

Temperaturwechsel /-schock

Treo – Labor für Umweltsimulation GmbH, 24.10.2024



Temperaturprüfungen von elektronischen Geräten

Die häufigste Temperaturprüfungen in allen Branchen sind verhältnismäßig kurze statische Prüfungen bei kalten und warmen Lager- und Betriebstemperaturen.

Diese Prüfungen weisen eine prinzipielle Eignung des Geräts zur Lagerung und des Betriebs bei den jeweiligen Temperaturen nach, geben aber üblicherweise weniger Auskunft über die Lebensdauer.

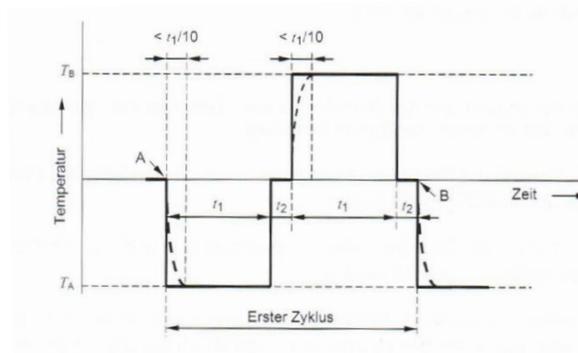
Für die Lebensdauer von Elektronik sind aber nicht nur die statischen (Extrem-)Temperaturen ausschlaggebend, sondern insbesondere auch die Geschwindigkeit und Häufigkeit von Temperaturwechseln.

Temperaturwechselprüfungen sind daher eine sinnvolle Ergänzung zur Absicherung der Lebensdauer und zum Auffinden von Schwachstellen.

Temperaturwechsel in Prüfschränken: Methoden

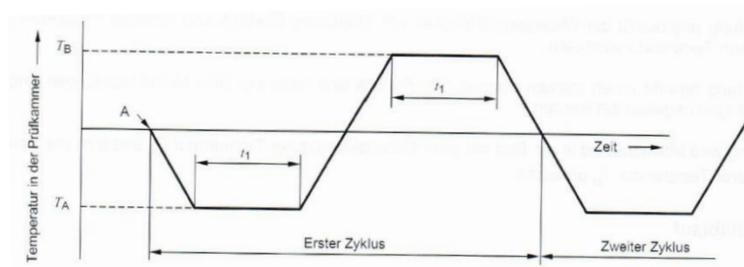
- Rasche Temperaturwechsel mit vorgegebener Überführungsdauer (Na)

- Zwei-Kammer-Methode, z.B.:
- EN 60068-2-14 Na
- ISO 16750-4 § 5.3.2
- MIL-STD-810 Methode 503



- Temperaturwechsel mit spezifizierter Änderungsgeschwindigkeit (Nb)

- Ein-Kammer-Methode, z.B.:
- EN 60068-2-14 Nb,
- ISO 16750-4 § 5.3.1



- Rasche Temperaturwechsel, 2-Bäder – Methode (Nc) gibt es auch noch, ist aber eher speziell.

Temperaturwechsel in Prüfschränken: Anwendung

- Anwendung [DIN EN 60068-2-14]

Temperaturwechselprüfungen werden in folgenden Fällen empfohlen:

- Beurteilung des elektrischen Leistungsvermögenswährend des Temperaturwechsels, Prüfung Nb;
- Beurteilung des mechanischen Leistungsvermögenswährend des Temperaturwechsels, Prüfung Nb;
- Beurteilung des elektrischen Leistungsvermögens nach einer spezifizierten Anzahl von raschen Temperaturwechseln, Prüfung Na oder Nc;
- Beurteilung, ob die mechanischen Komponenten, Materialien und die Kombination von Materialien geeignet sind, einem raschen Temperaturwechsel standzuhalten, Prüfung Na oder Nc;
- Beurteilung, ob der Aufbau von Bauteilen geeignet ist, einer erzeugten Beanspruchung standzuhalten, Prüfung Na oder Nc.



Temperaturwechsel in Prüfschränken: Parameter

- Prüfparameter [DIN EN 60068-2-14]
 - Umgebungstemperatur Labor
 - Obere Temperatur
 - Untere Temperatur
 - Verweildauer
 - Übergangsdauer oder Änderungsgeschwindigkeit
 - Anzahl der Prüfzyklen



Die obere und untere Temperatur sind als Umgebungstemperatur zu verstehen, die von den meisten Prüflingen erst mit einer bestimmten Verzögerung erreicht wird.

Eine Prüfung außerhalb des üblichen Lager- oder Betriebstemperaturbereichs darf nur in speziellen Fällen spezifiziert werden.

Es handelt sich um eine beschleunigte Prüfung wenn die Anzahl der Temperaturwechsel in einer gegebenen Verweildauer größer ist als unter Feldbedingungen.

Temperaturwechsel in Prüfschränken: Verweildauer

- Wahl der Verweildauer [DIN EN 60068-2-14]

Die Verweildauer sollte auf den Anforderungen, die in 7.2.3, 8.2.3, 9.2.3 oder in der Einzelbestimmung angegeben sind, basieren unter Beachtung folgender Punkte.

- Die Beanspruchung beginnt, sobald sich der Prüfling in der neuen Umgebung befindet.
- Ist die Temperaturdifferenz (ΔT) zwischen dem Prüfling und dem Prüfmedium kleiner als 3 K bis 5 K, oder wie in der Einzelbestimmung angegeben, ist ein Angleich gegeben. Die Dauer des Angleichs (t_s) beginnt mit der Beanspruchung und endet, wenn sich die Temperatur innerhalb des spezifizierten Unterschieds befindet. Für diese Messung darf ein repräsentativer Punkt (oder mehrere repräsentative Punkte) auf der Oberfläche des Prüflings genutzt werden.
- Die Verweildauer t_1 muss größer als die Dauer des Angleichs t_s sein. Bild 1 enthält eine graphische Darstellung dieses Prozesses. Dies kann für wärmeerzeugende Prüflinge unzweckmäßig sein.

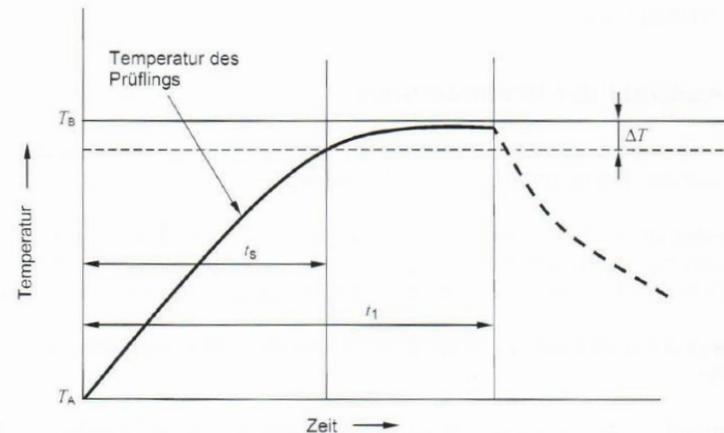


Bild 1 – Bestimmung der Verweildauer t_1

Quellen: DIN EN 60068-2-14



Temperaturwechsel in Prüfschränken: Temperaturrampen

- Rasche Temperaturwechsel mit vorgegebener Überführungsdauer (Na)
 - Zwei-Kammer-Methode: Übergangsdauer

Wenn im Falle der Zwei-Kammer-Methode bei großen Abmessungen der Prüflinge die Übergangszeit von ≤ 3 Minuten nicht eingehalten werden kann, darf die Übergangszeit in diesem Fall ohne nennenswerten Einfluss auf das Ergebnis wie folgt erhöht werden:

$$t_2 \leq 0,05 t_s$$

Dabei ist

t_2 die Überführungsdauer;

t_s die Dauer des Angleichs des Prüflings.

- Temperaturwechsel mit spezifizierter Änderungsgeschwindigkeit (Nb)
 - Ein-Kammer-Methode: Änderungsgeschwindigkeit

Die Lufttemperatur muss, zwischen 90 % und 10 % der Temperaturdifferenz $D = T_B - T_A$, ansteigen oder abfallen. Die zulässige Toleranz der Änderungsgeschwindigkeit beträgt von 20 %. Bevorzugte Werte sind:

$(1 \pm 0,2)$ K/min,

$(3 \pm 0,6)$ K/min,

(5 ± 1) K/min,

(10 ± 2) K/min oder

(15 ± 3) K/min,

=> Auswahl des Prüfschranks!

falls in der Einzelbestimmung nicht anderweitig spezifiziert.



Temperaturwechsel in Prüfschränken: Zyklenzahl

Anzahl der Prüfzyklen

- Zwei-Kammer-Methode:
 - DIN EN 60068-2-14: „Falls in der Einzelbestimmung nicht anderweitig spezifiziert, werden 5 Prüfzyklen bevorzugt.“
 - ISO 16750-4: 300 (Class A & B), 100 (Class C - I)
 - MIL-STD-810:
 - a. Procedure I-A - One-way Shock(s) from Constant Extreme Temperature: Mindestens 1
 - b. Procedure I-B - Single Cycle Shock from Constant Extreme Temperature: Mindestens 1 in jede Richtung
 - c. Procedure I-C - Multi-Cycle Shocks from Constant Extreme Temperature: Mindestens 3 in jede Richtung
 - d. Procedure I-D - Shocks to or From Controlled Ambient Temperature: Mindestens 1

- Ein-Kammer-Methode:
 - DIN EN 60068-2-14: „Falls in der Einzelbestimmung nicht anderweitig spezifiziert, muss der Prüfling zwei aufeinander folgende Zyklen durchlaufen.“
 - ISO 16750-4: „Perform 30 test cycles as specified.“



Temperaturwechsel in Prüfschränken: Zyklenzahl

Anzahl der Prüfzyklen: Kalkulationsmodelle

- Beispiel: Coffin-Manson (einfache Version, z.B. aus MAN-Norm M 3499-1):

Nach COFFIN-MANSON können die im Betrieb eines Produktes auftretenden Temperaturwechsel mit nachfolgender Formel für eine Raffung im Test umgerechnet werden.

$$n_{Lab} = n_{real} \cdot \left[\frac{\Delta T_{real}}{\Delta T_{Lab}} \right]^k$$

n_{Lab} Anzahl der Temperaturwechsel Labor

n_{real} Anzahl der Temperaturwechsel bei realer Belastung im Betrieb

ΔT_{Lab} Temperaturhub in der Laborprüfung [K]

ΔT_{real} Temperaturhub bei realer Belastung im Betrieb [K]

k = 2,0 (für gelötete Baugruppen)

Beispiel:

$$n_{real} = 2 * 250 * 15 = 7500$$

2 vollständige Durchwärmungen & Abkühlungen pro Arbeitstag
250 Arbeitstage pro Jahr
15 Jahre Lebensdauer

ΔT_{Lab} im Einbaubereich A und B gilt $T_U = -40 \text{ °C}$ bis $T_O = +80 \text{ °C} \Rightarrow 120 \text{ K}$

ΔT_{real} mittlere typische Temperatur vor Motorstart = $+10 \text{ °C}$, typische Betriebstemperatur = $+40 \text{ °C} \Rightarrow 30 \text{ K}$

$$n_{Lab} = 7500 \text{ Zyklen} * \left[\frac{30 \text{ K}}{120 \text{ K}} \right]^2 = 468 \text{ Zyklen}$$

Aber Achtung: Änderung der Temperaturen kann Schädigungsmechanismen ändern:

9 min, 250°C:



3 min, 750°C:

