



电力系统可靠性评估



周家启 任 震 译

徐国禹 胡修谱 校

科学技术文献出版社重庆分社

电力系统可靠性评估

周家启 任 震 译

徐国禹 胡修谱 校

科学技术文献出版社重庆分社

内 容 简 介

本书译自R.别林登教授等所著《Reliability Evaluation of Power Systems》(1984)一书,全书对电力系统可靠性的理论和计算方法进行了全面论述,取材丰富,概念清晰,内容新颖,结构严谨,叙述深入浅出。本书既有理论深度,又注意工程实用方法,是一本电力部门工程技术人员、管理干部及科学工作者很好的参考书及自修读物,也适合大专院校教师、研究生、高年级学生及有关各类进修班作参考教材。

电力系统可靠性评估

周家启 任 震译 徐国禹 胡修谱 校
科学技术文献出版社重庆分社 出版

重庆市市中区胜利路132号

新华书店重庆发行所 发行
科学技术文献出版社重庆分社印刷厂 印刷

开本: 787×1092毫米1/32

印张: 18.625

字数: 40万

1986年6月第一版

1986年6月第一次印刷

科技新书目: 121—199

印数: 2500

书号: 15176·344

定价: 4.00元

序

本书是我们两人所著的、由匹特曼(Pitman)书局于1983年元月出版的《工程系统可靠性评估——概念与方法》一书的续篇。本书不打算作为一本单独的教材，而是作为两卷集的续篇，因此，不熟悉可靠性基本模拟和计算技术的读者，应当首先阅读前一卷，或者至少两卷同时参照阅读。那些已经熟悉这些基本概念而只需要扩充电力系统知识的读者，则可不必要参阅前卷。为了有助于读者的理解，本书常常参考前一卷的有关内容，并在引证时将该书简称为《工程系统》。

《电力系统可靠性评估》一书是在我们长期从事电力系统可靠性定量评估和概率方法的应用的基础上，并出自对教学工作的浓厚兴趣而写成的。但是如果没有许多学生积极参与我们有关的研究课题，本书亦将难以完成。然而因为参加人员太多，无法在此一一提及，只能将他们中的大多数列于每章末尾的参考文献中。

本书写作过程得到了美国电气与电子工程师协会(IEEE)概率方法应用分委员会、英国电气工程师协会(IEE)委员会、加拿大电气协会和其它有关机构，以及同事们和其他有关人士的大力协助。

最后，我们还要对本书原稿打字人员，特别是对我们各自的妻子乔易丝(Joyce)和黛恩(Diane)的帮助和鼓励致以衷心的感谢。

R. 别林登

R.N. 阿伦

ABA61/05

译者前言

应用概率理论来定量描述和计算工程系统的可靠性的这一技术，自四十年代引入电力工程领域以来，对提高电力系统的科学管理和运行水平、改善供电质量发挥了很大作用。目前，许多国家电力系统的有关专业标准及技术文件已列入可靠性指标及准则，在电力系统规划、设计及运行工作中可靠性指标也已列入常规计算。七十年代我国也开始了这方面的研究，并在教学、科研及生产管理等方面取得了十分迅速的进展。最近中国电机工程学会可靠性专业委员会的成立，标志着这方面的发展方兴未艾。这也就对有关电力系统可靠性理论及其应用进行系统论述的书刊提出了迫切的要求。为此，我们翻译了R·别林登教授等所著的《电力系统可靠性评估》一书。

别林登教授是国际知名学者，加拿大萨斯堪契旺(Saskatchewan)大学工学院院长，现任美国电气与电子工程师学会(IEEE)电力系统可靠性分委员会主席。他从事电力系统可靠性研究工作三十多年，已发表的有关学术论文200余篇，出版有关专著5本。他的许多研究成果被许多论文、专著及美国等国的专业标准所引用。本书是别林登教授多年教学及科研工作的总结，它反映了作者及国际上这方面的最新研究成果。

本书对电力系统可靠性的基本原理、定义及计算方法等都进行了详尽而深入浅出地分析，取材丰富，概念清晰，内容新颖，结构严谨。书中列举的大量计算例子，对工程技术

人员进行计算研究具有实际意义。为适合不同读者深入研讨的需要，书中各章均附有大量参考文献。为满足大专院校有关专业的教师、研究生、高年级学生以及有关进修班教学的需要，书中各章配有一定数量的练习并附有答案。

一九八四年七月，别林登教授应邀来重庆大学讲学期间，赠给我们刚出版的本书英文版，并就本书内容与译者进行了讨论，对此我们表示衷心感谢。别林登教授对他的这一著作将有更多中国读者感到十分高兴。

目前，由于有关的专业术语还很不统一，译本中我们尽量采用了电力部门已较为惯用的术语。但有少量术语本来源出自其它学科，而各地区的习惯名称也不尽相同，对这些我们则按原义译出。如“availability”译为“有效度”，而将电力部门惯用的“可用率”一并列入书末的索引中。

本书由重庆大学周家启翻译第一至第六章及习题答案，任震译第七至十二章及附录，徐国禹校阅第一至三章及第七至十二章和附录，水电部胡修谱校阅了第四至第六章，并对有关术语的译名提出了宝贵意见。最后由徐国禹对全书作了全面统一工作。由于我们水平有限，错误在所难免，敬请读者批评指正。

译 者

1984年12月

目 录

序

译者前言

第一章 绪论.....(1)

第二章 发电容量——基本概率方法.....(7)

2.1 引言.....(7)

2.2 发电系统模型.....(10)

2.2.1 发电机组无效度.....(10)

2.2.2 容量停运概率表.....(15)

2.2.3 确定性和概率性判据的比较.....(19)

2.2.4 建立容量模型的递推算法.....(22)

2.2.5 减去机组的递推算法.....(24)

2.2.6 建立容量模型的其它方法.....(26)

2.3 缺电力指标.....(31)

2.3.1 概念和计算方法.....(31)

2.3.2 数字算例.....(34)

2.4 等效强迫停运率.....(41)

2.5 容量扩建研究.....(44)

2.5.1 评估方法.....(44)

2.5.2 扰动影响.....(47)

2.6 计划停运.....(49)

2.7 期间基准评估方法.....(53)

2.8 负荷预测的不确定性.....(55)

2.9 强迫停运率的不确定性.....(61)

2.9.1 精确法.....(62)

2.9.2 近似法.....(63)

2.9.3	应用实例	(64)
2.9.4	LOLE的计算	(66)
2.9.5	其它的考虑	(68)
2.10	缺电量指标	(69)
2.10.1	电量指标的计算	(69)
2.10.2	电量不足期望	(72)
2.10.3	能量受限系统	(75)
2.11	实际系统的研究	(79)
2.12	结论	(79)
2.13	习题	(80)
2.14	参考文献	(84)
第三章	发电容量——频率和持续时间法	(91)
3.1	引言	(91)
3.2	发电模型	(92)
3.2.1	基本分析	(92)
3.2.2	建立容量模型的递推算法	(98)
3.3	系统风险指标	(108)
3.3.1	单独状态负荷模型	(109)
3.3.2	累积状态负荷模型	(119)
3.4	实际系统研究	(123)
3.4.1	基本情况研究	(123)
3.4.2	系统扩建研究	(127)
3.4.3	负荷预测的不确定性	(136)
3.5	结论	(137)
3.6	习题	(137)
3.7	参考文献	(138)
第四章	互联系统	(140)

4.1	引言	(140)
4.2	两互联系统的概率数组法	(141)
4.2.1	概述	(141)
4.2.2	评估方法	(142)
4.3	两互联系统的等效支援机组法	(147)
4.4	影响互联可用紧急支援的因素	(149)
4.4.1	概述	(149)
4.4.2	联络线容量的影响	(150)
4.4.3	联络线可靠性的影响	(150)
4.4.4	联络线回数的影响	(153)
4.4.5	联络线容量不确定性的影响	(156)
4.4.6	互联协议的影响	(157)
4.4.7	负荷预测不确定性的影响	(160)
4.5	可变备用与最大峰荷备用的比较	(161)
4.6	三互联系的可靠性评估	(164)
4.6.1	两个系统直接支援	(164)
4.6.2	两个系统间接支援	(148)
4.7	多互联系统	(172)
4.8	频率和持续时间法	(174)
4.8.1	概述	(174)
4.8.2	应用	(177)
4.8.3	期间分析	(180)
4.9	结论	(181)
4.10	习题	(183)
4.11	参考文献	(184)
第五章	运行备用	(187)
5.1	一般概念	(187)

5.2 PJM 法	(188)
5.2.1 概述	(188)
5.2.2 停运替代率	(189)
5.2.3 发电模型	(190)
5.2.4 机组投运风险度	(191)
5.3 PJM 法的扩充	(192)
5.3.1 负荷预测的不确定性	(192)
5.3.2 降额 (部分出力) 状态	(194)
5.4 改进的 PJM 法	(195)
5.4.1 概述	(195)
5.4.2 面积风险曲线	(196)
5.4.3 快速启动机组的模拟	(198)
5.4.4 热备用机组的模拟	(201)
5.4.5 机组投运风险度	(202)
5.4.6 数字算例	(204)
5.5 可延迟停运	(209)
5.5.1 概述	(209)
5.5.2 可延迟停运的模拟	(211)
5.5.3 机组投运风险度	(213)
5.6 安全函数法	(214)
5.6.1 概述	(214)
5.6.2 安全函数模型	(214)
5.7 响应风险度	(215)
5.7.1 概述	(215)
5.7.2 评估方法	(217)
5.7.3 旋转备用分配的影响	(218)
5.7.4 水电机组的影响	(219)

5.7.5	快速启动机组的影响	(221)
5.8	互联系统	(224)
5.9	结论	(224)
5.10	习题	(225)
5.11	参考文献	(227)
第六章	发电和输电组台系统	(230)
6.1	引言	(230)
6.2	辐射形结构	(231)
6.3	条件概率法	(232)
6.4	网形结构	(241)
6.5	状态选择	(246)
6.5.1	概述	(246)
6.5.2	应用	(247)
6.6	系统和负荷点指标	(250)
6.6.1	概述	(250)
6.6.2	数字计算	(253)
6.7	系统应用实例	(259)
6.8	组合系统可靠性评估的数据要求	(268)
6.8.1	概述	(268)
6.8.2	确定性数据	(268)
6.8.3	随机性数据	(269)
6.8.4	独立停运	(269)
6.8.5	相关停运	(270)
6.8.6	共同模式停运	(271)
6.8.7	电站引起的停运	(271)
6.9	结论	(275)
6.10	习题	(275)

6.11 参考文献	(278)
第七章 配电系统——基本方法和辐射形网络	(282)
7.1 引言	(282)
7.2 评估方法	(284)
7.3 其它断电指标	(286)
7.3.1 概述	(286)
7.3.2 用户有关的指标	(286)
7.3.3 负荷和电量有关的指标	(288)
7.3.4 系统的行为	(289)
7.3.5 系统预测	(291)
7.4 辐射形系统中的应用	(293)
7.5 分支线保护的影响	(297)
7.6 断开的的影响	(299)
7.7 保护系统故障的影响	(300)
7.8 转移负荷的影响	(304)
7.8.1 转移不受限制	(304)
7.8.2 转移受限制	(306)
7.9 可靠性指标的概率分布	(309)
7.9.1 概述	(309)
7.9.2 故障率	(309)
7.9.3 恢复时间	(312)
7.10 结论	(313)
7.11 习题	(314)
7.12 参考文献	(315)
第八章 配电系统——并联和网形网络	(318)
8.1 引言	(318)
8.2 基本评估方法	(319)

8.2.1	状态空间图	(319)
8.2.2	近似法	(321)
8.2.3	网络简化法	(322)
8.2.4	故障模式和影响分析	(323)
8.3	计及母线故障	(325)
8.4	计入计划检修	(327)
8.4.1	概述	(327)
8.4.2	评估方法	(328)
8.4.3	配合检修和非配合检修	(330)
8.4.4	数字算例	(331)
8.5	临时故障和瞬时故障	(333)
8.5.1	概述	(333)
8.5.2	评估方法	(334)
8.5.3	数字算例	(337)
8.6	计及气候的影响	(339)
8.6.1	概述	(339)
8.6.2	气候状态模拟	(340)
8.6.3	两状态气候模型的故障率	(341)
8.6.4	评估方法	(341)
8.6.5	重叠强迫停运	(344)
8.6.6	数字算例	(349)
8.6.7	强迫停运与检修的重叠	(354)
8.6.8	数字算例	(357)
8.6.9	在复杂系统中的应用	(359)
8.7	共同模式故障	(362)
8.7.1	评估方法	(362)
8.7.2	应用和数字算例	(364)

8.8 共同模式故障和气候的影响	(366)
8.8.1 评估方法	(366)
8.8.2 灵敏度分析	(369)
8.9 计及断路器故障	(370)
8.9.1 最简单的断路器模型	(370)
8.9.2 断路器的故障模式	(371)
8.9.3 模拟的假设	(372)
8.9.4 简化的断路器模型	(373)
8.9.5 数字算例	(374)
8.10 结论	(376)
8.11 习题	(377)
8.12 参考文献	(381)
第九章 配电系统——方法扩展	(384)
9.1 引言	(384)
9.2 全部失去连续性(TLOC)	(386)
9.3 部分失去连续性(PLOC)	(387)
9.3.1 选择停运组合	(387)
9.3.2 PLOC准则	(389)
9.3.3 网络约束违反的缓解	(389)
9.3.4 PLOC指标的评估	(390)
9.3.5 扩展的负荷-持续曲线	(395)
9.3.6 数字算例	(394)
9.4 可转移负荷的影响	(393)
9.4.1 概述	(398)
9.4.2 可转移负荷模拟	(399)
9.4.3 评估方法	(401)
9.4.4 数字算例	(402)

9.5	经济上的考虑	(407)
9.5.1	概述	(407)
9.5.2	停电费用	(408)
9.5.3	评估方法	(409)
9.5.4	数字算例	(412)
9.6	结论	(414)
9.7	习题	(414)
9.8	参考文献	(416)
第十章	变电站和开关站	(421)
10.1	引言	(421)
10.2	短路和断路器动作的影响	(422)
10.2.1	概述	(422)
10.2.2	逻辑关系	(423)
10.2.3	数字算例	(424)
10.3	系统元件的操作和故障状态	(427)
10.4	开路故障和短路故障	(428)
10.4.1	开路和断路器的误断开	(428)
10.4.2	短路	(428)
10.4.3	数字算例	(430)
10.5	活动和非活动故障	(430)
10.5.1	概述	(430)
10.5.2	故障模式的影响	(433)
10.5.3	故障模式的仿真	(434)
10.5.4	可靠性指标的评估	(436)
10.6	正常闭合断路器的失灵	(438)
10.6.1	概述	(438)
10.6.2	数字算例	(439)

10.6.3 推导和评估	(440)
10.7 典型变电站的数值分析	(440)
10.8 备用电源的失灵	(449)
10.8.1 正常断开断路器的失灵	(449)
10.8.2 备用电源的故障	(450)
10.9 结论	(454)
10.10 习题	(454)
10.11 参考文献	(456)
第十一章 发电厂和升压站的有效度	(458)
11.1 发电厂的有效度	(458)
11.1.1 概述	(458)
11.1.2 发电单元	(458)
11.1.3 计及升压站变压器的影响	(462)
11.2 降额状态和辅助系统	(465)
11.2.1 概述	(465)
11.2.2 模拟降额状态	(467)
11.3 备用的配置和影响	(470)
11.3.1 概述	(470)
11.3.2 模拟方法的回顾	(471)
11.3.3 数字算例	(473)
11.4 保护系统	(481)
11.4.1 概述	(481)
11.4.2 评估方法和系统模拟	(482)
11.4.3 动作失败的评估	(482)
11.4.4 误动作的评估	(489)
11.5 高压直流系统	(491)
11.5.1 概述	(491)

11.5.2	典型的HVDC方案	(491)
11.5.3	整流器(逆变器)桥	(493)
11.5.4	桥的等效性	(495)
11.5.5	换流站	(498)
11.5.6	输电线路和滤波器	(501)
11.5.7	组合的HVDC系统	(502)
11.5.8	数字算例	(503)
11.6	结论	(505)
11.7	习题	(507)
11.8	参考文献	(509)
第十二章	结论	(512)
附录1	定义	(513)
附录2	IEEE可靠性试验系统的分析	(515)
附录3	重叠事件的三阶方程	(524)
	习题答案	(537)
	英汉术语对照索引	(555)
	内容索引	(571)