

Siemens AG CT SR SI Otto-Hahn-Ring 6 81739 München

Continental Teves AG & CO. oHG
Frankfurt Hauptverwaltung
Hr. Kilb
QPF, Geb. 20/5.068/H.-L.Ross
Guerickestr. 7
60488 Frankfurt am Main

Banf-Nr. / tracking no. 11072365		Datum / date 2005-03-11		Ihr Ruf / your telephone +49 69 7603-3270 Ihr Fax / your fax +49 69 7603-3947		Datum / date 2005-03-11	
Org-ID / Customer no. 23019920		Bestellnummer / Order no. 44224675 0002 YK1 SN 29500				Positionsnr. / Order position no.	
		Unsere Abteilung / our department CT SR SI		Name / name Oliv		Durchwahl / telephone +49 89 636-40682	
Versandanschrift/Empfänger/Bestimmungsort / Shipping/Recipient/Destination							
Position / Item	Menge / Quantity	Dokumentnummer / document number					
	1	SN 29500-4 Ausgabe: 2004-03 Sprache: de/en					

Hinweis:

Das Normungs-Informationssystem NORIS-Web von CT SR SI, bietet Ihnen Informationen und Service zu allen Normen und Technischen Regeln sowie zu Firmencodes. Sie können NORIS-Web erreichen unter <http://nweb.mchp.siemens.de/>

Note:

The CT SR SI standard information system NORIS-Web offers you informations and services regarding all standards and technical regulations as well as company codes. You can find us at: <http://nweb.mchp.siemens.de/>

ICS 31.020

Deskriptoren: Ausfallrate, Bauelement, Erwartungswert

Descriptors: Failure rate, component, expected value

Ersatz für Ausgabe 1999-03

Supersedes Edition 1999-03

Ausfallraten Bauelemente

Teil 4: Erwartungswerte für Passive Bauelemente

Failure rates of components

Part 4: Expected values for passive components

Fortsetzung Seite 2 bis 13
Continued on pages 2 to 13

In Zweifelsfällen ist der deutsche Originaltext als maßgebend heranzuziehen.

In Übereinstimmung mit der gängigen Praxis in Normen der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) und der Internationalen Organisation für Normung (ISO), wird in dieser Norm auch im englischen Text das Komma als Dezimalzeichen verwendet.

Frühere Ausgaben

1978-01; 1978-12; 1981-07; 1987-10; 1993-03;
1994-03; 1999-04

Änderungen

Gegenüber der Ausgabe April 1999 wurden folgende Änderungen durchgeführt:

- redaktionelle Überarbeitung
- Werte in Tabelle 4

In case of doubt the German language original should be consulted as the authoritative text.

In keeping with current practice in standards published by the International Electrotechnical Commission (IEC) and the International Organization for Standardization (ISO), a comma has been used throughout as the decimal marker.

Earlier Editions

1978-01; 1978-12; 1981-07; 1987-10; 1993-03;
1994-03; 1999-04

Amendments

Compared to the April 1999 edition, the following amendments have been introduced:

- editorial revision
- values in table 4.

Inhalt	Seite
1 Anwendungsbereich	3
2 Referenzbedingungen	3
3 Erwartungswerte bei Referenzbedingungen	4
4 Umrechnung von Referenz- auf Betriebsbedingungen	6
4.1 Spannungsabhängigkeit für Kondensatoren, Faktor π_U	6
4.2 Temperaturabhängigkeit, Faktor π_T	8
4.2.1 Kondensatoren	9
4.2.2 Widerstände und Induktivitäten	10
4.3 Qualitätsfaktor für Kondensatoren, Faktor π_Q	10
4.4 Aussetzbetrieb, Faktor π_W	11
5 Frühausfallphase	11
Anhang A: Symbole	12
Zitierte Normen	13

Contents	Page
1 Scope	3
2 Reference conditions	3
3 Expected values under reference conditions	4
4 Conversion from reference to operating conditions	6
4.1 Voltage dependence of capacitors, factor π_U	6
4.2 Temperature dependence, factor π_T	8
4.2.1 Capacitors	9
4.2.2 Resistors and Inductors	10
4.3 Quality factor for capacitors, factor π_Q	10
4.4 Stress profile, factor π_W	11
5 Early failure period	11
Annex A: Symbols	12
Normative references	13

1 Anwendungsbereich

Diese Norm ist für Zuverlässigkeitsberechnungen von Erzeugnissen anzuwenden, in denen Passive Bauelemente eingesetzt werden.

Sie ergänzt SN 29 500 Teil 1 „Allgemeines“.

Die in dieser Norm angegebenen Ausfallraten gelten, wenn nichts anderes angegeben, für bedrahtete und SMT-Bauelemente (Surface Mount Technology).

2 Referenzbedingungen

Ausfallkriterien

Totalausfälle und solche Änderungen von Hauptmerkmalen, die in der Mehrzahl der Anwendungen zum Ausfall führen.

Zeitbereich

Betriebszeit > 1000 Stunden nach Beanspruchungsbeginn bis zu der im Datenblatt angegebenen Brauchbarkeitsdauer.

Betriebsspannung

Für Kondensatoren 50 % der maximal zulässigen Spannung, wenn in Tabelle 1 nichts anderes angegeben ist.

Für Varistoren 75 % der maximal zulässigen Spannung.

Mittlere Umgebungstemperatur ¹⁾

$\theta_{U,ref} = 40\text{ °C}$

Bauelementetemperatur ²⁾

siehe Tabellen 1 bis 3 (θ_1)

Einsatzart

Die angegebenen Ausfallraten gelten für den Einsatz der Geräte in folgenden Umweltbedingungen nach DIN IEC 60721 Teile 3-1, 3-2, und 3-3:

Klima ³⁾	3K3
mechanische Einflüsse	3M3
chemische Einflüsse	3C2
Sand und Staub	3S2

Es wird dabei vorausgesetzt, daß die Bauelemente nicht durch Überschreiten der folgenden Bedingungen bei Transport und Lagerung vorgeschädigt werden:

Transport: Klima	2K4
mechanische Einflüsse	2M2
chemische Einflüsse	2C2
Sand und Staub	2S2
Lagerung: Klima	1K5
mechanische Einflüsse	1M3
chemische Einflüsse	1C2
Sand und Staub	1S2

Die im Abschnitt 3 angegebenen Ausfallraten gelten auch für hiervon abweichende Bedingungen, wenn der Einfluß durch konstruktive Maßnahmen kompensiert werden kann.

Betriebsart ¹⁾

Dauerbetrieb mit gleichbleibender Beanspruchung.

1 Scope

This standard is to be used for reliability calculations on products in which passive components are used. It supplements SN 29500 Part 1 "General".

If nothing to the contrary is noted, then the failure rates stated in this standard apply to wired and SMT components.

2 Reference conditions

Failure criterion

Complete failures and changes of parameters that would lead to a failure in the majority of applications.

Time interval

Operating time > 1000 h after the very first stressing up to the end of the useful life as given in the data sheet.

Operating voltage

For capacitors 50 % of the rated voltage if not otherwise stated in Table 1.

For varistors 75 % of the rated voltage.

Mean ambient temperature ¹⁾

$\theta_{U,ref} = 40\text{ °C}$

Component temperature ²⁾

see tables 1 to 3 (θ_1)

Description of environment

The failure rates stated apply to the use of equipment under the following environmental conditions according to IEC 60721 Parts 3-1, 3-2, and 3-3:

climatic conditions ³⁾	class 3K3
mechanical stresses	class 3M3
chemical influences	class 3C2
sand and dust	class 3S2

It is assumed that the components were not damaged during transport and storage due to conditions exceeding those stated below:

Transportation: climatic conditions	class 2K4
mechanical stresses	class 2M2
chemical influences	class 2C2
sand and dust	class 2S2
Storage: climatic conditions	class 1K5
mechanical stresses	class 1M3
chemical influences	class 1C2
sand and dust	class 1S2

The failure rates stated in clause 3 also apply if the conditions deviate from those specified, provided that compensation can be made by design measures.

Operating mode ¹⁾

Continuous duty under constant stress.

1) Siehe SN 29500 Teil 1. / See SN 29500 Part 1.

2) Für Kondensatoren ist keine Eigenwärmerung berücksichtigt. / No account is taken of self-heating for capacitors.

3) Die Temperaturabhängigkeit der Ausfallrate ist zu berücksichtigen. / Temperature dependence of the failure rate to be considered.

3 Erwartungswerte bei Referenzbedingungen 3 Expected values under reference conditions

Die Ausfallraten λ_{ref} in den Tabellen 1, 2, 3 und 4 sind bei Betrieb unter den angegebenen Referenzbedingungen (siehe Abschnitt 2) als Erwartungswerte für den angegebenen Zeitbereich und für die Gesamtheit der Lose zu verstehen.

The failure rates λ_{ref} stated in Tables 1, 2, 3 and 4 should be understood for operation under the stated reference conditions (see clause 2) as expected values for the stated time interval and the entirety of lots.

Tabelle 1 Ausfallraten für Kondensatoren
Table 1 Failure rates for capacitors

Kondensator/ Capacitor	λ_{ref} in FIT	$\theta_1^{1)}$ in °C	$U_{\text{ref}} / U_{\text{max}}$
Metallfolie/ Metal foil		40	0,5
Polystyrol KS	1		
Polypropylen / Polypropylene KP	1		
Polycarbonat / Polycarbonate KC	2		
Polyethylenterephthalat / Polyethylene terephthalate KT	1		
Metallisierter Belag / Metallized film			
Polyethylenterephthalat / Polyethylene terephthalate MKT	0,7		
Polycarbonat / Polycarbonate MKC	0,7		
Polypropylen / Polypropylene MKP	0,7		
Zelluloseacetat / Acetyl cellulose MKU	0,7		
Metall-Papier(-Kunststoff) MP, MKV²⁾	2		
Metallized paper (film) ²⁾			
Glimmer / Mica	1		
Glas / Glass	2		
Keramik / Ceramic NDK / LDC COG, NPO	1		
MDK / MDC X7R, X5R	2		
HDK / HDC Z5U, Y5V, Y4T	5		
Al-ELKO / Aluminium electrolytic			
flüssiger Elektrolyt / non solid electrolyte	5		
fester Elektrolyt / solid electrolyte	3		
TA-Elko / Tantalum electrolytic			
flüssiger Elektrolyt / non solid electrolyte	10		
fester Elektrolyt / solid electrolyte	1		
Veränderbare Kondensatoren / Variable	10		
1 FIT = 1x10 ⁻⁹ 1/h (ein Ausfall pro 10 ⁹ Bauelementestunden)			
Die genannten Ausfallraten gelten für die Qualitätsklasse LL.			
Für die Qualitätsklasse GP werden im Abschnitt 4.3 Umrechnungsfaktoren angegeben.			
1) Kondensatortemperatur			
2) Gilt nicht für Leistungskondensatoren nach VDE 0560-T12			
3) Der Schaltkreiswiderstand bei Tantal-Kondensatoren hat Einfluß auf die Ausfallrate. Entsprechende Zusammenhänge sind einschlägigen Normen oder Datenbüchern zu entnehmen. Die angegebenen Ausfallraten gelten für einen Widerstand von ≥ 3 Ohm/Volt			
Durchführungskondensatoren und -filter (DUKO, DUFI) siehe Tabelle 4			
1 FIT equals one failure per 10 ⁹ component hours			
The stated failure rates apply to quality class LL.			
Conversion factors for quality class GP are given in section 4.3.			
1) Capacitor temperature			
2) Does not apply to power capacitors according to VDE 0560-T12			
3) The circuit resistance of tantalum capacitors influences the failure rate. Corresponding connections are to be taken from the standards in question or from data books. The failure rates given apply to a resistance of ≥ 3 Ohm/Volt.			
Feed-through capacitors and filters see Table 4			

Tabelle 2 Ausfallraten für Widerstände
Table 2 Failure rates for resistors

Widerstand / Resistor	λ_{ref} in FIT	$\theta_1^{(1)}$ in °C
Kohleschicht / Carbon film	0,3	55
≤100 kOhm	1	
>100 kOhm		
Metallschicht / Metal film	0,2	55
Netzwerke (Schichtschaltung) je Widerstandselement Networks (film circuits) per resistor element		
Standard	0,1	55
kundenspezifische / Custom design	0,5	
Metalloxidschicht / Metal-oxide	5	85
Draht / Wire-wound	5	85
Veränderbare / Variable	30	55
1 FIT = 1×10^{-9} 1/h (ein Ausfall pro 10^9 Bauelementestunden) ¹⁾ Oberflächentemperatur		
1 FIT equals one failure per 10^9 component hours ¹⁾ Resistor element temperature		

Tabelle 3 Ausfallraten für Induktivitäten
Table 3 Failure rates for inductors

Induktivität / Inductor	λ_{ref} in FIT	$\theta_1^{(1)}$ in °C
Induktivitäten für EMV-Anwendung / Inductors for EMC applications	1,5	60
≤ 3A	3	85
> 3A		
NF-Drosseln und Übertrager / Low frequency inductors and transformers	3	55
≤ 25kHz		
HF-Drosseln und Übertrager / High frequency inductors and transformers	5	
> 25kHz		
Netztransformatoren und Übertrager für Schaltnetzteile / Main transformers and transformers for switched-mode power supplies	10	85
1 FIT = 1×10^{-9} 1/h (ein Ausfall pro 10^9 Bauelementestunden) ¹⁾ Mittlere Wicklungstemperatur		
1 FIT equals one failure per 10^9 component hours ¹⁾ Average winding temperature		

Tabelle 4 Ausfallraten für sonstige Passive Bauelemente
Table 4 Failure rates for other passive components

Bauelement / Component	λ_{ref} in FIT
Varistoren / Varistors	1
Kaltleiter / PTC thermistors	
Messanwendungen / measuring applications	5
Heiz- und Einschalt-Anwendungen / heating and starting applications	5
Heißeiter / NTC thermistors	3
Überspannungsableiter / Surge arresters	1
Keramische Resonatoren / Ceramic resonators	5
Filter / Filters	10
Oberflächenwellen-Filter (OFW, SAW) / Surface wave filters (SAW)	20
Oberflächenwellen Oszillatoren / Surface wave oscillators (SAW-oscillators)	30
Spannungsgesteuerte Oszillatoren (VCO) / voltage controlled oscillators (VCO)	40
Piezo-Signalgeber und Sensoren / Piezoelectric components (transducers and sensors)	30
Schwingquarze / Crystals	15
Quarz-Oszillatoren / Crystal oscillators	
- XO (Takt) / (clock)	30
- VCXO (spannungsgesteuert) / (voltage controlled)	60
- TCXO (temperaturkompensiert) / (temperature compensated)	100
- OCXO (heizkammergesteuert) / (oven controlled)	200
Durchführungskondensatoren (DUKO) / Feed-through capacitors	5
Durchführungsfiler (DUF1) / Feed-through filters	5
Schmelzsicherungen / Fuses	25
1 FIT = 1×10^{-9} 1/h (ein Ausfall pro 10^9 Bauelementestunden)	
1 FIT equals one failure per 10^9 component hours	

4 Umrechnung von Referenz- auf Betriebsbedingungen

Werden die Passiven Bauelemente nicht mit der in Abschnitt 2 „Referenzbedingungen“ genannten elektrischen Beanspruchung und der mittleren Umgebungstemperatur betrieben, dann ergeben sich Ausfallraten, die von den Erwartungswerten in den Tabellen 1 bis 4 abweichen.

Zur Berücksichtigung der tatsächlichen elektrischen Beanspruchungen und der sich während des Betriebes einstellenden mittleren Umgebungstemperatur werden die Erwartungswerte bei Referenzbedingungen mit den jeweiligen π -Faktoren umgerechnet.

Die Ausfallrate bei Betriebsbedingungen λ errechnet sich während der Betriebszeit zu:

- für Kondensatoren

$$\lambda = \lambda_{\text{ref}} \times \pi_U \times \pi_T \times \pi_Q \quad (4.1)$$

- für Widerstände und Induktivitäten

$$\lambda = \lambda_{\text{ref}} \times \pi_T \quad (4.2)$$

- für sonstige passive Bauelemente

$$\lambda = \lambda_{\text{ref}} \quad (4.3)$$

hierin bedeuten /where:

λ_{ref} Ausfallrate bei Referenzbedingungen
 π_U Faktor für Spannungsabhängigkeit
 π_T Faktor für Temperaturabhängigkeit
 π_Q Qualitätsfaktor.

4 Conversion from reference to operating conditions

If the passive components are not under the electrical stresses and at the average ambient temperature as stated in clause 2 „Reference conditions“, the result can be failure rates which differ from the expected values given in Tables 1 to 4.

To account for the actual electrical stresses and the average ambient temperature that occur during operation, the expected values under reference conditions need to be converted with the relevant π factors.

The failure rate under operating conditions λ is calculated for operations as follows:

- for capacitors

- for resistors and inductors

- for other passive components

failure rate under reference conditions
voltage dependence factor
temperature dependence factor
quality factor.

4.1 Spannungsabhängigkeit, Faktor π_U

Die Spannungsabhängigkeit wird für Kondensatoren nach Gleichung (4.4) berücksichtigt.

4.1 Voltage dependence, factor π_U

Voltage dependence for capacitors is taken into account as per equation (4.4).

$$\pi_U = \exp \left(C_3 \times \left(\left(\frac{U}{U_{\text{max}}} \right)^{C_2} - \left(\frac{U_{\text{ref}}}{U_{\text{max}}} \right)^{C_2} \right) \right) \quad (4.4)$$

Hierin bedeuten /where:

U Betriebsspannung in V
 U_{ref} Referenzspannung in V
 U_{max} maximal zulässige Betriebsspannung in V
 C_2, C_3 Konstanten (siehe Tabelle 5)

operating voltage in V
reference voltage in V
rated voltage in V
constants (see table 5)

Tabelle 5 Konstanten und Faktor π_U für KondensatorenTable 5 Constants and factor π_U for capacitors

Kondensatoren / Capacitors	Constants			U/U_{\max}									
	$\frac{U_{\text{ref}}}{U_{\max}}$	C_2	C_3	$\leq 0,1$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
	π_U												
Papier, Metallpapier (MP), Metallisierter Kunststoff (MKP, MKT, MKU), MKV / Paper, metallized paper, metallized polypropylene film, metallized polyethylene terephthalate film, metallized acetyl cellulose film, metallized paper film	0,5	1,07	3,45	0,26	0,36	0,5	0,71	1	1,4	2	2,9	4,2	6,1
Polycarbonat (KC, MKC) / Polycarbonate film metal foil, metallized polycarbonate film	0,5	1,5	4,56	0,23	0,3	0,42	0,63	1	1,7	2,9	5,2	9,8	19
Polyethylenterephthalat (KT), Folien-Polypropylen (KP), Polystyrol (KS) / Polyethylene terephthalate film metal foil, Polypropylene film metal foil, polystyrene film metal foil	0,5	1,29	4	0,24	0,32	0,45	0,66	1	1,5	2,4	3,9	6,4	11
Glas / Glass	0,5	1,11	4,33	0,19	0,28	0,42	0,64	1	1,6	2,5	4	6,3	10
Glimmer / Mica	0,5	1,12	2,98	0,32	0,42	0,55	0,74	1	1,4	1,9	2,6	3,6	5
Keramik / Ceramic	0,5	1	4	0,2	0,3	0,45	0,67	1	1,5	2,2	3,3	5	7,4
Al-Elko, flüssiger Elektrolyt / Aluminium electrolytic, non-solid electrolyte	0,8	1	1,36	0,39	0,44	0,51	0,58	0,66	0,76	0,87	1	1,1	1,3
Al-Elko, fester Elektrolyt / Aluminium electrolytic, solid electrolyte	0,8	1,9	3	0,15	0,16	0,19	0,24	0,31	0,44	0,64	1	1,6	2,8
Ta-Elko, flüssiger Elektrolyt / Tantalum electrolytic, non-solid electrolyte	0,5	1	1,05	0,66	0,73	0,81	0,9	1	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7
Ta-Elko, fester Elektrolyt / Tantalum electrolytic, solid electrolyte	0,5	1,04	9,80	0,021	0,053	0,14	0,37	1	2,7	7,4	20	56	154

4.2 Temperaturabhängigkeit, Faktor π_T

Die Temperaturabhängigkeit für Kondensatoren, Widerstände und Induktivitäten wird nach Gl. (4.5) berücksichtigt. Der folgende Zusammenhang gilt nur bis zur maximal zulässigen Bauelementetemperatur.

$$\pi_T = \frac{A \times \exp(Ea_1 \times z) + (1 - A) \times \exp(Ea_2 \times z)}{A \times \exp(Ea_1 \times z_{\text{ref}}) + (1 - A) \times \exp(Ea_2 \times z_{\text{ref}})} \quad (4.5)$$

mit / with $z = 11605 \times \left(\frac{1}{T_{U,\text{ref}}} - \frac{1}{T_2} \right)$ in $\frac{1}{\text{eV}}$ und / and $z_{\text{ref}} = 11605 \times \left(\frac{1}{T_{U,\text{ref}}} - \frac{1}{T_1} \right)$ in $\frac{1}{\text{eV}}$

Hierin bedeuten / where:

$T_{U,\text{ref}} = \theta_{U,\text{ref}} + 273$ in K

$T_1 = \theta_1 + 273$ in K

$T_2 = \theta_2 + 273$ in K

A, Ea_1, Ea_2 Konstanten (Tabelle 6 und 7) / Constants (Table 6 and 7)

$\theta_{U,\text{ref}}$ Referenz-Umgebungstemperatur in °C / Reference ambient temperature in °C

- für Kondensatoren / for capacitors

θ_1 Referenz-Kondensatortemperatur in °C reference capacitor temperature in °C

θ_2 tatsächliche Kondensatortemperatur in °C actual capacitor temperature in °C

- für das Widerstandselement / for the resistor element

θ_1 mittlere Referenz-Oberflächentemperatur in °C average reference surface temperature in °C

θ_2 mittlere tatsächliche Oberflächentemp. in °C average actual surface temperature in °C

- für Induktivitäten / for inductors

θ_1 mittlere Referenz-Wicklungstemperatur in °C average reference temperature of the winding in °C

θ_2 mittlere tatsächliche Wicklungstemp. in °C average actual temperature of the winding in °C

Die damit berechneten Faktoren π_T erhält man

- für Kondensatoren aus Tabelle 6 und
 - für Widerstände und Induktivitäten aus Tabelle 8
- in Abhängigkeit von der tatsächlichen Temperatur

$\theta_2 = \theta_U + \Delta\theta$ in °C

und der mittleren Temperatur bei Referenzbedingungen θ_1 (siehe Tabellen 1 bis 3).

Hierin bedeuten / where:

θ_U mittlere tatsächliche Umgebungstemperatur in °C average actual ambient temperature in °C

$\Delta\theta$ Temperaturerhöhung aufgrund von Eigenerwärmung in °C temperature rise due to self-heating in °C

Für das Widerstandselement gilt / for the resistor element applies

$\Delta\theta = P \times R_{\text{th}} = (\theta_{\text{max}} - \theta_{\text{br}}) \times (P/P_{\text{max}})$ in °C

mit / with

R_{th} Wärmewiderstand (zur Umgebung) in K/Watt

θ_{max} maximal zulässige Temperatur in °C

θ_{br} Temperatur in °C am Knickpunkt im Lastminderungsdiagramm ¹⁾

P tatsächliche Verlustleistung in Watt

P_{max} Nennverlustleistung in Watt

4.2 Temperature dependence, factor π_T

Temperature dependence is taken into account for capacitors, resistors and inductors according to equation (4.5). The following formula applies up to the maximum permissible junction temperature only.

$$\pi_T = \frac{A \times \exp(Ea_1 \times z) + (1 - A) \times \exp(Ea_2 \times z)}{A \times \exp(Ea_1 \times z_{\text{ref}}) + (1 - A) \times \exp(Ea_2 \times z_{\text{ref}})} \quad (4.5)$$

mit / with $z = 11605 \times \left(\frac{1}{T_{U,\text{ref}}} - \frac{1}{T_2} \right)$ in $\frac{1}{\text{eV}}$ und / and $z_{\text{ref}} = 11605 \times \left(\frac{1}{T_{U,\text{ref}}} - \frac{1}{T_1} \right)$ in $\frac{1}{\text{eV}}$

Hierin bedeuten / where:

$T_{U,\text{ref}} = \theta_{U,\text{ref}} + 273$ in K

$T_1 = \theta_1 + 273$ in K

$T_2 = \theta_2 + 273$ in K

A, Ea_1, Ea_2 Konstanten (Tabelle 6 und 7) / Constants (Table 6 and 7)

$\theta_{U,\text{ref}}$ Referenz-Umgebungstemperatur in °C / Reference ambient temperature in °C

- für Kondensatoren / for capacitors

θ_1 Referenz-Kondensatortemperatur in °C reference capacitor temperature in °C

θ_2 tatsächliche Kondensatortemperatur in °C actual capacitor temperature in °C

- für das Widerstandselement / for the resistor element

θ_1 mittlere Referenz-Oberflächentemperatur in °C average reference surface temperature in °C

θ_2 mittlere tatsächliche Oberflächentemp. in °C average actual surface temperature in °C

- für Induktivitäten / for inductors

θ_1 mittlere Referenz-Wicklungstemperatur in °C average reference temperature of the winding in °C

θ_2 mittlere tatsächliche Wicklungstemp. in °C average actual temperature of the winding in °C

The calculated factor π_T is obtained

- for capacitors with Table 6
 - for resistors and inductors with Table 8
- as a function of the average actual temperature

$\theta_2 = \theta_U + \Delta\theta$ in °C

and the average temperature under reference conditions θ_1 (see Tables 1 to 3).

Hierin bedeuten / where:

θ_U mittlere tatsächliche Umgebungstemperatur in °C average actual ambient temperature in °C

$\Delta\theta$ Temperaturerhöhung aufgrund von Eigenerwärmung in °C temperature rise due to self-heating in °C

Für das Widerstandselement gilt / for the resistor element applies

$\Delta\theta = P \times R_{\text{th}} = (\theta_{\text{max}} - \theta_{\text{br}}) \times (P/P_{\text{max}})$ in °C

mit / with

R_{th} Wärmewiderstand (zur Umgebung) in K/Watt

θ_{max} maximal zulässige Temperatur in °C

θ_{br} Temperatur in °C am Knickpunkt im Lastminderungsdiagramm ¹⁾

P tatsächliche Verlustleistung in Watt

P_{max} Nennverlustleistung in Watt

thermal resistance (to the environment) in K/watts

maximum temperature in °C

temperature in °C at the break point of the power derating curve ¹⁾

operating power dissipation in watts

rated power dissipation in watts

¹⁾ Datenblätter für Widerstände enthalten im Allgemeinen Lastminderungsdiagramme.
In general data sheets for resistors contain derating curves.

4.2.1 Kondensatoren / Capacitors

Tabelle 6 Konstanten und Faktor π_T für Kondensatoren

Table 6 Constants and factor π_T for capacitors

Kondensatoren / Capacitors	Constants					$\theta_2^{1)}$ in °C													
						20	30	40	50	60	70	80	85	90	100	105	110	120	125
	A	Ea_1 in eV	Ea_2 in eV	θ_{Uref} in °C	θ_1 in °C	π_T													
Papier, Metallpapier (MP), Metallisierter Kunststoff (MKP, MKT, MKU), Polyethylenterephthalat (KT), Folien-Polypropylen (KP), Polystyrol (KS), MKV / <i>Paper, metallized paper, metallized polypropylene film, metallized polyethylene terephthalate film, metallized acetyl cellulose film, polyethylene terephthalate film metal foil, polypropylene film metal foil, polystyrene film metal foil, metallized paper film</i>	0,999	0,5	1,59	40	40	0,28	0,54	1	1,8	3,1	5,2	9	12	16	33	49	77	206	346
Polycarbonat (KC, MKC) / Polycarbonate film metal foil, metallized polycarbonat film	0,998	0,57	1,63	40	40	0,24	0,5	1	1,9	3,6	6,7	13	18	27	63	103	173	514	900
Glas, Glimmer / Glass, mica	0,86	0,27	0,84	40	40	0,45	0,67	1	1,54	2,48	4,2	7,45	10	-	-	-	-	-	-
Keramik / Ceramic	1	0,35	-	40	40	0,41	0,65	1	1,5	2,2	3,1	4,4	5,1	6	8,1	9,3	10,7	14	16
Al-Elko, flüssiger Elektrolyt / Aluminium electrolytic, non-solid electrolyte	0,87	0,5	0,95	40	40	0,26	0,51	1	1,9	3,7	7,2	14	20	28	55	77	107	206	286
Al-Elko, fester Elektrolyt / Aluminium electrolytic, solid electrolyte	0,4	0,14	0	40	40	0,88	0,94	1	1,07	1,15	1,23	1,32	1,37	1,42	1,52	1,6	1,63	1,75	1,81
Ta-Elko, flüssiger Elektrolyt / Tantalum electrolytic, non-solid electrolyte	0,35	0,54	0	40	40	0,74	0,83	1	1,3	1,8	2,7	4	5	-	-	-	-	-	-
Ta-Elko, fester Elektrolyt / Tantalum electrolytic, solid electrolyte	0,961	0,27	1,1	40	40	0,49	0,7	1	1,45	2,2	3,7	7	10	15	32	49	73	165	245
Veränderliche / Variable	1	0,15	-	40	40	0,68	0,83	1	1,2	1,4	1,6	1,9	2	2,2	2,5	2,6	2,8	3,1	3,3
1) Der angegebene Zusammenhang gilt nur bis zur maximal zulässigen Kondensatortemperatur. Für Kondensatortemperaturen >125 °C können die Umrechnungsfaktoren mit Gleichung (4.5) unter Verwendung der entsprechenden Konstanten in dieser Tabelle bestimmt werden.						1) The relationship given applies up to the rated capacitor temperature only. For capacitor temperatures >125 °C, the conversion factors can be calculated with equation (4.5) using the applicable constants in this Table.													

4.2.2 Widerstände / Resistors

Tabelle 7 Konstanten zur Berechnung der Temperaturabhängigkeit
Table 7 Constants for the calculation of temperature dependence

Bauelement / component	A	Ea_1 in eV	Ea_2 in eV	$\theta_{U,ref}$ in °C
Widerstände / Resistors	0,873	0,16	0,44	40
Induktivitäten, Transformatoren / Inductors, Transformers	0,996	0,06	1,13	40

Tabelle 8 Faktor π_T
Table 8 Factor π_T

Bauelement / component	θ_1 in °C	θ_2 in °C											
		≤ 25	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	125
		π_T											
Widerstände / Resistors	55	0,49	0,56	0,71	0,89	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,6	5,1
	85	0,25	0,28	0,35	0,45	0,56	0,71	0,89	1,1	1,4	1,8	2,3	2,6
Induktivitäten, Transformatoren / Inductors, Transformers	55	0,79	0,82	0,89	0,96	1,1	1,2	1,5	2,3	4,3	8,8	19	29
	60	0,75	0,78	0,84	0,91	1	1,1	1,5	2,2	4	8,4	18	27
	85	0,43	0,44	0,48	0,52	0,57	0,66	0,83	1,3	2,3	4,8	10	15

4.3 Qualitätsfaktor für Kondensatoren, Faktor π_Q 4.3 Quality factor for capacitors, factor π_Q

Tabelle 9 Faktor π_Q für Kondensatoren
Table 9 Factor π_Q for capacitors

Kondensatoren / capacitors		Qualitätsklasse/ Quality grade ¹⁾	
		LL	GP
		π_Q	
Metallisierter Kunststoff / Metallized film	MKC, MKT	1	2
Styroxflex / Polystyrene	KS	1	2
Polypropylen / Polypropylene	KP	1	2
Al-Elko / Aluminium electrolytic		1	2
Sonstige Kondensatoren / Others		1	2
1) LL bei Al-Elko: Long Life Grade (für erhöhte Anforderungen) bei Kunststoffkondensatoren: umhüllte Ausführung		1) LL for Aluminium electrolytic: Long Life for film capacitors: encapsulated components	
GP bei Al-Elko: General Purpose Grade (für generelle Anforderungen) bei Kunststoffkondensatoren: nicht umhüllte Ausführung (siehe DIN EN 60384 Teil 1; 2.2.4)		GP for Aluminium electrolytic General Purpose Grade for film capacitors: non encapsulated components (see also IEC 60384 Part 1, 2.2.4)	

4.4 Aussetzbetrieb, Faktor π_W

Werden Passive Bauelemente während der Betriebszeit der Baugruppe oder des Gerätes nicht immer beansprucht (Pausen ohne elektrische Belastung zwischen den Betriebsperioden), so kann dies durch den Umrechnungsfaktor für Aussetzbetrieb π_W , bezogen auf die Ausfallrate λ nach Gleichung (4.1), (4.2) oder (4.3) berücksichtigt werden.

Damit erhält man die Ausfallrate bei Aussetzbetrieb zu

$$\lambda_W = \lambda \times \pi_W \quad (4.6)$$

$$\text{mit / with } \pi_W = W + R \frac{\lambda_0}{\lambda} (1 - W), \quad 0 \leq W \leq 1, \quad R \geq 0$$

Hierin bedeuten / where:

W	Beanspruchungsdauer Bauelement / Betriebszeit Gerät	Ratio: duration of component stress to operating time of equipment
R	Konstante (siehe Tabelle 10); sie berücksichtigt die Erfahrung, dass auch nicht beanspruchte Bauelemente Ausfälle zeigen können.	Constant (see Table 10): taking into account that even non-stressed components may fail.
λ_0	Ausfallrate bei Stillstandtemperatur θ_0 , jedoch unter elektrischer Last. Die Stillstandtemperatur ist die Bauelementetemperatur während der beanspruchungsfreien Pause. $\lambda_0 = \lambda_{\text{ref}} \times \pi_T(\theta_0)$	Failure rate at wait-state temperature, but under electrical stress. The wait-state temperature is the component temperature during the non-stress phase. $\lambda_0 = \lambda_{\text{ref}} \times \pi_T(\theta_0)$
λ	Ausfallrate bei Betriebs- bzw. Referenztemperatur nach Gleichung (4.1), (4.2) oder (4.3).	Failure rate under actual operating or reference temperature as in Equation (4.1), (4.2) or (4.3).

Tabelle 10 Konstante R
Table 10 Constant R

Bauelement / component	R
Kondensatoren (vgl. Tabelle 1) / Capacitors (cf Table 1):	
Al-Elko / Aluminium electrolytic	0,50
Ta-Elko / Tantalum electrolytic	0,50
übrige / others	0,10
Widerstände (vgl. Tabelle 2) / Resistors (cf Table 2)	0,05
Induktivitäten (vgl. Tabelle 3) / Inductors (cf Table 3)	0,05
Sonstige Passive Bauelemente / Other passive components (vgl. Tabelle 4) (cf Table 4)	
Überspannungsableiter / surge arrester	1,00
übrige / others	0,08

5 Frühausfallphase

Die Frühausfallphase ist der Zeitbereich vom ersten Beanspruchungsbeginn bis zum Erreichen der konstanten Ausfallrate nach ca. 1 000 Betriebsstunden. Die Anzahl der Frühausfälle im Einsatz kann durch Vorbehandlungsverfahren (Herstellen eines niedrigen Anfangswertes der Ausfallrate) verringert werden.

5 Early failure period

The early failure period is the time from the beginning of stressing to the time when a constant failure rate period has been reached after approximately 1 000 operating hours. The number of early failures can be reduced by preaging (achieves a lower initial value of the failure rate).

Anhang A: Symbole

λ	Ausfallrate unter Betriebsbedingungen
λ_0	Ausfallrate bei Stillstandtemperatur
λ_{ref}	Ausfallrate bei Referenzbedingungen
π_D	Faktor für Driftabhängigkeit
π_F	Faktor für Frühausfallverhalten
π_Q	Faktor für Kondensator-Qualität
π_T	Faktor für Temperaturabhängigkeit
π_U	Faktor für Spannungsabhängigkeit
π_W	Faktor für Aussetzbetrieb
$\Delta\theta$	Temperaturerhöhung aufgrund von Eigenerwärmung in °C
θ_0	Stillstandtemperatur in °C
θ_U	Mittlere tatsächliche Umgebungstemperatur des Bauelementes in °C
$\theta_{U,\text{ref}}$	Referenz-Umgebungstemperatur in °C
θ_1	Referenz-Bauelementetemperatur in °C
θ_2	tatsächliche Bauelementetemperatur in °C
θ_{max}	maximal zulässige Temperatur in °C
θ_{br}	Temperatur am Knickpunkt im Lastminderungsdiagramm in °C für Widerstände
$T_{U,\text{ref}}$	Referenz-Umgebungstemperatur in K
T_1	Referenz-Bauelementetemperatur in K
T_2	Tatsächliche Bauelementetemperatur in K
P	Tatsächliche Verlustleistung in Watt
P_{max}	Nennverlustleistung in Watt
R	Konstante (Restfaktor)
R_{th}	Thermischer Widerstand in K/Watt (zur Umgebung)
U	Betriebsspannung
U_{max}	Maximal zulässige Betriebsspannung
U_{ref}	Referenzspannung
W	Verhältnis: Beanspruchungsdauer Bauelement zu Betriebszeit Gerät
A	Konstante
C_1, C_2, C_3	Konstanten
Ea_1, Ea_2	Aktivierungsenergien in eV

Annex A: Symbols

Failure rate under operating conditions
Failure rate at wait-state temperature
Failure rate under reference conditions
Drift sensitivity factor
Early failure dependence factor
Quality factor for capacitors
Temperature dependence factor
Voltage dependence factor
Stress profile factor
Increase in temperature due to self-heating in °C
Wait-state temperature in °C
Average actual ambient temperature of the component in °C
Reference ambient temperature in °C
Reference component temperature in °C
Actual component temperature in °C
maximum temperature in °C
temperature at the break point of the power derating curve in °C for resistors
Reference ambient temperature in K
Reference component temperature in K
Actual component temperature in K
Operating power dissipation in watts
rated power dissipation in watts
Constant (rest factor)
Thermal resistance in K/watts (to the environment)
Operating voltage
Rated voltage
Reference voltage
Ratio: duration of component stress to operating time of equipment
Constant
Constants
Activation energies in eV

Zitierte Normen

DIN EN 60384-1: 2002	Festkondensatoren zur Verwendung in Geräten der Elektronik Teil 1: Fachgrundspezifikation (identisch mit IEC 60384-1)
DIN IEC 60721 Teil 3	Elektrotechnik; Klassifizierung von Umweltbedingungen; Klassen von Umwelteinflussgrößen und deren Grenzwerte Teil 3-0: Einführung (identisch mit IEC 60721-3-0) Teil 3-1: Langzeitlagerung (identisch mit IEC 60721-3-1) Teil 3-2: Transport (identisch mit IEC 60721-3-2) Teil 3-3/A2: Ortsfester Einsatz, wettergeschützt (identisch mit IEC 60721-3-3)
SN 29 500 Teil 1	Ausfallraten Bauelemente - Erwartungswerte. Allgemeines
SN 72 500	Technische Lieferbedingungen für elektrische / elektronische Bauele- mente

Normative references

IEC 60384-1: 1999	Fixed capacitors for use in electronic equipment. Part 1: Generic specification
IEC 60721-3	Classification of environmental con- ditions - Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities Part 3-0 Edition 1.1 :2002-10 Intro- duction Part 3-1 :1997-02 Section 1: Storage Part 3-2 :1997-03 Transportation Part 3-3 Edition 2.2 :2002-10 Stationary use at weather protected locations
SN 29 500 Part 1	Failure Rates of Components - Ex- pected values. General
SN 72 500	Technical Terms of Delivery for Electrical/ Electronic Components

Erläuterungen

Auf Veranlassung der Geschäftsbereiche wurde die Bearbeitung siemens einheitlicher Ausfallraten unter Mitwirkung von Vertretern der Geschäftsbereiche und CT SR durchgeführt.

Diese Norm wurde im TRAK SN 29500 vereinbart.

Explanations

At the instigation of the Siemens operating Groups, the failure rates in this standard were established and implemented in collaboration with representatives of the Groups and CT SR.

This standard was agreed to by the expert team of the TRAK SN 29500.