



PEC APPLICATION NOTES / ANWENDUNGSHINWEISE



ELECTRONICON®
always in charge

CAPACITORS FOR APPLICATIONS IN POWER ELECTRONICS



www.electronic.com

E51/E53/E55
AC/DC FILM CAPACITORS



HIGH VOLTAGES, HEAVY CURRENTS, AND LOW INDUCTANCE

ELECTRONICON
always in charge



www.electronic.com

E56/E59/SR17™ AC AND DC CAPACITORS
WITH LARGE CAPACITANCES



STANDARD OR SPECIAL – YOUR CHOICE

ELECTRONICON
always in charge



www.electronic.com

PK16™ – HIGH DENSITY DC FILM CAPACITORS



THE IDEAL CHOICE FOR YOUR DC LINK

ELECTRONICON
always in charge



www.electronic.com

E62 HEAVY DUTY AC/DC CAPACITORS



THE PERFECT CHOICE FOR YOUR AC/DC APPLICATION

ELECTRONICON
always in charge



www.electronic.com

E62-3ph HEAVY DUTY THREE PHASE AC FILTER CAPACITORS



HIGH-END FOR THE HEART OF YOUR AC FILTER

ELECTRONICON
always in charge



www.electronic.com

E12/E33 HIGH QUALITY AC CAPACITORS WITH INTERNAL PROTECTION MECHANISM



LONG-LIFE PERFORMANCE AND SAFE OPERATION

ELECTRONICON
always in charge



www.electronic.com

PEC APPLICATION NOTES / ANWENDUNGSHINWEISE



ELECTRONICON
always in charge

always in charge

APPLICATION NOTES AND SELECTION GUIDE

ANWENDUNGSHINWEISE UND BERECHNUNGSBEISPIELE





GENERAL REMARKS	6	ALLGEMEINER TEIL	6
FIELDS OF APPLICATION	6	ANWENDUNGSBEREICH	6
INTERNAL CONSTRUCTION	7	INNERER AUFBAU	7
Dielectric – Impregnants		Dielektrikum – Füllstoffe	
SAFE OPERATION	8	BETRIEBSSICHERHEIT	8
Self-Healing Dielectric – Protection Against Accidental		Selbstheilendes Dielektrikum – Berührungssicherheit –	
Contact – Protection against Overload		Schutz gegen Überlastung	
DEFINITIONS AND SELECTION CRITERIA	10	BEGRIFFE UND AUSWAHLKRITERIEN	10
SELECTION GUIDE	21	BERECHNUNGSBEISPIELE	21
INTRODUCTION	22	EINFÜHRUNG	22
Capacitor for an AC application	23	Kondensatoren für Wechselspannungsanwendungen ...	23
Capacitor for a DC application	27	Kondensatoren für Gleichspannungsanwendungen	27
AC Filter capacitor	30	Kondensatoren für Wechselspannungsfilter	30
ANNEX	35	ANHANG	35
MOUNTING AND OPERATING INSTRUCTIONS	36	VORSCHRIFTEN ZU EINBAU UND BETRIEB	36
Mounting Position – Mounting Location/Cooling – Vibration		Einbaulage – Einbauort/Kühlung – Schwingungs-	
Stress – Connection – Fixing Torque – Discharge – Earthing –		belastung – Anschluss – Anzugs-Drehmomente –	
Environmental compatibility – Disposal		Entladung – Erdung – Umweltverträglichkeit – Entsorgung	
ZVEI-SAFETY DATA SHEET	40	ZVEI- SICHERHEITSHINWEISE	42
CERTIFICATES	44	ZERTIFIKATE	44
PACKING DETAILS	45	VERPACKUNGSDATEN	45
CONVERSION CHARTS	46	UMRECHNUNGSTABELLEN	46



FIELDS OF APPLICATION ANWENDUNGSBEREICH

Capacitors for power electronics can be used for a wide variety of applications, even where extremely non-sinusoidal voltages and pulsed currents are present. Both AC and DC capacitors are available. AC capacitors are periodically recharged during operation, DC capacitors are periodically charged and discharged without recharge.



see Selection Guide
pg. 23
Berechnungsbeispiel
S. 23

AC CAPACITORS serve as **damping or snubber capacitors** connected in series with a resistor, and are designed for the damping of undesirable voltage spikes caused by the so-called carrier storage effect during the switching of power semiconductors. When applied as **commutation capacitors**, they are switched in parallel to a thyristor and designed to quench its conductive state. Since commutating capacitors are periodically and abruptly recharged, the peak current will substantially exceed the rms value.

see Selection Guide
pg. 30
Berechnungsbeispiel
S. 30

Further, AC capacitors are used in low-detuned or close-tuned **filter circuits** for filtering or absorbing harmonics. As **pulse discharge capacitors**, they are useful in applications with reversing voltages, e.g. in magnetizing equipment.

Series **E62, E62-3ph, E93, E12, E33** have been designed for AC use. Further, specially adapted capacitors from the **E51, E53, E56** and **E59** ranges are available for AC applications on request.



see Selection Guide
pg. 27
Berechnungsbeispiel
S. 27

The scope of application for DC CAPACITORS is similarly diverse: **Smoothing capacitors** serve for the reduction of the AC component of fluctuating DC voltage, e.g., in power supplies in radio and television technology (transmitters,) high-voltage testing equipment, DC controllers, measurement and control technology, cascaded circuits for generation of high DC voltage a.m.o. **Supporting capacitors, DC-Filter or DC Link capacitors** are used for energy storage in intermediate DC circuits, e.g. in frequency converters for poly-phase drives, transistor and thyristor converters. They must be able to absorb and release very high currents within short periods, the peak value of the current being substantially greater than the rms value.

Surge (Pulse) discharge capacitors are also capable of supplying or absorbing extreme short-time current surges. They are usually operated in discharge applications with non-reversing voltages, and at low repetition frequencies, e.g. in laser technology and lightning generators.

Series **E63, E50, E51, E56, E59, E61** but also **E62, E65, E53** and **E57** can be used for DC applications.

Kondensatoren für die Leistungselektronik sind universell einsetzbare Kondensatoren, die auch mit stark von der Sinusform abweichenden Spannungen und mit impulsförmigen Strömen betrieben werden können. Man unterscheidet Wechselspannungs- und Gleichspannungskondensatoren. Wechselspannungskondensatoren werden im Betrieb periodisch umgeladen, Gleichspannungskondensatoren werden periodisch aufgeladen und entladen, wobei keine Umladung erfolgt.

WECHSELSPANNUNGSKONDENSATOREN dienen unter anderem als **Bedämpfungskondensatoren**, in Reihe mit einem ohmschen Widerstand, zur Dämpfung von Spannungsspitzen, die beim Abschalten von Leistungshalbleitern durch den sogenannten Trägerstauereffekt entstehen. In der Anwendung als **Kommutierungskondensatoren** werden sie zum Löschen des leitenden Zustandes eines Thyristors benutzt, indem sie durch Parallelschalten zum Thyristor den Strom kurzzeitig übernehmen. Bei der periodischen stoßartigen Umladung können die Stromscheitelwerte dabei wesentlich höher als die Effektivwerte sein.

Desweiteren finden Wechselspannungskondensatoren Anwendung in abgestimmten oder verstimmt **Filterkreisen** zur Filterung oder gezielten Absaugung von Oberwellen. Als **Stoßentladekondensatoren** werden sie in Anwendungen mit durchschwingender Spannungskurve eingesetzt, z.B. in Magnetisierungsanlagen.

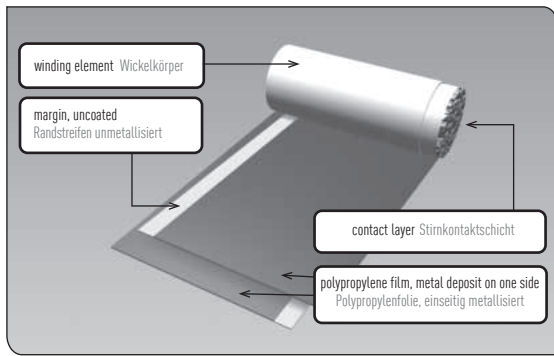
Für Wechselspannungsanwendungen sind v.a. die Reihen **E62, E62-3ph, E93, E12, E33** ausgelegt. Speziell angepasste Ausführungen in den Reihen **E51, E53, E56** und **E59** sind auf Anfrage ebenfalls erhältlich.

Der Anwendungsbereich für GLEICHSPANNUNGSKONDENSATOREN ist ebenso weit gefächert: Als **Glättungskondensatoren** dienen sie der Verringerung des Wechselspannungsanteils pulsierender Gleichspannung, zum Beispiel in Stromversorgungen der Rundfunk- und Fernsehetechnik (Sender), Hochspannungs-Prüfgeräten, Gleichspannungsreglern, in der Mess- und Regeltechnik, in Kaskadenschaltungen zur Erzeugung hoher Gleichspannung, u.v.a. **Stütz-, GleichspannungsfILTER- oder Zwischenkreiskon-**densatoren werden eingesetzt als Energiespeicher in Gleichspannungszwischenkreisen, z.B. in Frequenzumrichtern von Drehstromantrieben, Transistor- und Thyristorumrichtern. Dabei müssen sie kurzzeitig sehr hohe Ströme abgeben und aufnehmen können.

Auch **Stoßentladekondensatoren** sind in der Lage, kurzzeitig starke Stoßströme abzugeben; sie werden vor allem bei Entladevorgängen mit nicht durchschwingendem Spannungsverlauf eingesetzt, und meist mit niedrigen Folgefrequenzen betrieben, z.B. in der Lasertechnik und in Blitzgeneratoren.

Die Typenreihen **E63, E50, E51, E56, E59, E61** sowie **E62, E65, E53** und **E57** sind für den Einsatz in Gleichspannungsanwendungen geeignet.





INTERNAL CONSTRUCTION INNERER AUFBAU

Dielectric

MKP-type capacitors are based on a low-loss dielectric formed by pure polypropylene film. A thin self-healing mixture of zinc and aluminium is metallized directly on one side of the PP-film under vacuum. In some cases, additional unmetallized layers are added between the metallized ones.

The plastic film is wound into stable cylindrical windings on the most modern automated equipment. The ends of the capacitor windings are contacted by spraying with a metal contact layer, facilitating a high current load and ensuring a low-inductance connection between the terminals and windings.

Our long-term experience as well as on-going research and improvements in this technology ensure the excellent self-healing characteristics of the dielectric and a long operating life of our capacitors.

The link between PP-film and zinc contact layer is highly stressed during high surge or rms currents and therefore considered very critical for operating life and reliability of the capacitor. By cutting the film in a wavelike manner, our well-proven SineCut™-technology increases the contact surface between film and zinc layer and reduces this strain substantially.

Impregnants

The use of filling materials in capacitors is necessary in order to insulate the capacitor electrodes from oxygen, humidity, and other environmental interference. Without such insulation, the metal coating would corrode, an increasing number of partial discharges would occur, the capacitor would lose more and more of its capacitance, and suffer increased dielectric losses and a reduced operating life.

Therefore, an elaborate vacuum-drying procedure is initiated immediately after insertion of the winding elements into the capacitor case and biologically degradable plant oil, solid PUR resin or inert insulation gas are introduced. That protects the winding from environmental influence and provides an extended life-expectancy and stable capacitance.

Dielektrikum

Kondensatoren in MKP-Technologie basieren auf einem verlustarmen Dielektrikum aus reiner Polypropylenfolie. Eine dünne, selbstheilende Mischung aus Zink und Aluminium wird unter Vakuum direkt auf eine Seite der Polypropylenfolie aufgedampft. Bei zweilagigem Aufbau werden zwischen den metallisierten Bahnen zusätzlich unmetallisierte Bahnen angeordnet.

Die auf modernsten Maschinen hergestellten einphasigen Wickel werden an beiden Enden durch Aufsprühen einer Metallschicht kontaktiert. Hierdurch wird eine hohe Strombelastbarkeit sowie eine niederinduktive Verbindung zwischen den Anschlüssen und den Wickeln garantiert.

Unsere langjährigen Erfahrungen, ständige Forschungen und eine stetige Weiterentwicklung dieser Technologie sind Grundlage für die lange Betriebsdauer und die guten Selbstheilungseigenschaften unserer Kondensatoren.

Die Verbindung zwischen Folie und Stirnkontaktschicht wird bei hohen Stoß- und Effektivströmen außerordentlich hoch belastet und gilt als besonders kritisch für Lebensdauer und Funktionssicherheit des Kondensators. Diese relative Belastung reduzieren wir durch unser bewährtes SineCut™-Verfahren, indem wir durch wellenförmiges Schneiden der Folienbahnen die Auflagefläche der Stirnkontaktschicht deutlich vergrößern.

Füllstoffe

Die Verwendung von Füllstoffen ist unerlässlich, um die Elektroden des Kondensators vor Sauerstoff, Feuchtigkeit und anderen Umwelteinflüssen abzusichern. Ohne eine solche Isolation würden die Metallbeläge korrodieren und die Anzahl von Teilentladungen würde zunehmen. Ständige Kapazitätsverluste, steigende dielektrische Verluste und eine verkürzte Lebensdauer wären die Folge.

Nach dem Einbau der Wickel in das Kondensatorgehäuse und sorgfältiger Vakuumtrocknung wird dieses daher mit biologisch abbaubarem Pflanzenöl bzw. aushärtendem Polyurethanharz oder mit neutralem Isoliertgas aufgefüllt. Das schützt den Wickel vor Umwelteinflüssen und verhilft dem Kondensator zu einer langen Lebensdauer und stabiler Kapazität.



Protection Against Overvoltages and Short Circuits: Self-Healing Dielectric



All dielectric structures used in our 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.

Schutz gegen Überspannungen und Kurzschlüsse: Selbstheilendes Dielektrikum

Alle in unseren Kondensatoren eingesetzten dielektrischen Strukturen sind selbstheilend. Im Falle eines Kurzschlusses (Spannungsdurchschlag) verdampfen die Metallbeläge um den Durchschlagpunkt 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 Durchschlagpunkt, wodurch dieser vollständig isoliert wird. Der Kondensator bleibt während und nach dem Durchschlag voll funktionsfähig.

Self-healing breakdown
Selbst heilender Durchschlag



Protection Against Accidental Contact

All capacitors are checked by routine test: voltage test between shorted terminations and case in accordance with IEC 61071. Accessible capacitors must be earthed at the bottom stud or with an additional earthing clamp.

Berührungssicherheit

Alle Kondensatoren werden 100%ig der Isolationsprüfung zwischen kurzgeschlossenen Anschlüssen und Gehäuse mit einer Prüfspannung unterzogen, welche mindestens den Werten nach IEC 61071 entspricht. Trotzdem sind zugängliche Kondensatoren mittels des Bodenbolzens oder einer Metallschelle zu erden.

CAPAGRIP™ The CAPAGRIP™ terminal block of designs K, L and M (1/3) is rated IP20, i.e. it is protected against accidental finger contact with live parts. All other capacitors are not protected against accidental contact.



Das CAPAGRIP™ Anslusselement der Bauformen K, L und M (1/3) weist einen Schutzgrad IP20 auf, d.h. es ist vor Berührung mit dem Finger geschützt, so dass spannungsführende Teile nicht berührt werden können. Alle anderen Anschlussarten sind nicht berührungsgeschützt.

Protection Against Overvoltages and External Short Circuits

As shown above, the capacitors are self-healing and regenerate themselves after breakdowns of the dielectric. For voltages within the permitted testing and operating maximum the capacitors are overvoltage-proof. They are also proof against external short circuits as far as the resulting surge discharges do not exceed the specified current limits (I_s).

Sicherheit bei Überspannungen und äußeren Kurzschlüssen

Die Kondensatoren sind aufgrund des oben beschriebenen Aufbaus überspannungsfest, da sich die Kondensatoren nach einem Durchschlag im Dielektrikum selbst regenerieren, sofern die zulässigen Prüf- und Betriebsspannungen nicht überschritten werden. Sie sind außerdem sicher gegen äußere Kurzschlüsse, sofern bei den dabei entstehenden Stoßentladungen die zugelassenen Grenzströme (I_s) nicht überschritten werden.

$1.1 \times U_N$	30% of the service period der Betriebszeit
$1.15 \times U_N$	30 min/d
$1.2 \times U_N$	5 min/d
$1.3 \times U_N$	1 min/d
$1.5 \times U_N$	100 ms no more than 1000 times max. 1000 mal

IEC 61071
Permitted Overvoltages
Zulässige Überspannungen



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 disintegration of the dielectric film and rising pressure inside the capacitor. To prevent it from bursting, the capacitors of series E62, E63 and E65 are fitted with an obligatory «break action mechanism» (BAM). This safety mechanism is based on an attenuated spot at one of the connecting wires inside the capacitor. With rising pressure the case begins to expand, mainly by opening the folded crimp and pushing the lid upwards. As a result, the prepared connecting wire is separated at the attenuated spot, and the current path is interrupted irreversibly.

It has to be noted that this safety system can act properly only within the permitted limits of loads and overloads.

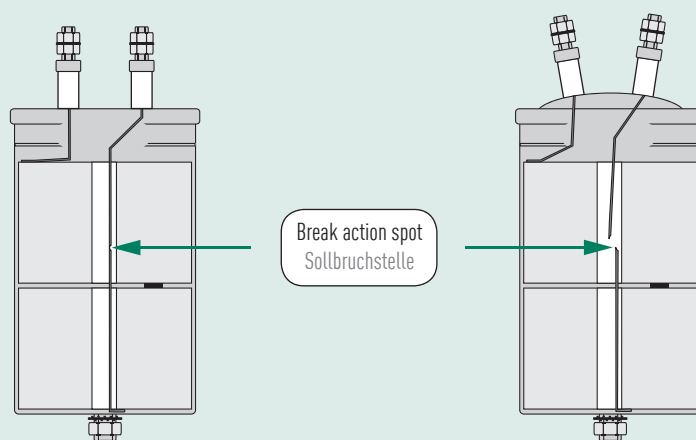
Schutz gegen Überlastung und Fehlfunktionen am Ende der Lebensdauer

Bei spannungsmäßiger oder thermischer Überlastung bzw. am Ende der Lebensdauer kann durch zahlreiche Selbstheilungsdurchschläge und Zersetzung des Dielektrikums ein Überdruck im Kondensator entstehen. Um ein Bersten der Gehäuse zu verhindern, sind die Kondensatoren der Baureihen E62, E63 und E65 generell mit einer Überdruck-Abreißsicherung (BAM) versehen. Diese Sicherung besteht aus einer Sollbruchstelle in einem der Anschlussdrähte. Bei einem Überdruck im Kondensator verlängert sich das Gehäuse durch das Öffnen der gestauchten Sicke bzw. Wölbung des Metalldeckels und die Stromzufuhr zu den Kondensatorwickeln wird an der Sollbruchstelle irreversibel unterbrochen.

Es ist zu beachten, dass dieses Sicherungsprinzip nur innerhalb der zulässigen Be- und Überlastungsgrenzen zuverlässig wirken kann.



Principle of the break action mechanism (BAM)
Prinzip der Überdruck-Abreißsicherung (BAM)



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, overvoltage, 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.

FIRE LOAD: approx. 40 MJ/kg

EXTINGUISH WITH: solid extinguishing agent, CO₂, foam

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.

BRANDLAST: ca. 40 MJ/kg

LÖSCHMITTEL: Trockenlöschmittel, CO₂, Schaum



DEFINITIONS AND SELECTION CRITERIA BEGRIFFE UND AUSWAHLKRITERIEN

The terms and abbreviations used in this brochure are based mainly on the actual standard for power electronics capacitors, IEC 61071, however, minor deviations may occur.

Die in diesem Heft verwendeten Begriffe und Abkürzungen orientieren sich weitestgehend an der gültigen Norm für Leistungselektronik-Kondensatoren, IEC 61071. Geringfügige Abweichungen sind jedoch möglich.

Rated capacitance C_N

Capacitance value rated at 20°C / 50 Hz.



Rated Voltage U_N

The maximum or peak voltage of either polarity of a reversing or nonreversing type wave form for which the capacitor has been designed and rated (unlike other standards for AC capacitors, the rated voltage is not the rms value).



Bemessungsspannung (Nennspannung) U_N

Größt- bzw. Scheitelwert der Spannung, für die der Kondensator dimensioniert und benannt ist (abweichend von anderen Normen für Wechselspannungskondensatoren nicht der Effektivwert!)

Non recurrent surge voltage U_s

Voltages beyond the rated voltage induced by switching or faults of the system or any part of it. Maximum count 1000 times with a duration of not more than 100 ms each.



rms voltage U_{rms}

Root mean square of max. permissible value of sinusoidal AC voltage in continuous operation. In power electronics, the RMS voltage is usually not the rated voltage value of the capacitor.



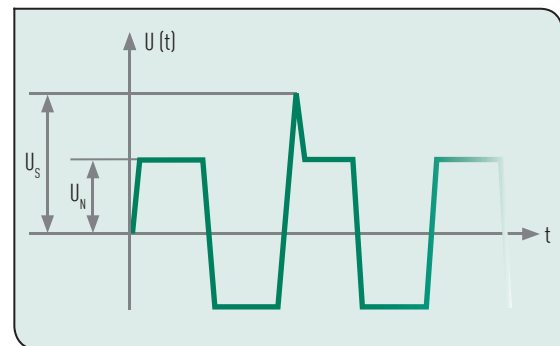
Ripple voltage U_r

Maximum value of the peak-to-peak alternating component of the uni-directional voltage. This value is stated only for DC-capacitors. The peak-to-peak value of AC- and AC/DC-types is always $2 \times U_{NAC}$.



Bemessungskapazität (Nennkapazität) C_N

Nennwert der Kapazität, bezogen auf 20°C, 50 Hz.



Stoßspitzenspannung U_s

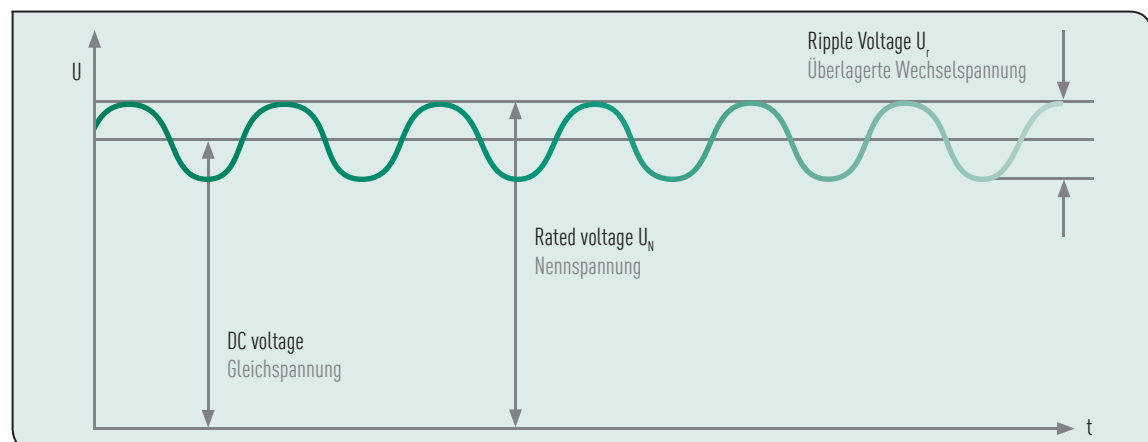
Höchster Spitzenwert, der vereinzelt kurzzeitig im Störfall auftreten darf. Maximale Anzahl 1000 mal mit einer Höchstdauer von jeweils 100 ms.

Effektive Wechselspannung U_{rms}

Maximal zulässiger Effektivwert von sinusförmiger Wechselspannung im Dauerbetrieb. In der Leistungselektronik ist der Effektivwert in der Regel nicht der Nennwert des Kondensators.

Überlagerte Wechselspannung U_r

Maximalwert des dauernd zulässigen Spitze-Spitze-Wertes der einer DC-Spannung überlagerten Wechselspannung. Dieser Wert wird nur bei DC-Kondensatoren angegeben. Bei AC- und AC/DC-Typen beträgt der zulässige Spitze-Spitze-Wert $2 \times U_{NAC}$.



Voltage test 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.



Voltage test between terminals and case U_{BG}

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

Prüfspannung Belag/Gehäuse U_{BG}

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.



Insulation voltage U_i

rms value of the AC voltage for which the terminals to case insulation has been designed and tested. Based on the test voltage U_{BG} stated in the catalogue, U_i can be calculated as follows:

Isolationsspannung U_i

Effektivwert der Wechselspannung, nach der die Isolation zwischen den Anschlüssen und dem Gehäuse bemessen und geprüft ist. Aus der im Katalog angegebenen Prüfspannung U_{BG} lässt sich der Wert U_i wie folgt berechnen:



$$U_i = \frac{U_{BG} - 1000V}{2}$$

Rate of voltage rise $(du/dt)_{max}$

Maximum permitted repetitive rate of voltage rise of the operational voltage.

Flankensteilheit der Spannung $(du/dt)_{max}$

Periodisch zulässiger Maximalwert der Flankensteilheit der Betriebsspannung. Es gilt der Zusammenhang:



$$\hat{I} = C_N \times (du/dt)_{max}$$

Maximum non-repetitive rate of voltage rise $(du/dt)_s$

Peak rate of voltage rise that may occur non-repetitively and briefly in the event of a fault.

Stoß-Flankensteilheit $(du/dt)_s$

Höchster Spitzenwert der Flankensteilheit der Spannung, der vereinzelt im Störfall auftreten darf. Es gilt der Zusammenhang:



$$I_s = C_N \times (du/dt)_s$$

I_s = non-repetitive peak current Stoßspitzenstrom

Maximum current I_{max}

Maximum rms value of permissible current in continuous operation. The values given in the data sheets are related to either the specified maximum power dissipation or the current limits of the connection terminals.

Maximalstrom I_{max}

Maximaler Effektivwert des im Dauerbetrieb zulässigen Stromes. Die im Datenblatt angegebenen Werte ergeben sich entweder aus der maximal zulässigen Verlustleistung oder der Stromtragfähigkeit der Anschlüsse.



Peak current \hat{I}

Maximum permitted repetitive current amplitude during continuous operation.

Spitzenstrom \hat{I}

Periodisch zulässiger Scheitelwert des Stromes.





Non-repetitive peak current (surge) I_s

Maximum current that may occur non-repetitively and briefly in the event of a fault. Maximum count 1000 times with a duration of not more than 50 ms each.

Stoßspitzenstrom I_s

Höchster Spitzenwert, der vereinzelt kurzzeitig im Störfall auftreten darf. Maximale Anzahl 1000 mal mit einer Höchstdauer von jeweils 50 ms.



Series resistance R_s

Equivalent resistance representing the sum of the Ohmic resistances occurring inside the capacitor. Essential for calculation of the current dependent losses.

Serienwiderstand R_s

Ersatzwiderstand, welcher die Summe der im Kondensator auftretenden Ohmschen Widerstände repräsentiert. Maßgebend für die Berechnung der Stromwärmeverluste.

$$P_{VR} = I_{eff}^2 \times R_s$$

P_{VR} = current dependent losses Stromwärmeverluste



Equivalent Series Resistance R_{ESR}

Represents the sum of all loss resistances occurring in the capacitor (incl. ohmic resistance R_s). It depends on frequency and is essential for the calculation of the capacitor's total power losses P_V .

Seriensatzwiderstand R_{ESR}

Repräsentiert die Summe aller im Kondensator auftretenden Verlustwiderstände (einschließlich Ohmsche Widerstände R_s). Er ist frequenzabhängig und maßgebend für die Berechnung der Gesamtverluste des Kondensators P_V .

$$R_{ESR} = R_s + \frac{\tan \delta_0}{2\pi f \times C_N}$$

$$P_V = I_{rms}^2 \times R_{ESR}$$

P_V = capacitor's total power losses Gesamtverluste des Kondensators



Self-inductance L_e

Represents the sum of all inductive elements which are – for mechanical and construction reasons – contained in any capacitor.

Eigeninduktivität L_e

Repräsentiert die Summe aller induktiven Bestandteile, die konstruktionsbedingt in jedem Kondensator enthalten sind.



Resonant frequency f_{res}

The capacitance and self-inductance of any capacitor form a series resonant circuit. Above the resonant frequency, the inductive part of this LC-circuit prevails. The capacitor would then behave as an inductor.

Resonanzfrequenz f_{res}

Kapazität und Eigeninduktivität eines jeden Kondensators bilden de facto einen Reihenresonanzkreis. Oberhalb der Resonanzfrequenz überwiegt in diesem LC-Kreis der induktive Anteil, der Kondensator wirkt dann nicht mehr als Kapazität.

$$f_{res} = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_e \times C_N}}$$



Rated energy contents W_N

Energy stored in the capacitor when charged at rated voltage.

Nennenergiegehalt W_N

Bei Nennspannung im geladenen Kondensator gespeicherte Energie.

$$W_N = \frac{C_N}{2} \times U_N^2$$

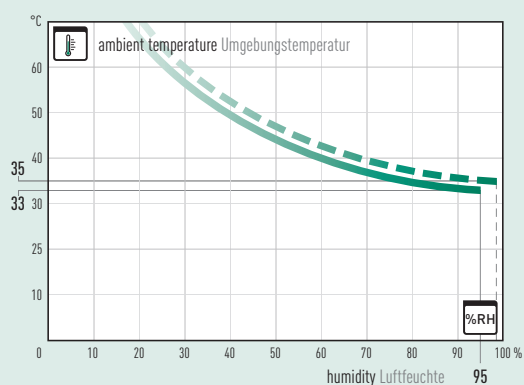
Humidity classes

Feuchteklassen

%RH



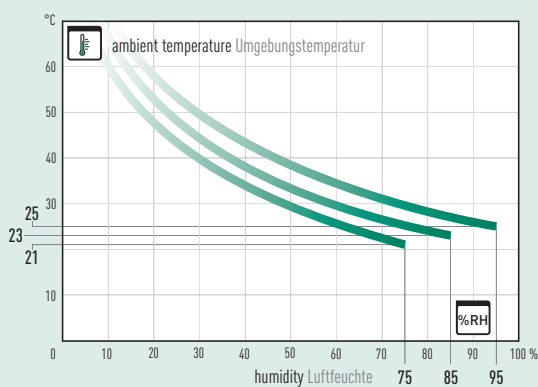
Class C Klasse C



max. relative humidity
95% annual means
100% occasional
condensation permitted

max. relative Luftfeuchte
95% Jahresdurchschnitt,
100% gelegentlich
Btauung zulässig

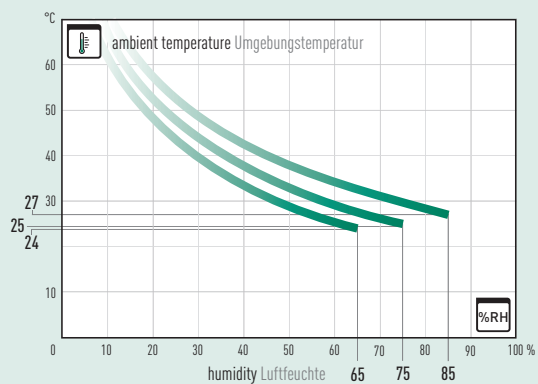
Class F Klasse F



max. relative humidity
75% annual means
95% 30 days/year
condensation not permitted

max. relative Luftfeuchte
75% Jahresdurchschnitt
95% 30 Tage/Jahr
Btauung nicht zulässig

Class G Klasse G



max. relative humidity
65% annual means
75% occasional
85% 60 days/year
condensation not permitted

max. relative Luftfeuchte
65% Jahresdurchschnitt,
75% gelegentlich
85% 60 Tage/Jahr
Btauung nicht zulässig



DEFINITIONS_BEGRIFFE





Clearance in air L

The shortest distance between conducting parts of the terminals or between terminals and case. In this catalogue, we state only the shorter.

Luftstrecke L

Kürzeste Strecke zwischen leitenden Teilen der Anschlüsse bzw. zwischen Anschlüssen und Gehäuse. In diesem Katalog wird stets die kürzere von beiden angegeben.



Creepage distance K

The shortest distance along an insulated surface between conducting parts of the terminals or between terminals and case. In this catalogue, again we state only the shorter.

Kriechstrecke K

Kürzeste Strecke entlang der Isolierung zwischen leitenden Teilen der Anschlüsse bzw. zwischen Anschlüssen und Gehäuse. In diesem Katalog wird stets die kürzere von beiden angegeben.



Dielectric dissipation factor $\tan\delta_0$

Constant dissipation factor of the dielectric material for all capacitors at their rated frequency.

The typical loss factor of pp film is $\tan\delta_0 = 2 \times 10^{-4}$.

Dielektrischer Verlustfaktor $\tan\delta_0$

Konstanter Verlustfaktor des Dielektrikums für alle Kondensatoren bei Nennfrequenz.

Der typische Verlustfaktor von Polypropylenfolie beträgt $\tan\delta_0 = 2 \times 10^{-4}$.



Loss factor of the capacitor $\tan\delta$

Loss factor of the capacitor at sinusoidal ac voltage and applied frequency. It is calculated as follows:

Verlustfaktor des Kondensators $\tan\delta$

Verlustfaktor des Kondensators bei sinusförmiger Wechselspannung und Einsatzfrequenz. Er errechnet sich wie folgt:

$$\tan\delta(f) = \tan\delta_0 + R_s \times 2\pi f \times C_N$$

f = operating frequency Einsatzfrequenz



Thermal resistance R_{th}

The thermal resistance indicates by how many degrees the capacitor temperature at the hotspot rises above the ambient temperature per Watt of the heat dissipation losses. It depends on a variety of factors. Hence the values shown in our data sheets refer to one single operating point only which is valid for still air/natural convection cooling. With forced cooling, R_{th} is reduced. Mind that the maximum Hotspot-temperature must not be exceeded even with active cooling. Depending on the size of the capacitor, it takes between a few minutes and several hours until this temperature balance is finally reached. We recommend a test set-up with PT100 thermal elements for exact values, or to contact ELECTRONICON's staff for detailed support.

Thermischer Widerstand R_{th}

Der Thermische Widerstand gibt an, um wieviel Grad sich der Kondensator im Hotspot gegenüber der Umgebungstemperatur je Watt Verlustleistung erwärmt. Der Wert gilt für ruhende Luft / Selbstkühlung. Der thermische Widerstand hängt von einer Vielzahl verschiedener Faktoren ab. Daher stellt der Wert in den Datentabellen nur einen Arbeitspunkt dar, welcher für ruhende Luft/Selbstkühlung gilt. Bei aktiver Luftkühlung wird der thermische Widerstand kleiner. Die Einhaltung der maximalen Hotspot-Temperatur ist jedoch auch bei aktiver Kühlung stets zu gewährleisten. Je nach Größe des Kondensators dauert es Minuten bis mehrere Stunden, bis der Kondensator diese Endtemperatur erreicht hat. Zur Ermittlung exakter Werte empfehlen wir einen Versuchsaufbau mit PT100-Thermoelementen oder die Kontaktaufnahme mit ELECTRONICON.

Ambient temperature Θ_U

Temperature of the surrounding air, measured 10 cm away and at 2/3 of the case height of the capacitor.

Lower category temperature Θ_{min}

Lowest permissible ambient temperature at which a capacitor may be used.

Upper category temperature Θ_{max}

Highest permissible temperature during continuous operation, i.e. temperature at the hottest point of the capacitor case. It is, however, not sufficient to monitor the surface temperature. Life-span and safe operation crucially depend on the observance of the hotspot temperature.

Hotspot temperature $\Theta_{HOTSPOT}$

Temperature at the hottest spot inside the capacitor. It has to be noted that, depending on the thermal power dissipation generated inside the capacitor, there is always a temperature difference between hotspot and surface. As the hotspot is usually not accessible for measurement, $\Theta_{HOTSPOT}$ must be calculated based on the data stated in the catalogue or data sheet:

$$\Theta_{HOTSPOT} = \Theta_U + P_V \times R_{th}$$

$$P_V = I_{rms}^2 \times R_S + Q \times \tan\delta_0$$

Important: No thermal dissipation losses are admissible when operating a capacitor at an ambient temperature equal to the upper category temperature, i.e. I_{rms} and Q shall be zero (operation at pure DC voltage) !

Maximum power dissipation P_{max}

Maximum permitted power dissipation for the capacitor's operation.

$$P_{max} = \frac{\Theta_{HOTSPOT} - \Theta_U}{R_{th}}$$

Umgebungstemperatur Θ_U

Temperatur der umgebenden Luft, gemessen in ca. 10 cm Abstand vom Kondensator in etwa 2/3 der Gehäusehöhe.



Untere Grenztemperatur Θ_{min}

Niedrigste Umgebungstemperatur, bei der der Kondensator in Betrieb genommen werden darf.



Obere Grenztemperatur Θ_{max}

Höchste zulässige Temperatur an der heißesten Stelle der Kondensatoroberfläche, bei der der Kondensator dauerhaft betrieben werden darf. Es ist jedoch nicht ausreichend, die Oberflächentemperatur zu kontrollieren. Entscheidend für Lebensdauer und sicheren Betrieb ist die Einhaltung der Hotspot-Temperatur.



Hotspot-Temperatur $\Theta_{HOTSPOT}$

Temperatur der heißesten Stelle im Kondensatorinneren. Es ist zu beachten, dass in Abhängigkeit der im Kondensatorinneren generierten Verlustleistung stets ein Gefälle zwischen Hotspot und der Oberfläche besteht. Da die Hotspot-Temperatur der Messung nicht zugänglich ist, muss die Ermittlung rechnerisch mit Hilfe der Angaben im Datenblatt/Katalog erfolgen. Es gilt:



P_V : thermal power dissipation Verlustleistung

Q : reactive power of the capacitor Blindleistung des Kondensators

I_{rms} : rms value of operating current Effektivwert des Betriebsstroms

$R_S, \tan\delta_0$: acc. to data sheet/catalogue nach Datenblatt/Katalog

Es ist zu beachten: Wenn der Kondensator bei einer Umgebungstemperatur gleich der oberen Grenztemperatur betrieben werden soll, ist keine Verlustleistung mehr zulässig, d.h. I_{rms} und Q müssen = 0 sein (reiner Gleichspannungsbetrieb)!

Höchste Verlustleistung P_{max}

Maximal zulässige Verlustleistung, mit der der Kondensator betrieben werden darf.



LIFETIME Statements vs. Failure Rate

Statements on lifetime can become misleading as they may imply unreasonable assumptions; with clever de-rating of temperatures and operating voltages, one may create the illusion that a capacitor should last a million hours or more, while such statement would be purely theoretical and impossible to prove (even more so that most of the design features used in modern capacitors have not been in use for more than 20 years and would therefore not be backed up by any empirical references).

Another problem with lifetime statements is that they do not inform about failures during the "rated" lifetime, and – in turn – may create the impression that after the expiration of the "rated" lifetime, the capacitor shall be exhausted, or fail. Any engineer will agree from own experience that in reality, there are components which may last much longer even under harder conditions, whilst others may fail prematurely.

In the lifetime graphic (1), statements for more than 300,000 hrs are cut off as they are technically unreasonable. For higher HOTSPOT temperatures, no statements are made regarding operation at overvoltage: the simultaneous operation at limit values results in unpredictable conditions. Here, the statement of a FIT rate - that reflects the growing risk at such extreme conditions - would be of far better use.

In der Lebensdauerkurve (1) sind Angaben zu mehr als 300.000h abgeschnitten, da sie technisch unvernünftig sind. Für höhere HOTSPOT-Temperaturen werden keine Angaben mehr zum Betrieb bei Überspannung getroffen: der gleichzeitige Betrieb unter Grenzbedingungen mündet in unvorhersagbaren Verhältnissen. Hier ist die Angabe einer FIT-Rate, welche die wachsenden Risiken bei derartigen Extrembedingungen reflektiert, wesentlich nutzbringender.



FIT rates (Failures In Time):

By reflecting the probability (in other words: risk) of failures during the operating period under selected operating conditions, it provides information on what effects to expect when de-rating (or over-loading) a capacitor.

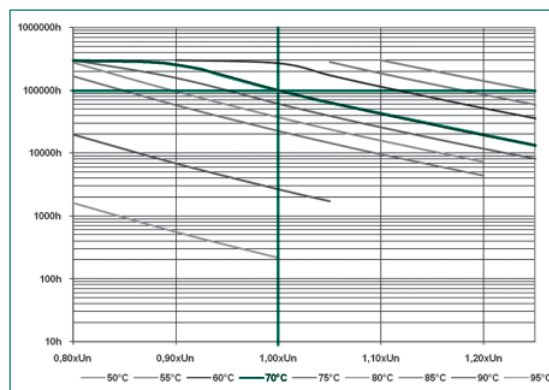
The failure probability of a component is a statistical value which is described by a log-normal distribution:

$$N = N_0 \times e^{-\lambda t}$$

Lebensdauerangaben vs. Ausfallrate

Angaben zur Lebensdauer können in die Irre führen, da sie unrealistische Annahmen einschließen können: mit einer geschickten Kombination von Betriebstemperaturen und -spannungen ließe sich so die Illusion von einer Million und mehr Betriebsstunden erzeugen, eine rein theoretische und schwerlich nachweisbare Angabe (umso mehr, als die meisten technischen Merkmale moderner Kondensatoren nicht länger als 20 Jahre im praktischen Einsatz erprobt und längere Lebensdauerangaben somit kaum durch empirische Daten unterlegt sind).

Ein weiteres Problem von Lebensdauerangaben ist, daß sie keine Auskunft über Ausfälle während der "Nenn"lebensdauer geben und im Gegenzug den Eindruck erwecken können, daß nach Ablauf der angegebenen Lebensdauer der Kondensator „verbraucht“ wäre oder ausfiele. Ein jeder Ingenieur weiß aber aus eigener Erfahrung, daß es in der Praxis Komponenten gibt, welche selbst unter härteren Einsatzbedingungen die angegebene Lebenserwartung bei weitem überdauern, während andere vorzeitig ausfallen können.



FIT rates (Failures In Time):

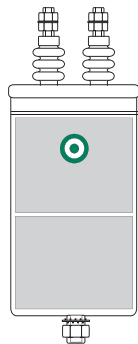
Widerspiegelt die Wahrscheinlichkeit (mit anderen Worten: das Risiko) von Ausfällen während der Nutzungsdauer unter bestimmten Betriebsbedingungen und liefert Informationen über die zu erwartenden Konsequenzen aus einer übermäßigen oder schonenderen Belastung eines Kondensators.

Die Ausfallwahrscheinlichkeit eines Bauelementes ist eine statistische Größe, die mit Hilfe einer Normalverteilung beschrieben wird. Es gilt:

- N = number of functional components after period t
Anzahl der nach der Zeit t intakten Bauelemente
- N₀ = total number of components at time t = 0
Gesamtzahl der Bauelemente zum Zeitpunkt t = 0
- λ = failure rate Ausfallrate

λ is the failure rate, which alternatively is also stated as the so-called FIT-rate (FIT = Failures In Time = $\lambda \times 10^9$). Service cycles may be calculated based on the so-called MTBF value (mean time between failures): $MTBF = 1/\lambda$. The failure rate is very closely linked with the operating temperature and the operating voltage applied to the capacitor.

As standard, our FIT rates are related to a realistic (from a technical and statistical point of view) operating interval of $t=100,000$ hours, assuming a capacitor hotspot temperature of 70°C . Hotspot is the only reliable criterion in relation to the capacitor's temperature stress. The outside temperatures may be comparably low, however with high electrical stress the temperature rise in the capacitor may be substantial due to the power dissipation losses produced inside. This could result in the same temperature stress as a generally high ambient temperature.



The simultaneous operation of capacitors at highest permissible voltage and operating temperature should be avoided; otherwise, failure rates may increase beyond reasonable technical reliability.

In fact, a FIT rate of 50 would mean, for example: "If 10,000 capacitors are operated simultaneously for 100,000 hours at rated voltage and with a hotspot temperature of no more than 70°C , then out of this batch no more than 50 pcs may fail during the entire period." Any period during which the hotspot temperature is lower than 70°C , or the voltage is less than rated voltage, will contribute to a reduction of the 50 FIT.

After the reference interval, the capacitors will continue operating; however the probability of failures may change. It shall be noted that the statements on FIT rates are based mainly on long-year empirical experience; at ELECTRONICON, we are conducting numerous and regular reliability tests to verify and back up our empirical knowledge. However dedicated studies designed to prove FIT rates would require the test of thousands of capacitors, over hundreds of thousands of hours, which is technically and commercially impossible. Even the use of statistical methods and accelerated ageing factors encounters physical and chemical limits.

Hence lifetime formulas such as

$$\text{Lifetime (U)} = \left(\frac{U_{\text{working}}}{U_{\text{rated}}} \right)^n \quad \text{and} \quad \text{Lifetime (\Theta)} = 2^{\left(\frac{\Theta_{\text{working}} - \Theta_{\text{rated}}}{7\text{K}} \right)}$$

should not be used to calculate absolute figures of expected lifetime. These rules and formulas are mainly designed to give an approximate feeling for the importance of voltage and temperature.

Dabei ist λ die Ausfallrate, die alternativ auch als FIT -Rate angegeben wird (FIT = Failures In Time = $\lambda \times 10^9$).

Zur Berechnung von Wartungszyklen wird mitunter auch der sogenannte MTBF (mean time between failures) verwendet. Hier gilt die Beziehung: $MTBF = 1/\lambda$

MTBF

Die Ausfallrate ist stark abhängig von der Temperatur und der Betriebsfeldstärke. Die FIT-Raten im Katalogsortiment beziehen sich auf ein aus technischer und statistischer Sicht realistisches Betriebsintervall von 100.000 Stunden bei Nennspannung, unter Annahme einer Dielektrikums-temperatur (=Hotspot-Temperatur) von 70°C . Der Hotspot ist in diesem Zusammenhang bedeutsam, da er das einzige zuverlässige Kriterium in Bezug auf die thermische Belastung des Kondensators liefert. So kann die Außentemperatur verhältnismäßig niedrig sein, während im Innern des Kondensators die infolge der elektrischen Belastung freigesetzte Verlustleistung einen erheblichen Temperaturanstieg bewirken kann. Dies führt u.U. zur selben thermischen Belastung wie eine allgemein hohe Umgebungstemperatur.

Der Betrieb von Kondensatoren mit der höchsten zulässigen Spannung und der höchsten zulässigen Betriebstemperatur sollte deshalb vermieden werden, andernfalls können die Ausfallraten so hoch werden, dass keine technisch sinnvollen Zuverlässigkeiten mehr gewährleistet sind.

De facto bedeutet eine FIT-Rate von 50 beispielsweise: "Wenn 10.000 Kondensatoren eines Loses gleichzeitig 100.000 h bei Nennspannung und mit einer HOTSPOT-Temperatur von nicht mehr als 70°C betrieben werden, dann ist während der gesamten Betriebsdauer mit dem Ausfall von nicht mehr als 50 Stück dieses Loses zu rechnen." Jeder Zeitraum, während dem die HOTSPOT-Temperatur weniger als 70°C beträgt, oder die Spannung unter der Nennspannung liegt, trägt zu einer Reduzierung der FIT-Rate bei.

Nach Ablauf des Referenzzeitraums werden die Kondensatoren auch weiterhin funktionieren, allerdings kann sich die Ausfallwahrscheinlichkeit ändern. Es ist zu beachten, daß die FIT-Angaben vor allem auf langjährigen empirischen Erfahrungen beruhen; daneben führen wir bei ELECTRONICON zahlreiche regelmäßige Zuverlässigkeitsprüfungen durch, um unsere empirischen Erkenntnisse zu überprüfen und zu untermauern. Spezielle Studien, um FIT-Raten zu beweisen, würden jedoch den gleichzeitigen Test von Tausenden Kondensatoren über hunderttausende Stunden erfordern, ein technisch und kommerziell unmögliches Unterfangen. Selbst die Verwendung statistischer Methoden und beschleunigter Alterungsfaktoren hat hierbei physikalische und chemische Grenzen.

Daher sollten Lebensdauerformeln wie

$$\text{Lebensdauer (U)} = \left(\frac{U_{\text{Betrieb}}}{U_{\text{Nenn}}} \right)^n \quad \text{und} \quad \text{Lebensdauer (\Theta)} = 2^{\left(\frac{\Theta_{\text{Betrieb}} - \Theta_{\text{Nenn}}}{7\text{K}} \right)}$$

nicht verwendet werden, um absolute Werte für erwartete Lebensdauerangaben zu errechnen. Derartige Regeln und Formeln sind hauptsächlich dafür geschaffen, einen ungefähren Eindruck für die Bedeutsamkeit der Einflußfaktoren Temperatur und Spannung zu vermitteln.



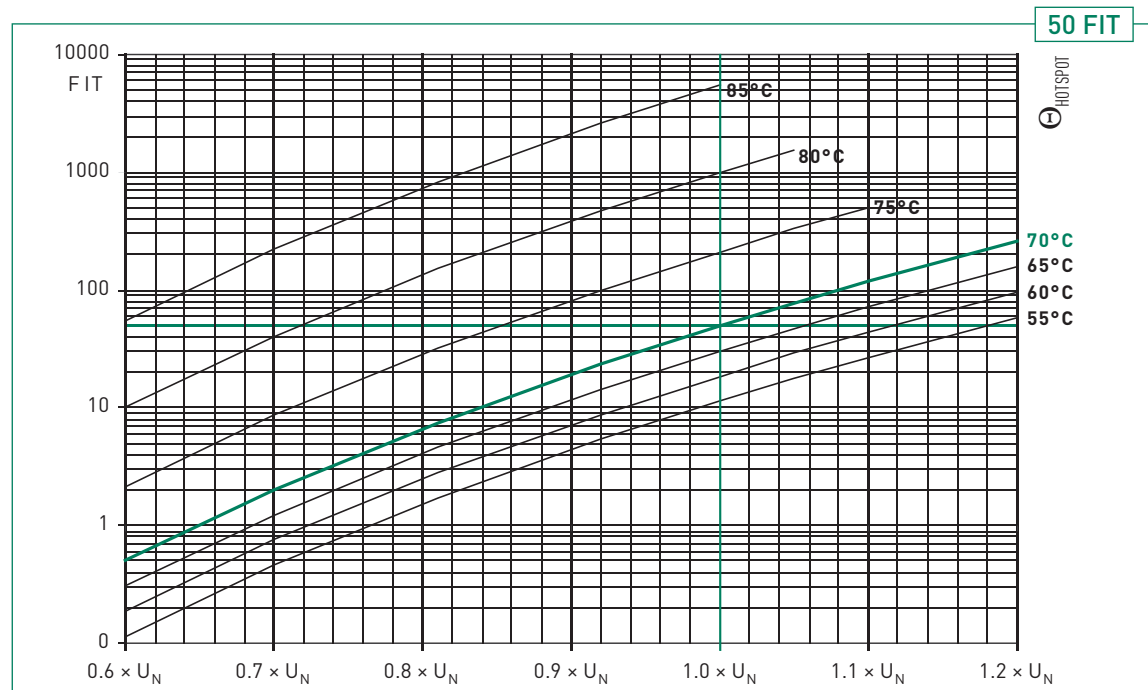
All standard items of ELECTRONICON are designed and dimensioned to comply with their FIT rate as stated in the catalogue or special data sheet. FIT rate statements related to longer reference intervals can be made on request. Further, capacitor designs can be adapted on request to achieve lower FIT at the intended operating conditions.

Alle Standardtypen von ELECTRONICON sind so konstruiert und ausgelegt, daß sie den im Katalog oder speziellem Datenblatt angegebenen FIT-Raten gerecht werden. FIT-Raten-Angaben zu längeren Betrachtungszeiträumen sind auf Anfrage erhältlich. Darüber hinaus können Kondensatoren speziell angepasst werden, um die FIT-Rate für die beabsichtigten Einsatzbedingungen zu beeinflussen und zu verbessern.

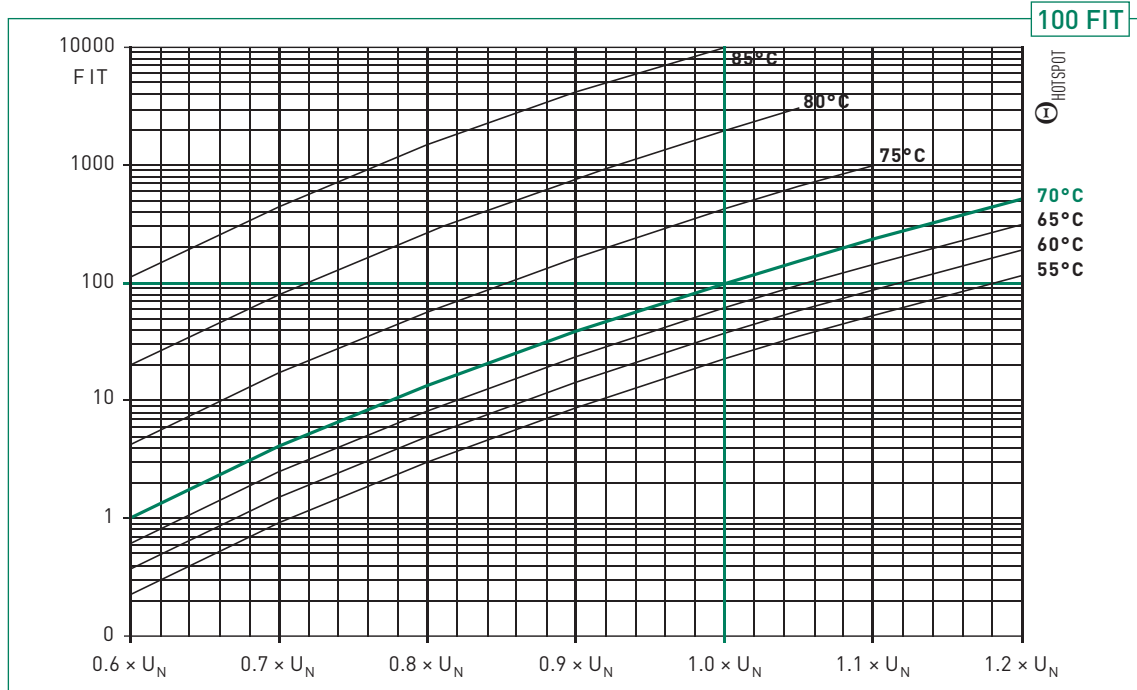
Based on our current state of knowledge derived from test data and experience, we quote the following FIT rates for our standard products at the a.m. conditions:

Basierend auf unserem in Tests und aus Erfahrungswerten gewonnenen derzeitigen Erkenntnisstand geben wir für die o.a. Bedingungen folgende FIT-Raten an:

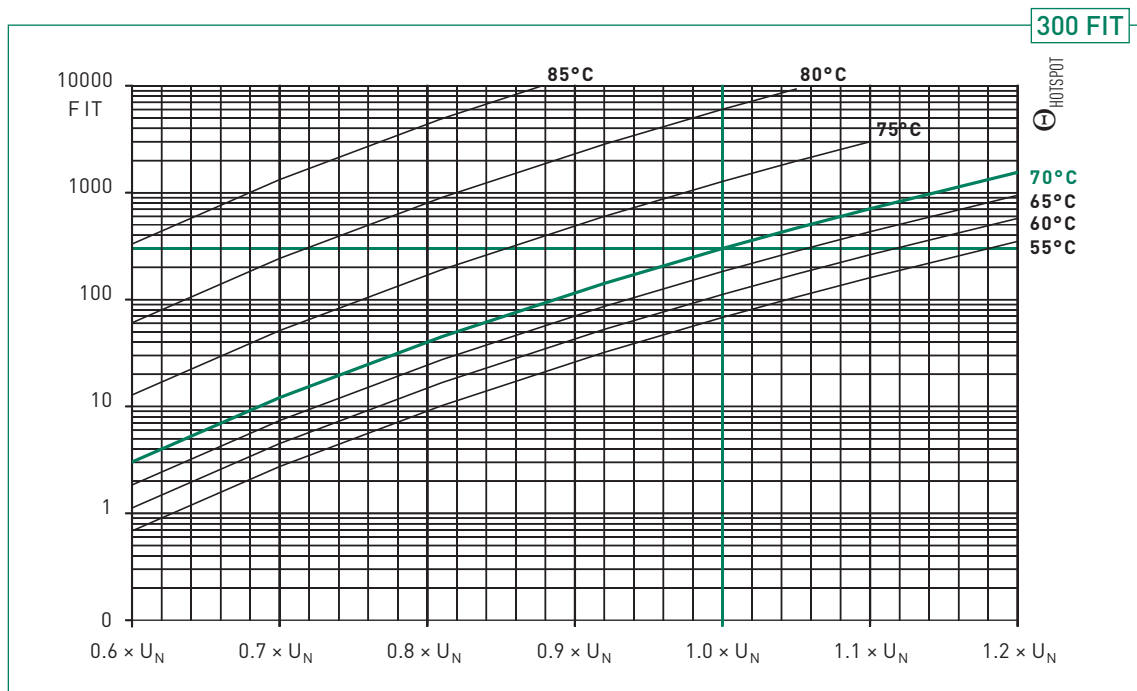
50 FIT usually applicable to DC ranges E50, E51, E57, E63, E53-H, E55, E61
 zutreffend auf Baureihen E50, E51, E57, E63, E53-H, E55, E61



100 FIT usually applicable to AC ranges E62, E65, E53-LI, E12, E33, E51
 zutreffend auf Baureihen E62, E65, E53-LI, E12, E33, E51



300 FIT usually applicable to DC and AC ranges E56, E59
 zutreffend auf DC und AC Baureihen E56, E59







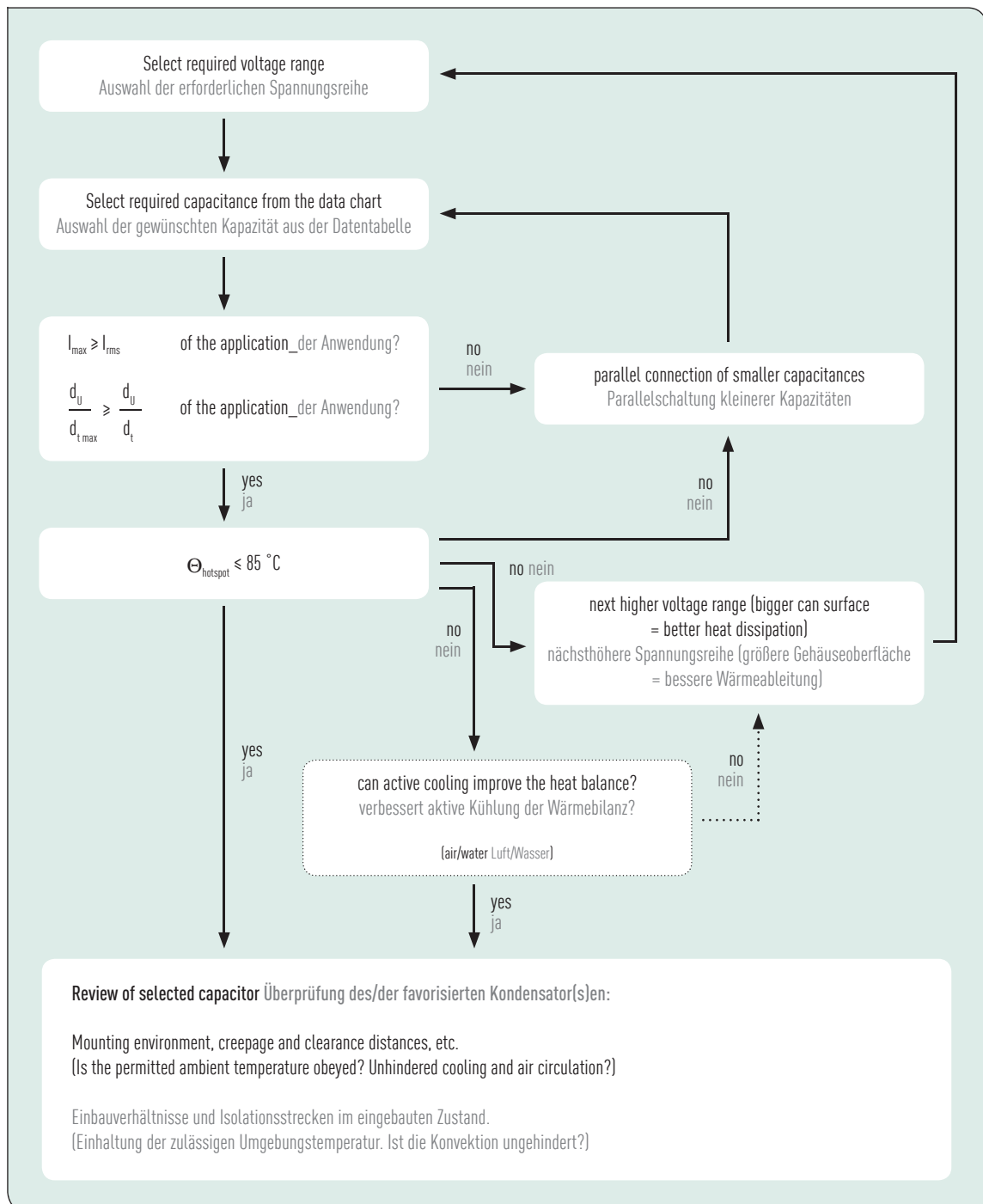
SELECTION GUIDE BERECHNUNGSBEISPIELE



SELECTION GUIDE
BERECHNUNGSBEISPIELE

When selecting the proper capacitor for an application, the criteria voltage, current and dissipation losses have to be evaluated step by step as follows:

Bei der Auswahl des geeigneten Kondensators für eine Anwendung werden nacheinander die Kriterien Spannung, Strom und Verlustleistung wie folgt abgeprüft:



SELECTION_BERECHNUNGSBEISPIELE_AC



Typically the selection of capacitors for a special application should be as demonstrated in the examples below.

Der Ablauf der Berechnung für die Auswahl eines Kondensators für einen speziellen Einsatzfall wird hier anhand von typischen Beispielen dargestellt.

A. Evaluation of a capacitor for an AC application Kondensator für Wechselspannungsanwendung

A capacitor with a capacitance of 20 μF is needed for a trapezoidal voltage waveform.

Ein Kondensator mit einer Kapazität von 20 μF soll bei einer linear umschwingenden Trapezspannung betrieben werden.

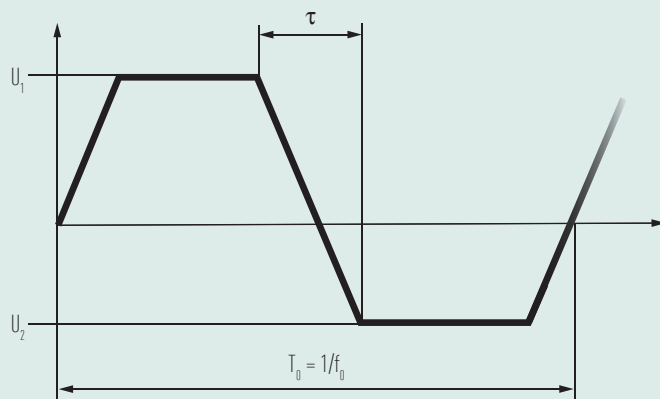


$$U_1 = 1000 \text{ V} \quad U_2 = 500 \text{ V}$$

$$f_0 = 1/T_0 = 120 \text{ Hz}$$

$$\tau = dt = 100 \text{ } \mu\text{s}$$

peak voltage of each polarity_Spitzenspannung
ac frequency_Wechselspannungsfrequenz
time of voltage reversal_Umschwingzeit



Choice of the rated voltage:

The rated voltage of the capacitor must be equal to or bigger than the higher one of the two voltages U_1 and U_2 , i.e.: $U_N \geq 1000 \text{ V}$.

An AC capacitor, e.g. from the E62 series will have to be selected **(a)**.

Wahl der Nennspannung:

Die Nennspannung des Kondensators muss größer oder gleich der größeren der beiden Spannungen U_1 oder U_2 sein, d.h.: $U_N \geq 1000 \text{ V}$.

Es ist ein Wechselspannungskondensator, z. B. aus der Baureihe E62 zu wählen **(a)**.

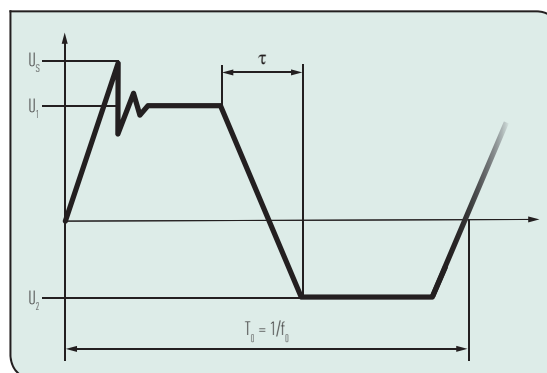
1

Note:

Short-term non-periodical voltage peaks beyond U_1 or U_2 must not exceed the permitted Non recurrent surge voltage U_s stated in the data charts. Voltage peaks counting more than 1000 or exceeding U_s shall be considered as rated voltage.

Achtung:

Nichtperiodische kurzzeitige Spannungsspitzen über U_1 oder U_2 hinaus dürfen die zulässige Stoßspitzenspannung (U_s) nicht überschreiten. Spannungsspitzen, welche mehr als 1000 mal auftreten oder U_s übersteigen, müssen als Nennspannung berücksichtigt werden.



2

Calculate the rate of voltage rise for proper determination of current ratings.

Um die Strombelastung kalkulieren zu können, muss zunächst die Flankensteilheit der Spannungsänderung bestimmt werden:

$$\frac{du}{dt} = \frac{U_1 + U_2}{dt} = \frac{1500 \text{ V}}{100 \mu\text{s}} = 15 \text{ V}/\mu\text{s}$$

3

Determine repetitive peak current and rms current, based on the calculated du/dt-value and the given data of f_0 and τ . **(b)**

Aus dem errechneten Wert du/dt und den bekannten Größen f_0 und τ lassen sich der periodisch auftretende Spitzenstrom und der Effektivstrom bestimmen: **(b)**

$$\hat{I} = C \times (du/dt) = 20 \mu\text{F} \times 15 \text{ V}/\mu\text{s} = 300 \text{ A}$$

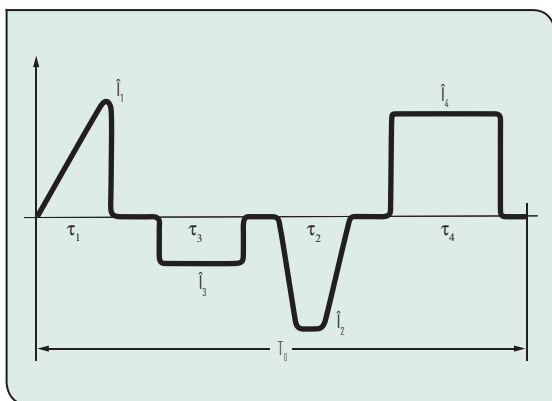
$$I_{\text{eff}} = \hat{I} \times \sqrt{2 \times f_0 \times \tau} = 300 \times \sqrt{2 \times 120 \times 100 \times 10^{-6}} = 46.5 \text{ A}$$

Note:

In a mix of sinusoidal and rectangular current pulses (see pic.), the rated value I_{max} must not be exceeded.

Achtung:

Bei einer Mischung aus rechteck- und sinusförmigen Stromimpulsen (siehe Bild) darf der zulässige Wert für I_{max} nicht überschritten werden.



$$I_{\text{max}} = \sqrt{\frac{1}{T_0} \times \left[\frac{\hat{I}_1^2}{2} \times \tau_1 + \frac{\hat{I}_2^2}{2} \times \tau_2 + \hat{I}_3^2 \times \tau_3 + \hat{I}_4^2 \times \tau_4 \right]}$$

4

Verify the compliance of the I_{max} and \hat{I} ratings of the selected capacitor. I_{max} of the intended capacitor must at least correspond to the calculated rms current of the application.

E62.XXX
AC/DC
420...4000V AC / 700...5000V DC

(a)

C_N (μF)	R_S ($\text{m}\Omega$)	f_{res} (kHz)	R_{th} (K/W)	I_{max} (A)	\hat{I} (kA)	I_S (kA)
U_N 1680V DC / 1000V AC U_{rms} 720V U_S 2500V						
1.5	5.3	30	26	10	0.3	0.9
2.2	4.6	440	22	16	0.25	0.8
3	6.9	320	18	10	0.35	1.05
4	5.6	280	16	10	0.45	1.35
5	4.8	250	14	20	0.6	1.8
6.8	3.9	220	12	20	0.8	2.4
8	2.7	170	12	16	0.5	1.4
10	1.8	159	10	32	0.6	1.7
12	5.9	139	10	16	0.7	2.1
15	5.5	124	8.7	16	0.9	2.6
16	3.6	120	7.2	40	0.95	2.9
18	2.7	119	7.2	40	1.0	3.1
20	1.3	80	5.0	50	1.6	4.9
33	1.1	74	4.5	50	1.9	5.7
38	4.1	70	4.3	20	1.0	3.0
43	3.7	68	3.7	20	1.4	3.5

(b)

Überprüfen Sie den ausgewählten Kondensator auf ausreichendes I_{max} und \hat{I} . Der Wert I_{max} des geplanten Kondensators muss mindestens dem errechneten Effektivstrom der Anwendung entsprechen.



The rate of voltage rise of the application must not exceed the maximum permitted rate of voltage rise of the selected capacitor:

Der Spannungsanstieg der Anwendung darf nicht den maximal zulässigen Spannungsanstieg des gewählten Kondensators übersteigen:

5

$$\left(\frac{d_U}{d_t} \right)_{\max} \leq \frac{\hat{I}}{C_N} \quad 15 \frac{\text{V}}{\mu\text{s}} \leq \frac{1200 \text{ A}}{20 \mu\text{F}} = 60 \frac{\text{V}}{\mu\text{s}}$$

Above all, the operating life of the capacitors depends on the internal temperature during operation, and the field strength in the dielectric. The capacitors have been designed for a minimum service life of 100.000 hrs. These values are rated for the hotspot temperatures specified in the selection charts.

Die Lebensdauer der Kondensatoren hängt vor allem von der Betriebstemperatur im Inneren des Kondensators, sowie von der Feldstärkebeanspruchung im Dielektrikum ab. Die Kondensatoren sind dimensioniert für eine Lebensdauer von mindestens 100.000 Stunden. Diese Werte gelten für die in den Auswahltabellen angegebenen Hotspot-Temperaturen. Es muss daher überprüft werden, ob der ausgewählte Kondensator bei der zu erwartenden Umgebungstemperatur wie beabsichtigt betrieben werden kann.

6

Determine the heat dissipation losses of the capacitor under the intended operating conditions; acc. to IEC 61071:

Zunächst ist die Verlustleistung des Kondensators bei den beabsichtigten Einsatzbedingungen zu bestimmen; nach IEC 61071 berechnet sie sich wie folgt:

$$P_V = P_{VD} + P_{VR} = \hat{U}^2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot C \cdot \tan\delta_0 + I_{\text{eff}}^2 \cdot R_S$$

For non-symmetric voltages, \hat{U} has to be defined as $(U_1 + U_2)/2^*$.

In our example, the power dissipation factor is

$$P_V = P_{VD} + P_{VR} = 0.85 \text{ W} + 2.59 \text{ W} = 3.44 \text{ W}^{**}$$

The values $\tan\delta_0 = 2 \times 10^{-4}$ and $R_S = 1.2 \text{ m}\Omega$ were taken from the E62 data chart (c), (d).

Für \hat{U} ist im Falle einer unsymmetrischen Spannung der Wert $(U_1 + U_2)/2^*$ zur Leistungsberechnung zu verwenden. Es ergibt sich für den angegebenen Betriebsfall eine Verlustleistung von

$P_V = P_{VD} + P_{VR} = 0.85 \text{ W} + 2.59 \text{ W} = 3.44 \text{ W}^{**}$, wobei für die Berechnung die Werte $\tan\delta_0 = 2 \cdot 10^{-4}$ und $R_S = 1.2 \text{ m}\Omega$ aus der Datentabelle E62 verwendet wurden (c), (d).

$$* \hat{U} = \frac{1000 \text{ V} + 500 \text{ V}}{2} = 750 \text{ V}$$

$$** P_V = 750^2 \text{ V}^2 \times 3.1416 \times 120 \text{ Hz} \times 0.00002 \text{ F} \times 2 \cdot 10^{-4} + 46.5^2 \text{ A}^2 \times 0.0012 \Omega = 0.85 \text{ W} + 2.59 \text{ W} = 3.44 \text{ W}$$

C_N Toleranz tolerance	±10% (optional ±5%)
Isolationsgüte insulation strength $C \times R_{\text{is}}$	5000 s
$\tan\delta_0$	2×10^{-4} (c)
Grenztemperaturen operating temperatures	
Θ_{min} ... Θ_{max}	-25 ... +85°C
Θ_{hotspot}	≤ 85°C
Lagertemperatur storing temperature	
	-40 ... +85°C
Failure rate	100 FIT (f)
reference service life_Referenzbetriebsdauer	100000 h, $\Theta_{\text{hotspot}} \leq 70^\circ$

C_N (μF)	R_S (mΩ)	f_{res} (kHz)	R_{th} (K/W)	I_{max} (A)	\hat{I} (kA)	I_S (kA)	$D_1 \times L_1$ (mm)	Maßbild Design	U _{rms}			
									U _N 1680V DC / 1000V AC	720V	U _S 2500V	U ₁ 1250V
1.5	5	530	2	10	0.3	0.9	30 × 58	E11 / E4				
2.2	4	440	2	16	0.25	0.8	35 × 58	E2				
3	6	320	1	10	0.35	1.05	30 × 81	E11 / E4				
4	5	280	1	10	0.45	1.35	35 × 81	E2 1)				
5	4	250	1	20	0.6	1.8	40 × 81	D1 1)				
6.8	3	220	1	20	0.8	2.4	45 × 81	D1 1)				
8	4	170	1	16	0.5	1.4	45 × 85	B1				
10	3	159	1	32	0.6	1.7	50 × 85	G1				
12	5	139	1	16	0.7	2.1	55 × 85	B1				
15	5	124	8	16	0.9	2.6	60 × 85	D1 1)				
16	3	120	7	40	0.95	2.9	65 × 95	G1				
18	2	119	7	40	1.0	3.1	65 × 95	G1				
20	1.2	95	5.7	50	1.2	3.5	75 × 105	C2				
28	1.3	80	5.8	50	1.6	4.9	85 × 105	C2				



7

Use the value of thermal resistance R_{th} taken from the capacitor chart (e) to calculate the temperature difference between the ambient temperature and the hottest spot inside the capacitor:

Mit Hilfe des thermischen Widerstandes R_{th} aus der Kondensatortabelle (e) lässt sich die Temperaturdifferenz zwischen Umgebungstemperatur und dem heißesten Punkt im Kondensatorinneren ermitteln.

$$\Delta T = R_{th} \times P_v = 5.7 \text{ K/W} \times 3.44 \text{ W} = 20 \text{ K}$$

Calculate the maximum ambient temperature for the target FIT-Rate during 100.000 h. (f)

Für die Erreichung der gewünschten FIT-Rate bei 100.000h Betriebsdauer wird die maximal zulässige Umgebungstemperatur wie folgt berechnet: (f)

$$\Theta_u = \Theta_{HOTSPOT} - \Delta T = 50 \text{ °C}$$

8

Determination of the failure rate for varying voltage and temperature conditions:

Berechnung der Ausfallrate für geplantes Spannungs-/Temperaturspektrum des Kondensators:

share of operation period Anteil an Betriebsdauer	operating voltage Betriebsspannung	$\Theta_{ambient}$	$\Theta_{HOTSPOT}$	U_b / U_N	FIT Rate*	FIT × share_Anteil
80 %	1000 V	45 °C	65 °C	1.0	ca. 60	48
20 %	900 V	55 °C	75 °C	0.9	ca.160	32
total						80

* taken from diagram "100 FIT" - entnommen aus Diagramm „100 FIT“

The FIT rate for this load is 80, $\lambda = 8 \times 10^{-8} \text{ h}^{-1}$. This failure rate is valid for a reference period of 100.000 hrs and may rise afterwards.

Die FIT-Rate beträgt für diese Belastung 80, $\lambda = 8 \times 10^{-8} \text{ h}^{-1}$. Diese Ausfallrate gilt für einen Betrachtungszeitraum von 100.000 h und kann danach ansteigen.

B. Capacitor for a DC link application DC Kondensator für einen Zwischenkreis

The DC link of a converter shall provide an rms current of 500A. The DC link voltage is expected to be 1073V DC¹. The converter is working with a pulse frequency of 2 kHz. The DC link capacitance shall be 6000 µF. The ambient temperature inside the converter is expected not to exceed 55°C.

Der Zwischenkreis eines Umrichters soll einen Effektivstrom von 500A liefern. Es wird von einer Zwischenkreisspannung von 1073V DC¹ ausgegangen. Der Umrichter arbeitet mit einer Pulsfrequenz von 2 kHz. Die Zwischenkreiskapazität ist auf 6000 µF geplant. Die Umgebungstemperatur innerhalb des Umrichters soll 55°C nicht überschreiten.



¹ (690 V_{rms} × √2 + 10% = 1073 V)

Determination of the ripple voltage U_r

Ermittlung der überlagerten Wechselspannung U_r

1

$$I = U_{rms} \times \omega \times C \rightarrow U_{rms} = \frac{I}{\omega \times C} = \frac{500 \text{ A}}{2\pi \times 2000 \text{ Hz} \times 6000 \mu\text{F}} = 6.6 \text{ V} \rightarrow U_r = 6.6 \text{ V} \times \sqrt{2} \times 2 = 18.7 \text{ V}$$

Choice of the rated voltage:

The rated voltage of the capacitor must be equal to or bigger than the applied DC voltage plus ripple voltage, i.e.:

Wahl der Nennspannung:

Die Nennspannung des Kondensators muss größer oder gleich der anliegenden Gleichspannung zzgl. der überlagerten Wechselspannung sein, d.h.:

2

$$U_N \geq U_{DC} + \frac{U_r}{2} = 1073 \text{ V} + 9.4 \text{ V}$$

A DC capacitor with a rated voltage of 1100 V will have to be selected. For DC link applications, we recommend our range PK16™.

Es ist ein Gleichspannungskondensator mit einer Nennspannung von 1100 V DC zu wählen. Für die Verwendung in Zwischenkreisen empfiehlt sich unsere Baureihe PK16™.

Pre-selection of the capacitor from the catalogue:

The rms current of 500A cannot be handled by one single catalogue item. The current load per capacitor can be reduced by dividing the total capacitance into several capacitors.

Vorauswahl des zu verwendenden Kondensators aus dem Katalogsortiment:

Der Effektivstrom von 500A läßt sich nicht durch einen einzelnen Katalogtyp abdecken. Durch eine Aufteilung auf mehrere Kondensatoren lässt sich die Strombelastung je Kondensator reduzieren.

3

For demonstration purposes we have picked the following two combinations out of the numerous options available for achieving the required capacitance of 6000 µF:

Aus den zahlreichen Kombinationsmöglichkeiten zur Erreichung der gewünschten Kapazität 6000 µF werden hier zwei gegenübergestellt:

- 9 × E50.N21-654N20 (PK16 XC 650 µF 1100V DC, 85 × 210mm)
- 5 × E50.R23-125N20 (PK16 XI 1200 µF 1100V DC, 116 × 230mm)



PK16 XI™

C _N (µF)	R _S (mΩ)	R _{th} (K/W)	I _{max} (A)	Î (kA)	I _S (kA)	W _N (Ws)	L _e (nH)	D ₁ × L ₁ (mm)
U _N 1100V DC		U _S 1650V		U _i 250V		U _{BB} 1650V DC		
450	1.1	3.7	50	4.8	14.4	272	45	∅ 85 × 155
800	0.61	2.3	80	8.6	25.8	484	40	∅ 116 × 165
830	1.7	2.3	60	4.8	14.4	502	60	∅ 85 × 252
1200	0.6	1.7	100	13.0	39.0	726	50	∅ 116 × 230
1600	0.63	1.3	100	17.2	51.6	968	70	∅ 116 × 295
2000	0.82	1.1	100	12.9	38.7	1210	70	∅ 116 × 345
				24.8	74.4	1392	70	∅ 136 × 295

PK16 XC™

C _N (µF)	R _S (mΩ)	R _{th} (K/W)	I _{max} (A)	Î (kA)	I _S (kA)	W _N (Ws)	L _e (nH)	D ₁ × L ₁ (mm)
U _N 1100V DC		U _S 1650V		U _i 250V		U _{BB} 1650V DC		
195	3.2	5.8	20	1.5	5.0	118	50	∅ 67 × 114
325	1.8	5.2	30	2.4	7.2	197	60	∅ 85 × 110
420	2.0	4.2	40	2.5	15.0	254	55	∅ 85 × 136
455	2.3	3.9	40	2.4	14.8	275	40	∅ 85 × 146
595	2.8	3.1	40	2.4	14.8	360	60	∅ 85 × 181
650	1.3	2.7	60	4.8	14.4	393	60	∅ 85 × 210
930	1.3	2.3	40	4.4	13.2	563	40	∅ 116 × 165

Important Notice:

In large batteries of paralleled capacitors, the inductance of bus bars and other means of interconnection may cause interactions between various capacitors within the installation, resulting in an uneven distribution of currents and unpredictable self-resonances. In extreme cases, deviations of up to 50% from the calculated currents have been observed in practice.

We therefore strongly recommend

- connection by bus bars with minimized inductance
- current measurements of the individual capacitors of the battery, e.g. with Rogowski coils.

Wichtiger Hinweis:

In großen Batterien parallelgeschalteter Kondensatoren kann die Induktivität von Sammelschienen und anderen Verbindungselementen Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Kondensatoren der Installation hervorrufen, welche in ungleicher Stromverteilung und unvorhersehbaren Eigenresonanzen resultieren können. In der Praxis wurden in Extremfällen Abweichungen von bis zu 50% vom errechneten Kondensatorstrom beobachtet.

Wir empfehlen daher

- den Anschluß mittels besonders niederinduktiver Sammelschienen
- individuelle Strommessungen an den einzelnen Kondensatoren einer Batterie, z.B. mittels Rogowski-Spulen.

4

Calculation of the power losses of the capacitor

Now, the heat dissipation losses of the capacitor under the intended operating conditions need to be determined; the procedure is similar to that in example A:

Berechnung der Verlustleistung des Kondensators

Nun ist die Verlustleistung des Kondensators bei den beabsichtigten Einsatzbedingungen zu bestimmen; die Vorgehensweise ähnelt der in Beispiel A:

$$P_V = P_{VD} + P_{VR} = \hat{U}^2 \times \pi \times f_0 \times C \times \tan\delta_0 + I_{eff}^2 \times R_S$$

\hat{U} has to be defined as $U_i/2$ here. For I_{eff} , only a fraction of the total value calculated above is inserted as the current is diverted to several capacitors in parallel.

Für \hat{U} wird hier der Wert $U_i/2$ verwendet. Für I_{eff} ist jeweils ein Bruchteil des Gesamtstromes einzusetzen, da sich der Strom jetzt auf mehrere parallel geschaltete Kondensatoren aufteilt.

In our example, the power dissipation factor is as follows:

Es ergibt sich für den angegebenen Betriebsfall folgende Verlustleistung:

	9 × PK16 XC 650 µF 1100V DC	5 × PK16 XI 1200 µF 1100V DC
series resistance Serienwiderstand R _S	1.3 mΩ	0.6 mΩ
dielectric power losses dielektrische Verluste P _{VD}	0.07 W	0.13 W
resistance power losses Ohmsche Verluste P _{VR}	4.01 W	6.00 W
Total power losses Gesamtverlustleistung P _V	4.08 W	6.13 W

The values $\tan\delta_0 = 2 \times 10^{-4}$ and $R_S = 1.3$ and 0.6 mΩ were taken from the E50 data charts.

Die Werte $\tan\delta_0 = 2 \times 10^{-4}$ und $R_S = 1.3$ and 0.6 mΩ wurden aus den Datentabellen E50 entnommen.





Calculation of the temperature rise inside the capacitor

By using the value of thermal resistance R_{th} taken from the capacitor chart we can calculate the temperature difference between the ambient temperature and the hottest spot inside the capacitor:

Berechnung des Temperaturanstiegs im Kondensator

Mit Hilfe des thermischen Widerstandes R_{th} aus der Kondensatortabelle lässt sich die Temperaturdifferenz zwischen Umgebungstemperatur und dem heißesten Punkt im Kondensatorinneren ermitteln.

5

$9 \times \text{PK16 XC } 650 \mu\text{F } 1100\text{V DC}$ $5 \times \text{PK16 XI } 1200 \mu\text{F } 1100\text{V DC}$	$\Delta T = R_{th} \times P_V = 2.7 \text{ K/W} \times 4.08 \text{ W} = 11 \text{ K}$ $\Delta T = R_{th} \times P_V = 1.7 \text{ K/W} \times 6.13 \text{ W} = 10.4 \text{ K}$
---	--

Evaluation of the ambient temperature

Nine capacitors of 650 μF 1100V DC each or, alternatively, five capacitors of 1200 μF 1100 V DC each can be used for the intended application. Based on the reference HOTSPOT temperature for the basic FIT rate (70°C for 50FIT), the expected ambient temperature of 55°C is acceptable for both options:

Bewertung der Umgebungstemperatur

Für die geplante Anwendung können neun Kondensatoren mit je 650 μF 1100 V DC oder alternativ fünf Kondensatoren mit je 1200 μF 1100V DC verwendet werden. Ausgehend von der Referenz-HOTSPOT-Temperatur für die Basis-FIT-Rate (70°C für 50FIT) ist die erwartete Umgebungstemperatur von 55°C für beide Varianten akzeptabel.

6

$9 \times \text{PK16 XC } 650 \mu\text{F } 1100\text{V DC}$ $5 \times \text{PK16 XI } 1200 \mu\text{F } 1100\text{V DC}$	$\Theta_{ij} = \Theta_{\text{HOTSPOT}} - \Delta T = 59^\circ\text{C}$ $\Theta_{ij} = \Theta_{\text{HOTSPOT}} - \Delta T = 59.6^\circ\text{C}$
---	--

Determination of the Failure Rate

Expected voltage and temperature conditions (nearly identical for both options):

Berechnung der Ausfallrate

Geplantes Spannungs-/Temperaturspektrum des Kondensators (annähernd gleich für beide Beispiele):

7

share of operation period Anteil an Betriebsdauer	operating voltage Betriebsspannung	Θ_{ij}	Θ_{HOTSPOT}	U_b / U_n	FIT Rate*	FIT \times share_Anteil
80 %	975 V	55 °C	66 °C	0.89	ca. 12	10
10 %	1000 V	55 °C	66 °C	0.91	ca. 14	1.4
10 %	1200 V	60 °C	71 °C	1.09	ca. 144	15
total						ca. 26

* taken from diagramm "50 FIT", entnommen aus Diagramm „50 FIT“

Under these circumstances, the FIT rate is approx. 26, $\lambda = 26 \times 10^{-9} \text{ h}^{-1}$. This failure rate is valid for a reference period of 100.000 hours and may rise afterwards.

Die FIT-Rate beträgt unter diesen Betriebsbedingungen 26, $\lambda = 26 \times 10^{-9} \text{ h}^{-1}$. Diese Ausfallrate gilt für einen Betrachtungszeitraum von 100.000 h und kann danach ansteigen.

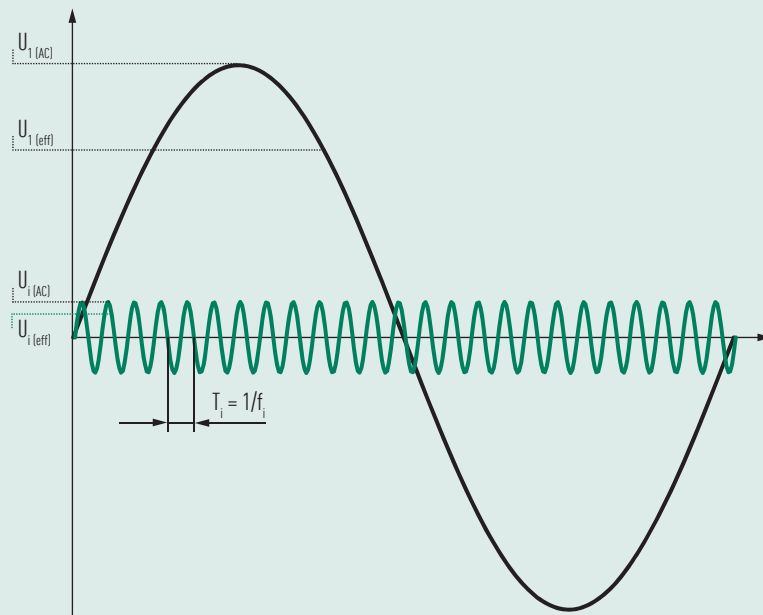
Attention: The a.m. example does not consider variations of the power losses resulting from changing current loads. Use an average value of power losses for the calculation of the HOTSPOT temperature if substantial and frequent fluctuations apply.

Achtung: Die o.a. Beispielrechnung berücksichtigt nicht eine sich infolge unterschiedlicher Strombelastung ändernde Verlustleistung. Bei häufigen und deutlichen Änderungen sollte eine durchschnittliche Verlustleistung ermittelt und für die Berechnung der HOTSPOT-Temperatur angesetzt werden.



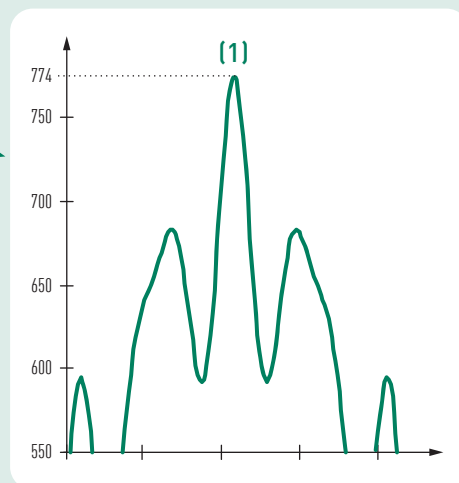
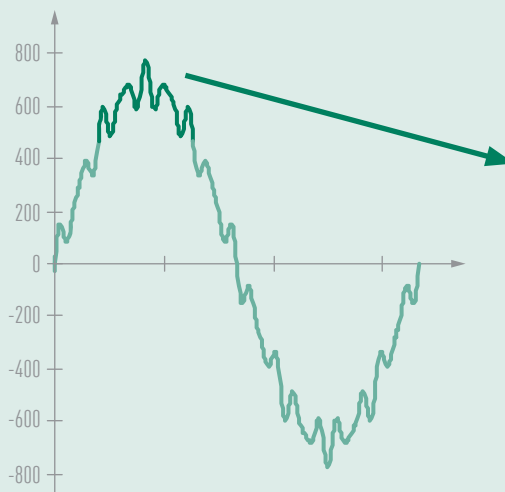


C. AC Filter capacitors (calculation acc. to IEC 61071)
Kondensatoren für Wechselspannungfilter (Berechnung nach IEC 61071)



A capacitance of $3 \times 50 \mu\text{F}$ is required for a filter application in a 480 V 60 Hz mains which is distorted by 17th (9%) and 25th harmonic (5%). The peak value of the resulting voltage has been measured to be 774 V **(1)**.

In einem Netz mit 480 V 60 Hz wird eine Kapazität von $3 \times 50 \mu\text{F}$ für ein Filter benötigt. Die Grundwelle wird durch die 17. (9%) und die 25. Oberwelle (5%) überlagert. Als Scheitelwert der resultierenden Spannung wurde 774 V gemessen **(1)**.



For AC filter capacitors, the AC voltage rating U_N AC is not determined by the rms value U_{eff} , but by the peak value of the resulting voltage (as measured by an oscilloscope or calculated from available harmonic data.) In any case, U_N AC must be above.

A three-phase AC-capacitor from the E62.*** series shall be selected. The voltage rating of 850 V would be appropriate (E62.R16-503L30). **(a)**

3×100	3×0.6	(a)	2.1	3×80	2.2	6.6
U_N 850V AC		U_{rms} 600V		U_s 1820V		U_{BB}
3×6.0	3×2	100	7.6	3×16	0.25	1.25
3×6.7	3×2	100	7.6	3×16	0.3	0.9
3×9.0	3×1.7	100	6.9	3×16	0.37	1.11
3×11	3×1.8	100	6.9	3×16	0.45	1.35
3×12	3×1.7	105	6.3	3×16	0.5	1.5
3×14	3×1.3	130	4.7	3×56	0.6	1.8
3×19	3×1.2	100	4.7	3×56	0.75	2.25
3×25	3×1.1	100	4.1	3×56	1.0	3.0
3×30	3×0.7	100	3.7	3×56	1.2	3.6
3×37.5	(b)	100	3.5	(c)	1.5	4.5
3×50	3×0.4	100	3.0	3×56	2.0	6.0
3×86	3×0.5	100	2.1	3×56	2.8	8.4
U_N 1080V AC		U_{rms} 760V		U_s 2300V		U_{BB}
3×4.7	3×1.8	100	7.6	3×16	0.5	1.5

The hotspot temperature Θ_{HOTSPOT} is crucial for the operating life of a filter capacitor. For determination of the hotspot temperature, the exact harmonic load must be calculated using the formulas and values stated below.

Calculation of the capacitor current for each occurring frequency f_i

$$I_i = U_i \times 2\pi f_i \times C$$

Ausschlaggebend für die Bestimmung der Kondensatornennspannung U_N AC ist nicht der Effektivwert U_{eff} , sondern der Scheitelwert der Spannung (gemessen mit Oszilloskop bzw. berechnet aus vorhandenen Angaben zu überlagerten Oberschwingungen); U_N AC muss in jedem Fall darüber liegen.

Es ist ein dreiphasiger Wechselspannungskondensator aus der Reihe E62.*** zu wählen. Als geeignete Nennspannung kommt 850 V in Betracht (E62.R16-503L30). **(a)**

Maßgebend für die Lebensdauer eines WechselspannungsfILTERKONDENSATORS ist seine Hotspot-Temperatur Θ_{HOTSPOT} . Für ihre Bestimmung ist die konkrete Oberwellenbelastung wichtig, welche mit Hilfe der nachfolgenden Formeln und Werte berechnet werden kann.

Berechnung des Kondensatorstromes für jede auftretende Frequenz f_i

- U_i = voltage of the respective harmonic
Spannung der jeweiligen Oberwelle
- C = total capacitance (3-phase capacitors: $3 \times C_{\text{phase}}$)
Gesamtkapazität (bei dreiphasigen Kondensatoren $3 \times C_{\text{phase}}$)
- f_i = harmonic frequency_ Oberwellenfrequenz

Determination of the reactive power of the capacitor

$$Q_i = U_i \times I_i$$

Bestimmung der Blindleistung des Kondensators

- Q_i = reactive capacitor power at harmonic frequency f_i
Kondensatorblindleistung bei Oberwellenfrequenz f_i

1

2

3



4

Calculation of the dielectric power losses

Berechnung der dielektrischen Verluste

$$P_{VD} = Q_i \times \tan\delta_0 \qquad \tan\delta_0 = 2 \times 10^{-4}$$

5

Calculation of the current losses

Ermittlung der Stromwärmeverluste

$$P_{VR} = I_i^2 \times R_S \qquad R_S = \text{equivalent series resistance of the capacitor, per phase} \\ \text{Serienwiderstand des Kondensators, je Phase (b)}$$

6

Finally, all values must be added together:

Im Anschluss sind die Teilwerte zu addieren:

Oberwellen Harmonics	$U_{i(\text{eff})}$ (V)	$f_{i(\text{eff})}$ (Hz)	I_i (A)	Q_i (kvar)	P_{VD} (W)	P_{VR} (W)	P_V (W)
H1	480	60	27.1	13.03	2.61	0.29	2.90
H17	43	1020	41.5	1.79	0.36	0.69	1.05
H25	24	1500	33.9	0.81	0.16	0.46	0.62
Σ			60.1*	15.64	3.13	1.44	4.57

$$* I_{\text{total}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n I_i^2}$$

7

Calculation of the temperature rise inside the capacitor

Berechnung der Eigenerwärmung des Kondensators

$$\Delta T = P_V \times R_{th} = 4.6 \text{ W} \times 3 \text{ K/W} = 13.8 \text{ K (c)}$$

8

Determination of the maximum admissible ambient temperature

Bestimmung der maximal zulässigen Umgebungstemperatur

$$\Theta_{\text{AMBIENT}} = \Theta_{\text{HOTSPOT}} - \Delta T = 85^\circ\text{C} - 13.8 \text{ K} = 71.2^\circ\text{C (d)}$$



Important notice:

Calculation of temperature rise and HOTSPOT temperature is most essential for proper evaluation of the intended operating conditions and their effect on the FIT rate. For the majority of cases, the above calculation will be sufficient.

In certain filter applications, however, the very nature of the harmonic currents may cause an inhomogeneous distribution of the created power losses, resulting in the occurrence of various and destructive "hot spots". We therefore recommend checking the following characteristics before proceeding further; standard catalogue items may not be suitable for your intended application if one or both of the following conditions apply:

Wichtiger Hinweis:

Die Berechnung der Eigenerwärmung und der HOTSPOT - Temperatur ist für die ordentliche Bewertung der Einsatzbedingungen und deren Einfluß auf die FIT-Rate unumgänglich. Für die Mehrheit der Fälle ist die oben angeführte Berechnung ausreichend.

In bestimmten Filteranwendungen rufen speziell geartete Oberwellenströme jedoch eine ungleichmäßige Verteilung der entstehenden Verlustleistungen hervor, welche zur Bildung verschiedener schädlicher „hotspots“ im Kondensator führen können. Wir empfehlen daher, im Rahmen der Bewertung auch die folgenden Kennwerte zu überprüfen; die Standardwerte aus unserem Katalog reichen für Ihre geplante Anwendung möglicherweise nicht aus, wenn eine oder beide der folgenden Bedingungen gegeben sind:

1. Total current harmonic distortion (THD) based on the data computed in column 4 of the chart in step 6:

$$\text{THD}_I[\%] = \frac{\sqrt{\sum_{H=2}^{\infty} I_H^2}}{I_1} \times 100 \geq 200\%$$

2. Ratio between total current power losses P_{VR} and total dielectric power losses P_{VD} (columns 6 and 7 of the chart in step 6):

$$\frac{P_{VR}}{P_{VD}} \geq 1.5$$

1. Gesamtklirrfaktor des Stromes (THD) basierend auf den Daten aus Spalte 4 der Tabelle in Schritt 6:

2. Verhältnis zwischen Gesamtstromverlusten P_{VR} und den dielektrischen Gesamtverlusten P_{VD} (Spalte 6 und 7 aus Tabelle in Schritt 6):

Please turn to ELECTRONICON for individual support and detailed evaluation of your application requirements if any of the above conditions apply.

Bitte wenden Sie sich an ELECTRONICON für detaillierte Bewertung Ihrer Anwendung und individuelle Beratung, wenn eine der o.g. Bedingungen auftritt.

Determination of the Failure Rate for varying voltage and temperature conditions:

Berechnung der Ausfallrate für verschiedene Spannungs-/ Temperaturspektren des Kondensators:

share of operation period Anteil an Betriebsdauer	operating voltage Betriebsspannung	Θ_{ambient}	Θ_{HOTSPOT}	U_b / U_N	FIT Rate*	FIT × share_Anteil
50 %	800 V	50 °C	64 °C	0.94	ca. 30	15
20 %	850 V	50 °C	64 °C	1.0	ca. 60	12
20 %	800 V	60 °C	74 °C	0.94	ca. 290	60
10 %	850 V	65 °C	79 °C	1.0	ca. 2000	200
total						287

* taken from diagramm "100 FIT" _entnommen aus Diagramm „100 FIT“

The FIT rate for this example is 287, $\lambda = 2.87 \times 10^{-7} \text{ h}^{-1}$. The comparably high failure rate in this case is resulting from the share of time when the capacitor is operated with high voltage at a temperature close to the upper limit. This failure rate is valid for a reference period of 100.000 hrs and may rise afterwards.

Für dieses Beispiel beträgt die FIT-Rate ca. 287, $\lambda = 2.87 \times 10^{-7} \text{ h}^{-1}$. Die relativ hohe Ausfallrate resultiert in diesem Fall aus dem Anteil, bei dem der Kondensator mit hoher Spannung in der Nähe der oberen Grenztemperatur betrieben wird. Die Ausfallrate gilt für einen Betrachtungszeitraum von 100.000 h und kann danach ansteigen.



Verify the current load capability:

Abschließend sollte die Stromtragfähigkeit überprüft werden:

$$1 \text{ ph.: } I_{\text{eff}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n I_i^2} \quad 3 \text{ ph.: } I_{\text{eff}} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n I_i^2}}{\sqrt{3}}$$

In the example above, the current per phase is 34.7 A which is well within the permitted rating for type E62.R16-503L30 (acc. to catalogue 56 A). **(f)**

Für das vorliegende Beispiel ergibt sich ein Strom von 34.7 A je Phase, dies liegt innerhalb des zulässigen Maximalstromes für den Typ E62.R16-503L30 (laut Katalog 56 A). **(f)**

If the calculated power dissipation is too high

- reduction of the permitted ambient temperature acc. to the diagram on page 18/19, leading to an increase in the permitted power dissipation, forced cooling
- connection of a bigger number of capacitors with smaller capacitance values (increase of the surface area and improved heat dissipation)
- application of capacitors with a rated voltage higher than required by the operating voltage (larger dimensions, greater surface area and power dissipation)
- reduction of the series resistance R_s by changes to the capacitor's internal construction.
- Selection of alternative models with lower R_s (eg. PK16XI instead of PK16XC)

Mögliche Lösungen bei zu hoher Verlustleistung

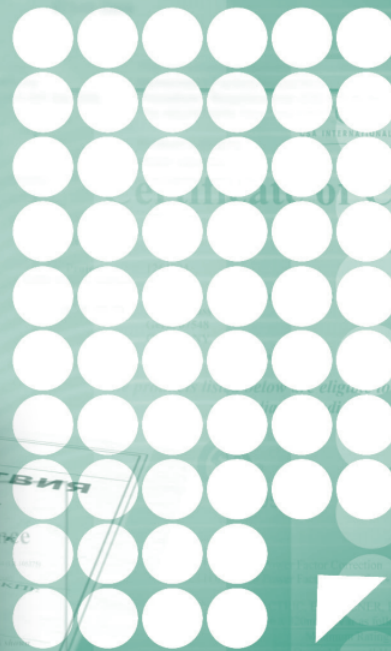
- Reduzierung der zulässigen Umgebungstemperatur entsprechend Diagramm auf Seite 18/19, damit Erhöhung der zulässigen Verlustleistung, Anwendung von Zwangskühlung
- Parallelschalten von mehreren Kondensatoren kleinerer Kapazität (Oberflächenvergrößerung für bessere Abführung der Verlustwärme)
- Verwendung von Kondensatoren höherer Nennspannung, als die Betriebsspannung es erfordert (größere Abmessungen, dadurch größere Oberfläche und Abführung von Verlustleistung)
- Beeinflussung des Serienwiderstands R_s über Änderungen des inneren Aufbaus der Kondensatoren durch den Hersteller
- Auswahl von alternativen Modellen mit geringerem Serienwiderstand R_s (z.B.: PK16XI an Stelle von PK16XC)



ANNEX ANHANG



VDE Prüf- und Zertifizierungsinstitut
VDE INSTITUT FÜR VERBUNDENES LEBEN
ZERTIFIKAT
CERTIFICATE



certification of compliance
Master Contract: 185634 (LR 1033351)
Date Issued: January 3, 2002

СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ГОСТ Р
ГОСТ Р ИСО 9001-2000
СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ
Срок действия: 01.03.2002 - 01.03.2005



ИЗДАТЕЛЬСТВО «СТАНДАРТИНФОРМ»
Москва, ГСП-4, Вавилова Станционная Рязаньская Аккерманские
СМИ, ПС-1, 125080, Москва, Россия
Адрес: Москва, Вавилова Станционная Рязаньская Аккерманские
СМИ, ПС-1, 125080, Москва, Россия
Тел.: +7 495 794 3300, факс: +7 495 794 3301, e-mail: info@standartinform.ru
www.standartinform.ru
ИЗДАТЕЛЬСТВО «СТАНДАРТИНФОРМ»
Москва, ГСП-4, Вавилова Станционная Рязаньская Аккерманские
СМИ, ПС-1, 125080, Москва, Россия
Адрес: Москва, Вавилова Станционная Рязаньская Аккерманские
СМИ, ПС-1, 125080, Москва, Россия
Тел.: +7 495 794 3300, факс: +7 495 794 3301, e-mail: info@standartinform.ru
www.standartinform.ru
ИЗДАТЕЛЬСТВО «СТАНДАРТИНФОРМ»
Москва, ГСП-4, Вавилова Станционная Рязаньская Аккерманские
СМИ, ПС-1, 125080, Москва, Россия
Адрес: Москва, Вавилова Станционная Рязаньская Аккерманские
СМИ, ПС-1, 125080, Москва, Россия
Тел.: +7 495 794 3300, факс: +7 495 794 3301, e-mail: info@standartinform.ru
www.standartinform.ru

ANNEX_ANHANG

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.

ZVEI:

Starkstromkondensatoren
see also pg. 40
siehe auch Seite 42

Please mind the general safety recommendations and requirements of power capacitor manufacturers organized in the ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik und Elektronik e.V. (German Electrical and Manufacturers' Association), updated: August 2010.

Mounting Position



MKP capacitors with liquid or viscous filling shall be installed upright with terminals facing upwards. Please consult our technical department if different mounting position is required. Capacitors with gas or solid resin filling can be mounted in any position without restriction.



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 7K will halve the expected life of the capacitor, or double the FIT-rate.

To avoid overheating the capacitors must be allowed to cool unhindered and should be shielded from external heat sources.

If attenuating circumstances give cause for doubt, special tests should be conducted to ensure that the permitted maximum temperature of the capacitor is not exceeded even under the most critical ambient circumstances. It should be noted that the internal heat balance of large capacitors is only reached after a couple of hours.



Give at least 20 mm 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.

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.

Bitte beachten Sie die allgemeinen Sicherheitshinweise der im ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik und Elektronik e.V. – organisierten Hersteller von Starkstromkondensatoren, Stand August 2010.

Einbaulage

MKP-Kondensatoren mit flüssiger bzw. viskoser Füllung müssen stehend mit dem Anschlusselement nach oben eingebaut werden. Bitte wenden Sie sich an uns, wenn eine andere Einbaulage erforderlich ist. Kondensatoren mit Gas- oder ausgehärteter Harzfüllung können ohne Einschränkung in jeder Lage eingebaut werden.

Einbauort/Kühlung

Die Lebensdauer eines Kondensators kann durch übermäßige Wärmewirkung erheblich verringert werden. Im allgemeinen führt eine Erhöhung der Umgebungstemperatur um 7K zu einer Verringerung der Lebensdauer des Kondensators um 50 % bzw. einer Verdopplung der FIT-Rate.

Es ist daher zu beachten, dass die Kondensatoren die auftretende Verlustwärme ungehindert abführen können, so dass die obere Grenztemperatur an keiner Stelle des Gehäuses überschritten wird. Insbesondere ist zu vermeiden, dass die Kondensatoren von fremden Wärmequellen zusätzlich erwärmt werden. In Zweifelsfällen ist durch eine Typprüfung zu überprüfen, dass unter den ungünstigsten Umgebungsbedingungen die zulässige Kondensatortemperatur nicht überschritten wird. Dabei ist zu beachten, dass sich das Wärmegleichgewicht bei großvolumigen Kondensatoren erst nach mehreren Stunden einstellt.

Zwischen den und um die Kondensatoren herum sollten mindestens 20 mm Platz für natürliche oder Zwangslüftung belassen werden. Bringen Sie den Kondensator nie direkt neben oder über Wärmequellen, wie Drosseln u.ä. an.



Vibration Stress According to DIN IEC 68-2-6

The capacitors comply with test standard FC acc. to DIN IEC 68-2-6 as follows:

capacitor weight Masse des Kondensators	test duration Beanspruchungsdauer	frequency range Frequenzbereich	max. acceleration Max. Beschleunigung	max. displacement amplitude Max. Auslenkung
< 0.5 kg	30 cycles Zyklen	10 ... 500 Hz	50 m/s ²	0.35 mm
0.5 ... 3 kg	30 cycles Zyklen	10 ... 500 Hz	10 m/s ²	0.075 mm
> 3 kg	information available on request auf Anfrage			

Schwingungsbelastung nach DIN IEC 68-2-6

Die Kondensatoren genügen der Prüfung FC nach DIN IEC 68-2-6 mit folgenden Werten:

All cylindrical capacitors can be fixed sufficiently using the mounting stud at the base of the can unless described otherwise in special data sheets. It is recommended to insert the washer which is delivered together with the mounting nut before fixing the nut.

M8	5 Nm
M12	15 Nm

Prinzipiell ist für alle Kondensatoren die Befestigung mittels Bodenbolzen ausreichend. Abweichungen davon werden in separaten Datenblättern dargestellt. Vor dem Befestigen der Mutter ist die Zahnscheibe, die zusammen mit der Befestigungsmutter geliefert wird, aufzuziehen.



Permitted max. torque for the mounting studs
Zulässiges Drehmoment für die Bodenschrauben

Connection

The soldering must not be exposed to excessive heat. It is not recommended to solder cables to the terminals. Where possible use appropriate tab connectors to connect the cables.

Do not bend or turn or move the connecting terminals and the tab connectors in any way.

Connection at threaded studs shall be made between two nuts. During connection the lower nut shall be backed up to avoid any transmission of the torque above the a.m. figures to the ceramic body.

threaded stud M6	2 Nm
M8	4 Nm
M10	9 Nm
M12	14 Nm
M16	25 Nm
internal thread M5	2 Nm
M6	4 Nm
M8	7 Nm
screw terminal Type K, Z (M4)	1.2 - 2 Nm
Type L, S (M5)	2.5 - 3 Nm
Type M (M6)	3.2 - 3.7 Nm

Anschluss

Die Lötstellen dürfen nicht übermäßiger Hitze ausgesetzt werden. Es ist nicht empfehlenswert, die Kabel mit den Anschlüssen zu verlöten. Benutzen Sie, wo möglich, passende Steckverbindungen, um die Kabel anzuschließen.



Die Anschlussstücke und Flachstecker dürfen nicht gebogen, gedreht oder in irgendeiner anderen Form bewegt werden.

Der Anschluss an Anschlussbolzen muss zwischen zwei Muttern hergestellt werden. Dabei muss die untere Mutter gegengehalten werden, so dass kein Drehmoment oberhalb der zulässigen Werte auf den Keramikkörper übertragen wird.



From autumn 2011, all CAPAGRIP™ terminals are equipped with Torx (T20). Use of improper screwdrivers may damage the screws and impair reliable fixation.

Seit 2011 enthalten alle CAPAGRIP™ Anschlüsse Torx Schrauben (T20). Unpassende Schrauber können die Schrauben beschädigen und die zuverlässige Befestigung gefährden.



Torx T20

Recommended torque for screw connections
Empfohlene Drehmomente für die Anschlussarten





Capacitors with break-action mechanism shall be connected with sufficiently flexible leads to permit the functioning of the mechanism, and sufficient clearance for expansion of the capacitor case must be accommodated above the terminals. Depending on the specific dimensions of the capacitors the case could expand between 5 and 25 mm.



- The capacitors shall only be connected with flexible cables or elastic copper bands.
- The border crimping must not be held by retaining clamps.
- **ATTENTION:** Required minimum clearances according to applicable voltage category must be maintained even after prolongation of the can!

The hermetic sealing of the capacitors is extremely important for a long operating life and for the correct functioning of the break action mechanism. Please pay special attention not to damage the following critical sealing points:

- the border crimping of the lid
- the connection between screw terminal and lid (design K, L, M)
- the rubber seal at the base of the tab connectors (design D, E)
- the soldering at the base of the tab connectors (design B, D, E)
- the ceramic insulators (design C)



Do not hit the border crimping and the connecting terminals with heavy or sharp objects or tools (e. g. hammer, screw driver).

Discharge



If there is no discharge of the capacitors provided by external circuits, the capacitors should be provided with discharge resistors. In any event, the poles of the capacitors must be short-circuited before being touched. Note that capacitors with nominal voltages above 750 V in particular may regenerate new voltage at their terminals after having been short-circuited just for short periods. This condition results from the internal series connection of the capacitor elements and will be avoided by storing them permanently short-circuited.



Earthing



Capacitors with a metal case can be earthed at the mounting stud or by means of a separate metal strap or clamp.

Der Anschluss von Kondensatoren mit Überdrucksicherung muss mit flexiblen Leitern erfolgen, um die Funktion der Überdruck-Abreißsicherung nicht zu beeinträchtigen. Über den Anschlüssen ist genügend Platz für die Ausdehnung des Gehäuses im Fehlerfall zu lassen. Die Gehäuseverlängerung beträgt je nach Baugröße 5 bis 25 mm.

- Schließen Sie diese Kondensatoren nur mit flexiblen Kabeln oder elastischen Kupferbändern an.
- Befestigen Sie keine Klemmen an der Sicke.
- **ACHTUNG:** Mindestluftstrecken entsprechend der jeweiligen Spannungskategorie müssen auch nach dem Ansprechen der Sicherung gewährleistet sein.

Für eine lange Einsatzdauer und das fehlerfreie Funktionieren der Überdrucksicherung ist eine hermetische Abdichtung der Kondensatoren von höchster Bedeutung. Es ist darauf zu achten, dass folgende kritischen Dichtungsstellen nicht beschädigt werden:

- die Deckelkante
- die Verbindung zwischen Schraubanschluss und Deckel (Bauform K, L, M)
- die Gummidichtung unterhalb des Flachsteckers (Bauform D, E)
- die Lötstelle im unteren Teil des Flachsteckers (Bauform B, D, E)
- die Keramikisolatoren (Bauform C)

Bearbeiten Sie die Kanten und die Anschlusssteile nicht mit schweren oder scharfen Objekten bzw. Werkzeugen (z. B. Hammer, Schraubendreher).

Entladung

Falls eine Entladung beim Abschalten der Kondensatoren nicht über Teile der Schaltung gewährleistet ist, so sind Entladewiderstände vorzusehen. Vor dem Berühren der Anschlüsse sind diese in jedem Fall erst kurzzuschließen. Insbesondere bei Kondensatoren mit Nennspannungen über 750 V ist zu beachten, dass sich nach einem kurzzeitigen Kurzschließen durch Ladungsverteilung erneut Spannungen an den Anschlüssen aufbauen können (bedingt durch die Reihenschaltung von Kondensatorelementen). Nicht verschaltete Kondensatoren sind daher möglichst immer kurzgeschlossen aufzubewahren.

Erdung

Kondensatoren mit Metallgehäuse können bei Einbau geerdet werden. Hierzu kann die Bodenschraube oder eine Schelle verwendet werden.



Environmental Compatibility

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

No danger for health if applied properly. In case of skin contact with filling liquids, clean with water and soap.

All capacitors manufactured after 1st January, 2006 are made with lead-free solder tin.

Disposal

The impregnants and filling materials contain vegetable oil, polyurethane mixtures or nitrogen. A data sheet about the impregnant utilised can be provided by the manufacturer on request.

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 European Waste Catalogue 160205 (capacitors filled with plant oil/resin).
- Gas filled capacitors do not require any special treatment.
- Solid filling materials: acc. to EWC 080404 («solidified adhesives and sealants»).
- Liquid filling materials which may have emerged from the capacitor shall be absorbed by proper granules and disposed of in accordance with European Waste Catalogue 080410 (PUR resin residues, not solidified).

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 !

Consult your national rules and restrictions for waste and disposal.

Umweltverträglichkeit

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).

Bei sachgemäßer Anwendung gehen vom Produkt keine Gesundheitsgefahren aus. Bei Hautkontakt mit dem Kondensatorfüllmittel sind die betroffenen Hautpartien mit Wasser und Seife zu reinigen.

Alle ab 01.01.2006 gefertigten Kondensatoren sind mit bleifreiem Lötzinngearbeitet.

Entsorgung

Die verwendeten Füllmittel bestehen aus Pflanzenöl, Polyurethan-Mischungen oder Stickstoff. Ein Sicherheitsdatenblatt über die Füllmittel kann bei Bedarf angefordert werden.

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).
- Gasgefüllte Kondensatoren bedürfen keiner besonderen Behandlung.
- ausgehärtete Füllmittel: nach Abfallschlüssel-/EAK-Nummer 080404 (PUR-Harzurückstände, ausgehärtet).
- Eventuell ausgetretene Füllmittel sind mit ölbindenden Granulaten aufzunehmen und nach Abfallschlüssel 080410 (PUR Harzurückstände, nicht ausgehärtet) zu entsorgen.

Vorsicht beim Berühren und Entsorgen von Kondensatoren, bei denen die Überdrucksicherung angesprochen hat! Noch nach Tagen und Wochen können gefährliche Spannungen auftreten.

Grundsätzlich sind die jeweils gültigen nationalen Vorschriften zu beachten.



General Safety Recommendations for Power Capacitors

General safety recommendations and requirements of power capacitor manufacturers who are members of *ZVEI - German Electrical and Electronic Manufacturers' Association*

I. Scope

These safety recommendations and requirements apply to the following power capacitors and standards. Their purpose is to describe the state of technology which must as a rule be adhered to in all relevant contracts for goods and services.

- | | |
|--|------------------------------|
| 1. Power capacitors for power factor correction (PFC) up to 1000 V | IEC / DIN EN 60831 and 60931 |
| 2. Power capacitors for power factor correction (PFC) above 1000 V | IEC / DIN EN 60871 |
| 3. Power capacitors for induction heating installations (PFC) | IEC / DIN EN 60110 |
| 4. Capacitors for power electronics (PEC) | IEC / DIN EN 61071 |
| 5. Capacitors for railway applications (PEC) | IEC / DIN EN 61881 |
| 6. Lighting capacitors (AC) | IEC/DIN EN 61048/49 |
| 7. Motor capacitors (AC) | IEC / DIN EN 60252 |

II. General Safety Rules

Since power capacitors are electrical energy storage devices, they must always be handled with caution. Even after being turned off for a relatively long period of time, they can still be charged with potentially lethal high voltages. The same applies to all system components and devices which have an electrically conductive connection to the capacitor. The general rules of good electrical engineering practice must always be complied with when handling live components in electrical systems.

III. General Conditions for Storage and Use

- The manufacturer's installation, application and maintenance instructions **and** the relevant standards must always be complied with.
- Capacitors must never be stored or used outside the specified temperature ranges.**
- Capacitors may not be stored or operated in corrosive atmospheres, particularly not when chlorides, sulfides, acids, alkalis, salts, organic solvents or similar substances are present.
- In dust and dirt-prone environments, regular checks and maintenance (particularly of the terminals and insulators) are absolutely

necessary to prevent creation of creepage distances between live parts and/or to the protective conductor/ground.

- The maximum temperatures (including inherent heat), voltages, currents, power, reactive power, thermal resistances, frequencies, discharge times and switching frequencies specified in the data sheet must be adhered to.**
- A means of sufficient dissipation of heat loss (fan, cooling) or escaping gases in case of malfunction must be provided. Required minimum distances (e.g. to sources of heat) must be maintained.**
- Specified torques for electrical connections and fasteners must be adhered to.
- Mechanically or electrically damaged, leaky or otherwise damaged capacitors may not be used or continue to be used.
- Existing protective devices of the capacitors may not be manipulated, removed or impaired in their function.

IV. Internal Protective Devices

- The following table gives an overview of the known internal protective devices:

Protective Device/ Protective Mechanism	Application Area		
	PEC	PFC	AC
Without protective devices	x		
Exclusively self-healing	x	x	x
<u>Singly or in combination:</u>			
Improved self-healing	x		
Overpressure interrupter	x	x	x
Overpressure switch	x	x	x
Overpressure valve	x	x	
Overpressure membrane	x		
Reinforced housing	x	x	
Segmented film	x	x	x
Winding fuse		x	
Thermal fuse			x

- Internal protective devices offer basic protection against certain internal faults, aging and overload.

3. Internal protective devices alone are not sufficient to prevent all conceivable dangers in case of malfunction. The so-called self-healing capability is not the same as fail safe system stability.
4. Depending on their protective mechanism, internal protective devices are subject to technical and functional limits which when exceeded will definitely cause malfunctions. Such violations can be **excess temperature, overvoltage, wrong application, wrong installation, faulty maintenance, mechanical damage, or operation outside the technical limits of the specification.**
5. Most internal protective devices can interrupt the voltage only within the capacitor. They are not fuses in the classical sense such as cable or device fuses which interrupt the voltage upstream from the faulty system component.

V. Risk Factors for the Capacitor

The most frequent risk factors which cause capacitor damage and possibly also the failure of the internal protective devices are:

1. Exceeding the permissible temperature on the capacitor surface (every increase in operating temperature of 7 K cuts life expectancy in half).
2. Overvoltages, overcurrents and high inrush currents even if they only occur briefly or cyclically (a continuous increase in the operating voltage of the capacitor of 8 % cuts life expectancy in half).
3. Network harmonics, resonances created by harmonics or flicker even when they occur only briefly or cyclically.
4. Aging of the lighting equipment and consequential excess temperature or high UV stress.
5. Failure of other components in a common circuit and consequential overvoltages or overcurrents.
6. Interaction with other reactive power components, and also parasitic capacitances (cable) or inductivities in common circuits.
7. Even if the test based on the capacitor standard is passed, this does not ensure comprehensive protection against all possible overloading.
8. During the operation of thyristor-switched capacitor systems, high DC voltages can occur continuously on the capacitors of compensation systems which are not switched on. These DC voltages must be considered when designing the capacitors and their discharge devices.

VI. Risks When a Fault Occurs

1. Power capacitors can be a significant risk in the case of failure due to their stored energy and/or their properties during operation in networks with high short-circuit power.
2. Power capacitors can actively fail when internal or external protective devices are missing, incorrectly dimensioned or have failed. They can burst, burn or, in extreme cases, explode.

3. The gases (e.g., hydrocarbons as decomposition products of the organic insulating materials used) released in case of damage are flammable and can create explosive mixtures. The fire load of a power capacitor is approx. 40 MJ/kg. It is to be noted in this context that – depending on size – combustible materials make up around 55% of the total mass of small capacitors and max. 75% of large capacitors.

VII. Risk Minimization

1. The capacitor manufacturer cannot predict all possible stresses which a power capacitor can be subjected to and which must be taken into account in the design. This means that the user bears crucial co-responsibility here. For this reason alone, safety and quality should be the top priorities when a capacitor is selected. **This is why we urgently recommend the use of capacitors with appropriate internal protective devices.**
2. Before designing the application, capacitors must be checked for their suitability for this particular application. All influences (parameters) must be considered. Unexamined use in an application may have serious consequences.
Particularly with sensitive applications, the internal protective devices of the capacitors should be supplemented by the user with suitable external protective measures. **External protective measures are even mandatory when capacitors are used without internal protective devices.**
3. When power capacitors are used, suitable measures must always be taken to eliminate possible danger to humans, animals and property both during operation and when a failure occurs. This applies to capacitors both without and with protective devices.
4. The power capacitor manufacturers organized in ZVEI will be glad to give users preliminary advice before planning of the application begins and provide firm application recommendations.

Issue date: March 2008
Updated: August 2010

ZVEI - German Electrical and Electronic
Manufacturers' Association
Power Capacitors Division
Lyoner Straße 9
D-60528 Frankfurt am Main
phone: 069 6302 – 209
fax: 069 6302 – 488
e-mail: starkstromkondensatoren@zvei.org

While every care has been taken to ensure that the content of this document is accurate, no liability in respect of such content will be assumed.



Allgemeine Sicherheitshinweise Starkstromkondensatoren

Gemeinsame Sicherheitshinweise der im ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronik e. V. - organisierten Hersteller von Starkstromkondensatoren

I. Geltungsbereich

Dieses Sicherheitsdatenblatt gilt für die im Folgenden genannten Starkstromkondensatoren und Normen. Damit soll der Stand der Technik, der im Regelfall bei allen einschlägigen Liefer- und Leistungsverträgen einzuhalten ist, beschrieben werden.

1. Leistungskondensatoren für Blindstromkompensation (PFC) bis 1000 V	IEC / DIN-EN 60831 und 60931
2. Leistungskondensatoren für Blindstromkompensation (PFC) über 1000 V	IEC / DIN-EN 60871
3. Leistungskondensatoren für induktive Wärmerezeugung (PFC)	IEC / DIN-EN 60110
4. Kondensatoren für die Leistungselektronik (PEC)	IEC / DIN-EN 61071
5. Kondensatoren für Bahnanwendungen (PEC)	IEC / DIN-EN 60881
6. Leuchtenkondensatoren (AC)	IEC / DIN-EN 61048/49
7. Motorkondensatoren (AC)	IEC / DIN-EN 60252

II. Allgemeine Sicherheitsregeln

Starkstromkondensatoren sind elektrische Ladungsspeicher und deshalb stets mit Vorsicht zu handhaben. Sie können auch nach dem Abschalten über längere Zeiträume noch mit lebensgefährlich hohen Spannungen geladen sein. Gleiches gilt für alle Anlagenteile und Geräte, die in elektrisch leitender Verbindung zum Kondensator stehen. Grundsätzlich sind die allgemeinen Regeln der Elektrotechnik für den Umgang mit spannungsführenden Teilen in elektrischen Anlagen zu beachten.

III. Allgemeine Lager- und Einsatzbedingungen

- Grundsätzlich sind die Montage, Applikations- und Wartungshinweise des Herstellers und die einschlägigen Normen zu beachten.
- Kondensatoren dürfen zu keinem Zeitpunkt außerhalb der spezifizierten Temperaturbereiche gelagert oder eingesetzt werden.**
- Kondensatoren dürfen nicht in korrosiver Atmosphäre gelagert oder betrieben werden, insbesondere nicht wenn Chloride, Sulfide, Säuren, Laugen, Salze, organische Lösemittel oder ähnliche Substanzen auftreten.

- In staub- und schmutzgefährdeter Umgebung ist eine regelmäßige Kontrolle und Wartung, insbesondere der Anschlussklemmen und Isolatoren, unbedingt erforderlich um eine Kriechwegbildung zwischen potentialführenden Teilen untereinander und/oder zum Schutzleiter/Erde zu verhindern.
- Die im Datenblatt angegebenen maximalen Temperaturen (incl. Eigenerwärmung), Spannungen, Ströme, Leistungen, Blindleistungen, thermische Widerstände, Frequenzen, Entladezeiten und Schalthäufigkeiten sind einzuhalten.**
- Für ausreichende Abführung der Verlustwärme (Belüftung, Kühlung) oder im Fehlerfall austretende Gase ist Sorge zu tragen. Geforderte Mindestabstände z. B. zu Wärmequellen sind einzuhalten.**
- Angewandene Drehmomente für elektrische Anschlüsse und Befestigungselemente sind einzuhalten.
- Mechanisch oder elektrisch beschädigte, undichte oder anderweitig vorgeschädigte Kondensatoren dürfen nicht eingesetzt oder weiterverwendet werden.
- Vorhandene Schutzeinrichtungen der Kondensatoren dürfen nicht manipuliert, entfernt oder in ihrer Funktion beeinträchtigt werden.

IV. Interne Schutzeinrichtungen

- Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die bekannten internen Schutzeinrichtungen:

Schutzeinrichtung/ Schutzmechanismus	Anwendungsbereich		
	PEC	PFC	AC
Ohne Schutzeinrichtungen	x		
Ausschließlich Selbstheilung	x	x	x
<u>Einzel- oder in Kombination:</u>			
Verbesserte Selbstheilung	x		
Überdruckunterbrecher	x	x	x
Überdruckschalter	x	x	x
Überdruckventil	x	x	
Überdruckmembrane	x		
Verstärktes Gehäuse	x	x	
Segmentierter Film	x		x
Wickelsicherung		x	
Thermosicherung			x

- Interne Schutzeinrichtungen bieten einen Basischutz bei bestimmten inneren Fehlern, Alterungserscheinungen und Überlastfällen.



3. Interne Schutzeinrichtungen sind allein nicht ausreichend, um alle im Fehlerfall denkbare Gefahren abzuwenden. Die so genannte Selbstheilfähigkeit darf nicht mit Ausfallsicherheit gleichgesetzt werden.
4. Interne Schutzeinrichtungen unterliegen, abhängig vom Schutzmechanismus, technischen und funktionellen Grenzen, deren Überschreitung zwangsläufig zu Fehlern führt. Solche Überschreitungen können sein: **Übertemperatur, Überspannung, falsche Applikation, falsche Installation, mangelhafte Wartung, mechanische Beschädigung, Betrieb außerhalb der technischen Grenzen der Spezifikation.**
5. Die meisten internen Schutzeinrichtungen können die Spannung nur innerhalb des Kondensators unterbrechen. Sie sind keine Sicherungen im klassischen Sinne wie Leitungs- oder Geräteschutzsicherungen, die die Spannung vor dem fehlerhaften Anlagenteil unterbrechen.

V. Risikofaktoren für den Kondensator

Die Risikofaktoren, die am häufigsten zu Kondensatorschäden und möglicherweise auch zum Versagen der internen Schutzeinrichtungen führen, sind:

1. Überschreiten der zulässigen Temperatur an der Kondensatoroberfläche (eine Übertemperatur von 7 °K halbiert die Lebenserwartung)
2. Spannungserhöhungen, Überströme und hohe Einschaltströme, auch wenn sie nur kurzzeitig oder periodisch auftreten (eine dauerhafte Erhöhung der Betriebsspannung des Kondensators von 8 % halbiert die Lebenserwartung)
3. Netzüberschwingungen, Anregung von Resonanzen durch Oberschwingungen oder Flicker, auch wenn sie nur kurzzeitig oder periodisch auftreten
4. Alterungserscheinungen an Leuchtmitteln und damit verbundene Übertemperatur oder hohe UV-Belastung
5. Ausfall anderer Bauelemente in einer gemeinsamen Schaltung und damit verbundene Überspannungen oder Überströme
6. Wechselwirkungen mit anderen Blindleistungselementen, auch parasitären Kapazitäten (Kabel) oder Induktivitäten, in gemeinsamen Schaltungen
7. Die bestandene Prüfung nach Kondensatornorm garantiert keine umfassende Sicherheit gegen Überlastungsmöglichkeiten.
8. Beim Betrieb bestimmter thyristorgeschalteter Kondensatoranlagen können an den Kondensatoren nicht eingeschalteter Kompensationsstufen dauerhaft hohe Gleichspannungen auftreten. Diese DC-Spannungen sind bei der Auslegung der Kondensatoren sowie deren Entladeeinrichtungen zu berücksichtigen.

VI. Risiken im Fehlerfall

1. Starkstromkondensatoren können aufgrund ihrer gespeicherten Energie und/oder ihrer Eigenschaften beim Betrieb in Netzen mit hohen Kurzschlussleistungen im Fehlerfall ein erhebliches Risiko darstellen.

2. Starkstromkondensatoren können bei fehlenden, falsch dimensionierten oder versagenden internen oder externen Schutzeinrichtungen aktiv ausfallen. Sie können platzen, brennen oder im Extremfall explodieren.
3. Im Schadensfall austretende Gase (z. B. Kohlenwasserstoffe als Zersetzungsprodukte der eingesetzten organischen Isoliermaterialien) sind brennbar und können explosive Gemische ergeben. Die Brandlast eines Starkstromkondensators beträgt ca. 40 MJ/kg. Dabei ist zu beachten, dass abhängig von der Größe und bezogen auf die Gesamtmasse des Kondensators bei kleinen Baugrößen etwa 55% und bei großen maximal 75% aus brennbaren Materialien bestehen.

VII. Risikominimierung

1. Der Kondensatorhersteller kann nicht alle Belastungsmöglichkeiten eines Starkstromkondensators voraussehen und in der Konstruktion berücksichtigen. Hier trägt der Anwender entscheidende Mitverantwortung. Schon deshalb sollten bei der Kondensatorauswahl Sicherheit und Qualität an erster Stelle stehen. **Deshalb ist dringend zu empfehlen, Kondensatoren mit entsprechenden internen Schutzeinrichtungen einzusetzen.**
2. Kondensatoren sind im Vorfeld der Anwendung auf ihre Eignung für den Anwendungsfall zu prüfen, dabei sind alle Einflüsse (Parameter) zu berücksichtigen. Die bedenkenlose Übernahme in eine Anwendung kann schwerwiegende Folgen haben.
Besonders bei sensiblen Anwendungen sollten die internen Schutzeinrichtungen der Kondensatoren vom Anwender durch geeignete externe Schutzmaßnahmen ergänzt werden. **Externe Schutzmaßnahmen sind beim Einsatz von Kondensatoren ohne interne Schutzeinrichtungen sogar zwingend erforderlich**
3. Grundsätzlich ist beim Einsatz von Leistungskondensatoren durch geeignete Maßnahmen dafür zu sorgen, dass sowohl im Betriebs-, als auch im Schadensfall keine Gefahren für Menschen, Tiere und Sachen entstehen. Dies gilt für Kondensatoren ohne und mit Schutzeinrichtungen.
4. Die im ZVEI organisierten Starkstromkondensatorhersteller sind gern bereit, den Anwender schon im Vorfeld des Einsatzes zu beraten und konkrete Anwendungsempfehlungen zu geben.

Stand: August 2010

Verantwortlich für den Inhalt
ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik- und
Elektronikindustrie e.V.
Fachverband Starkstromkondensatoren
Lyoner Straße 9
60528 Frankfurt am Main
Fon: 069 6302 – 209
Fax: 069 6302 – 488
Mail: starkstromkondensatoren@zvei.org

Trotz größtmöglicher Sorgfalt kann keine Haftung für Inhalt und Vollständigkeit der Angaben übernommen werden.



Überwachte Fertigungsstätte
Approved Place of Manufacture

ELECTRONICON Kondensatoren GmbH
 Keplerstraße 2
 07549 Gera

Fertigungsstättennummer: 30003593

Die Überwachung der Fertigungsstätte erfolgte nach dem europäischen Werksinspektions-Verfahren auf Basis der folgenden Schriftstücke: / This surveillance of the factory was performed according to the European Factory Inspection Procedure based on the following documents:

ECS/CIG 021 - 024
 Mai/May 2009


Werksinspektionsverfahren, Harmonisierte Anforderungen/
 Factory Inspection Procedure - Harmonized Requirements

Die Anforderungen wurden erfüllt./ The requirements have been fulfilled.

Datum der letzten Inspektion/ Date of last inspection:
 2012-05-30

Produkt-Kategorie: Siehe Anhang/
 Product Category: See Appendix

VDE Prüf- und Zertifizierungsinstitut GmbH
 Werksinspektion und Konformitätsüberwachung
 VDE Testing and Certification Institute
 Factory Inspection and Conformity Control

i.A. 

Thomas Bilz
 Datum / Date: 2012-06-04

Marianstrasse 28, 63069 Offenbach, Deutschland / Germany
 Telefon / Phone: +49 69 83 06-0, Telefax / Fax: +49 69 83 06-555
 E-Mail / e-mail: vde-institut@vde.com, <http://www.vde-institut.com>

Dieses Zertifikat ist nicht übertragbar auf andere Fertigungsstätten und berechtigt nicht zum Führen eines VDE-Zeichens./
 This certificate is not transferable to other places of manufacture and does not authorize to use any VDE Mark.
 Akkreditierungsstelle DAkkS akkreditiert./ German Accreditation Body DAkkS.

VDE
 INSTITUT

CERTIFICATE 

for the management system
according to ISO 9001:2008

The proof of the conforming application with the regulation was furnished and in accordance with certification procedure it is certified for the company

ELECTRONICON®

ELECTRONICON Kondensatoren GmbH
 Keplerstraße 2
 07549 Gera / Germany

Scope

Development, production and sale of DC/AC capacitors for high, medium and low voltage, reactors, controllers, capacitor modules, accessories and banks, metal coating of film

Certificate Registration No.: TIC 15 100 9534 Valid until: 2015-05-31
 Valid from: 2012-06-26

Audit Report No.: 3330 208V MO Initial certification: 1999

This certification was conducted in accordance with the TIC auditing and certification procedures and is subject to regular surveillance audits.

 Jena, 2012-06-26
 TÜV Thüringen e.V.
 Certification body for systems and personnel


 DGA-204-03-06-00

 Original certificates are provided with a hologram.

The current validity can be demanded at our homepage www.tuv-thueringen.de
 Zertifizierungsstelle des TÜV Thüringen e.V. • Ernst-Rudolf-Ring 8 • D-07745 Jena • ☎ +49 2041 39740 • ✉ zertifizierung@tuv-thueringen.de

Certificate of Compliance

Certificate Number: 20101218-E238637 Page 1 of 1
 Report Reference: E238637, 2010 December 15
 Issue Date: 2010 December 15



Issued to: ELECTRONICON KONDENSATOREN GMBH


KEPLERSTRASSE 2
 07549-GERA, GERMANY

This is to certify that representative samples of CAPACITORS, CONSTRUCTION ONLY PK16 E50 followed by L or M or N or P or Q or R or S, followed by two digit number, followed by three digit number, followed by three digit alphanumerical character

Have been investigated by Underwriters Laboratories Inc.® (UL) or any authorized licensee of UL in accordance with the Standard(s) indicated on this Certificate.

Standard(s) for Safety: UL 810, Fifth Edition, CSA-C22.2 No. 190-M1985, First Edition

Additional Information: See UL On-Line Certification Directory at www.ul.com for additional information.


Only those products bearing the UL Recognized Component Mark should be considered as being covered by UL's Recognition and Follow-Up Service.
 The UL Recognized Component Mark generally consists of the manufacturer's identification and catalog number, model number or other product designation as specified under "Marking" for the particular Recognition as published in the appropriate UL Directory. As a supplementary means of identifying products that have been produced under UL's Component Recognition Program, UL's Recognized Component Mark  may be used in conjunction with the required Recognized Mark. The Recognized Component Mark is required when specified in the UL Directory preceding the recognition or under "Markings" for the individual recognitions.

Look for the UL Recognized Component Mark on the product

William R. Carney
 Director, North American Certification Programs
 Underwriters Laboratories Inc.
 An authorized and independent certifying U.S. Mark program is provided on behalf of Underwriters Laboratories Inc. (UL) by an authorized licensee of UL. For information and documentation on UL's Mark program, visit our website at www.ul.com or contact our customer service at 1-800-368-5868.

Certificate of Compliance

Certificate Number: 20110111-E211978 Page 1 of 1
 Report Reference: E211978, 2011 January 11
 Issue Date: 2011 January 11



Issued to: ELECTRONICON KONDENSATOREN GMBH



KEPLERSTRASSE 2
 07549-GERA, GERMANY

This is to certify that representative samples of CAPACITORS MKP, MKPg, MKPc

Have been investigated by Underwriters Laboratories Inc.® (UL) or any authorized licensee of UL in accordance with the Standard(s) indicated on this Certificate.

Standard(s) for Safety: Standard for Capacitors, UL 810, Fifth Edition, CSA C22.2 No. 190-M1985, The Standard for Capacitor for Power Factor Correction, 1st Edition

Additional Information: See UL On-Line Certification Directory at www.ul.com for additional information.

Only those products bearing the UL Recognized Component Marks for the U.S. and Canada should be considered as being covered by UL's Recognition and Follow-Up Service and meeting the appropriate U.S. and Canadian requirements.
 The UL Recognized Component Mark for the U.S. generally consists of the manufacturer's identification and catalog number, model number or other product designation as specified under "Marking" for the particular Recognition as published in the appropriate UL Directory. As a supplementary means of identifying products that have been produced under UL's Component Recognition Program, UL's Recognized Component Mark  may be used in conjunction with the required Recognized Mark. The Recognized Component Mark is required when specified in the UL Directory preceding the recognition or under "Markings" for the individual recognitions. The UL Recognized Component Mark for Canada consists of the UL Recognized Mark for Canada  and the manufacturer's identification and catalog number, model number or other product designation as specified under "Marking" for the particular Recognition as published in the appropriate UL Directory.

Look for the UL Recognized Component Mark on the product

William R. Carney
 Director, North American Certification Programs
 Underwriters Laboratories Inc.
 An authorized and independent certifying U.S. Mark program is provided on behalf of Underwriters Laboratories Inc. (UL) by an authorized licensee of UL. For information and documentation on UL's Mark program, visit our website at www.ul.com or contact our customer service at 1-800-368-5868.

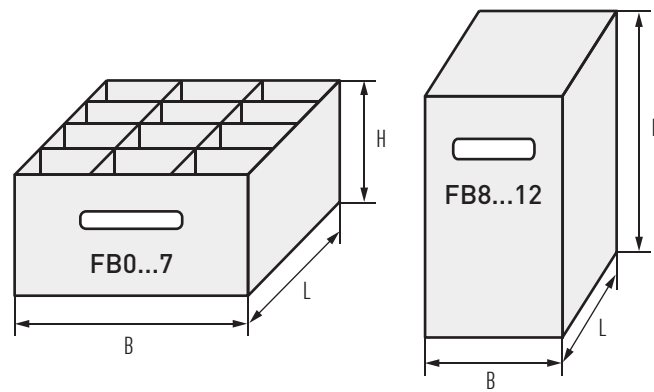


PACKING DETAILS
VERPACKUNG

box type Karton Typ	dimensions Abmessung L × B × H (mm)	boxes/pallet Kartons/Palette
FB0	383 × 203 × 193	80
FB1	383 × 203 × 173	90
FB2	383 × 203 × 148	80
FB3	383 × 203 × 133	100
FB4	383 × 203 × 113	120
FB6	383 × 203 × 93	130
FB7	383 × 203 × 208	80
FB8	393 × 153 × 270	80
FB9	393 × 153 × 320	70
FB10	393 × 153 × 370	56
FB11	393 × 153 × 404	56
FB12	393 × 153 × 338	70
FB13	393 × 153 × 416	60
FB21	358 × 338 × 533	18
FB22	363 × 363 × 763	12

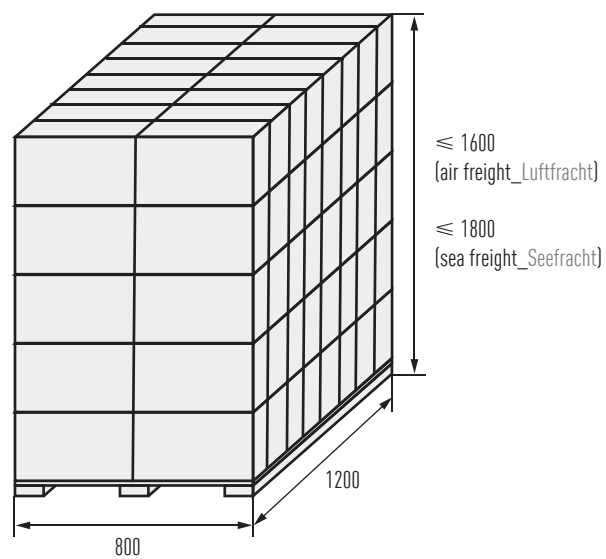
Box Karton

Carton, sealed with paper sticker tape
Karton, verschlossen mit Papierklebeband



Pallet Palette

Standard Euro-Pallet (fumigated if required), wrapped in PP-foil
Standard Euro-Paletten, mit PP-Stretch-Folie umhüllt
(bei Bedarf vorbehandelt gegen Schädlinge)



CONVERSION CHARTS
UMRECHNUNGSTABELLEN

Temperature_Temperatur

Celsius	Fahrenheit
$1^{\circ}\text{F} = 1^{\circ}\text{C} \times \frac{9}{5} + 32$	
-50	-58
-45	-49
-40	-40
-30	-22
-25	-13
-20	-4
-10	14
0	32
10	50
20	68
30	86
40	104
45	113
50	122
55	131
60	140
65	149
70	158
80	176
85	185
90	194
100	212

Weight_Masse

Gramm	Ounce
$1 \text{ oz} = 28.4 \text{ g}$	
5	0.18
10	0.35
20	0.71
30	1.06
40	1.41
50	1.76
60	2.12
70	2.47
80	2.82
90	3.17
100	3.53

Kilogramm	lbs
$1 \text{ kg} = 2.2 \text{ lbs}$	
0.5	1.1
1	2.2
2	4.41
3	6.61
4	8.82
5	11.02
6	13.23
7	15.43
8	17.64
9	19.84
10	22.05

Torque_Drehmoment

Newton-Meter	Pound-Force Inches
$1 \text{ Nm} = 8.8 \text{ pfi}$	
0.5	4
1	8
1.5	13
2	17
2.5	22
3	26
3.5	30
4	35
4.5	39
5	44
6	53
7	61
7.5	66
8	70
8.5	75
9	79
9.5	84
10	88



Length_Länge

mm	inch	
1 inch = 25.4 mm		
6	2/8	0.24
8	3/8	0.31
10	3/8	0.39
13	4/8	0.51
14	4/8	0.55
16	5/8	0.63
17.5	6/8	0.69
20	3/4	0.79
25	1	0.98
30	1 1/8	1.18
32	1 2/8	1.26
35	1 3/8	1.38
37	1 4/8	1.46
40	1 5/8	1.57
42	1 5/8	1.65
42.5	1 5/8	1.67
45	1 6/8	1.77
48	1 7/8	1.89
49	1 7/8	1.93
50	2	1.97
51	2	2.01
55	2 1/8	2.17
58	2 2/8	2.28
60	2 3/8	2.36
62	2 4/8	2.44
64	2 4/8	2.52
67	2 5/8	2.64
70	2 3/4	2.76
75	3	2.95
76	3	2.99
79	3	3.11
80	3 1/8	3.15
81	3 2/8	3.19
85	3 3/8	3.35

mm	inch	
1 inch = 25.4 mm		
89	3 4/8	3.5
90	3 1/2	3.54
93	3 1/2	3.66
95	3 1/2	3.74
98	4	3.86
100	3 7/8	3.94
101	4	3.98
105	4 1/8	4.13
109	4 2/8	4.29
110	4 3/8	4.33
116	4 5/8	4.57
120	4 3/4	4.72
122	4 3/4	4.8
125	5	4.92
130	5 1/8	5.12
135	5 3/8	5.31
136	5 3/8	5.35
140	5 1/2	5.51
141	5 1/2	5.55
142	5 1/2	5.59
150	5 7/8	5.91
151	6	5.94
153	6	6.02
160	6 1/4	6.3
164	6 2/4	6.46
165	6 2/4	6.5
170	6 3/4	6.69
176	7	6.93
180	7 1/8	7.09
185	7 2/8	7.28
190	7 1/2	7.48
200	7 7/8	7.87
205	8 1/8	8.07
210	8 1/4	8.27

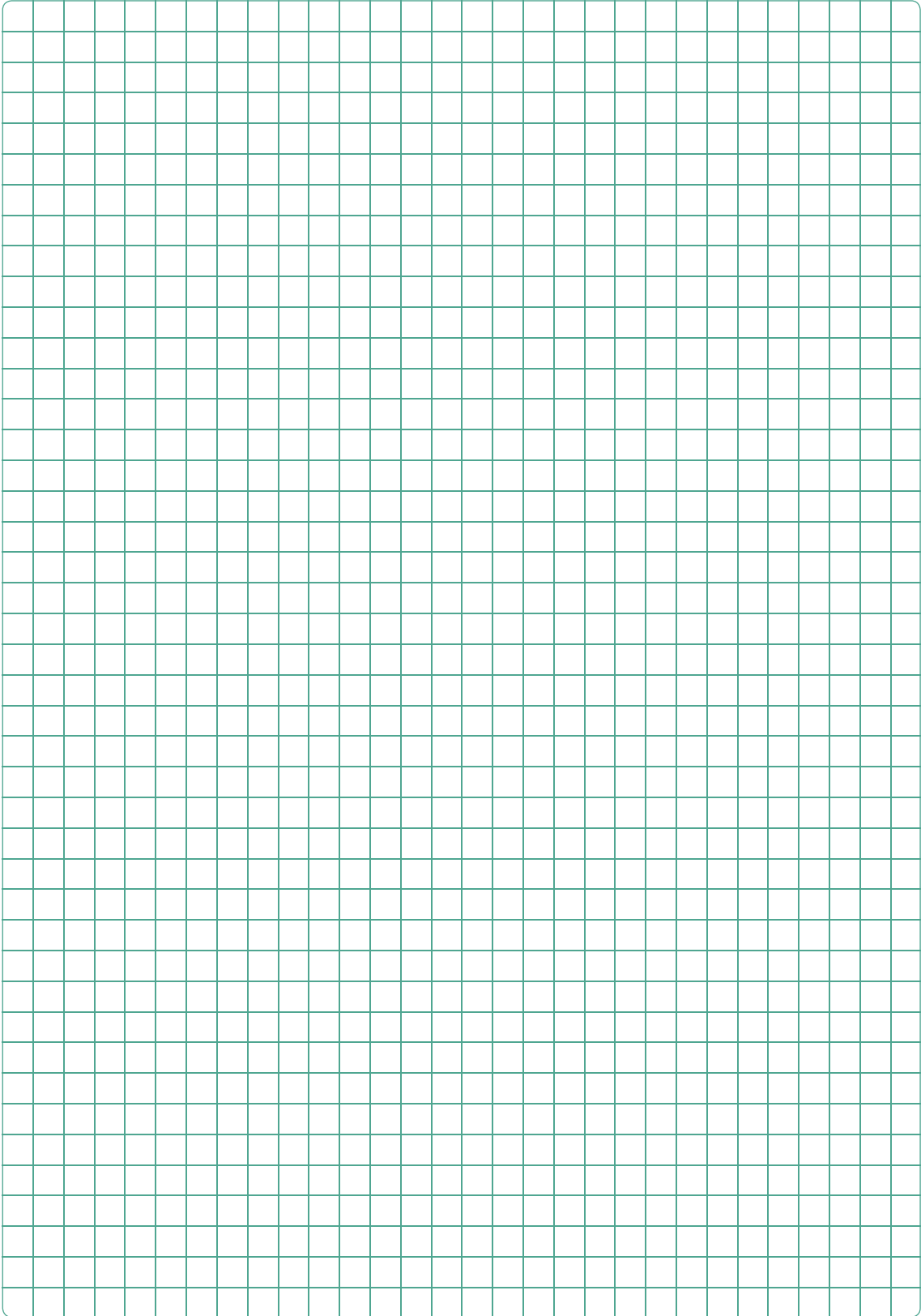
mm	inch	
1 inch = 25.4 mm		
220	8 5/8	8.66
230	9	9.06
240	9 1/2	9.45
245	9 1/2	9.65
250	9 7/8	9.84
252	9 7/8	9.92
260	10 1/4	10.24
270	10 5/8	10.63
280	11	11.02
290	11 3/8	11.42
295	11 5/8	11.61
300	11 3/4	11.81
310	12 1/4	12.2
314	12 1/4	12.36
320	12 5/8	12.6
324	12 6/8	12.76
330	13	12.99
340	13 3/8	13.39
345	13 5/8	13.58
350	13 3/4	13.78
362	14 1/4	14.25
380	15	14.96
390	15 1/4	15.35
393	15 2/4	15.47
395	15 2/4	15.55

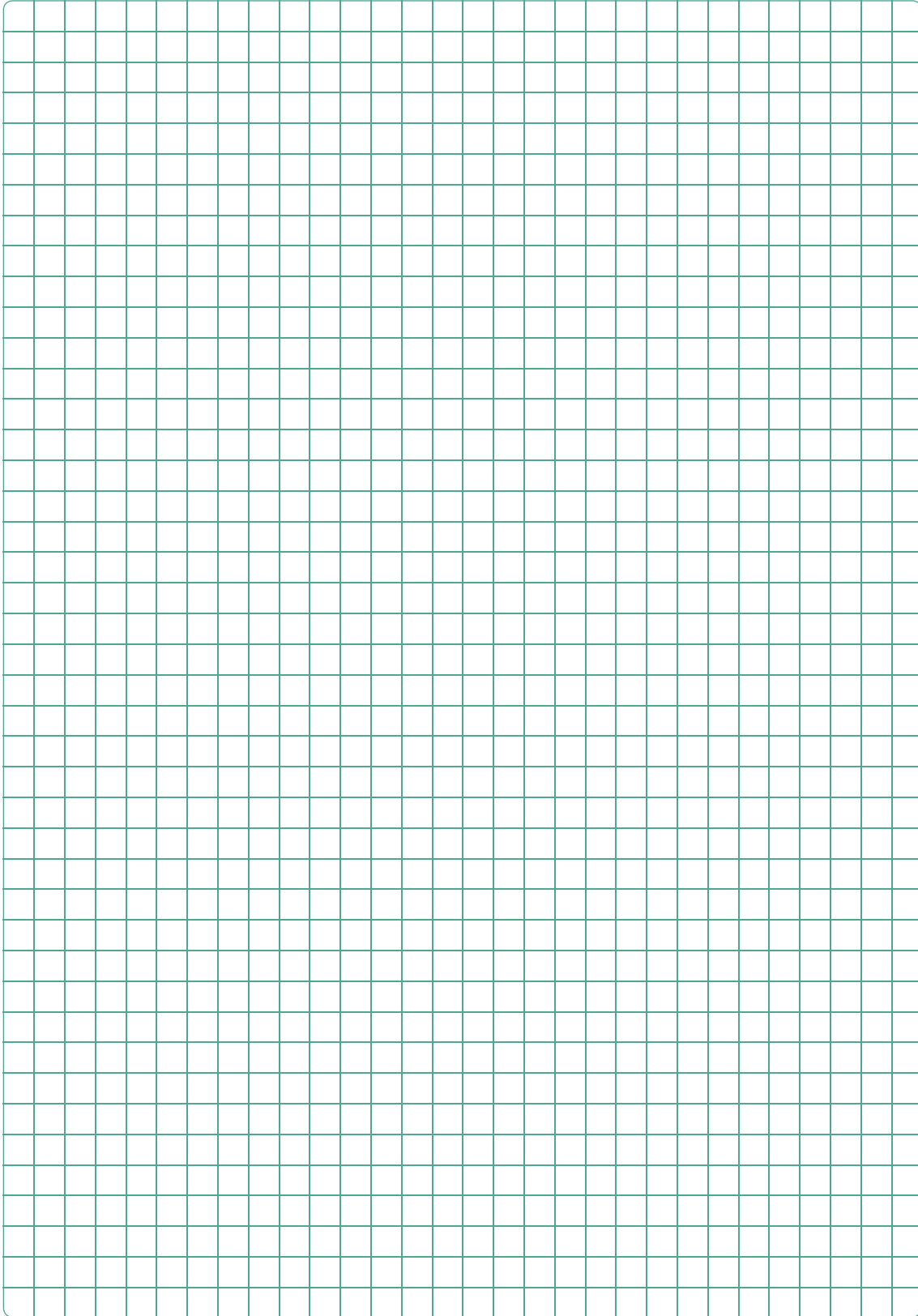


NOTES
NOTIZEN



NOTES_NOTIZEN

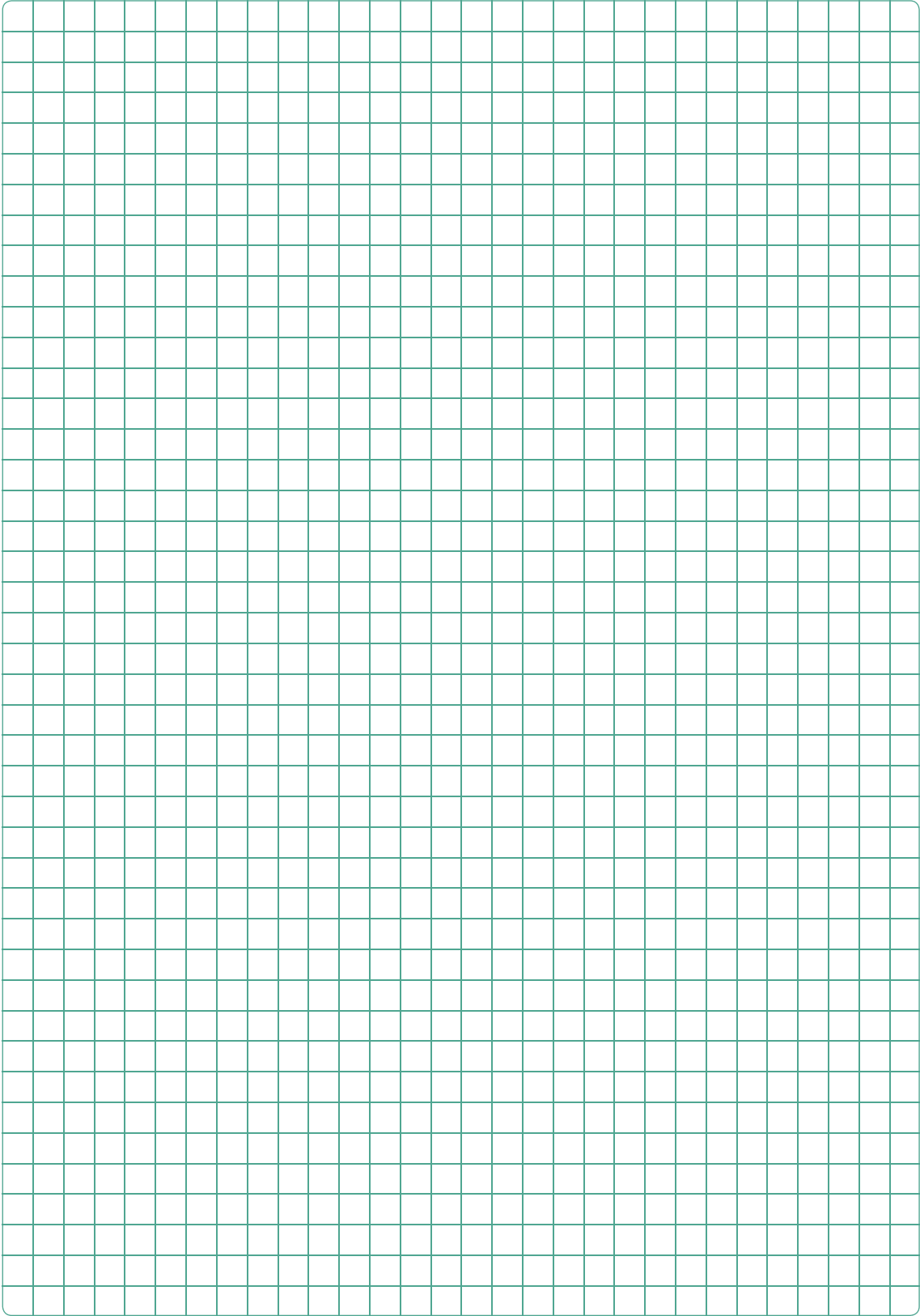


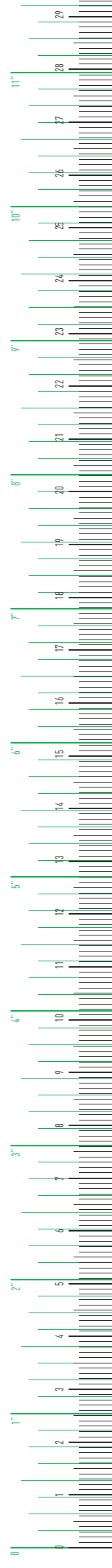


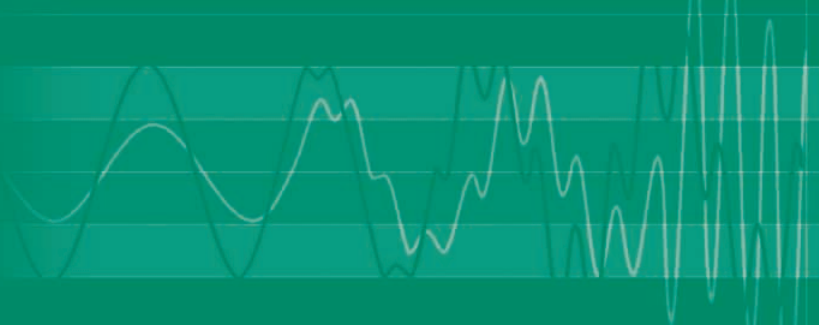
NOTES
NOTIZEN



NOTES_NOTIZEN

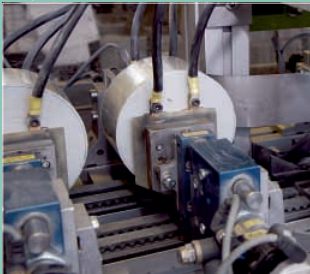






EXCELLENT EXPERIENCE IN CAPACITOR MAKING FOR OVER 70 YEARS

Gera has been a centre of capacitor making since 1938. ELECTRONICON Kondensatoren GmbH which emerged from previous RFT/VEB ELEKTRONIK Gera in 1992, has become one of Europe's leading capacitor manufacturers supplying customers worldwide and being an open and competent partner for manufacturers and users of power factor correction equipment, for many manufacturers of drives, power electronics, home appliances, and for the lighting industry. Regular investments in advanced and environmentally sound technologies guarantee the highest levels in manufacture and quality to modern standards which are approved and monitored by leading certification authorities.



- In today's globalised competition, we distinguish ourselves by
- Absolute reliability and safety of our products
 - Close co-operation between manufacturer and client to meet both technical and commercial requirements
 - Improvement and development of our technical expertise in capacitor design and manufacture, as well as film coating, with special attention paid to the MKPg-technology
 - Early identification and incorporation of new trends and methods in the manufacturing of capacitors
 - Flexibility and punctual fulfilment of our commercial obligations

Our experienced development engineers are competent and responsible for both implementing the latest technical trends applicable to our products and ensuring that our products adapt to the challenges of traditional and new markets. The close and intense co-operation between the departments of Marketing & Sales, Research & Development, and Production has become the keystone of our success. ELECTRONICON is continually striving to establish a similarly close and interactive relationship with its distributors and direct clients both in home and overseas markets, to become not just one out of many suppliers, but your preferred partner for ideas and solutions.



Germany · 07549 Gera · Keplerstrasse 2
Fon +49 365 / 734 61 00 · Fax +49 365 / 734 61 10
E-Mail: sales@electronicon.com, www.electronicon.com