

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Methoden der Zuverlässigkeit
Zustandsflussgraphen
Reliability methodology
State flow graphs

VDI 4008
Blatt 5 / Part 5

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The German version of this standard shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung.....	2	Preliminary note.....	2
Einleitung.....	2	Introduction.....	2
1 Anwendungsbereich.....	2	1 Scope.....	2
2 Normative Verweise.....	3	2 Normative references.....	3
3 Begriffe.....	3	3 Terms and definitions.....	3
4 Formelzeichen und Indizes.....	4	4 Symbols and indices.....	4
5 Grundlagen.....	5	5 Fundamentals.....	5
5.1 Arten von Knoten in einem Flussgraphen.....	5	5.1 Types of nodes in a flow graph.....	5
5.2 Arten von Rückkopplungen in einem Flussgraphen.....	6	5.2 Types of feedback loops in flow graphs.....	6
5.3 Arten von Kanten in einem Flussgraphen.....	7	5.3 Types of edges in flow graphs.....	7
6 Reduktion eines Flussgraphen.....	7	6 Reduction of a flow graph.....	7
7 Diskussion von Markovketten.....	9	7 Discussion of Markov chains.....	9
7.1 Inhomogene Markovketten.....	9	7.1 Inhomogeneous Markov chains.....	9
7.2 Homogene Markovketten.....	13	7.2 Homogeneous Markov chains.....	13
7.3 Homogene Markovketten in inhomogener Prozessdarstellung.....	16	7.3 Homogeneous Markov chains in an inhomogeneous process diagram.....	16
7.4 Weitere Maßgrößen homogener Markovketten.....	17	7.4 Additional parameters of homogeneous Markov chains.....	17
8 Diskussion von Markovprozessen.....	20	8 Discussion of Markov processes.....	20
8.1 Ermittlung einer Aufenthaltswahrscheinlichkeit.....	20	8.1 Determination of a stationary probability.....	20
8.2 Näherungsweise Ermittlung einer Aufenthaltswahrscheinlichkeit.....	24	8.2 Approximate determination of a state probability.....	24
8.3 Ermittlung einer Ausfallwahrscheinlichkeit.....	25	8.3 Determination of the failure probability.....	25
8.4 Ermittlung der <i>MTBF</i>	25	8.4 Determination of the <i>MTBF</i>	25
8.5 Ermittlung der <i>MTTF</i>	27	8.5 Determination of the <i>MTTF</i>	27
Anhang A Elementare Reduktionsregeln.....	29	Annex A Elementary reduction rules.....	29
Anhang B Erläuterungen zur Masonformel.....	31	Annex B Explanation of Mason's gain formula.....	31
Anhang C Flussgraphen eines Markovprozesses.....	32	Annex C Flow graph of a Markov process.....	32
Schrifttum.....	32	Bibliography.....	32

VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (GPP)
Fachbereich Zuverlässigkeit

VDI-Handbuch Zuverlässigkeit

Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser VDI-Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen (www.vdi.de/richtlinien), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser VDI-Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Eine Liste der aktuell verfügbaren Blätter dieser Richtlinienreihe ist im Internet abrufbar unter www.vdi.de/4008.

Einleitung

In dieser Richtlinie wird ein graphentheoretisches Verfahren zur Sicherheits- und Zuverlässigkeitsanalyse vorgestellt, das zur Lösung diskreter Markovprozesse dient, wie sie beispielsweise in der DIN EN 61165:2007-02 vorgestellt werden.

1 Anwendungsbereich

Die Anwendung von Zustandsflussgraphen erlaubt die Optimierung einer rechnergestützten numerischen Auswertung. Darüber hinaus vereinfacht und erweitert sie die Berechnung, wenn eine analytische Vorgehensweise bevorzugt wird. Die grafischen Verfahren basieren auf der Theorie der linearen Flussgraphen, die in vielen Bereichen der Technik auf lineare Netzwerke angewandt wird. Sie ist mit der Graphical Evaluation and Review Technique (GERT) verwandt.

Ein Zustandsflussgraph geht aus den in der Zustandsanalyse verwendeten Diagrammen hervor. Hierbei werden den Übergangslinien und Zustandsknoten Wahrscheinlichkeitsgrößen zugeordnet. Zusammen mit den Verknüpfungsregeln für Flussgraphen ergibt sich eine mathematisch vollständige Beschreibung des Zustandsänderungsmodells. Wie bei anderen grafischen Methoden der Zuverlässigkeit ist es somit auch in der Zustandsanalyse möglich, relevante Zuverlässigkeitsmaßgrößen unmittelbar anhand der Struktur des grafischen Modells zu quantifizieren.

Die Anwendung grafischer Verfahren bietet folgende Vorteile:

- Modellierung komplexer Systeme und Module in ihrer Gesamtheit

Preliminary note

The content of this standard has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the standard VDI 1000.

All rights are reserved, including those of reprinting, reproduction (photocopying, micro copying), storage in data processing systems and translation, either of the full text or of extracts.

The use of this standard without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions (www.vdi.de/richtlinien) specified in the VDI Notices.

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this standard.

A catalogue of all available parts of this series of standards can be accessed on the Internet at www.vdi.de/4008.

Introduction

This standard presents a method for safety and reliability analysis taken from graph theory that is used to find solutions to discrete Markov processes such as those presented in DIN EN 61165:2007-02, for example.

1 Scope

The application of state flow graphs allows optimization of computer-based numerical analyses. Furthermore, their application expands the calculation and makes it less complicated in cases where an analytic procedure is preferred. The graphic method is based on linear flow graph theory, which is applied to linear networks in many areas of technology. It is related to the Graphical Evaluation and Review Technique (GERT).

A state flow graph is derived from the diagrams used in state analysis. In this case, probabilities are assigned to the transitions and state nodes. Together with the connection rules for flow graphs, this results in a mathematically complete description of the state change model. As in other graphic methods for reliability analysis, it is therefore also possible in state analysis to quantify the relevant reliability parameters directly based on the structure of the graphic model.

The application of graphic methods offers the following advantages:

- the ability to model complex systems and modules in their entirety

- Anschaulichkeit und einfache Nachvollziehbarkeit der Rechenwege
 - leichte Verfolgbarkeit des Einflusses einzelner Parameter
 - Möglichkeit der Modellvereinfachung und die Einführung von Näherungen
- The calculation methods are clear and easy to understand.
 - It is easy to trace the influence of individual parameters.
 - the ability to simplify the model and introduce approximations
-

2 Normative Verweise / Normative references

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieser Richtlinie erforderlich: /

The following referenced documents are indispensable for the application of this standard:

DIN EN 61165:2007-02 Anwendung des Markoff-Verfahrens (IEC 61165:2006); Deutsche Fassung EN 61165:2006 (Application of Markov techniques (IEC 61165:2006); German version EN 61165:2006)

VDI 4001 Blatt 2:2006-07 Terminologie der Zuverlässigkeit (Reliability Terminology)

VDI 4008 Blatt 1:1998-04 (Entwurf / Draft) Voraussetzungen und Anwendungsschwerpunkte von Zuverlässigkeitsanalysen (Conditions and applicational preferences of reliability analyses)

VDI 4008 Blatt 1:1986-05 Voraussetzungen und Anwendungsschwerpunkte von Zuverlässigkeitsanalysen (Conditions and applicational preferences of reliability analyses)

VDI 4008 Blatt 8:1984-03 Erneuerungsprozesse (Renewal processes)

VDI 4008 Blatt 9:1986-04 Mathematische Modelle für Redundanz (Mathematical models of redundancy)