FORMER COMMON CONCEPTS RISIKEN UND UNZULÄNGLICHKEITEN DER BISHER GEBRÄUCHLICHEN KONZEPTE

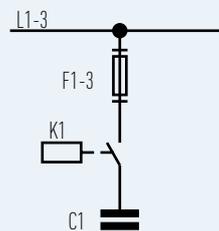
Various concepts for the protection and switching of medium voltage capacitors are known from practice. The five most usual will be discussed here.

Aus der Praxis sind verschiedene Konzepte zum Schutz und zum Schalten von Mittelspannungskondensatoren bekannt. Die 5 gebräuchlichsten sollen hier behandelt werden.

Variant 1 Variante 1

A low-power compensation system is switched with a vacuum contactor and additional h.v. HRC. fuses are employed as short-circuit protection for switchgear, busbars and lines.

Eine Kompensationsanlage kleiner Leistung wird mit einem Vakuumschütz geschaltet, als Kurzschlusschutz für Schaltgeräte, Sammelschienen und Leitungen werden zusätzlich HH-Sicherungen eingesetzt.



Problem:

Current overload caused by a group short-circuit in the capacitor, or also at resonance with network harmonics, cause a danger that the short-circuit protection fuse trips in the over-current range if the current rating is too low. The arc quenching capability of the fuses can be overtaxed due to the capacitive load. Reverse sparking occurs with very high intensities and ultimately leads to an open arc at the fuse contacts, and to a phase short-circuit at the installation position of the fuse.

Problem:

Bei Stromüberlast durch einen Gruppenkurzschluss im Kondensator oder auch bei Resonanzen mit Netzharmonischen besteht die Gefahr, dass die Kurzschlusschutzsicherung bei zu geringem Nennstrom im Überstrombereich zur Auslösung kommt. Wegen der kapazitiven Last ist das Löschvermögen der Sicherungen überfordert. Es kommt zu Rückzündungen mit sehr hohen Werten und letztendlich zum offenen Lichtbogen an den Sicherungskontaktstellen und zum Phasenkurzschluss am Einbauort der Sicherungen.

Choice of nominal fuse current

Fuses must be chosen for at least 1.6 times the rated capacitor current to withstand the switching current. Since Allfilm capacitors can remain connected to the mains in fault situations (failure of serial groups) for a long period with up to double the nominal capacity, fuses should be rated for at least $2 \times I_N$. The risk that fuses rupture due to over-current, but do not quench the arcing is avoided by this method.

If fuse ratings of approx. 200 A are exceeded, then an additional problem occurs: In the case of a short-circuit, the fuse throughput energy becomes greater than the energy absorption capacity of the capacitor enclosure.

Wahl des Sicherungsnennstromes

Zur Führung des Einschaltstromes sind Sicherungen mindestens für den 1,6-fachen Kondensatornennstrom auszulegen. Da Allfilm-Kondensatoren im Fehlerfall (Ausfall von Seriengruppen) noch lange mit bis zu doppelter Nennkapazität am Netz bleiben können, sollten Sicherungen mindestens für $2 \times I_N$ ausgelegt werden. Das Risiko, dass Sicherungen wegen Überstrom auslösen aber nicht löschen wird dadurch vermieden.

Werden bei der Auswahl des Sicherungsnennstromes Werte von ca. 200A überschritten, tritt ein zusätzliches Problem auf: Im Kurzschlussfall wird die Durchlassenergie der Sicherung größer als die Energieaufnahmefähigkeit des Kondensatorgehäuses.

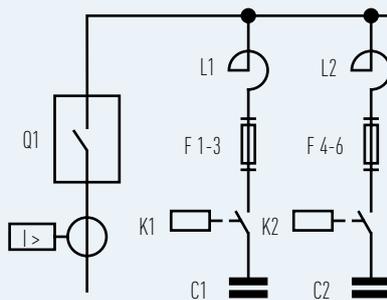
Selection of the rated voltage for capacitor fuses

Current limiting fuses have an excellent interruption behaviour during short-circuits, but are usually not able to interrupt capacitive currents at overload. A peak voltage with twice the amplitude occurs at the gap due to the charged capacity, which can result in arcing-back with even higher voltages. One should therefore always employ h.v. h.b.c. general purpose fuses with the next higher nominal voltage than the actual mains voltage.

Wahl der Nennspannung von Kondensatorsicherungen

Strombegrenzende Sicherungen haben zwar ein ausgezeichnetes Abschaltverhalten bei Kurzschlüssen, sind aber meist nicht in der Lage, kapazitive Ströme bei Überlast abzuschalten. Wegen der geladenen Kapazität tritt an der Trennstelle die 2-fache Scheitelspannung auf, was zu Rückzündungen mit noch weit höheren Spannungen führen kann. Man sollte deshalb grundsätzlich nur HH-Vollbereichssicherungen mit der nächsthöheren Nennspannung als die aktuelle Netzspannung verwenden.

Variant 2
Variante 2



A low-power compensation system with several switching stages, in-rush current limiting reactors, and vacuum contactors as step switches and circuit-breakers as short-circuit protection.

Eine Kompensationsanlage kleiner Leistung mit mehreren Schaltstufen, Einschaltstrombegrenzungsdrosseln, Vakuumschützen als Stufenschalter und Leistungsschalter als Kurzschlusschutz.

Problem:

If a protection system for early fault detection, such as asymmetry protection or phase current comparison protection is not employed additionally, then the concept is unsafe.

As a rule, circuit breakers are unsuitable for the disconnection of capacitors with an internal short-circuit, since they do not possess a current-limiting interruption characteristic. The throughput energy before isolation is always much larger than a capacitor enclosure can withstand.

Problem:

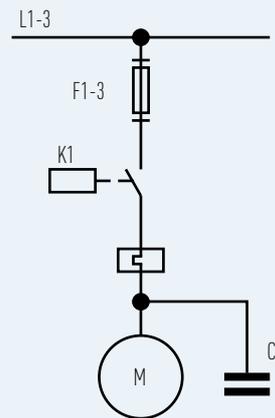
Wenn kein Schutzsystem zur Fehlerfrüherkennung wie Unsymmetrieschutz oder ein Phasenstromvergleichsschutz zusätzlich eingesetzt wird, ist das Konzept unsicher.

Leistungsschalter sind grundsätzlich nicht geeignet, Kondensatoren bei einem inneren Kurzschluss sicher abzuschalten, weil sie keine strombegrenzende Abschaltcharakteristik besitzen. Die Durchlassenergie bis zur Trennung ist in jedem Fall weit höher als ein Kondensatorgehäuse vertragen kann.

Variant 3
Variante 3

A fixed capacitor is connected directly in parallel to the motor. The operational circuit consists of a vacuum contactor, short-circuit protection with current-limiting h.v. h.b.c. general purpose fuse and motor overload protection; further capacitor protection is not provided.

Ein Festkondensator ist direkt parallel zum Motor geschaltet. Die betriebsmäßige Schaltung erfolgt durch Vakuumschütz, Kurzschlusschutz mit strombegrenzender HH-Vollbereichssicherung, Motor-Überlastschutz, ein weiterer Kondensatorschutz ist nicht vorhanden.



Problem:

Satisfactory capacitor protection is not possible due to the layout of the fuse and motor protection for the total current.

When operated with an undetected group short-circuit in the capacitor, a considerable overvoltage will arise at the motor during the shut-down phase after disconnection from the supply. As a result, the already overloaded residual capacitance may flash over. The next switch-on is then made onto a short-circuited capacitor, which may cause the capacitor to burst and the motor insulation to be damaged.

Fixed compensation systems cannot be satisfactorily protected without additional sensitive protection systems. At least separate fuses matched to the capacitors are necessary. Better would be the application of a highly sensitive additional protection system that trips already at a low fault level.

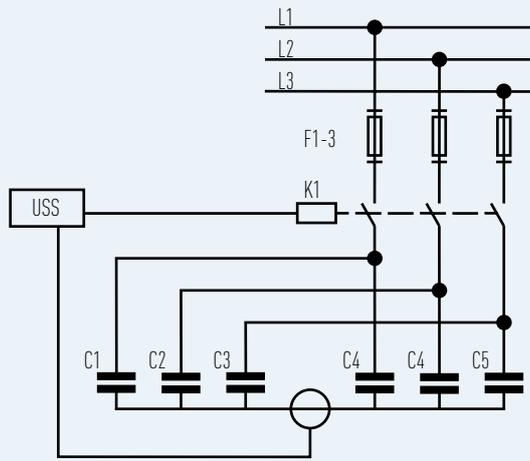
Problem:

Wegen der Auslegung von Sicherung und Motorschutz auf den Gesamtstrom ist kein ausreichender Kondensatorschutz möglich.

Bei Betrieb mit unerkanntem Gruppenkurzschluss im Kondensator wird sich, bei Abschaltung vom Netz, am Motor während der Auslaufphase eine erhebliche Überspannung einstellen. Als Folge kann die bereits überbeanspruchte Restkapazität durchschlagen. Die nächste Zuschaltung erfolgt dann auf einen kurzgeschlossenen Kondensator, dabei kann der Kondensator aufreißen aber auch die Isolation des Motors geschädigt werden.

Festkompensationen können ohne zusätzliche empfindliche Schutztechnik nicht ausreichend geschützt werden. Es sind zumindest separate, auf die Kondensatoren abgestimmte Sicherungen erforderlich. Besser ist die Verwendung eines hochempfindlichen zusätzlichen Schutzsystems, das bereits bei niedrigem Fehlerpegel auslöst.

Variant 4
Variante 4



A capacitor with switchgear and asymmetry protection, additional circuit breaker or load switch with current-limiting fuses for short-circuit protection.

Ein Kondensator mit Schaltgerät und Unsymmetrieschutz, zusätzlich Leistungsschalter oder Lastschaltgerät mit strombegrenzenden Sicherungen zum Kurzschlusschutz.

Problem:

Load unbalance protection circuits detect the circulating current in the neutral branch of a bridge circuit or between two star points of a double circuit, that occurs after a breakdown of a winding or a winding group.

Even the breakdown of the first winding element in small capacitor systems can be detected reliably and be used to trip the associated switch. The other switching functions of this switch are irrelevant, so far as the protection tripping disconnects the capacitor immediately at a low fault level, or in the case of multi-step systems, after a previous alarm signal.

Reliable protection against consequential damage is achieved with the correct setting of a predefined switch-off threshold at a low fault level.

Remaining problem:

High costs and effort for ecological protection and disposal.

Problem:

Unsymmetrieschutzschaltungen erfassen den im Nullzweig einer Brückenschaltung oder zwischen zwei Sternpunkten einer Doppelschaltung auftretenden Ausgleichsstrom, der bei Durchschlag eines Wickels oder einer Wickelgruppe auftritt.

Bereits der Durchschlag des ersten Wickelelementes kann bei kleinen Kondensatoranlagen zuverlässig erkannt und zur Auslösung des vorgelagerten Schaltgerätes verwendet werden. Dabei ist es unerheblich, welche sonstigen Schaltfunktionen dieses Schaltgerät noch zu erfüllen hat, sofern die Schutzauslösung sofort, oder bei mehrstufigen Systemen nach einer vorausgegangenen Warnmeldung, den Kondensator bei noch niedrigem Fehlerpegel abschaltet.

Bei richtiger Einstellung einer vordefinierten Abschaltsschwelle auf niedrigem Fehlerpegel wird ein zuverlässiger Schutz gegen Folgeschäden erzielt.

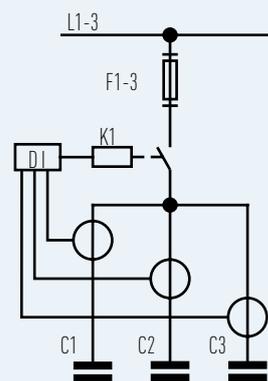
Restproblem:

Hohe Kosten und großer Aufwand für Umweltschutz und Entsorgung.

Variant 5 Variante 5

A capacitor with switchgear and phase-current comparison protection, additional circuit breaker or load switch with current-limiting fuses for short-circuit protection.

Ein Kondensator mit Schaltgerät und mit Phasenstrom-Vergleichsschutz, zusätzlich Leistungsschalter oder Lastschaltgerät mit strombegrenzenden Sicherungen zum Kurzschlusschutz.



Problem:

Similar to an asymmetry protection scheme; can avoid consequential damage from premature tripping. Network asymmetries or starting asymmetries can lead to erroneous tripping more easily than with variant 4. The sensitivity which may be achieved with phase comparison protection is lower than with an asymmetry protection circuit.

Apart from that, the problems of variant 4 remain.

Course of damage at capacitors with winding fuses

Depending on type, winding fuses are able to interrupt currents at network frequency, with current limitation at mains voltages up to several kV. At higher voltages and with several internal series connections, the voltage at the remaining windings continues to increase with decreasing number of paralleled winding elements, until the disconnection ability of the winding fuse is overtaxed. The damage arising here can lead to the destruction of the insulation between the phases or towards the enclosure.

The consequences are depending on the through-put energy of the associated over-current protection and more or less identical to those occurring at capacitors without fuses. Capacitors can be considered partially safe if they contain no more than two internally fused, series-connected winding groups between the phases, e.g. star-connected 3.6 kV capacitors or single-phase capacitors up to 3.6 kV in furnace systems.

Problem:

Ähnlich wie mit einem Unsymmetrieschutz, kann eine frühzeitige Auslösung Folgeschäden vermeiden. Netzunsymmetrien oder Anfangunsymmetrien können leichter zu Fehlauflösungen als bei Variante 4 führen. Darüber hinaus ist die erzielbare Empfindlichkeit mit einem Phasenvergleichsschutz geringer als bei einer Unsymmetrie-Schutzschaltung.

Sonst gleiches Restproblem wie Variante 4.

Schadensverlauf bei Kondensatoren mit Wickelsicherungen

Wickelsicherungen können, je nach Bauart, bis zu einigen kV Netzspannung auch netzfrequente Kurzschlussströme strombegrenzend abschalten. Bei höherer Nennspannung und mehreren internen Serienschaltungen steigt mit abnehmender Zahl paralleler Wickel an den verbleibenden Wickeln die Spannung immer weiter an, bis die Trennfähigkeit der Wickelsicherung überfordert ist. Die dabei auftretenden Schäden können zur Zerstörung der Isolation zum Gehäuse oder zwischen den Phasen führen.

Die daraus resultierenden Auswirkungen sind abhängig von der Durchlassenergie des vorgelagerten Überstromschutzes und ansonsten weitestgehend identisch mit denen bei sicherungslosen Kondensatoren.

Als teilweise eigensicher können Kondensatoren gelten, die maximal 2 intern abgesicherte Wickelgruppen in Reihenschaltung zwischen den Phasen aufweisen, z.B. 3,6kV Kondensatoren in Sternschaltung oder Einphasenkondensatoren bis etwa zu 3,6 kV in Ofenanlagen.

During the development of a highly advanced state of fault, the risk rises that not only winding breakdowns occur, but parts of the internal insulation get damaged, which may lead to a short-circuit at a high fault level. The risk of consequential damage is significantly higher than if asymmetry protection systems were used.

Basic rule

The most important criterion for a timely disconnection without consequential damage is early detection and, if possible, rapid disconnection of capacitor groups after the failure of windings or winding groups. This ensures that fuses do not trip due to increased current and that rapid short-circuit trips do not occur, both of which can have the very serious consequences described above. This applies especially to three-phase capacitors.

Other criteria must be taken into account in the case of large compensation powers, which shall not be discussed here. A network short-circuit is improbable due to multiple external series circuits.

Correct handling of fault tripping

One repeatedly observes that fault trips are reset or reclose attempts made by operating staff, without the cause of the trip being clarified and cleared. Enormous consequential damage is observed and documented from such incorrect conduct.

Im Verlauf eines weit fortgeschrittenen Ausfallzustandes erhöht sich aber das Risiko, dass nicht nur Wickeldurchschläge auftreten, sondern auch hier Teile der Isolation zwischen den Phasen oder zum Gehäuse beschädigt werden, was dann zum Kurzschluss mit hohem Fehlerpegel führt. Das Risiko von Folgeschäden ist wesentlich höher als bei Anwendung von Unsymmetrie-Schutzschaltungen.

Grundregel

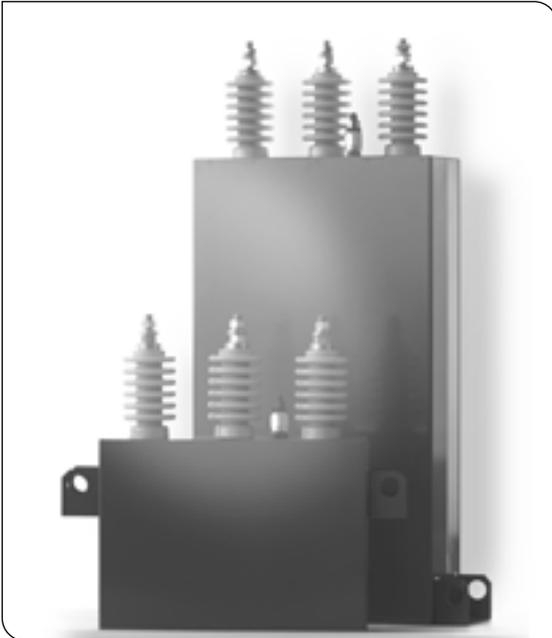
Wichtigstes Kriterium für eine rechtzeitige Trennung ohne Folgeschäden ist die Früherkennung und möglichst unverzögerte Abschaltung von Kondensatoren beim Ausfall von Wickeln oder Wickelgruppen. Dadurch wird verhindert, dass weder Sicherungen durch erhöhten Strom thermisch auslösen, noch Kurzschluss Schnellaösungen auftreten können, die wie oben beschrieben, sehr schwerwiegende Folgen haben können. Dies gilt besonders für 3-phasige Kondensatoren.

Bei großen Kompensationsleistungen, die hier nicht behandelt werden sollen, sind andere Kriterien zu beachten. Durch mehrfache äußere Serienschaltungen ist ein Netzkurzschluss unwahrscheinlich.

Richtiger Umgang mit Schutzauslösungen

Es wird immer wieder festgestellt, dass vom Betriebspersonal Schutzauslösungen zurückgestellt werden und Wiedereinschaltversuche erfolgen, ohne dass vorher die Auslöseursache geklärt und beseitigt wurde. Aus derartigem Fehlverhalten sind enorme Folgeschäden bekannt.

MSD – SELF-HEALING MEDIUM VOLTAGE CAPACITORS IN DRY TECHNOLOGY MSD – SELBSTTHEILENDE MITTELSPANNUNGSKONDENSATOREN IN TROCKENTECHNOLOGIE



Increasing safety awareness resulting from stricter product liability, the unsatisfactory situation with fusible links and the high costs for asymmetry protection or phase comparison protection have motivated us to seek a safe, simple and economic solution which will be described on the following pages: MSD – the ecologically sound, self-healing medium voltage capacitor.

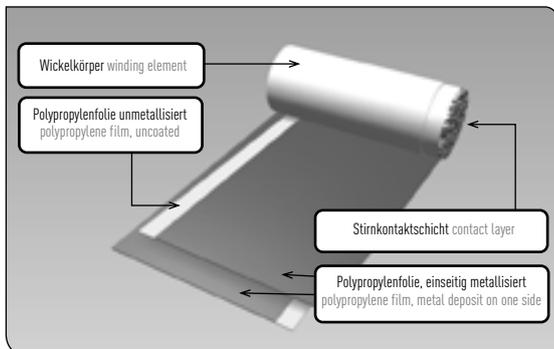
Das zunehmende Sicherheitsbewusstsein als Folge verschärfter Produkthaftung, die unbefriedigende Situation mit Schmelzsicherungen sowie die hohen Kosten für Unsymmetrieschutz oder Phasenstromvergleich haben uns veranlasst, eine sichere, einfache und preisgünstige Lösung zu suchen, die auf den folgenden Seiten vorgestellt wird: MSD – der umweltfreundliche, selbstheilende Mittelspannungskondensator.

Design and characteristics Aufbau und Eigenschaften

The MSD technology is based on the logical development of proven self-healing technology for low-voltage power cap. It also permits the economic manufacture of medium voltage capacitors without employing inflammable and environmentally critical fluid oil fillings. The actual active capacitor element consists of a large number of high-quality, self-healing round MKP elements, which are wired to each other and installed in a stainless steel enclosure.



Die MSD-Technik basiert auf der konsequenten Weiterentwicklung der bewährten Technologie von selbstheilenden Niederspannungs-Leistungskondensatoren. Sie gestattet es, nun auch Mittelspannungskondensatoren ohne brennbare und umweltkritische flüssige Ölfüllung wirtschaftlich herzustellen. Der eigentliche Aktivteil des Kondensators besteht aus einer größeren Zahl hochwertiger, selbstheilender MKP-Rundwickel, die, miteinander verschaltet, als Paket in ein Edelstahlgehäuse eingebaut werden.



Our MSD capacitors are filled with solid materials, i.e. dry, instead of combustible liquid as with Allfilm medium voltage capacitors.

High-quality insulation between the active elements and the enclosure is achieved using a special process, which is designed and tested to suit the requirements for the nominal insulation voltage of the capacitor. This special insulation is of crucial importance for the safe operation of the internal pressure monitor: self-healing capacitors are not (yet) covered by current standards for medium voltage capacitors, such as IEC 60871, however, our MSD series fulfils all electrical and safety requirements of these standards. It has to be noted that the MSD capacitors – like any self healing capacitor – do not produce short circuits and can therefore not be disconnected from the system by internal or external blow-out fuses. This task is performed by integrated over-pressure switches as described in the standards applicable to capacitors for power electronics and for inductive heating. (VDE-EN 61071 and VDE-EN 60110)

Statt mit brennbarer Flüssigkeit wie bei Allfilm-Mittelspannungskondensatoren sind unsere MSD-Kondensatoren mit Feststoffen gefüllt, also trocken.

Durch ein spezielles Verfahren wird eine qualitativ hochwertige Isolation zwischen Aktivteil und Gehäuse erreicht, die entsprechend den Anforderungen der Nennisolationsspannung des Kondensators ausgelegt und geprüft ist. Diese spezielle Isolation ist für die sichere Funktion der Innendrucküberwachung von ausschlaggebender Bedeutung: obwohl selbstheilende Kondensatoren von den derzeit gültigen Standards für Mittelspannungskondensatoren, wie z.B. IEC 60871, (noch) nicht erfasst werden, erfüllt unsere MSD-Serie alle elektrischen und sicherheitstechnischen Anforderungen dieser Standards. Es ist jedoch zu beachten, dass die MSD-Kondensatoren – wie alle selbstheilenden Kondensatoren – im Fehlerfall keine Kurzschlüsse erzeugen und somit nicht durch interne oder externe Schmelzsicherungen vom Netz getrennt werden können. Diese Aufgabe übernimmt ein integrierter Überdruckschalter wie in den Normen für Kondensatoren der Leistungselektronik und für induktive Erwärmung beschrieben. (VDE-EN 61071 sowie VDE-EN 60110)



Benefits of the new MSD technology



Short-circuit currents are not possible due to the high-resistance fault characteristic of the self-healing dielectric. Special, short-circuit current limiting capacitor fuses are not necessary. Functional switching devices are sufficient for tripping.



The costs of the monitoring circuit are very low. It is sufficient to control the tripping function of the switch via the normally closed contact of the pressure monitor.



As a consequence of the different partial failure mode of MSD capacitors compared to that of Allfilm capacitors, the possibility of current imbalance in the three phases can be ruled out almost completely. Hence monitoring of the star point is unnecessary which leads to further reduction of installation cost.



Oil sumps are unnecessary due to the dry design; no oil which could pollute the local environment. No disposal problems at the end of useful service life.



reliability during applications in de-tuned and tuned filters and double filters by

- long term stability of capacitance
- significantly smaller temperature sensitivity of capacitance with values of approx. -2.5×10^{-4} compared to a 60% higher value for All Film dielectrics
- very small capacitance tolerances up to $\pm 2.5\%$

Economic viability

The pure capacitor manufacturing costs are slightly higher than former All Film capacitors as a result of the employment of especially high quality materials and a special production process.

If the total system costs including electrical protection systems such as asymmetry protection, fire protection and environmental protection measures are also considered, then significant cost benefits are achieved in the small to medium power range. The new technology offers decisive advantages in the range 50 to approx 6,000 kvar. Larger powers are also generally possible in the voltage range up to 12 kV.

Oil-filled capacitors are not permitted at locations with special fire risk, e.g. in mines, in protected water catchment areas or drinking water pump stations, so that other alternatives are often unavailable.

Vorteile der neuen MSD-Technik

Wegen des hochohmigen Fehlerbildes des selbstheilenden Dielektrikums sind keine Kurzschlussströme möglich. Spezielle, kurzschlussstrombegrenzende Kondensatorsicherungen sind nicht erforderlich. Für die Auslösung sind Betriebsschaltgeräte ausreichend.

Geringe Kosten für die Überwachungsschaltung. Es genügt, die Auslösefunktion des vorgelagerten Schaltgerätes über den Öffnerkontakt der Drucküberwachung anzusteuern.

Jedes Gehäuse wird einzeln überwacht. Beliebig viele Einzelkondensatoren können schutztechnisch zusammengefasst werden.

Infolge des andersartigen Ausfallverhaltens selbstheilender Kondensatoren ist das Risiko von Unsymmetrie praktisch ausgeschlossen. Damit erübrigt sich eine Überwachung des Sternpunktes, wodurch sich der Installationsaufwand wesentlich verringert.

Dank Trockenaufbau keine Ölauffangwannen erforderlich. Keine grundwassergefährdenden Öle, damit auch kein Entsorgungsproblem am Ende der Gebrauchsdauer.

Sicherheit beim Einsatz in verstimmten und abgestimmten Filterkreisanlagen sowie Doppelfiltern durch

- hohe Langzeitstabilität
- deutlich kleineren Temperaturgang der Kapazität mit Werten um etwa $-2,5 \times 10^{-4}$ gegenüber einem um 60% höherem Wert bei Allfilmdielektrikum
- sehr enge Kapazitätstoleranzen bis zu $\pm 2,5\%$

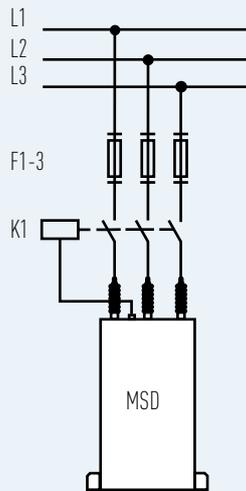
Wirtschaftlichkeit

Bedingt durch den Einsatz besonders hochwertiger Materialien und einen speziellen Fertigungsprozess sind die reinen Kondensator-Herstellkosten etwas höher als bei herkömmlichen Allfilm-Kondensatoren.

Werden jedoch die gesamten Anlagenkosten einschließlich elektrischer Schutztechnik wie Unsymmetrieschutz, Brandschutz und Umweltschutzmaßnahmen am Aufstellort und spätere Entsorgungskosten hinzugerechnet, ergeben sich deutliche Kostenvorteile im Bereich kleiner bis mittlerer Leistungen von 50 bis etwa 6.000 kvar. Grundsätzlich sind im Spannungsbereich bis 11kV auch größere Leistungen möglich.

An Aufstellungsorten mit besonderer Brandgefährdung, wie z.B. unter Tage, in Wasserschutzgebieten oder Trinkwasserpumpstationen, sind ölgefüllte Kondensatoren nicht zugelassen, so dass oft keine anderen Alternativen bestehen.

Anschlusschema Connection scheme



Application

Fixed motor and transformer compensation, automatic capacitor banks, mobile sub-stations, de-tuned and tuned filter circuits, in double filters, audio frequency links and other applications in critical areas for application in the 1.9 to 12kV range.

Anwendung

Motor- und Transformatorfestkompensation, automatische Blindleistungs-Kompensationsanlagen, mobile Umspannstationen, verstimmte und abgestimmte Filterkreise, in Doppelfiltern, Tonfrequenzankopplungen und sonstige Anwendungen speziell im kritischen Umfeld.

DEFINITIONS AND SELECTION CRITERIA BEGRIFFE UND AUSWAHLKRITERIEN



Rated Voltage U_N

Root mean square of the max. permissible value of sinusoidal AC voltage in continuous operation. Usually the rated mains voltage plus 5% overvoltage.

The rated voltage of the capacitors indicated in the data charts must not be exceeded even in cases of malfunction. Bear in mind that capacitors in detuned equipment are exposed to a higher voltage than that of the rated mains voltage; this is caused by the connection of detuning reactor and capacitor in series. Consequently, capacitors used with reactors must have a voltage rating higher than that of the regular mains voltage.

The voltage at a detuned capacitor's terminals can be calculated as follows:

- U_{Netz} = Mains voltage Netzspannung
- U_c = Capacitor voltage Kondensatorspannung
- p = Detuning factor Verdrosselungsgrad

$$U_c = \frac{U_{\text{Netz}}}{\left(1 - \frac{p}{100\%}\right)}$$

Nennspannung U_N

Maximal zulässiger Effektivwert von sinusförmiger Wechselspannung im Dauerbetrieb. Entspricht i. d. R. der Netzennspannung zuzüglich 5% Spannungsüberhöhung.

Die Nennspannung der in den Datentabellen aufgeführten Kondensatoren darf – auch im Falle von Fehlfunktionen – nicht überschritten werden. Es muss auch beachtet werden, dass Kondensatoren in verdrosselten Anlagen aufgrund der Serienschaltung von Drossel und Kondensator einer höheren Spannung als der Netzennspannung ausgesetzt sind. Dementsprechend ist für verdrosselte Kondensatoren eine höhere Nennspannung zu wählen.

Die im Falle einer Verdrosselung am Kondensator anliegende Spannung lässt sich wie folgt ermitteln:



Test Voltage Between Terminals U_{BB}

Routine test of all capacitors conducted at room temperature, prior to delivery. A further test with 80% of the test voltage stated in the data sheet may be carried out once at the user's location.

Prüfspannung Belag/Belag U_{BB}

Prüfspannung, mit der alle Kondensatoren als Stückprüfung zwischen den Anschlüssen vor der Auslieferung geprüft werden. Beim Anwender ist eine Wiederholung dieser Prüfung mit dem 0,8fachen Wert der Prüfspannung zulässig.



Insulation Level (BIL)

The first value describes the routine test of all capacitors between short-circuited terminals and case, conducted at room temperature. May be repeated at the user's location.

The second value refers to the lightning withstand voltage, tested in a special type test.

Isolationsspannung (BIL)

Der erste Wert beschreibt die Prüfspannung, mit der alle Kondensatoren zwischen den kurzgeschlossenen Anschlüssen und dem Gehäuse als Stückprüfung vor der Auslieferung geprüft werden. Beim Anwender ist eine Wiederholung dieser Prüfung zulässig.

Der zweite Wert beschreibt die im Rahmen einer Typprüfung geprüfte Blitzspannung.



Rated Power Q_C

Reactive power resulting from the ratings of capacitance, frequency, and voltage.

Nennleistung Q_C

Bindleistung, die sich aus den Nennwerten von Kapazität, Frequenz und Spannung ergibt.



Current Rating I_N

RMS value of the current at rated voltage and frequency, excluding harmonic distortion, switching transients, and capacitance tolerance.

Nennstrom I_N

Effektivwert des Stroms bei Betrieb unter Nennspannung und -frequenz, ohne Berücksichtigung von Oberwellenanteilen oder Schaltspitzen, und Kapazitätstoleranzen.

Maximum RMS Current Rating I_{max}

Maximum rms value of permissible current in continuous operation. All capacitors are rated $1.5 \times I_N$, allowing for the current rise from permissible voltage and capacitance tolerances as well as harmonic distortion. Higher rms values than stated in the data charts require adjustments in construction and are available on request.

▮ Continuous currents that exceed these values will lead to a build-up of heat in the capacitor and – as a result – reduced lifetime or premature failure. Permanent excess current may even result in failure of the capacitor's safety mechanisms, i.e. bursting or fire (see pg. 27).

Care must be taken not to exceed the maximum voltage and current ratings when installing capacitors in close-tuned or detuned equipment (see data sheets for maximum ratings). The thermal monitoring of reactors, or the use of overcurrent protection relays in the capacitor circuit is recommended to protect against overloads.

Pulse Current Strength I_S

Depending on construction and voltage rating, the design of our capacitors permits short term inrush currents of $100...400 \times I_N$ as standard. However, when switching capacitors in automatic capacitor banks without detuning reactors, higher loads are very often the case. This may have a negative effect on the operational life, especially of capacitors which are frequently connected and disconnected (e.g. primary stages).

▮ We therefore strongly recommend the use of adequate devices for limitation of the peak inrush currents.

Temperature Category

The average useful life of a capacitor depends very much on the ambient temperatures it is operated at.

The permissible operating temperatures are defined by the temperature class stated on label which contains the lower limit temperature (-40°C for all ELECTRONICON power capacitors) and a letter, which describes the values of the upper limit temperatures. The chart on page 24 details the maximum permitted ambient temperatures for capacitors for each temperature category acc. to IEC 60871.

Maximal zulässiger Effektivstrom I_{max}

Maximaler Effektivwert des im Dauerbetrieb zulässigen Stromes. Dieser Wert beträgt für alle Kondensatoren $1.5 \times I_N$ und beinhaltet die Stromerhöhungen, welche sich aus zulässigen Spannungs- und Kapazitätstoleranzen sowie Oberwellenanteilen ergeben. Höhere Werte sind auf Anfrage durch konstruktive Maßnahmen realisierbar.

▮ Eine permanente Überschreitung dieser Werte führt zu einer erhöhten Eigenerwärmung des Kondensators und in der Folge zu einer verringerten Lebensdauer oder zum Ausfall des Kondensators. Eine dauerhafte starke Überlastung kann sogar zum Versagen der Sicherheitsmechanismen des Kondensators führen. (siehe S. 27)

Es muss darauf geachtet werden, dass die maximalen Nennwerte von Strom und Spannung nicht überschritten werden, wenn Kondensatoren in verstimmten oder abgestimmten Filterkreisen installiert werden (Maximalwerte s. Datentabellen). Wir empfehlen die Wärmeüberwachung der Drosseln oder die Benutzung von Überstromschutzrelais zum Schutz vor Überbelastungen.

Stoßstromfestigkeit I_S

Je nach Bauform und Nennspannung sind unsere Kondensatoren für kurzzeitige Einschaltspitzenströme zwischen $100...400 \times I_N$ geeignet. Es muss beachtet werden, dass oft höhere Belastungen auftreten, wenn Kondensatoren in unverdrosselten, geregelten Kompensationsanlagen geschaltet werden. Dies kann einen negativen Effekt auf die Einsatzdauer besonders jener Kondensatoren haben, die häufig zu- und abgeschaltet werden (z.B. erste Stufe).

▮ Wir empfehlen dringend den Einsatz geeigneter Vorrichtungen zur Dämpfung der Einschaltspitzen.

Temperaturklasse

Die mittlere Lebensdauer eines Kondensators hängt entscheidend davon ab, bei welchen Umgebungstemperaturen er betrieben wird.

Die zulässigen Umgebungstemperaturen für den Betrieb des Kondensators werden durch die Angabe seiner Temperaturklasse definiert. Diese beinhaltet die untere Grenztemperatur (bei allen ELECTRONICON Kondensatoren -40°C) sowie einen Buchstaben, welcher die Vorgaben für die oberen Temperaturgrenzen beschreibt. Die zulässigen Temperaturen der entsprechenden Temperaturklasse nach IEC 60871 können der Tabelle auf Seite 24 entnommen werden.



MOUNTING AND OPERATING INSTRUCTIONS

VORSCHRIFTEN ZU EINBAU UND BETRIEB

Safe operation of the capacitors can be expected only if all electrical and thermal specifications as stated on the label, in the data sheets or catalogues and the following instructions are strictly observed. ELECTRONICON does not accept responsibility for whatever damage may arise out of a non-observance.

Caution: When touching, opening, or wasting capacitors, please consider that even after days and weeks these capacitors may still be charged with high voltages!



Please mind the recommendations given in the «Joint Safety Data Sheet by the Power Capacitor Manufacturers organized in the ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik und Elektronik e.V.» (Central Association of Electrotechnics and Electronics) issued March, 2007.

Mounting Position

Our dry-type MSD-capacitors can be mounted in any position without restrictions.

Mounting Location/Cooling

The useful life of a capacitor may be reduced dramatically if exposed to excessive heat. Typically an increase in the ambient temperature of 7°C will halve the expected life of the capacitor.

The permitted temperature category of the capacitor (B, C or D) is stated on the label. If extenuating circumstances give cause for doubt, special tests should be conducted to ensure that the permitted maximum ambient temperature of the capacitor is not exceeded. It should be noted that the internal heat balance of large capacitors is only reached after a couple of hours.

Failure to follow these instructions may result in drastic reduction of operating life and failure of the capacitor or even in extreme cases the malfunction of the safety device resulting in explosion or fire.

Die Nichteinhaltung dieser Werte kann zu einer drastischen Verkürzung der Lebensdauer sowie schlimmstenfalls zu einem Ausfall bzw. dem Versagen der Sicherheitsmechanismen bis hin zu Platzen oder Entzündung des Kondensators führen.

Grundsätzlich ist ein sicherer Betrieb der Kondensatoren nur gewährleistet, wenn die elektrischen und thermischen Grenzwerte gemäß Typenschild, Datenblatt bzw. Katalog und die nachfolgenden Anweisungen eingehalten werden. ELECTRONICON übernimmt keine Verantwortung für Schäden, welche aus einer Nichteinhaltung erwachsen.

Vorsicht beim Berühren, Öffnen und Entsorgen von Kondensatoren. Noch nach Tagen und Wochen können gefährliche Spannungen auftreten!!

Bitte beachten Sie die Hinweise im «Gemeinsamen Sicherheitsdatenblatt der im ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik und Elektronik e.V. – organisierten Hersteller von Starkstromkondensatoren», Ausgabe März 2007.

Einbaulage

Unsere harzgefüllten MSD-Kondensatoren können ohne Einschränkung in jeder Lage eingebaut werden.

Einbauort/Kühlung

Die Lebensdauer eines Kondensators kann durch übermäßige Wärmeeinwirkung erheblich verringert werden. Im allgemeinen führt eine Erhöhung der Umgebungstemperatur um 7°C zu einer Verringerung der Lebensdauer des Kondensators um 50 %.

Die vorgegebene Temperaturklasse des Kondensators (B, C oder D) ist auf dem Typenschild angegeben. In Zweifelsfällen ist durch eine Typprüfung sicherzustellen, dass die zulässige maximale Umgebungstemperatur des Kondensators nicht überschritten wird. Es muss beachtet werden, dass sich das innere Wärmegleichgewicht bei großvolumigen Kondensatoren erst nach mehreren Stunden einstellt.

Temperaturklasse temperature category	Umgebungstemperatur ambient temperature limits		
	Maximum		
	max. Mittelwert über 24 Stunden max. average over 24hrs		max. Mittelwert über 365 Tage max. average over 365 days
B	45°C	35°C	25°C
C	50°C	40°C	30°C
D	55°C	45°C	35°C



To avoid overheating the capacitors must be allowed to cool unhindered and should be shielded from external heat sources. We recommend forced ventilation for all applications with detuning reactors. Give at least 100mm clearance between the capacitors for natural or forced ventilation.

Do not place the capacitors directly above or next to heat sources such as detuning or tuning reactors, bus bars, etc.

Vibration stress according to DIN IEC 68-2-6

Thanks to the solid resin filling, the internal construction is much more resistant against shock and vibration than in conventional oil-filled capacitors.

All capacitors can be fixed sufficiently using the mounting brackets at the can. Please consult us for details of permitted vibration stress for the fixation of the case.

Connection

Fuses and cross section of the leads shall be sized for at least 1.5 times of the rated capacitor current (I_N).

Fixing torque

The permitted torque of the M12 terminal studs is 10Nm. It must not be exceeded. The test values specified by IEC must be guaranteed as a minimum value.

The hermetic sealing of the capacitors is extremely important for a long operating life and for the correct functioning of the overpressure switch. Please pay special attention not to damage the insulators and the pressure switch.

Discharge

Capacitors should be discharged to $\leq 10\%$ of the rated voltage prior to being re-energised. For this purpose, special discharge resistors have been integrated inside the capacitors. Standard IEC 60871 requires a discharge to 75V or less within 10 minutes. Note that in special applications shorter discharge cycles may be required.

Um Überhitzung zu vermeiden, muss gewährleistet sein, dass die Kondensatoren auftretende Verlustwärme ungehindert abführen können und vor fremden Wärmequellen abgeschirmt werden. Insbesondere bei verdrosselten Anendungen ist in jedem Falle eine Zwangslüftung zu empfehlen. Zwischen den und um die Kondensatoren herum sollten mindestens 100mm Platz für natürliche oder Zwangslüftung belassen werden.

Bringen Sie den Kondensator nie direkt neben oder über Wärmequellen, wie Drosseln u. ä. an.

Schwingungsbelastung nach DIN IEC 68-2-6

Dank der Harzfüllung ist der innere Aufbau wesentlich stoß- und schwingungsfester als bei herkömmlichen ölgefüllten Kondensatoren.

Für alle Kondensatoren ist die Befestigung mittels der Montagelaschen ausreichend. Auskünfte über zulässige Schwingungsbelastungen für die Gehäusebefestigung erteilen wir auf Anfrage.

Anschluss

Sicherungen und Kabelquerschnitte sind mindestens für den 1,5fachen Kondensatornennstrom (I_N) auszulegen.

Anzugs-Drehmomente

Das vorgegebene Drehmoment der M12-Anschlussbolzen beträgt 10Nm und darf nicht überschritten werden. Der Prüfwert nach IEC muss als Mindestwert eingehalten werden.

Für eine lange Einsatzdauer und das fehlerfreie Funktionieren des Überdruckschalters ist eine hermetische Abdichtung der Kondensatoren von höchster Bedeutung. Es ist besonders darauf zu achten, dass die Isolatoren und der Druckschalter nicht beschädigt werden.

Entladung

Kondensatoren sollten vor dem erneuten Einschalten bis auf $< 10\%$ ihrer Nennspannung entladen werden. Hierfür sind spezielle Entladewiderstände im Inneren der Kondensatoren integriert. Gemäß Standard IEC 60871 wird eine Entladung innerhalb 10 min auf ≤ 75 V gefordert. Es ist zu beachten, dass in speziellen Anwendungen schnellere Entladezeiten benötigt werden können.





Earthing

Capacitors with a metal case must be earthed at the mounting brackets or by means of the designated earthing stud on top of the case.



Environmental Hazards, Disposal

Our capacitors do not contain PCB, solvents, or any other toxic or banned materials. They do not contain hazardous substances acc. to «Chemische Verbotverordnung» (based on European guidelines 2003/53/EG and 76/769/EWG), «Gefahrstoffverordnung» (GefStoffV) and «Bedarfsgegenständeverordnung (BedGgStV)».



Not classified as «dangerous goods» acc. to transit rules. The capacitors do not have to be marked under the Regulations for Hazardous Goods. They are rated WGK 0 (water risk category 0 «no general threat to water»).

The filling material contains a polyurethane mixture. A data sheet about the filling resin can be provided by the manufacturer on request.

No danger for health if applied properly.



We recommend disposing of the capacitors through professional recycling centres for electric/electronic waste.

The capacitors can be disposed of as follows:

- Disposal acc. to waste catalogue 160205 (capacitors filled with plant oil/resin).
- Hardened filling materials: acc. to EWC No. 080404 («Hardened adhesives and sealants»).

Consult your national rules and restrictions for waste and disposal.



Caution: When touching or wasting capacitors with activated break-action mechanism, please consider that even after days and weeks these capacitors may still be charged with high voltages ! Never open the capacitors !

Erdung

Kondensatoren im Metallgehäuse sind bei Einbau an den Montagelaschen oder am eigens dafür vorgesehenen Erdungsbolzen auf der Gehäuseoberseite zu erden.

Umweltverträglichkeit, Entsorgung

Unsere Kondensatoren enthalten kein PCB, keine Lösemittel, oder sonstige giftige oder verbotene Stoffe, keine gefährlichen Inhaltsstoffe gemäß Chemikalien-Verbotsverordnung (ChemVerbotsV), Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) und Bedarfsgegenstände-Verordnung (BedGgStV).

Sie stellen kein Gefahrgut im Sinne der Transportvorschriften dar. Es ist keine Kennzeichnung nach Gefahrstoffverordnung erforderlich. Sie unterliegen nicht der TA-Luft und auch nicht der Verordnung für brennbare Flüssigkeiten (VbF). Sie sind eingestuft in die WGK 0 (Wassergefährdungsklasse Null, im Allgemeinen nicht wassergefährdend).

Das verwendete Füllmittel besteht aus einer Polyuretanmischung. Ein Sicherheitsdatenblatt über das Füllmittel kann bei Bedarf angefordert werden.

Bei sachgemäßer Anwendung gehen vom Produkt keine Gesundheitsgefahren aus.

Wir empfehlen, die Entsorgung über Recyclingeinrichtungen für Elektro-/Elektronik-Schrott vorzunehmen.

Die Kondensatoren können wie folgt entsorgt werden:

- Entsorgung nach Abfallschlüssel 160205 (Kondensatoren mit Pflanzenöl/Gießharz gefüllt).
- ausgehärtete Füllmittel: nach Abfallschlüssel-/EAKNummer 080404 (PUR-Harzrückstände, ausgehärtet).

Grundsätzlich sind die jeweils gültigen nationalen Vorschriften zu beachten.

Vorsicht beim Berühren und Entsorgen von Kondensatoren, bei denen die Drucksicherung angesprochen hat! Noch nach Tagen und Wochen können gefährliche Spannungen auftreten. In keinem Fall dürfen die Kondensatoren eigenständig geöffnet werden !

Protection against Overvoltages And Short Circuits: Self-Healing Dielectric

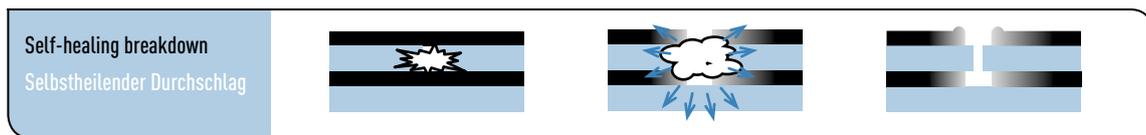
All dielectric structures used in our power capacitors are «self-healing»: In the event of a voltage breakdown the metal layers around the breakdown channel are evaporated by the temperature of the electric arc that forms between the electrodes. They are removed within a few microseconds and pushed apart by the pressure generated in the centre of the breakdown spot. An insulation area is formed which is reliably resistive and voltage proof for all operating requirements of the capacitor. The capacitor remains fully functional during and after the breakdown.

For voltages within the permitted testing and operating limits the capacitors are short-circuit- and overvoltage-proof. They are also proof against external short circuits as far as the resulting surge discharges do not exceed the specified surge current limits.

Schutz gegen Überspannungen und Kurzschlüsse: Selbstheilendes Dielektrikum

Alle in unseren Mittelspannungskondensatoren eingesetzten dielektrischen Strukturen sind selbstheilend. Im Falle eines Kurzschlusses (Spannungsdurchschlag) verdampfen die Metallbeläge um den Durchschlagspunkt herum aufgrund der Temperatur des Lichtbogens, der sich zwischen den Elektroden bildet. Innerhalb weniger Mikrosekunden wird der Metaldampf durch den beim Durchschlag entstehenden Überdruck vom Zentrum des Durchschlages weggedrückt. Auf diese Weise bildet sich eine belagfreie Zone rings um den Durchschlagspunkt, wodurch dieser vollständig isoliert wird.

Für Spannungen innerhalb der zugelassenen Test- und Betriebsbedingungen sind die Kondensatoren kurzschluss- und überspannungssicher. Sie sind außerdem sicher gegen äußere Kurzschlüsse, sofern bei den dabei entstehenden Stoßentladungen die zugelassenen Stoßströme nicht überschritten werden.



Protection Against Accidental Contact

MSD-capacitors are not provided with protection against accidental contact as standard. There are mounting studs on the upper side of the case which will allow to fix a protective cover.

All capacitors are checked by routine test (voltage test between shorted terminations and case) in accordance with their rated insulation level. Accessible capacitors must be earthed at the earthing stud or one of the mounting brackets.

Berührungsschutz

MSD-Kondensatoren sind nicht gegen Berührung geschützt. Montagelaschen auf der Gehäuseoberseite ermöglichen die Anbringung einer Schutzhaube.

Alle Kondensatoren werden 100%ig der Isolationsprüfung zwischen kurzgeschlossenen Anschlüssen und Gehäuse mit einer dem Isolationspegel entsprechenden Prüfspannung unterzogen. Trotzdem sind zugängliche Kondensatoren mittels des Erdungsbolzens oder einer der Montagelaschen zu erden.



Protection against Overload and Failure at the end of useful Service Life

In the event of overvoltage or thermal overload or ageing at the end of the capacitor's useful service life, an increasing number of self-healing breakdowns may cause rising pressure inside the capacitor. To prevent it from bursting, the capacitor is fitted with an obligatory overpressure switch (opener). It enables external monitoring and – if necessary – disconnection of the capacitors through external devices. It has to be noted that this safety system can act properly only within the permitted limits of loads and overloads.

Schutz gegen Überlastung und Fehlfunktionen am Ende der Lebensdauer

Bei spannungsmäßiger oder thermischer Überlastung bzw. am Ende der Lebensdauer kann durch zahlreiche Selbstheildurchschläge ein Überdruck im Kondensator entstehen. Um ein Bersten der Gehäuse zu verhindern, sind die Kondensatoren generell mit einem Überdruck-Signalschalter (Öffner) versehen. Dieser ermöglicht die externe Überwachung und gegebenenfalls Abschaltung der Kondensatoren über externe Vorrichtungen. Es ist zu beachten, dass der Überdruckschalter nur innerhalb der zulässigen Be- und Überlastungsgrenzen zuverlässig wirken kann.



MIND HAZARDS OF EXPLOSION AND FIRE

Capacitors consist mainly of polypropylene (up to 90%), i.e. their energy content is relatively high. They may rupture and ignite as a result of internal faults or external overload (e.g. temperature, over-voltage, harmonic distortion). It must therefore be ensured, by appropriate measures, that they do not form any hazard to their environment in the event of failure or malfunction of the safety mechanism.

BERSTRISIKO UND BRANDLAST BEACHTEN

Kondensatoren bestehen zu bis zu 90% aus Polypropylen, d.h. ihre Brandlast ist relativ hoch. Infolge von internen Fehlern oder externen Faktoren (z.B. Temperatur, Überspannung, Oberschwingungen) können sie platzen und sich entzünden. Deshalb ist durch geeignete Maßnahmen dafür zu sorgen, dass sie im Fehlerfall bzw. bei einem Versagen der Sicherungsmechanismen kein Risiko für ihre Umgebung darstellen.



FIRE LOAD: approx. 40 MJ/kg
EXTINGUISH WITH: dry extinguisher, CO₂, foam

BRANDLAST: ca. 40MJ/kg
LÖSCHMITTEL: Trockenlöschmittel, CO₂, Schaum

E90.XXX
RESIN-FILLED HARZGEFÜLLT
3.15...3.6kV_50Hz



Permitted operating voltages Zulässige Betriebsspannungen

24h	U_N
12h/d	$1.1 \times U_N$
30min/d	$1.15 \times U_N$
5min (200x)	$1.2 \times U_N$
1min (200x)	$1.3 \times U_N$
max. peak rating zulässiger Spitzenwert	$3 \times U_N$

BIL Isolationsspannung 10/40 kV

Test voltage Prüfspannung

U_{00} AC $2.15 \times U_N$

lower limit temperature Untere Grenztemperatur -40°C

discharge Entladung $\leq 75\text{V}$ ≤ 10 min

Dissipation losses Verlustleistung

Dielectric Dielektrikum < 0.20 W/kvar

Total capacitor Kondensator gesamt < 0.25 W/kvar

Life expectancy Lebensdauer (permitted failure rate_bei einer Ausfallrate $\leq 3\%$)

at temperature acc. to chart

bei Temperaturklasse lt. Tabelle $> 100,000$ h

Q_c (kvar)	C_N (μF)	I_N (A)	temp.cat. Temp.klasse	L x B x H (mm)	a (mm)	m (kg)	order no. Bestell-Nr.
U_N 3150V 50Hz							
50	3×16.0	3×9.2	D	$340 \times 125 \times 315$	129	18	E90.C31-163300
100	3×32.1	3×18.3	D	$340 \times 125 \times 315$	129	18	E90.C31-323300
150	3×48.1	3×27.5	D	$340 \times 125 \times 425$	129	23	E90.C42-483300
200	3×64.2	3×36.7	C	$415 \times 150 \times 455$	158	40	E90.G45-643300
250	3×80.2	3×45.8	C	$415 \times 150 \times 455$	158	40	E90.G45-803300
300	3×96.2	3×55.0	B	$415 \times 150 \times 585$	158	43	E90.G58-963300
U_N 3300V 50Hz							
50	3×14.6	3×8.7	D	$340 \times 125 \times 315$	129	18	E90.C31-153300
100	3×29.2	3×17.5	D	$340 \times 125 \times 425$	129	23	E90.C42-293300
150	3×43.8	3×26.2	D	$415 \times 150 \times 455$	158	40	E90.G45-443300
200	3×58.5	3×35.0	C	$415 \times 150 \times 455$	158	40	E90.G45-593300
250	3×73.1	3×43.7	C	$415 \times 150 \times 585$	158	43	E90.G58-733300
300	3×87.7	3×52.5	B	$415 \times 150 \times 585$	158	43	E90.G58-883300
U_N 3600V 50Hz							
50	3×12.3	3×8.0	D	$340 \times 125 \times 315$	129	18	E90.C31-123300
100	3×24.6	3×16.0	D	$340 \times 125 \times 425$	129	23	E90.C42-253300
150	3×36.8	3×24.1	D	$415 \times 150 \times 455$	158	40	E90.G45-373300
200	3×49.1	3×32.1	C	$415 \times 150 \times 455$	158	40	E90.G45-493300
250	3×61.4	3×40.1	C	$415 \times 150 \times 585$	158	43	E90.G58-613300
300	3×73.7	3×48.1	B	$415 \times 150 \times 585$	158	43	E90.G58-743300

Mind Mounting and Operating Instructions on pgs. 24ff!

Beachten Sie die Hinweise zu Einbau und Betrieb auf den Seiten 24ff!



E90.XXX
RESIN-FILLED HARZGEFÜLLT
6.3...7.1kV_50Hz



Permitted operating voltages Zulässige Betriebsspannungen

24h	..... U_N
12h/d	..... $1.1 \times U_N$
30min/d	..... $1.15 \times U_N$
5min (200x)	..... $1.2 \times U_N$
1min (200x)	..... $1.3 \times U_N$
max. peak rating zulässiger Spitzenwert	..... $3 \times U_N$

BIL Isolationsspannung 20/60 kV

Test voltage Prüfspannung

U_{00} AC $2.15 \times U_N$

lower limit temperature Untere Grenztemperatur -40°C

discharge Entladung ≤75V ≤ 10 min

Dissipation losses Verlustleistung

Dielectric Dielektrikum < 0.20 W/kvar

Total capacitor Kondensator gesamt < 0.25 W/kvar

Life expectancy Lebensdauer (permitted failure rate bei einer Ausfallrate <3%)

at temperature acc. to chart

bei Temperaturklasse lt. Tabelle > 100,000 h

Mind Mounting and Operating Instructions on pgs. 24ff!

Beachten Sie die Hinweise zu Einbau und Betrieb auf den Seiten 24ff!

Q_c (kvar)	C_N (µF)	I_N (A)	temp.cat. Temp.klasse	L × B × H (mm)	a (mm)	m (kg)	order no. Bestell-Nr.
U_N 6300V 50Hz							
50	3 × 4.0	3 × 4.6	D	340 × 125 × 315	129	18	E90.C31-402300
100	3 × 8.0	3 × 9.2	D	340 × 125 × 425	129	23	E90.C42-802300
150	3 × 12.0	3 × 13.7	D	340 × 125 × 425	129	23	E90.C42-123300
200	3 × 16.0	3 × 18.3	D	415 × 150 × 455	158	40	E90.G45-163300
250	3 × 20.0	3 × 22.9	C	415 × 150 × 585	158	43	E90.G58-203300
300	3 × 24.1	3 × 27.5	C	415 × 150 × 585	158	43	E90.G58-243300
U_N 6600V 50Hz							
50	3 × 3.7	3 × 4.4	D	340 × 125 × 315	129	18	E90.C31-372300
100	3 × 7.3	3 × 8.7	D	340 × 125 × 425	129	23	E90.C42-732300
150	3 × 11.0	3 × 13.1	D	415 × 150 × 455	158	40	E90.G45-113300
200	3 × 14.6	3 × 17.5	D	415 × 150 × 455	158	40	E90.G45-153300
250	3 × 18.3	3 × 21.9	C	415 × 150 × 585	158	43	E90.G58-183300
300	3 × 21.9	3 × 26.2	C	415 × 150 × 585	158	43	E90.G58-223300
U_N 7100V 50Hz							
50	3 × 3.2	3 × 4.1	D	340 × 125 × 315	129	18	E90.C31-322300
100	3 × 6.3	3 × 8.1	D	340 × 125 × 425	129	23	E90.C42-632300
150	3 × 9.5	3 × 12.2	D	415 × 150 × 455	158	40	E90.G45-952300
200	3 × 12.6	3 × 16.3	D	415 × 150 × 455	158	40	E90.G45-133300
250	3 × 15.8	3 × 20.3	C	415 × 150 × 585	158	43	E90.G58-163300
300	3 × 18.9	3 × 24.4	C	415 × 150 × 585	158	43	E90.G58-193300



E90.XXX
RESIN-FILLED HARZGEFÜLLT
10.5...11.8kV_50Hz



Permitted operating voltages Zulässige Betriebsspannungen

24h	U_N
12h/d	$1.1 \times U_N$
30min/d	$1.15 \times U_N$
5min (200×)	$1.2 \times U_N$
1min (200×)	$1.3 \times U_N$
max. peak rating zulässiger Spitzenwert	$3 \times U_N$

BIL Isolationsspannung 28/75 kV

Test voltage Prüfspannung

U_{00} AC $2.15 \times U_N$

lower limit temperature Untere Grenztemperatur -40°C

discharge Entladung $\leq 75\text{V}$ ≤ 10 min

Dissipation losses Verlustleistung

Dielectric Dielektrikum < 0.20 W/kvar

Total capacitor Kondensator gesamt < 0.25 W/kvar

Life expectancy Lebensdauer (permitted failure rate_bei einer Ausfallrate $\leq 3\%$)

at temperature acc. to chart

bei Temperaturklasse lt. Tabelle $> 100,000$ h

Q_c (kvar)	C_N (μF)	I_N (A)	temp.catg. Temp.klasse	L × B × H (mm)	a (mm)	m (kg)	order no. Bestell-Nr.
U_N 10500V 50Hz							
150	3 × 4.3	3 × 8.2	D	415 × 150 × 455	158	40	E90.G45-432300
200	3 × 5.8	3 × 11.0	D	415 × 150 × 455	158	40	E90.G45-582300
250	3 × 7.2	3 × 13.7	D	415 × 150 × 585	158	43	E90.G58-722300
300	3 × 8.7	3 × 16.5	D	415 × 150 × 585	158	43	E90.G58-872300
400	3 × 11.5	3 × 22.0	C	415 × 150 × 715	158	53	E90.G71-123300
U_N 10900V 50Hz							
150	3 × 4.0	3 × 7.9	D	415 × 150 × 455	158	40	E90.G45-402300
200	3 × 5.4	3 × 10.6	D	415 × 150 × 455	158	40	E90.G45-542300
250	3 × 6.7	3 × 13.2	D	415 × 150 × 585	158	43	E90.G58-672300
300	3 × 8.0	3 × 15.9	D	415 × 150 × 585	158	43	E90.G58-802300
400	3 × 10.7	3 × 21.2	C	415 × 150 × 715	158	53	E90.G71-113300
U_N 11800V 50Hz							
150	3 × 3.4	3 × 7.3	D	415 × 150 × 455	158	40	E90.G45-342300
200	3 × 4.6	3 × 9.8	D	415 × 150 × 455	158	40	E90.G45-462300
250	3 × 5.7	3 × 12.2	D	415 × 150 × 585	158	43	E90.G58-572300
300	3 × 6.9	3 × 14.7	D	415 × 150 × 585	158	43	E90.G58-692300
400	3 × 9.1	3 × 19.6	C	415 × 150 × 715	158	53	E90.G71-912300

Mind Mounting and Operating Instructions on pgs. 24ff!

Beachten Sie die Hinweise zu Einbau und Betrieb auf den Seiten 24ff!



E90.XXX
RESIN-FILLED HARZGEFÜLLT
2.4...4.16kV_60Hz



Permitted operating voltages Zulässige Betriebsspannungen

24h	.....	U_N
12h/d	.....	$1.1 \times U_N$
30min/d	.....	$1.15 \times U_N$
5min (200x)	.....	$1.2 \times U_N$
1min (200x)	.....	$1.3 \times U_N$
max. peak rating	zulässiger Spitzenwert	$3 \times U_N$

BIL Isolationsspannung	2400V	.....	13/45 kV
	4160V	.....	24/75 kV

Test voltage Prüfspannung

U_{BB}	AC $2.15 \times U_N$
----------	-------	----------------------

lower limit temperature Untere Grenztemperatur -40°C

discharge Entladung $\leq 75\text{V}$ ≤ 10 min

Dissipation losses Verlustleistung

Dielectric Dielektrikum < 0.20 W/kvar

Total capacitor Kondensator gesamt < 0.25 W/kvar

Life expectancy Lebensdauer (permitted failure rate_bei einer Ausfallrate $\leq 3\%$)

at temperature acc. to chart

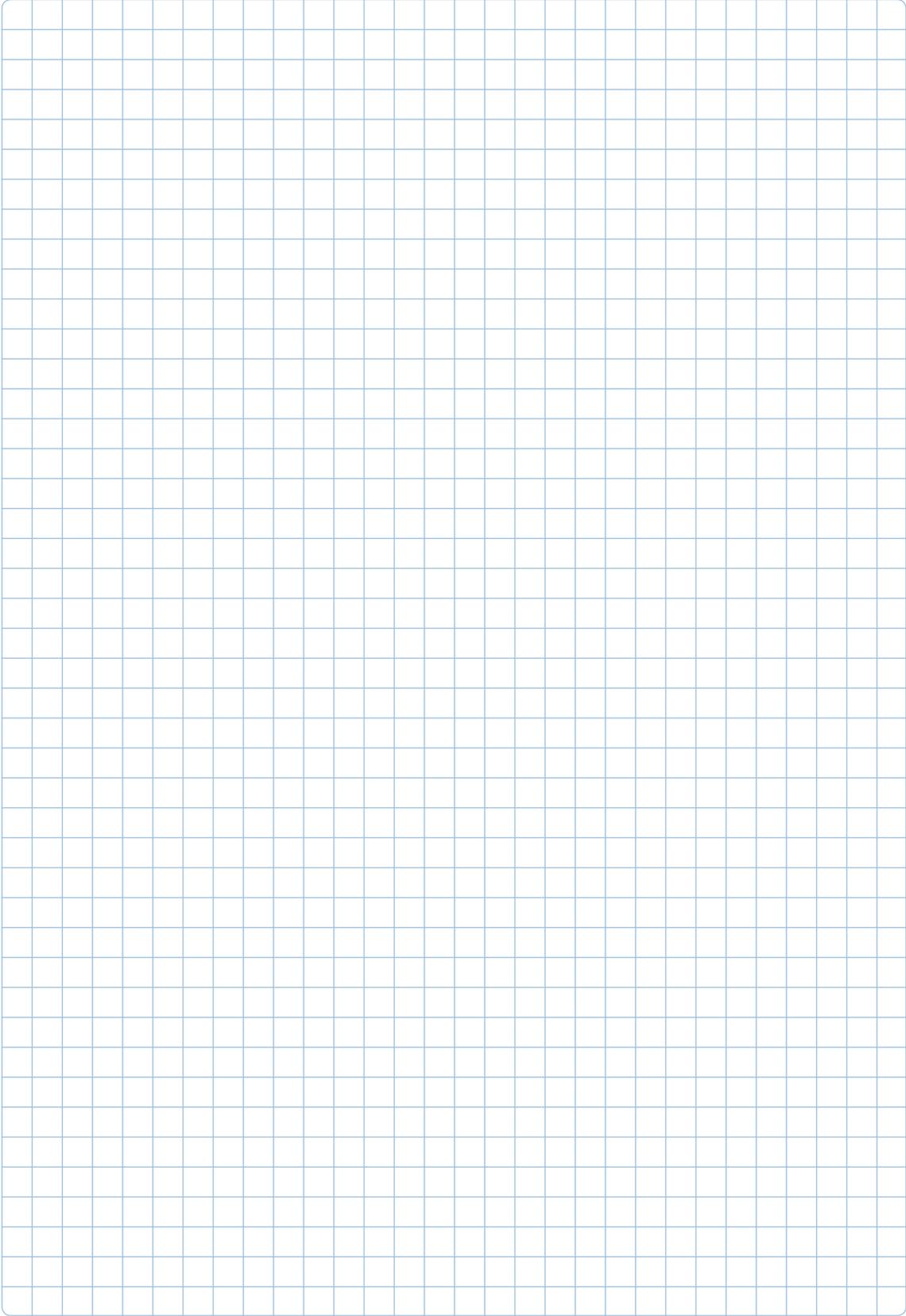
bei Temperaturklasse lt. Tabelle $> 100,000$ h

Mind Mounting and Operating
 Instructions on pgs. 24ff!

Beachten Sie die Hinweise
 zu Einbau und Betrieb
 auf den Seiten 24ff!

Q_c (kvar)	C_N (μF)	I_N (A)	temp.cat. Temp.klasse	L x B x H (mm)	a (mm)	m (kg)	order no. Bestell-Nr.
U_N 2400V 60Hz							
50	3 x 23.0	3 x 12.0	D	340 x 125 x 315	129	18	E90.C31-233399
100	3 x 46.1	3 x 24.1	D	340 x 125 x 425	129	23	E90.C42-463400
150	3 x 69.1	3 x 36.1	D	340 x 125 x 425	129	23	E90.C42-693400
200	3 x 92.1	3 x 48.1	C	415 x 150 x 455	158	40	E90.G45-923400
250	3 x 115.1	3 x 60.1	C	415 x 150 x 455	158	40	E90.G45-124400
300	3 x 138.2	3 x 72.2	B	415 x 150 x 585	158	43	E90.G58-144399
U_N 4160V 60Hz							
50	3 x 7.7	3 x 6.9	D	340 x 125 x 315	129	18	E90.C31-772400
100	3 x 15.3	3 x 13.9	D	340 x 125 x 425	129	23	E90.C42-153400
150	3 x 23.0	3 x 20.8	D	340 x 125 x 425	129	23	E90.C42-233400
200	3 x 30.7	3 x 27.8	C	415 x 150 x 455	158	40	E90.G45-313400
250	3 x 38.3	3 x 34.7	C	415 x 150 x 455	158	40	E90.G45-383400
300	3 x 46.0	3 x 41.6	B	415 x 150 x 585	158	43	E90.G58-463400





NOTES
NOTIZEN

