

Wissen spart Prüfkosten



Festlegen der Prüfdauer bei der Burn-in-Serienprüfung mit Minitab

Gregor Klem, Leiter Verbesserungsmanagement, Semikron Elektronik GmbH & Co. KG

Projektziel

// Es soll eine adäquate Dauer von Burn-in-Tests ermittelt werden, um die gewünschte Qualitätsabsicherung kostenoptimal sicherzustellen. Burn-in-Tests sind anwendungsnah, aber auch zeitintensiv, um den Kunden robuste elektronische Produkte bereitzustellen.

Lösung

// Mit Hilfe der Optionen zur Simulation und Lebensdaueranalyse der Minitab Statistical Software werden Modelle erzeugt, um die Auswirkung von stichprobenbedingten Unsicherheiten auf das Lebensdauermodell nachzustellen, zu verringern und für die Optimierung der Prüfdauer zu nutzen.

Ergebnis

// Die Vorgehensweise für eine adäquate Festlegung der Prüfdauer bei der Burn-in-Serienprüfung konnte bestimmt werden.

Projektziel

Burn-in-Tests sind in der Elektronik üblich, um anwendungsnah zu testen und somit Kunden robuste Produkte für deren Einsatz bereitzustellen. Wesentlich ist dabei die Festlegung eines Belastungsprofils, um die Anwendung möglichst gut im Test nachzubilden, sowie eine hinreichende Testdauer. Gleichzeitig ist diese Testdauer relevant für die Taktrate der Produktionslinie und die dafür benötigte Kapazität der Prüfeinrichtungen. Sie muss lange genug für die gewünschte Absicherung der Qualität sein, aus Kostengründen jedoch so kurz wie möglich.

Elektronik kann aus verschiedenen Gründen in frühen Phasen des Einsatzes ihre Funktionsfähigkeit verlieren und zwar jeweils bei möglicherweise unterschiedlichen Testbedingungen und unterschiedlicher Testdauer. Dieses Verhalten wird durch jeweilige statistische Lebensdauermodelle beschrieben. Damit statistische Modelle die Realität in der benötigten Genauigkeit beschreiben, müssen sie an hinreichend vielen und für den Serienbetrieb repräsentativen einzelnen Prüflingen ermittelt werden.

Hier gibt es ein Dilemma: Man braucht eine Prüfeinrichtung, mit der man viele hergestellte Teile prüfen kann, um ein Lebensdauermodell zu gewinnen, mit dem man dann die Anzahl, Art und Kapazität der Prüfeinrichtung auslegt, um viele Teile herstellen und prüfen zu können. Erfahrungen und Sachkenntnis als Hersteller und die Nutzung von Statistik helfen dabei, dieses Dilemma aufzulösen. Ersteres, um geeignete Teile als Stichprobe zur Ermittlung des Modells bereitzustellen, letzteres um die Vertrauensbereiche zu ermitteln, mit denen man von diesen Stichproben auf die Gesamtheit schließen kann.

Lösung

Einsatz von Minitab – Simulation und Wahrscheinlichkeitsnetz (präparierte Prüflinge)

Unter dem Menü Statistik > Zuverlässigkeit / Lebensdauer > Testpläne kann man bei gewissen Vorkenntnissen über Ausfallmechanismen und deren Modell (z. B. aus Erfahrungen mit früheren, ähnlichen Produkten) solche Vertrauensbereiche ermitteln (man gibt z. B. ein, dass

nach 90 s 50 % mit einem bestimmten Fehler behaftete Teile ausgefallen sind und 90 % nach 900 s). Unter anderem werden dann Parameter der Lebensdauerverteilung ausgegeben.

Man kann diese Informationen auch dazu nutzen, mit dem Zufallszahlengenerator in Minitab eine definierte Anzahl von Prüflingen zu erzeugen, die sich bzgl. der Lebensdauer gemäß der Verteilung verhalten. Das folgende Bild zeigt für eine Stichprobe aus zwölf so erzeugten Prüflingen ein Wahrscheinlichkeitsnetz mit der Verteilung (gerade Linie) und Vertrauensbereichen (gebogene Linien)

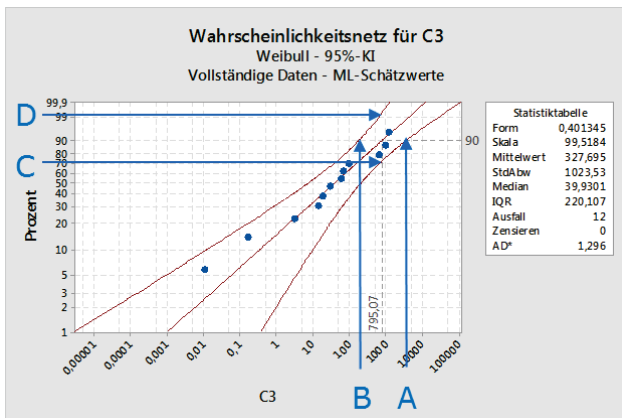


Abbildung 1: Wahrscheinlichkeitsnetz mit Verteilung und Vertrauensbereichen

Es wird eine Weibull-Verteilung der Gesamtheit ermittelt, die am besten zu den beobachteten Werten passt (gerade Linie mit Form 0,4, Skala 9,5). Die beiden gebogenen Linien stellen den Vertrauensbereich für die Gerade dar und somit, wie genau man die Weibull-Verteilung der Gesamtheit mit hoher Sicherheit bestimmen kann.

Die am besten angepasste und zwei extreme (aus Vertrauensbereichen für Form und Skala ermittelte) Wahrscheinlichkeitsdichten sehen so aus:

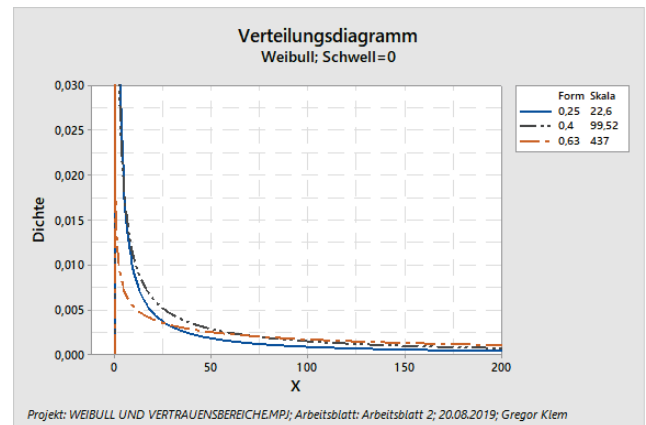


Abbildung 2: Wahrscheinlichkeitsdichten

An der geraden Linie im Wahrscheinlichkeitsnetz kann man ablesen, dass in der Gesamtheit 90 % aller Prüflinge, die die gleiche Ausfallursache haben, nach 795 s ausfallen. Anhand der gebogenen Linien, die zwei relativ extreme Weibull-Verteilungen einschließen, aus denen die beobachtete Stichprobe auch stammen könnte, kann man aus den vier Punkten A bis D ablesen:

A: Die Gesamtheit könnte so sein, dass erst nach 3500 s Prüfdauer 90 % der Teile ausfallen.

B: Die Gesamtheit könnte auch so sein, dass bereits nach 172 s 90 % der Teile ausfallen.

C: Nach 795 s Prüfdauer könnten in der Gesamtheit nur 74 % der Teile ausgefallen sein.

D: Nach 795 s Prüfdauer könnten in der Gesamtheit bereits 99,37 % ausgefallen sein.

An sich sieht das Wahrscheinlichkeitsnetz so aus wie bei einer üblichen Regression. Hingegen ist beim Weibull-Wahrscheinlichkeitsnetz die logarithmische Skalierung der x-Achse zu beachten: Die Vertrauensbereiche gehören auf der x-Achse zu stark unterschiedlichen Prüfdauern. Wenn man nun sicher 90 % der betroffenen Teile herausprüfen will, müsste man 3500 s prüfen, was deutlich über den 795 s der bestpassendsten Weibull-Verteilung liegt. Die ungenaue Kenntnis der Lebensdauerverteilung, die aus der relativ kleinen Stichprobe resultiert, führt zu sehr

langen Prüfdauern, um einen angestrebten Prozentsatz fehlerhafter Bauteile zu detektieren.

Eine Erhöhung der Stichprobe kann die Vertrauensbereiche verengen und somit die Prüfdauer auf ein notwendiges Maß reduzieren helfen. Es lohnt sich also, vor oder zu Beginn der Serienfertigung eine größere Stichprobe zu prüfen, um in Serie jedes Teil deutlich kürzer prüfen zu können!

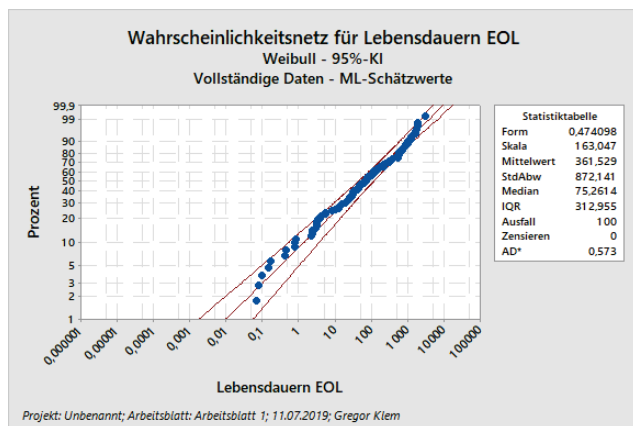


Abbildung 3: Wahrscheinlichkeitsnetz mit Vertrauensbereichen bei Stichprobe aus 100 Teilen

Bei einer Stichprobe von 100 betroffenen Teilen ergibt sich, dass nach unter 1500 s bereits 90 % der Teile in der Gesamtheit ausfallen. Die bei geringer Stichprobenanzahl konservativ abgeschätzte Testdauer reduziert sich auf weniger als die Hälfte! Für den erforderlichen Invest in Prüfanlagen und die Taktzeit der Linie ist das von entscheidender Bedeutung. Dennoch ist die Dauer immer noch fast das Doppelte der erforderlichen Dauer. Daher kann eine Nutzung von Serientdaten hier eine weitere Verkürzung bewirken.

Die bisherigen Betrachtungen passen gut zu dem Fall, dass Prüflinge mit einem bestimmten Fehler präpariert werden und man prüfen will, wie lange der Test laufen muss, um wie viel Prozent dieser Teile zum Ausfall zu bringen. Dann hat man ein Modell für genau diesen Fehler ermittelt.

Einsatz von Minitab – Simulation des Lernens beim Serienanlauf

Führt man den Gedanken weiter, könnte man auch erst mit einer längeren Prüfdauer beginnen, wie sie aufgrund einer relativ kleinen Stichprobe ermittelt wurde, und mit steigender Anzahl geprüfter Teile dann während des Serienanlaufs die Vertrauensbereiche immer mehr einengen, um Prüfzeit zu sparen.

Was die Analyse dann aber erschwert, ist einerseits, dass man bei nicht präparierten Prüflingen nicht weiß, ob es weitere Ausfallursachen gibt und vor allem, dass man nicht weiß, wie viele fehlerhafte Teile mit welchem Fehler in den insgesamt in den Test gesteckten Teilen enthalten waren. Wüsste man das, könnte man die Möglichkeiten in Minitab nutzen, um mit rechtszensierten Daten umzugehen. Tatsächlich hat man aber nur die ausgefallene Anzahl und weiß nicht, wie viele betroffene Teile bis zum Ende des Tests überlebt haben.

Analysiert man die Ausfallteile physikalisch, kann man jedoch zu jeder Ausfallursache die Lebensdauern zuordnen und jeweils ein Verteilungsmodell ermitteln.

Mit der Unkenntnis über die tatsächliche Anzahl der in den Test gesteckten, von einem bestimmten Fehler betroffenen Prüflingen kann man ebenfalls mit Hilfe des Zufallsgenerators umgehen. In der geschilderten Situation hat man nur die Teile (durch Bauteilanalyse getrennt nach Ausfallursache), die in der Testzeit ausgefallen sind, weiß aber nicht, wie viele betroffene jeweils im Test waren bzw. wie viele Teile frei von jeglichem Fehler waren.

Man kann nun z. B. 1000 Werte mit dem Zufallsgenerator aus einer vorgegebenen Verteilung erzeugen lassen (z. B. aus der Verteilung, die mit der anfänglichen Stichprobe mit präparierten Teilen ermittelt wurde). Danach kann man dann alle simulierten Lebensdauern aus dem Datensatz entfernen, die erst nach dem Ende der Testdauer auftreten würden. Auf diese Weise erhält man einen Datensatz, der einer gestutzten Weibull-Verteilung entspricht.

Anschließend prüft man, ob es gelingt, mit den beobachteten Ausfällen in der Testdauer die ursprüngliche, mit dem Zufallsgenerator erzeugte Verteilung wiederzugewinnen. Da man versucht, an eine Nicht-Weibull-Verteilung (wegen der Stützung) eine Weibull-Verteilung anzupassen, wird man die ursprünglichen Parameter nicht exakt reproduzieren können.

Die Weibull-Verteilungen zählen zu denen mit „schweren Rändern“, d. h. der Abfall ist schwächer als exponentiell und es ist ein hoher Anteil aller Werte im Ausläufer zu finden. Andererseits steckt der überwiegende Anteil der Ausfallteile in einem Zeitintervall mit einem relativ stark ausgeprägten Maximum an Ausfällen pro Zeit. Berücksichtigt man z. B. nur die Zeiten der ersten 50 % der beobachteten Ausfallteile und berücksichtigt die anderen 50 % der zwischen dem Median und dem Ende der Testdauer ausgefallenen Teile lediglich in einer Rechtszensur, dann kann man die dem Zufallsgenerator zugrunde gelegte Verteilung sehr gut reproduzieren. Die tatsächliche Lebensdauerverteilung lässt sich also an den frühen Ausfällen „erkennen“, der Einfluss des Nicht-Weibull-Ausläufers auf die Bestimmung der Verteilungsparameter durch geeignete Zensur nahezu eliminieren.

Ergebnis

Ergebnisse durch die Nutzung von Minitab (Simulation und Lebensdaueranalyse)

Mit präparierten Prüflingen ganz bestimmter Fehler lässt sich eine konservativ abgeschätzte Prüfdauer angeben. Mit Vergrößerung dieser Prüflingszahl oder auch durch die Nutzung von Daten und simulationsgestützten Auswertungen im Serienanlauf lässt sich diese anfänglich z. B. um einen Faktor vier zu lange Prüfdauer auf die notwendige Dauer reduzieren.



ADDITIVE Soft- und Hardware
für Technik und Wissenschaft GmbH

Max-Planck-Str. 22 b
D-61381 Friedrichsdorf/Ts.

Telefon: +49 (0)61 72-59 05-0
Fax: +49 (0)61 72-77 613
E-Mail: info@additive-net.de
Internet: <http://www.additive-net.de/software>

ADDITIVE – seit über 30 Jahren der bewährte Partner für professionelle Hard- & Softwarelösungen in Industrie, Forschung & Wissenschaft. Vom Standardprodukt bis zu maßgeschneiderten Applikationsprojekten inklusive Servicekonzept. ADDITIVE steht für Full-Service-Dienstleistung und nachhaltigen Wissenstransfer. Die hochqualifizierten, interdisziplinär zusammengestellten Teams der ADDITIVE-Geschäftsbereiche freuen sich darauf, Ihre Aufgaben optimal und effizient umzusetzen.

Intelligente Lösungen in 4 Geschäftsbereichen

ADDITIVE-Geschäftsbereich SOFTWARE

- Vertrieb von führender Premium-Software für Technik & Wissenschaft zur Datenerfassung, Berechnung, Analyse, Visualisierung & Automation
- Beratung, Betreuung und Service für ADDITIVE-Softwareprodukte

ADDITIVE-Geschäftsbereich MESSTECHNIK & SENSORIK

- BeanAir® – kabellose Datenerfassung & Sensoren

ADDITIVE-Geschäftsbereich IT-SERVICE

- IT-Services, Cloud-Services, Web-Applikationen und Datenintegration

ADDITIVE-Geschäftsbereich ACADEMY

- Zertifizierte, praxisorientierte Produkt- und Themenschulungen, Workshops und Seminare
- Schulungen im ADDITIVE-Trainingszentrum (oder bei Ihnen vor Ort)



SEMIKRON Elektronik GmbH & Co. KG

Sigmundstraße 200
D-90431 Nürnberg

Telefon: +49 (0)911-6559-0
Fax: +49 (0)911-6559-262
E-Mail: info@semikron.de
Internet: <http://www.semikron.com>

SEMIKRON ist einer der weltweit führenden Hersteller für Leistungselektronikkomponenten und -systeme im mittleren Leistungssegment (ca. 2 kW bis 10 MW). Unsere Produkte sind das Herz moderner, energieeffizienter Motorantriebe und industrieller Automatisierungssysteme. Weitere Anwendungen umfassen Stromversorgungen, erneuerbare Energien (Wind, Solar) sowie Elektrofahrzeuge (PKW, Transporter, Busse, LKW, Gabelstapler etc.). Innovative Halbleitermodule von SEMIKRON ermöglichen es unseren Kunden, kleinere, energieeffizientere Leistungselektroniksysteme zu entwickeln. Diese Systeme wiederum helfen, den weltweiten Energieverbrauch zu reduzieren.