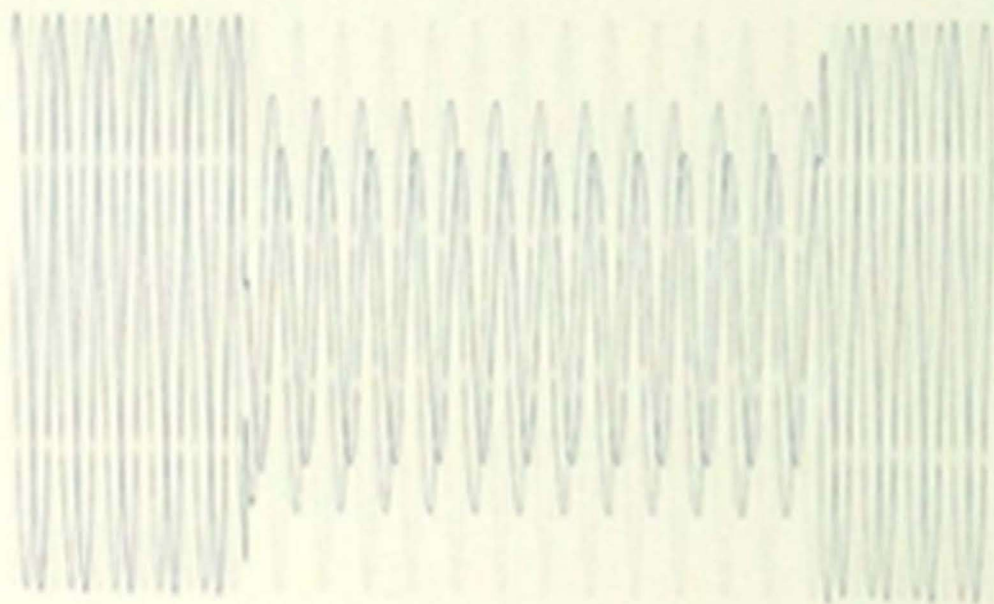


敏感设备与过程 电压暂降免疫力

Voltage Dip Immunity of Equipment and Installations

【法】CIGRE/CIRED/UIE联合工作组C4.110 著

莫文雄 肖先勇 王 勇 等 译



华南理工大学出版社
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

敏感设备与过程电压暂降免疫力

[法] CIGRE/CIRED/UIE 联合工作组 C4.110 著

莫文雄 肖先勇 王 勇 马智远 许 中 栾 乐 译



华南理工大学出版社
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

· 广州 ·

Acknowledgment

This book reprinted with permission from CIGRE, Technical Brochure 412: *Voltage Dip Immunity of Equipment and Installations*, © 2018.

声 明

本书翻译自研究报告 *Voltage Dip Immunity of Equipment and Installations*, 已获得国际大电网会议 (CIGRE) 授权并许可出版。

图书在版编目 (CIP) 数据

敏感设备与过程电压暂降免疫力/法国 CIGRE/CIRED/UIE 联合工作组 C4.110 著; 莫文雄等译. —广州: 华南理工大学出版社, 2018. 12

ISBN 978 - 7 - 5623 - 5838 - 1

I. ①敏… II. ①法… ②莫… III. ①敏感装置 - 电压稳定 - 研究 IV. ①TH703.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 246974 号

敏感设备与过程电压暂降免疫力

法国 CIGRE/CIRED/UIE 联合工作组 C4.110 著; 莫文雄 等译

出 版 人: 卢家明

出版发行: 华南理工大学出版社

(广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)

<http://www.scutpress.com.cn> E-mail: scutc13@scut.edu.cn

营销部电话: 020 - 87113487 87111048 (传真)

策划编辑: 赖淑华

责任编辑: 兰新文 骆 婷

印 刷 者: 佛山浩文彩色印刷有限公司

开 本: 787mm × 1094mm 1/16 印张: 14 字数: 359 千

版 次: 2018 年 12 月第 1 版 2018 年 12 月第 1 次印刷

定 价: 49.00 元

版权所有 盗版必究 印装差错 负责调换

本书翻译组

组 长：莫文雄

副组长：肖先勇 王 勇 马智远 许 中 栾 乐

组 员：常晓青 刁卓朋 陈文波 黄 瑞 汪 颖 王 劲 王红斌
周 凯 郭倩雯 郑子萱 何函洋 林瑞星 张 姝 伍 衡
张群峰 徐 策 崔晓飞 崔屹平 肖天为 冯健忠 黄向成
陈小倩 陈 俊 覃 煜 蒋 健 刘俊翔 陈国炎 雷超平
彭和平 孔令明 王海靖 刘 田

前 言

电压暂降问题是当前电能质量的热点问题之一，会给高端制造业和现代服务业等使用敏感设备及过程的用户造成损失。为更加合理地制定解决方案和开展针对性治理，有必要研究敏感设备与过程抵御电压暂降的免疫力，理解和认识电压暂降造成的影响。

CIGRE/CIRED/UIE 联合工作组 *C4.110* 于 2010 年发布研究报告 *Voltage Dip Immunity of Equipment and Installations*，该报告围绕电压暂降对敏感设备和过程的影响和研究提出，目的在于报告国际上最新研究成果，并将该领域已被熟知的电压耐受能力与物理参数免疫力结合起来，帮助设备制造商、终端设备用户更好地认识和理解设备抗电压暂降的能力和对设备抗电压暂降的免疫力的要求。因此，译者历时两年将该报告英文原版翻译成中文并刊印成书出版，希望能为国内同行分析和治理工业过程中的电压暂降影响提供有益的参考。

本书由广州供电局有限公司电力试验研究院、四川大学和国家电网四川电力科学研究院联合翻译。由广州供电局有限公司电力试验研究院莫文雄院长担任翻译组组长，四川大学博士生导师肖先勇教授、广州供电局有限公司电力试验研究院王勇总工程师担任翻译组副组长，主要翻译人员还有：广州供电局有限公司马智远、刁卓朋、许中、栾乐、王劲、王红斌、周凯、郭倩雯、伍衡、张群峰、徐策、崔晓飞、崔屹平、肖天为、冯健忠、黄向成、陈小倩、陈俊、覃煜、蒋健、刘俊翔、陈国炎、雷超平、彭和平、孔令明、王海靖、刘田，四川大学黄瑞、汪颖、郑子萱、何函洋、林瑞星、张姝，四川电力科学研究院常晓青，南京国臣信息自动化技术有限公司陈文波等。

编 者
2018 年 10 月

目 录

摘要	1
1 引言与范围	5
2 电压暂降的描述	7
2.1 引言	7
2.2 电压暂降的测量	7
2.3 典型电压暂降	8
2.4 现有电压暂降描述方法	9
2.5 电压暂降可选择的描述方法	10
2.5.1 过渡段与事件段	10
2.5.2 电压暂降的一般描述	11
2.6 不同类型的电压暂降	11
2.6.1 事件前段	11
2.6.2 包含一个过渡段的暂降事件	12
2.6.3 包含两个过渡段的暂降事件	13
2.6.4 故障引起的暂降的电压恢复段	13
2.6.5 包含两个以上过渡段的暂降事件	15
2.6.6 电压暂升	18
2.6.7 电压暂降与中断的组合	19
2.6.8 多重暂降事件	20
2.6.9 相对长持续时间的事件	21
2.6.10 短时中断	21
2.7 事件段的特征	22
2.7.1 电压暂降持续时间	23
2.7.2 电压暂降幅值	23
2.7.3 相位角	24
2.7.4 三相不平衡	24
2.7.5 波形畸变	25
2.8 过渡段特征	25
2.8.1 波形点(point-on-wave)	25
2.8.2 电压变化率	25

2.8.3	阻尼振荡	26
2.8.4	多级暂降的开始和结束	27
2.9	在电网内传播过程中暂降特征的变化	29
2.9.1	变压器绕组连接引起的事件段的变化	29
2.9.2	由电动机负荷和发电机引起的事件段变化	31
2.9.3	过渡段内的变化	31
2.10	电压暂降特征量的总结	32
2.11	参考文献	33
附录 2A	三相系统电压暂降分类	35
附录 2B	根据测量提取电压暂降类型	39
3	设备与过程电压暂降免疫力评估	42
3.1	引言	42
3.2	设备免疫力	42
3.2.1	接触器	43
3.2.2	直接连接感应电机	46
3.2.3	可调速驱动装置 ASD(adjustable speed drives)	48
3.2.4	晶闸管控制装置	55
3.2.5	可编程逻辑控制器	56
3.2.6	个人计算机	59
3.2.7	配电系统与设备	61
3.3	过程免疫力	61
3.3.1	引言	61
3.3.2	过程属性	62
3.3.3	过程免疫时间概念	63
3.3.4	采用过程中断事件选择适当的抑制策略	65
3.3.5	PIT 过程中集成暂降水平	67
3.3.6	评估设备特性的流程图	67
3.3.7	例 1——制药厂 HVAC 系统	68
3.3.8	例 2——空气压缩机冷却塔系统	70
3.4	结论	72
3.5	参考文献	72
4	设备免疫力性能与符合性测试	76
4.1	引言	76
4.2	电压暂降特征	76
4.3	设备免疫力性能测试	76
4.3.1	电压暂降免疫力性能测试目的	77
4.3.2	电压耐受曲线(VTC)	77
4.3.3	绘制电压耐受曲线所需信息	78
4.3.4	电压耐受曲线的局限性	79

4.3.5 其他的电压暂降特征	79
4.3.6 多重暂降事件	79
4.4 单相设备暂降免疫力性能测试	80
4.5 三相设备暂降免疫力性能测试	80
4.5.1 电压耐受曲线	80
4.5.2 三相设备性能测试的暂降类型	80
4.5.3 刻画第Ⅰ类暂降响应的测试向量	81
4.5.4 刻画第Ⅱ类暂降特征响应的测试向量	82
4.5.5 刻画三相设备对第Ⅲ类暂降响应特性的测试向量	83
4.6 设备电压暂降免疫力性能测试的总结	83
4.6.1 单相设备	83
4.6.2 三相设备	83
4.7 设备电压暂降免疫力符合性测试	84
4.7.1 单相设备电压暂降免疫力符合性测试	84
4.7.2 三相设备电压暂降免疫力符合性测试	84
4.7.3 现有 IEC 暂降符合性标准	84
4.8 结论	85
4.9 参考文献	86
附录 4A 相位跳变和电压暂降免疫力测试	87
附录 4B 三相设备电压暂降免疫力测试	90
5 电压暂降免疫力的经济性	93
5.1 引言	93
5.2 设定暂降免疫力要求所需的数据	93
5.3 电压暂降频次与特征	93
5.4 根据设备故障或失效得到的经济损失	94
5.4.1 设备故障或失效	94
5.4.2 设备故障的经济后果	95
5.5 提升设备电压暂降免疫力的成本	100
5.6 单台设备缓解方案的选择	100
5.7 建立电压暂降免疫力水平标准	101
5.7.1 现有标准	101
5.7.2 电压暂降免疫力水平在标准中的经济权衡	102
5.7.3 标准化选择暂降免疫力水平	102
5.8 总结	103
5.9 参考文献	103
6 统计	106
6.1 数据收集	106
6.1.1 调查范围	106
6.1.2 相间(线)或相对中性点(相)电压的争论	107

6.1.3	监测数据的适用性	107
6.1.4	监测数据的局限性	107
6.2	每个数据源的主要特征	108
6.2.1	西班牙电网公司——恩德萨(ENDESA)	108
6.2.2	葡萄牙电网公司——EDP	108
6.2.3	南非电网公司——艾斯康(ESKOM)	108
6.2.4	英国电网公司——苏格兰电力(Scottish Power)	108
6.2.5	加拿大电网公司——魁北克水电公司(Hydro - Quebec)	108
6.2.6	美国公司——国际商用机器公司(IBM)	109
6.3	算法	109
6.3.1	相对地 RMS 电压转换为相间 RMS 电压[$p2n2p$]	109
6.3.2	按照第 I、II、III 类进行暂降分类	112
6.3.3	与 IEC 标准测试向量比较	112
6.4	统计图表	114
6.5	高压和中压节点	115
6.5.1	高压/中压 95% 最佳节点等高线图, “许多(MANY)”范围	115
6.5.2	高压/中压 90% 最佳节点等高线图, “许多(MANY)”范围	120
6.5.3	高压/中压 75% 最佳节点等高线图, “许多(MANY)”范围	125
6.5.4	高压/中压 50% 最佳节点等高线图, “许多(MANY)”范围	130
6.5.5	高压/中压 25% 最佳节点等高线图, “许多(MANY)”范围	135
6.6	低压节点	140
6.6.1	低压 95% 最佳节点等高线图, “所有(ALL)”范围	141
6.6.2	低压 90% 最佳节点等高线图, “所有(ALL)”范围	141
6.6.3	低压 75% 最佳节点等高线图, “所有(ALL)”范围	142
6.6.4	低压 50% 最佳节点等高线图, “所有(ALL)”范围	142
6.6.5	低压 25% 最佳节点等高线图, “所有(ALL)”范围	143
6.6.6	低压 95% 最佳节点等高线图, “许多(MANY)”范围	144
6.6.7	低压 90% 最佳节点等高线图, “许多(MANY)”范围	145
6.6.8	低压 75% 最佳节点等高线图, “许多(MANY)”范围	147
6.6.9	低压 50% 最佳节点等高线图, “许多(MANY)”范围	149
6.6.10	低压 25% 最佳节点等高线图, “许多(MANY)”范围	151
6.7	从数据库得到的结论	153
6.8	对矩形暂降的分析	155
6.9	参考文献	156
7	电压暂降免疫力分类与应用	158
7.1	引言	158
7.2	设备电压暂降免疫力和设备性能分类: 电压暂降免疫力标签	159
7.2.1	设备电压暂降免疫力分类	160
7.2.2	电压暂降免疫力等级选择的讨论	162

7.2.3	解释电压暂降统计值、免疫力分级和设备跳闸次数	164
7.2.4	设备性能标准	166
7.2.5	电压暂降免疫力标签	166
7.2.6	设备的规定	167
7.2.7	制造商的电压暂降测试和文件要求	167
7.3	过程电压暂降免疫力评估与改进	167
7.3.1	第一步：分析接入点电压暂降水平与严重程度	167
7.3.2	第二步：过程性能要求	170
7.3.3	第三步：过程免疫力要求	171
7.3.4	第四步：过程免疫力时间(PIT)	172
7.3.5	第五步：设备应具有的免疫力等级	173
7.3.6	第六步：设备或抑制装置/措施的选择	175
7.4	参考文献	175
附录 7A	描述电压暂降统计特征的等高线图	177
附录 7B	电压暂降免疫力标签的简单规定	181
附录 7C	暂降免疫力评估与改进：连续工业过程的案例	186
附录 7D	测试的文件要求	205
8	进一步研究的需要	207
8.1	第2章：电压暂降的描述	207
8.2	第3章：设备与过程电压暂降免疫力评估	207
8.3	第4章：设备免疫力特征与符合性测试	208
8.4	第5章：电压暂降免疫力的经济性	208
8.5	第6章：统计	209
8.6	第7章：电压暂降免疫力分类与应用	209
8.7	其他电能质量扰动	209
9	结论	210
9.1	第2章：电压暂降的描述	210
9.2	第3章：设备与过程电压暂降免疫力评估	210
9.3	第4章：设备免疫力特征与符合性测试	210
9.4	第5章：电压暂降免疫力的经济性	211
9.5	第6章：统计	211
9.6	第7章：电压暂降免疫力分类与应用	211

摘要

电压暂降是电压幅值(有效值)短时间内下降并自动恢复的事件,其典型持续时间为几个工频周期到几秒。之所以重视电压暂降问题,是因为电压暂降是给终端用户设备造成影响的重要原因,电压暂降可能造成工业过程故障或停机,导致重大经济损失。

导致电压暂降的根本原因是电流幅值在短时间内增大,然后自动消失,用户更关心由短路或接地故障引起的电压暂降。

本报告给出了 CIGRE/CIRED/UIE 联合工作组 C4.110(下文简称工作组)的研究成果,C4.110 工作组的目标是,增进对设备与供电网之间兼容性的理解。该工作组成立于 2006 年,并一直工作到 2009 年 1 月。工作组研究了大量设备和装置抵御电压暂降的免疫力特性,并指出了尚需进一步研究的问题。供电网与设备或装置之间的兼容性,可通过许多途径得到改善,如:电网改造、在敏感设备与电网连接点安装抑制设备,以及提升设备和装置的电压暂降免疫力等。本报告仅强调了最后一种提升设备兼容能力的方式,值得注意的是,这种方式是否是最佳方式,在本报告中,未发表任何意见。

1. 电压暂降的描述

工作组对电压暂降的不同属性和特征给出了详细描述,该描述方法将电压暂降时的电压波形划分为:暂降前、暂降中和电压恢复等几个阶段的电压波形,特别强调了三相暂降特征和特定场景下电压暂降的非矩形特征。

基于提出的详细描述方法(分割法),对电压暂降特征进行了总结,这些特征可用作设备制造商和研发人员进行新设备研发时的特征清单。对于三相系统的电压暂降,工作组接受基于电压幅值明显降低的相数的分类方法,第 I、II、III 类暂降分别对应于 1、2、3 相电压(相对中性点电压)幅值明显降低的情况。

需要指出的是,测量相电压可以得到更多信息,但在中压和高压电网中,电压暂降的统计更多采用线电压,仅以相电压连接负荷的低压电网(在很多国家很常见)应以相电压为基础进行电压暂降统计。

2. 设备与过程免疫力评估

工作组给出了不同类型设备抵御电压暂降的免疫力的综述,并以定量方式给出了电压暂降特征(幅值、持续时间和其他特征)对设备免疫力的影响。

工作组采用了新概念——“过程免疫时间”,区分了设备故障和过程故障,这样的区分有利于更经济地评估电压暂降对工业设备的影响。为了分析整个过程,发现单个设备或过程中某部分的免疫时间,工作组提出了一种新的评估方法。

3. 免疫力测试与特征描述

工作组对性能测试(characterization testing)和符合性测试(compliance testing)做了仔细区分,给出了刻画设备电压暂降免疫力的指南。工作组提议将设备的免疫力表示为电压耐

受曲线(voltage tolerance curve, VTC), 这是设备制造商和用户就电压暂降免疫力进行沟通的一种简单方法。

工作组推荐, 符合性测试仅包括剩余电压(幅值)和持续时间两个电压暂降特征。基于目前已有认知, 工作组没有发现充分的理由进行包括相位跳变、波形点等其他特征的额外测试。

为了进行三相设备性能测试, 工作组推荐, 免疫力用本报告中引入的三类电压暂降中每类电压暂降的电压耐受曲线(VTC)表示。工作组认为, 精确再现这些电压暂降类型可能是不切实际的。工作组不能争辩或反对任何方法, 因为缺少关于任何方法评估设备与系统间的兼容性明显不精确的信息。对于三相设备符合性测试, 工作组推荐对第Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ类电压暂降进行测试。本报告给出的统计数据表明, 大量电压暂降是第Ⅲ类暂降(平衡暂降)。但是, 由于缺乏关于在符合性测试中包括第Ⅲ类暂降的经济后果的数据, 工作组没有提供关于第Ⅲ类暂降应以怎样的形式包含在符合性测试中的建议。

4. 电压暂降免疫力经济性

电压暂降免疫力已有定性方式的描述。通过校准对所有设备的暂降免疫力和免疫力要求进行了区分。单个装置的电压暂降免疫力经济性容易理解, 但对于特定装置, 数据并非总能获得。本报告给出了量化单个装置电压暂降免疫力经济性的步骤。

迄今为止, 制定设备电压暂降免疫力经济性全球标准尚难以实现。工作组讨论得出了涉及经济学的高级描述。工作组认为, 无论对于单个装置还是对于影响所有设备的电压暂降免疫力要求, 在选恰当的电压暂降免疫力时, 经济性都扮演了重要角色。

5. 电压暂降统计

已经建立了全球电压暂降统计数据库, 该数据库包括对几个洲几个国家的电压暂降数据的统计。该数据库使工作组对平衡与非平衡电压暂降的比例、不同地区电压暂降次数的变化、不同设备电压暂降免疫力的适当性、三相测试向量的特征, 以及其他与电压暂降相关的问题有了新认识。

数据库分析结果表示为一组第Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ类电压暂降的等高线图。在不同位置, 等高线图明显不同, 因此, 可用百分数法描述最坏、中等等情况的节点。

6. 电压暂降免疫力等级及应用

引入了大量电压暂降免疫力等级和相关曲线, 这些等级可以进一步简化设备制造商与设备终端用户对电压暂降免疫力的沟通和交流, 同时使得终端用户有足够的进行设备选择。提出了每个等级的测试水平(对三类暂降中的每一类电压暂降, 持续时间与电压幅值的组合)。

工作组强调, 性能标准(performance criteria)(电压暂降引起中断后, 设备如何恢复)是继免疫力要求之后的又一个重要概念。提出三个性能标准: 完全正常运行、自动恢复和人工恢复。引入电压暂降免疫力标签, 该标签综合了特定设备带性能标准的暂降免疫力等级。

最后, 介绍了一种基于电压暂降免疫力标签的系统方法, 用于选择电气设备, 以确保工业过程所需的暂降免疫力水平。

7. 未来的工作

工作组做了大量工作, 但仍有很多问题尚未涉及, 而且围绕工作组已开展的工作, 很

多新问题不断出现。最后，由于缺少信息和数据资源，还有很多问题，工作组尚未开展研究。在本报告中，根据工作组的意见，提出了未来值得进一步关注的一些问题。未来值得开展的一些工作，在很大程度上近似于学术性研究，还需开展其他案例性实际工作，或成立新的工作组。

例如：工作组提出的方法还需进一步实际验证，短时多重电压暂降对设备的影响需要进一步研究，在性能测试和符合性测试中用到的三种电压暂降类型还需进一步研究。UIE 将负责开始一个新的工作组，负责宣传 C4.110 工作组已取得的成果和开展新的研究。

缩写列表:

ASD: adjustable speed drive 可调速驱动

HVAC: heating, ventilation and air-conditioning 暖通空调

DOL: direct on line(with reference to induction motors)直接联网设备(如: 感应电机)

PIT: process immunity time 过程免疫时间

PCS: plant control system 工厂控制系统

UPS: uninterruptible power supply 不间断电源

PLC: programmable logic control 可编程逻辑控制器

EUT: equipment under test 受试设备

PCC: point of common coupling 公共联结点

IEC: International Electrical Committee 国际电工委员会

1 引言与范围

电压暂降是电压幅值的短时下降，其典型持续时间通常为几周波至几秒。关注电压暂降的主要原因是由于它们对终端用户设备的影响。工业生产过程可能因电压暂降故障发生或停机，造成巨大经济损失。

电压暂降由短时电流幅值增大引起，而由短路或接地故障引起的电压暂降是最受用户关心的问题。

本报告给出了由 CIGRE^①、CIRED^② 和 UIE^③ 等组成国际工作小组 (C4.110) 的研究成果，目的在于增进对设备与供电网之间的兼容性的理解。该工作组成立于 2006 年，工作一直持续到 2009 年 1 月。工作组研究了设备和装置抵御电压暂降的免疫力的多方面内容，同时提出了还值得研究的多个领域。设备或装置与供电网之间的兼容性可以通过多种方式得到提升，如：电网改造、在电网和设备之间安装抑制设备，以及提高设备和装置的电压暂降免疫力。本报告仅强调了最后一种改进兼容性的方法，对于该方法是否就是最好的方法，本报告不发表任何意见。

本报告第 2 章对电压暂降给出了详细描述，描述方法超越了 IEC 61000-4-30、EN 50160、IEEE 1346 及其他标准对电压暂降进行的单一幅值-持续时间描述。第 2 章给出了在新设备的设计或开发阶段可使用的“电压暂降特征一览表”，通过这样的方式，未来的设备能通过设计更好地抵御电压暂降。

第 3 章给出了单个设备抵御电压暂降的免疫力的综述，给出了同类型不同设备免疫力的差异。第 3 章还给出了在不需要提升单个设备免疫力的前提下，使工业过程更好抵御电压暂降的系统性方法。基于设备免疫力和过程免疫力之间的差异，本章引入了过程免疫时间这一新概念。本章提出的方法也提供了一个可以使过程更好抵御电压暂降的指南。

第 4 章使用第 2 章和第 3 章提供的信息，选择设备电压暂降免疫力测试所需电压暂降特征。根据测试目标进行电压暂降特征选择。符合性测试 (compliance testing) 由经认定的测试实验室进行，证明设备符合行业、国家和国际标准。这将涉及有限数量的经明确定义的测试。性能测试的目标是，获得一定电压暂降特征范围内的电压暂降过程中更多的设备性能信息，将包括更多测试，但没对测试要求做更详细规定。性能测试是设备制造商和设备用户之间进行信息交流的一种方式。掌握暂降过程中的设备性能，有助于工业用户更恰当地选择设备。

第 5 章对电压暂降免疫力测试的经济性进行了讨论。在行业、国内和国际标准中选择

① International Council on Large Electric Systems, 国际大电网会议, <http://www.cigre.org>.

② International Conference on Electricity Distribution, 国际供电会议, <http://www.cired.be>.

③ International Union for Electricity Applications, 国际电力应用联盟, <http://www.uie.org>.

免疫力目标和免疫力测试，应该充分考虑对投资人的经济影响。

第6章包含可获得的电压暂态统计结果。本次调查没有获得新的统计结果，但不同于过去从各个研究中获得结果，这次的数据源来自于一个数据库。分析结果以暂降统计的方式给出，可以与从性能测试中得到的设备性能进行比较。

第7章综合了各章结果，引入了大量基于电压暂降免疫力的设备等级，这些等级是基于第6章的统计。继引入暂降免疫力等级之后，又提出一个电压暂降免疫力标签，其中包括对性能标准的要求。提出一种用于为工业过程选择设备的总体方法，该方法综合了过程免疫时间、电网暂降特性信息和电压暂降免疫力标签。

2 电压暂降的描述

2.1 引言

由于电压暂降发生在电力系统和用户设备端，本章给出单个电压暂降事件的描述，主要目的是给出比采用单一电压幅值和单一持续时间值进行描述更详细的描述方法。这样的方法可更好地理解和改进不同类型设备对不同电压暂降事件的敏感性相关因素与参数，由此，有助于终端用户、设备设计者和电气设备制造商以简单、统一、直观和可重复的方式量化、测试和比较设备性能，尤其是规定耐受限制和阈值。但是，基于详细测量的电压暂降定义，如 IEC 61000-4-30^[1] 提到的剩余电压和持续时间定义，在这里不作讨论，虽然工作组认识到需要基于详细测量的定义，并鼓励在此方向不断发展，但这些定义的发展不在本报告的范围内。

基于一个暂降幅值(剩余电压或深度)和一个持续时间的电压暂降事件进行描述，如参考文献[1]，通常适合作为量化、基准和交换关于电力系统电压暂降信息的第一步，但是，这样简单的描述不能清晰地区分更大范围内的电压暂降，更重要的是，这些暂降对不同类型设备的影响和作用不同。本章提出的电压暂降描述方法，并不打算取代参考文献[1]推荐的方法或任何其他方法。相反，本章提出方法的目的是，结合后面章节中将引入的附加电压暂降特征，更详细地描述单一电压暂降事件。

2.2 电压暂降的测量

电压暂降是指电压幅值降低到低于电压暂降阈值^①，持续时间从几个周波到几秒^②的事件。在单相系统中和接入该系统的单相设备端，仅需要测量一个电压——供电电压，也就是设备端子两端的电压。

在三相系统或三相设备端，应该测量由三相电压构成的一组电压，以得到电压暂降事件的完整信息。这组电压可能是一组三个相对中性点电压，也可能是一组三个线电压，或者是一组三个相对地电压，输入到测试仪的每个电压被称作一个“电压通道”。在本章后

① 最常见的电压暂降幅值阈值是额定电压的 90%。为了合同的目的，电压暂降阈值可以设置在较低值。

② 幅值为电压有效值的电压暂降的最小持续时间是半个周期。电压暂降持续时间的上限通常用来区分电压暂降和欠电压，并且可以长达几分钟。