

Václav Mentlík  
Pavel Trnka,  
Magdaléna Trnková  
Lumír Šašek

# **Spolehlivostní aspekty elektrotechnologie**

Praha 2011



Knihla navazuje na dříve vydané „Dielektrické prvky a systémy“ ISBN 80-7300-189-6, Praha: BEN – technická literatura, 2006, a “Diagnostika elektrických zařízení“ ISBN 978-80-7300-232-9, BEN-technická literatura Praha 2008. První z nich je věnována fyzice a aplikačním aspektům dielektrik - nejcitlivějšího prvku sériového spolehlivostního řetězce elektrických zařízení, druhá pak diagnostickým metodám používaným při off i on-line diagnostice silnoproudých elektrických zařízení. Získané poznatky z obou směrů pak slouží jako vstupní informace potřebné ke spolehlivostním úvahám výrobních procesů, pravděpodobnosti výskytu poruchy určitého zařízení či výpočtům poruchovosti, času odstávek výrobních podniků nebo např. dodávek elektrické energie. Pro správné pochopení interaktivních dějů, které hrají v provozním životě zařízení rozhodující roli, je třeba vycházet jak z matematických vztahů pravděpodobnostního počtu, tak také z fyzikálních zákonitostí a hlavně ze zkušeností z praxe. Všechny tyto informace ve svém důsledku umožňují vznik zařízení, které jak z funkčního, tak i z ekonomického hlediska vytváří optimalizovaný celek. Lze pak konstatovat, že spolehlivostní úvahy, statistika a pravděpodobnost jsou prostředky napomáhající k optimalizaci zařízení i šetření životního prostředí.

**Knihla vznikla jako přímý důsledek řešení výzkumného záměru Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy České Republiky, MSM 4977751310 – Diagnostika interaktivních dějů v elektrotechnice.**

Recenzenti:

Prof. Ing. Ján Michalík, PhD., EVPÚ a.s. Nová Dubnica  
Doc. Ing. Pavel Mach, CSc., FEL ČVUT v Praze

---

Václav Mentlík, Pavel Trnka, Magdaléna Trnková, Lumír Šašek

Bez předchozího písemného svolení nakladatelství nesmí být kterákoliv část kopírována nebo rozmnožována jakoukoliv formou (tisk, fotokopie, mikrofilm nebo jiný postup), zadána do informačního systému nebo přenášena v jiné formě či jinými prostředky.

Autoři a nakladatelství nepřijímají záruku za správnost tištěných materiálů. Předkládané informace jsou zveřejněny bez ohledu na případné patenty třetích osob. Nároky na odškodnění na základě změn chyb nebo vynechání jsou zásadně vyloučeny.

Všechny registrované nebo jiné obchodní známky použité v této knize jsou majetkem jejich vlastníků. Uvedením nejsou zpochybněna z toho vyplývající vlastnická práva.

Veškerá práva vyhrazena

© Prof. Ing. Václav Mentlík, CSc., Doc. Ing. Pavel Trnka, Ph.D., Ing. Magdaléna Trnková, Ph.D.,

Ing. Lumír Šašek, CSc., Plzeň 2011

© Nakladatelství BEN – technická literatura, Věšínova 5, Praha 10

Václav Mentlík, Pavel Trnka, Magdaléna Trnková, Lumír Šašek: Spolehlivostní aspekty elektrotechnologie

BEN – technická literatura, Praha 2011

1. vydání

**ISBN 978 – 80 – 7300 – 412 - 5**

<b>Úvod .....</b>	<b>9</b>
<b>1 Filozofie využití statistiky a spolehlivostních úvah v elektrotechnice .....</b>	<b>11</b>
1.1 Historický vývoj .....	12
1.2 Moderní statistika .....	12
1.3 Ekonomické předpoklady výroby a provozu elektrických zařízení ..	13
<b>2 Teorie spolehlivostních úvah .....</b>	<b>15</b>
2.1 Základní pojmy a definice .....	16
2.2 Základní aspekty matematické statistiky .....	19
2.3 Spolehlivostní ukazatelé .....	26
<b>3 Spolehlivost zařízení a metodiky jejího odhadu ...</b>	<b>29</b>
3.1 Modelování časové spolehlivosti .....	31
3.2 Proud poruch v průběhu času t .....	34
3.3 Udržovatelnost a pohotovost v provozu .....	36
<b>4 Spolehlivostní dimenzionální výpočty v elektrotechnice .....</b>	<b>41</b>
4.1 Základní aspekty výpočtů .....	42
4.2 Vlastní spolehlivost zařízení při elektrickém namáhání .....	46
4.3 Vlastní spolehlivost zařízení při mechanickém namáhání .....	47
4.4. Vlastní spolehlivost zařízení při tepelném namáhání .....	49
4.5 Výsledná vlastní spolehlivost elektrického zařízení .....	50
<b>5 Aspekty zjišťování spolehlivosti elektrických zařízení.....</b>	<b>53</b>
5.1 Problematika točivých strojů.....	55
5.2 Problematika transformátorů .....	64
<b>6 Certifikace ISO v elektrotechnických podnicích... </b>	<b>71</b>
6.1 Historie vzniku ISO .....	72
6.2 Podstata a význam norem řady ISO .....	74
6.3 Význam norem řady ISO 14000 .....	75
6.4 Požadavky normy ČSN EN ISO 9001 .....	75
Systém managementu kvality .....	77
Odpovědnost managementu .....	77
Management zdrojů.....	78
Realizace produktu .....	78
Měření, analýza a zlepšování .....	78
6.5 Interní audity .....	79
6.6 Norma ČSN EN ISO 14001 .....	84

	Plánování (Plan) .....	84
	Zavedení a provoz (Do) .....	85
	Kontrola (Check) .....	85
	Přezkoumání vedením (Act) .....	85
6.7	Norma ČSN OHSAS 18001:2007 .....	87

## **7 POSTUP CERTIFIKACE ..... 91**

7.1	Audit prvního stupně - předaudit .....	92
7.2	Audit druhého stupně - certifikační audit .....	93
7.3	Audity dozorové a recertifikační .....	94
7.4	Tvorba příručky jakosti a dokumentace .....	95
	Příručka jakosti .....	95

## **8 Statistická rozdělení a Základní vztahy ..... 97**

8.1	Statistická rozdělení.....	98
	Normální rozdělení.....	99
	Exponenciální rozdělení .....	100
	Laplaceovo rozdělení.....	101
	Gama rozdělení .....	101
	Weilbullovo rozdělení.....	102
	$\chi^2$ rozdělení.....	102
	Studentovo rozdělení.....	102
	F-rozdělení .....	103
	Rayleighovo rozdělení .....	103
	Maxwellovo rozdělení.....	104
	Vícerozměrné normální rozdělení .....	104
	Binomické - Bernoulliho rozdělení .....	104
	Poissonovo rozdělení.....	105
	Charlierovo rozdělení .....	105
8.2	Základní vztahy mezi spolehlivostními ukazateli .....	106
	Literatura.....	107
	Příloha.....	109
	Rejstřík.....	110

## Úvod

Tato kniha navazuje na dvě předchozí, které vznikly v našem autorském kolektivu „Dielektrické prvky a systémy“ [1] a “Diagnostika elektrických zařízení“ [2]. První z nich je věnována fyzikálnímu pohledu na chování dielektrik (princiálně nejdůležitějších prvků elektrických zařízení) v interakci s vlivy, které formují rozhodujícím způsobem jejich vlastnosti a chování během jejich funkčního života. Druhá je v návaznosti na předchozí věnována aspektům a nástrojům zjišťování vlastností a chování prvků a systémů elektrických zařízení při jejich vzniku (výrobě) i exploataci v provozním životě. Všechny takto získané poznatky mohou pak posloužit jako vstupní informace nutné ke statistickému a tím spolehlivostnímu popisu např. výrobních procesů, pravděpodobnosti poruch určitého zařízení či výpočtům poruchovosti, času odstávek výrobních podniků nebo např. dodávek elektrické energie. Pro správné pochopení interaktivních dějů, s kterými se v každodenním životě setkáváme, je třeba vycházet jak z matematických vztahů pravděpodobnostního počtu, tak také z fyzikálních zákonitostí a hlavně ze zkušeností z praxe. Všechny tyto informace ve svém důsledku umožňují vznik zařízení, které jak z funkčního, tak i z ekonomického hlediska vytváří optimalizovaný proces se zajištěním rozumného využívání zdrojů. Můžeme tak konstatovat, že statistiku, pravděpodobnost a spolehlivostní úvahy lze využít i jako prostředek, který pomůže k menšímu zatěžování životního prostředí a přírody.

I tato kniha, stejně jako předchozí, vznikla jako přímý důsledek řešení výzkumného záměru Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy České republiky, MSM 4977751310 – Diagnostika interaktivních dějů v elektrotechnice.