



中华人民共和国国家标准

GB/T 30137—XXXX

电能质量 电压暂升、电压暂降与短时中断

Power quality — voltage swells, voltage dips and short interruptions

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 电压暂升、电压暂降与短时中断事件统计及推荐指标	3
5 电压暂升、电压暂降与短时中断的检测	5
6 电压暂升、电压暂降与短时中断的监测	8
7 电压暂升、电压暂降与短时中断的评估	9
附录 A （资料性）电压容忍曲线.....	10
附录 B （资料性）临界距离与暂降域.....	12
参考文献	16

前 言

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替GB/T 30137-2013《电能质量 电压暂降与短时中断》，与GB/T 30137-2013相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 增加“电压暂升”及相应内容（见第1章、3.1、3.2、3.5、3.6、3.7、3.8、3.13、3.15、第4章、第6章、第7章）；
- b) 更改了术语“阈值”的定义（见3.5，2013年版的3.3）；
- c) 更改了术语“持续时间”的定义（见3.6，2013年版的3.4）；
- d) 更改了术语“相位跳变”的定义（见3.7，2013年版的3.5）；
- e) 更改了术语“暂降深度”的定义（见3.12，2013年版的3.10）；
- f) 增加了术语“电压暂降起始角”及定义（见3.17）；
- g) 增加了术语“电压暂降耐受特性”及定义（见3.18）；
- h) 增加了“电压暂升事件统计表”（见表1）；
- i) 更改了1min内发生的数次电压暂升、电压暂降（短时中断）事件归并统计持续时间的取法规则（见表1、表2的注，2013年版的表1填写说明b））；
- j) 增加了“频次指标”（见4.2.2）；
- k) 增加了“严重度指标”（见4.2.3）；
- l) 增加了“电压暂升/暂降能量指标”（见4.2.4）；
- m) 更改了5.1标题的表述（见5.1，2013年版的5.1）；
- n) 增加了“特征参数取值方法”，并将2013年版的有关内容修改后纳入（见5.2，2013年版的7.2）；
- o) 增加了“事件检测”，并将2013年版的有关内容修改后纳入（见5.3，2013年版的5.2）；
- p) 增加了“电压暂降起始角与相位跳变检测”（见5.4）；
- q) 增加了A级性能监测仪器的采样率要求（见6.1，2013年版的6.1）；
- r) 增加了监测仪器功能要求（见6.2.1.2，2013年版的6.2.1.2）；
- s) 更改了记录存储功能要求（见6.2.1.3，2013年版的6.2.1.3）；
- t) 更改了监测要求（见6.3，2013年版的6.3）；
- u) 更改了电压暂升、电压暂降与短时中断的评估方法（见第7章，2013年版的第7章）。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国电压电流等级和频率标准化技术委员会（SAC/TC1）提出并归口。

本文件主要起草单位：

本文件参加起草单位：

本文件主要起草人：

本文件参加起草人：

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——2013年首次发布为GB/T 30137-2013；

——本次为第一次修订。

电能质量 电压暂升、电压暂降与短时中断

1 范围

本文件规定了电压暂升、电压暂降与短时中断的指标及测试、统计和评估方法。
本文件适用于交流50Hz电力系统。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 17626.30 电磁兼容 试验和测量技术 电能质量测量方法
GB/T 19862 电能质量监测设备通用要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电压暂升 voltage swell

电力系统中某点工频电压方均根值突然升高至 1.1~1.8p.u.，并在短暂持续 0.5 周波~1min 后恢复正常的现象。

3.2

电压暂升幅值 magnitude of voltage swell

电压暂升过程中记录的电压方均根值的最大值。

3.3

电压暂降 voltage dip (sag)

电力系统中某点工频电压方均根值突然降低至 0.1~0.9p.u.，并在短暂持续 0.5 周波~1min 后恢复正常的现象。

3.4

短时中断 short interruption

电力系统中某点工频电压方均根值突然降低至 0.1p.u.以下，并在短暂持续 0.5 周波~1min 后恢复正常的现象。

3.5

阈值 threshold

用于判断电压暂升、电压暂降或短时中断开始和结束而设定的电压幅值。

3.6

持续时间 duration

电压暂升、电压暂降或短时中断事件从起始到结束所用的时间。

3.7

相位跳变 voltage phase shift

电压暂升或电压暂降事件发生时刻前后，电压和/或电流波形在时间轴上相对位置的突然变化，以角度或弧度表示。

3.8

频次 frequency; occurrence frequency

一定时间内电压暂升、电压暂降或短时中断事件发生的次数。

注：可通过监测、评估或其他方式，进行频次的考查，一般考查周期为1年。可考察一个节点的事件频次，也可考查一个区域电网总的事件频次。

3.9

半周波刷新电压方均根值 RMS voltage refreshed each half-cycle

$$U_{\text{rms}(1/2)}$$

测量数据窗口为一周波的电压方均根测量值，每半个周波更新一次。

3.10

每周波刷新电压方均根值 RMS voltage refreshed each cycle

$$U_{\text{rms}(1)}$$

测量数据窗口为一周波的电压方均根测量值，每个周波更新一次。

3.11

残余电压 residual voltage

$$U_{\text{res}}$$

电压暂降或者短时中断过程中记录的电压方均根值的最小值。

3.12

电压暂降深度 depth of voltage dip

标称电压与残余电压的差值，用百分数或标幺值表示。

3.13

系统平均方均根值变动频率指标（SARFI 指标） System Average RMS Frequency Index

发生电压暂升、电压暂降（短时中断）事件次数的平均值，是用来反映特定时间内某系统或某单一测点电压暂升、电压暂降（短时中断）发生频度的主要量化指标。

3.14

公称输入电压 declared input voltage

$$U_{\text{din}}$$

系统标称电压除以电压互感器变比后确定的电压值。

3.15

滑动参考电压 sliding reference voltage

$$U_{\text{sr}}$$

某特定时间段内的电压幅值平均值，用以表示某一电压变化事件（如电压暂降、暂升及快速电压变化）之前的电压。

[来源：GB/T 32507-2016, 2.8.20]

3.16

迟滞电压 hysteresis voltage

起点电压阈值与终点电压阈值之间的差值。

注1：本文件中迟滞的定义和电能质量测量参数有关。该定义不同于 IEC 60050 的定义，后者的定义是与铁芯饱和度有关。

注2：在电能质量测量中引进迟滞术语的目的是为了避免参数的幅值在阈值范围附近振荡时造成事件的多次统计。

3.17

电压暂降起始角 point-on-wave of dip initiation

暂降发生时刻电压的相位。

[来源：GB/T 39269—2020，3.8]

4 电压暂升、电压暂降与短时中断事件统计及推荐指标

4.1 电压暂升、电压暂降与短时中断事件统计

电压暂升、电压暂降与短时中断事件统计表可直观地反映一段时期内，监测点电压暂升、电压暂降与短时中断事件的发生情况，主要反映事件发生的次数。若电压暂升与电压暂降（短时中断）同时发生，应分别在表 1 和表 2 中同时进行统计。表 1 为在相应的电压暂升幅值和持续时间所对应的电压暂升事件发生次数；表 2 为在相应的残余电压和持续时间所对应的电压暂降（短时中断）事件发生次数。

表 1 电压暂升事件统计表

事件统计	各持续时间对应的事件发生次数							
电压暂升幅值 ($U=U_{\max}/U_n$) (%)	$0.01s < t \leq 0.1s$	$0.1s < t \leq 0.25s$	$0.25s < t \leq 0.5s$	$0.5s < t \leq 1s$	$1s < t \leq 3s$	$3s < t \leq 10s$	$10s < t \leq 20s$	$20s < t \leq 60s$
$180 \geq U \geq 170$								
$170 > U \geq 160$								
$160 > U \geq 150$								
$150 > U \geq 140$								
$140 > U \geq 130$								
$130 > U \geq 120$								
$120 > U \geq 110$								

注：对 1min 内发生的数次电压暂升事件应归并为一次进行统计，其电压暂升幅值应取为 1min 内数次电压暂升的最大电压暂升幅值，持续时间应取为 1min 内多次电压暂升持续时间之和。

表 2 电压暂降与短时中断事件统计表

事件统计	各持续时间对应的事件发生次数							
电压暂降与 短时中断残 余电压 ($U=U_{\text{res}}/U_n$) (%)	$0.01s < t \leq 0.1s$	$0.1s < t \leq 0.25s$	$0.25s < t \leq 0.5s$	$0.5s < t \leq 1s$	$1s < t \leq 3s$	$3s < t \leq 10s$	$10s < t \leq 20s$	$20s < t \leq 60s$
$90 \geq U \geq 80$								
$80 > U \geq 70$								
$70 > U \geq 60$								
$60 > U \geq 50$								
$50 > U \geq 40$								
$40 > U \geq 30$								
$30 > U \geq 20$								
$20 > U \geq 10$								
$10 > U \geq 0$								

注：对 1min 内发生的数次电压暂降（短时中断）事件应归并为一次进行统计，其残余电压应取为 1min 内数次电压暂降（短时中断）的最小残余电压，持续时间应取为 1min 内多次电压暂降（短时中断）持续时间之和。

4.2 电压暂升、暂降与短时中断推荐指标

4.2.1 SARFI 指标

SARFI 指标用来描述一段时期内某系统或某单一测量点电压暂升、暂降或短时中断事件的发生频率。SARFI 指标包括两种形式：一种是针对某一阈值电压的统计指标 SARFI_X；另一种是针对某类敏感设备的容限曲线的统计指标 SARFI-CURVE。

a) SARFI_X

本文件中 SARFI_X 推荐采用以下两种形式，分别为利用事件影响用户数进行统计的 SARFI_{X-C} 和仅利用事件发生次数进行统计的 SARFI_{X-T}，分别如公式（1）和公式（2）所示。

$$SARFI_{X-C} = \frac{\sum N_i}{N_T} \dots\dots\dots(1)$$

式中：

X ——电压方均根阈值， X 可能的取值为 180、170、160、150、140、130、120、110、90、80、70、60、50、40、30、20、10 等，用电压方均根值占标称电压的百分数形式表示，即为 $X\%$ ；

当 $X < 100$ 时， N_i 为第 i 次事件下承受残余电压小于 $X\%$ 的电压暂降（或短时中断）的用户数；当 $X > 100$ 时， N_i 为第 i 次事件下承受电压暂升幅值大于 $X\%$ 的电压暂升的用户数；

N_T ——所评估测点供电的用户总数。

$$SARFI_{X-T} = \frac{N \times D}{D_T} \dots\dots\dots(2)$$

式中：

X ——电压方均根阈值， X 可能的取值为 180、170、160、150、140、130、120、110、90、80、70、60、50、40、30、20、10 等，用电压方均根值占标称电压的百分数形式表示，即为 $X\%$ 。

当 $X < 100$ 时， N 为监测时间段内残余电压小于 $X\%$ 的电压暂降（或短时中断）的发生次数；当 $X > 100$ 时， N 为监测时间段内暂升电压大于 $X\%$ 的电压暂升的发生次数；

D_T ——监测时间段内的总天数；

D ——指标计算周期天数，可取值 30 或 365，对应指标分别表示每月或每年残余电压小于 $X\%$ 或电压暂升幅值大于 $X\%$ 的事件平均发生次数，式中 $D \leq D_T$ 。

b) SARFI-CURVE

SARFI-CURVE 指标是统计电压暂升、暂降或短时中断事件超出某一类敏感设备容限曲线所定义的区域概率，不同的容限曲线对应不同的 SARFI-CURVE 指标。例如，对于 IT 类设备，可按 SARFI-CBEMA、SARFI-ITIC 指标统计；对于半导体类设备，可按 SARFI-SEMI 指标统计。只有在 CBEMA、ITIC 曲线包围区域外部或 SEMI 曲线上方的电压暂升或曲线下方的暂降或短时中断事件才考虑计入 SARFI-CURVE 指标。具体内容可参见附录 A。

4.2.2 频次指标

频次指标是指一定时间内电压暂升、电压暂降或短时中断事件分别发生的总次数。

4.2.3 严重度指标

严重度指标反映事件对敏感设备和用户的干扰水平。

结合设备耐受曲线进行事件严重度指标计算。单次事件的严重度指标 S_e 定义如公式 (3) 所示：

$$S_e = \frac{U_{max}^* - 1}{U_{CURVE}(T) - 1} \quad \text{或} \quad S_e = \frac{1 - U_{res}^*}{1 - U_{CURVE}(T)} \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中：

U_{max}^* ——电压暂升幅值标么值；

U_{res}^* ——残余电压标么值；

$U_{CURVE}(T)$ ——设备耐受曲线上对应持续时间 T 的事件电压暂升幅值或残余电压标么值。

4.2.4 电压暂升/暂降能量指标

能量指标反映暂升/暂降事件引起的能量增强/损失程度。

单次事件的能量指标 EI (Energy Index) 如公式 (4) 所示：

$$EI = \int_0^T \left| 1 - \left(\frac{u(t)}{U_n} \right)^2 \right| dt \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中：

$U(t)$ ——事件过程中 t 时刻对应的电压方均根值，单位为伏 (V)；

U_n ——标称电压，单位为伏 (V)；

T ——事件持续时间，单位为毫秒 (ms)。

5 电压暂升、电压暂降与短时中断的检测

5.1 电压方均根值的检测算法

5.1.1 半周波刷新电压方均根值 ($U_{rms(1/2)}$)

计算 $U_{rms(1/2)}$ 的公式 (5) 如下：

$$U_{rms(1/2)}(k) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1+(k-1)\frac{N}{2}}^{(k+1)\frac{N}{2}} u^2(i)} \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中：

N ——每周期的采样点数；

$u(i)$ ——第 i 次被采样到的电压波形的瞬时值；

K ——被计算的窗口序号 ($k=1, 2, 3, \dots$)，即第一个值是在一个周期内 (从样本1到样本 N) 获得的，下一个值则从样本 $\frac{1}{2}N + 1$ 到样本 $\frac{1}{2}N + N$ ，依次计算。

5.1.2 每周波刷新电压方均根值 ($U_{rms(1)}$)

计算 $U_{rms(1)}$ 的公式 (6) 如下:

$$U_{rms(1)}(k) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1+(k-1)N}^{kN} u^2(i)} \dots\dots\dots (6)$$

式中:

N ——每周期的采样点数;

$u(i)$ ——第 i 次被采样到的电压波形的瞬时值;

k ——被计算的窗口序号 ($k=1, 2, 3, \dots$), 即第一个值是在一个周期内 (从样本 1 到样本 N) 获得的, 下一个值则从样本 $N+1$ 到样本 $2N$, 依次计算。

5.2 特征参数取值方法

5.2.1 特征参数

用统一的采样速率和方法采集评估对象电压, 并确定电压暂升、暂降与短时中断的事件特征参数, 包括电压暂升的最大暂升电压幅值(U_{max})、持续时间; 电压暂降的残余电压(U_{res})或深度、持续时间; 短时中断的残余电压(U_{res})、持续时间等。

5.2.2 电压暂升特征参数的取值方法

最大电压暂升幅值(U_{max})取电压暂升过程中任一通道上测得的 U_{rms} 最大值。电压暂升的开始时间应为触发事件通道 U_{rms} 的边沿时标, 电压暂升的结束时间应为终止事件 U_{rms} 的边沿时标, U_{rms} 由阈值和迟滞电压之差来确定。电压暂升的持续时间取从电压暂升起始到结束的时间差。

注 1: 对于多相系统测量, 电压暂升持续时间的测量可能开始于其中一个通道, 而结束于另一个通道。

注 2: 电压暂升的包络曲线并不一定是矩形, 对于一个给定的电压暂升, 测量的持续时间取决于暂升阈值。

注 3: 迟滞电压通常为 U_{din} 的 2%。

注 4: 暂升阈值通常大于或等于 U_{din} 的 110%。

注 5: 在电压暂升过程中也可能会出现相位移。

注 6: 当超过阈值时, 可记录一个时间标记。

5.2.3 电压暂降特征参数的取值方法

残余电压取暂降过程中任一通道上测得的最低 U_{rms} 值。深度取 U_{din} 和 U_{res} 之间的差值。通常用 U_{din} 的百分比表示。电压暂降的开始时间应为触发事件通道 U_{rms} 的边沿时标; 电压暂降的结束时间应为终止事件 U_{rms} 的边沿时标, U_{rms} 由阈值与迟滞电压之和来确定。电压暂降的持续时间取从电压暂降起始到结束的时间差。

注 1: 对于多相系统测量, 电压暂降持续时间的测量可能开始于其中一个通道, 而结束于另一个通道。

注 2: 电压暂降的包络曲线并不一定是矩形, 对于一个给定的电压暂降, 测量的持续时间取决于暂降阈值。可使用多个暂降阈值 (在电压暂降和电压中断阈值范围内设定) 来估计电压暂降的包络曲线。

注 3: 迟滞电压通常为 U_{din} 的 2%。

注 4: 在故障检修或统计分析中的应用, 暂降阈值通常为固定参考电压的 85%~90%。

注 5: 残余电压通常对终端用户有用, 同时因为残余电压是参考零电位, 所以可能被优先加以利用。相比之下, 深度通常对电气供应方有用, 尤其是高压系统或者当使用滑动参考电压时。

注 6: 在电压暂降过程中可能会出现相位移。

注 7: 当超过阈值时, 可记录一个时间标记。

注 8：滑动参考电压的计算：

滑动参考电压是可选择的，不作要求。如果滑动参考电压用于检测电压暂降，应该用时间常量为 1min 的一阶滤波器计算滑动参考电压。滤波器计算公式(5)如下：

$$U_{sr(n)} = 0.9967 \times U_{sr(n-1)} + 0.0033 \times U_{(10)rms} \dots\dots\dots (7)$$

式中：

$U_{sr(n)}$ ——滑动参考电压的当前值；

$U_{sr(n-1)}$ ——滑动参考电压的前一个值；

$U_{(10)rms}$ ——最近一个 10 周期的 rms 值。

测量开始时，滑动参考电压的初始值设置为公称输入电压。滑动参考电压值每 10 个周期更新一次。如果某 10 周期带有标记，则滑动参考电压值不会更新，仍使用滑动参考电压的前一个值。

5.2.4 短时中断特征参数的取值

残余电压取短时中断过程中任一相上测得的最低 U_{rms} 值。短时中断的开始时间应为记录启动事件通道的 U_{rms} 值的结束时间，短时中断的终止时间应为记录中断过程结束 U_{rms} 值的结束时间， U_{rms} 值由阈值和迟滞电压之和决定。迟滞电压大小可由用户根据用途设定。短时中断的持续时间取从电压中断起始到结束的时间差。

注：在多相系统中，其中一个或多个相电压的中断对于连接到该系统的单相用户来说意味着一次短时中断，即使这种情况并不能归为多相系统的短时中断。

5.3 事件检测

5.3.1 阈值设定

电压暂升的阈值一般设置为 1.1p.u.，电压暂降的阈值一般设置为 0.9p.u.，短时中断的阈值一般设置为 0.1p.u.。

5.3.2 电压暂升的检测

单相系统中，当 $U_{rms(1/2)}$ 或 $U_{rms(1)}$ 高于暂升阈值时，电压暂升开始；当 $U_{rms(1/2)}$ 或 $U_{rms(1)}$ 等于或者低于暂升阈值与迟滞电压之和时，电压暂升结束。多相系统中，当一相或多相的 $U_{rms(1/2)}$ 或 $U_{rms(1)}$ 高于暂升阈值时，电压暂升开始；当所有相的 $U_{rms(1/2)}$ 或 $U_{rms(1)}$ 等于或者低于暂升阈值与迟滞电压之和时，电压暂升结束。

5.3.3 电压暂降的检测

单相系统中，当 $U_{rms(1/2)}$ 或 $U_{rms(1)}$ 低于暂降阈值时，电压暂降开始；当 $U_{rms(1/2)}$ 或 $U_{rms(1)}$ 等于或者高于暂降阈值与迟滞电压之和时，电压暂降结束。多相系统中，当一相或多相的 $U_{rms(1/2)}$ 或 $U_{rms(1)}$ 低于暂降阈值时，电压暂降开始；当所有相的 $U_{rms(1/2)}$ 或 $U_{rms(1)}$ 等于或者高于暂降阈值与迟滞电压之和时，电压暂降结束。

5.3.4 短时中断的检测阈值

检测短时中断的阈值一般依据短时中断的定义设置为 0.1p.u.。单相系统中，当 $U_{rms(1/2)}$ 或 $U_{rms(1)}$ 低于短时中断阈值时，短时中断开始；当 $U_{rms(1/2)}$ 或 $U_{rms(1)}$ 等于或者高于短时中断阈值与迟滞电压之和时，短时中断结束。多相系统中，当一相或多相的 $U_{rms(1/2)}$ 或 $U_{rms(1)}$ 低于短时中断阈值时，短时中断开始；当所有相的 $U_{rms(1/2)}$ 或 $U_{rms(1)}$ 等于或者高于短时中断阈值与迟滞电压之和时，短时中断结束。

5.4 电压暂降起始角与相位跳变检测

5.4.1 电压暂降起始角的检测

电压暂降起始角检测算法见公式 (8):

$$\alpha = \frac{\Delta n}{N} \times 360^\circ \dots\dots\dots (8)$$

式中:

- α ——电压暂降起始角;
- Δn ——暂降起始点到该点前第一个向上过零点之间的采样点数;
- N ——每周期采样点数。

5.4.2 相位跳变的检测

相位跳变的检测方式为暂降发生后第一个过零点相位 ϕ_a 和暂降发生前最后一个过零点相位 ϕ_b 之间的差值。其检测算法为: 对于 m 点实测电压暂降信号, 相位跳变可由下公式 (9) 计算而得:

$$\varphi_i = [n_i - n_1 - (i-1) \frac{N}{2}] \frac{360^\circ}{N}, i = 1, 2, L, m \dots\dots\dots (9)$$

式中:

- φ_i ——暂降信号的第 i 个过零点的相位跳变值;
- n_i ——过零点的采样点序号;
- N ——一个周期内的采样点数目。

6 电压暂升、电压暂降与短时中断的监测

6.1 监测仪器的分类

监测仪器根据性能不同分为两类, 分别定义如下:

A 级性能——能精确测量残余电压、相位跳变及持续时间等主要参数, 每个测量通道均能测量半周波刷新电压方均根值 ($U_{rms(1/2)}$), 具有至少记录长度不少于 1 秒的事件波形数据的记录存储功能。该级仪器适用于进行精确测量的场合, 例如标准符合性检查、解决争议、电能质量合同仲裁等, 监测仪器的采样率不应低于 25.6kHz;

S 级性能——能较精确测量残余电压及持续时间等主要参数, 每个测量通道均能测量半周波刷新电压方均根值 ($U_{rms(1/2)}$) 或每周波刷新电压方均根值 ($U_{rms(1)}$), 具有至少记录长度不少于 0.5 秒的事件波形数据的记录存储功能。该级仪器适用于电能质量调查统计、排除故障以及其他不需要较高精确度的应用场合。

应根据具体应用场合来选择合适的仪器性能等级。本文件推荐监测仪器的采样率不宜低于 6.4 kHz。

6.2 监测设备技术要求

6.2.1 基本功能

6.2.1.1 监测功能

仪器应能够进行电压暂降 (短时中断) 主要参数的监测, 包括残余电压、持续时间等。

6.2.1.2显示功能、通讯接口、权限管理功能、设置功能、统计功能

仪器应满足 GB/T 19862、GB/T 17626.30 等文件要求，并具备阈值设置功能。

6.2.1.3记录存储功能

仪器的事件波形记录应能准确还原记录时间段内的电压瞬时波形变化的过程，并包括事件发生前至少 5 个周波与事件结束后至少 20 个周波的波形。

6.2.2 仪器准确度

A 级性能仪器的电压幅值测量误差不应超过公称输入电压的 $\pm 0.2\%$ ；S 级性能仪器的电压幅值测量误差不应超过公称输入电压的 $\pm 1\%$ 。

A 级性能仪器的持续时间测量误差不应超过 1 个周期；S 级性能仪器的持续时间测量误差不应超过 2 个周期。

A 级性能仪器的相位跳变测量误差不应超过 1 度。

6.2.3 电气性能要求、正常使用条件、外壳、机械性能、安全性能、电磁兼容性（EMC）

仪器应满足 GB/T 19862 要求。

6.3 监测要求

电压暂升、电压暂降与短时中断都是突发事件，因此对其的监测需要在线长时间进行，应在需要监测的位置装设在线监测装置。

监测记录内容应包括各相事件特征、发生时刻、监测点等，并按照4.1中表1和表2要求进行事件统计。

7 电压暂升、电压暂降与短时中断的评估

7.1 概述

电压暂升、电压暂降与短时中断的评估分为节点指标和系统指标评估。根据评估任务的来源和目的确定评估对象与范围，分析指标结果、形成评估结果。必要时，应提出相应的改善措施建议。

7.2 节点指标评估

节点指标是表征一定时间（典型值为一年）内某一特定节点事件的总体特性的指标，可包括SARFI 指标、严重度指标、频次指标及能量指标，按照4.2条推荐指标的计算方法进行评估。节点指标可用于敏感设备和供电电源之间的兼容性评估，不同地方的节点指标可为敏感负荷安装地点的选择提供帮助，并可为当地用户提供电压质量方面信息。

7.3 系统指标评估

系统指标是表征一定时间内整个或某区域电网电压暂降事件的总体特性的指标，应采用全部监测点的节点指标计算系统的推荐指标，在进行节点指标计算后，对于表1的形式可考虑将监测点的节点指标累计求平均值或95%概率大值来计算区域电网系统指标。系统指标需要更长的监测周期（至少一年），可用于评估计及电压暂升、暂降和短时中断的区域电网的电能质量状况。

A
附录 A
(资料性)
电压容忍曲线

20 世纪 80 年代, 美国计算机商业设备制造者协会 (Computer Business Equipment Manufacturing Association—CBEMA, 现已改称 Information Technology Industry Council—ITIC 信息技术工业协会) 基于大型计算机对电能质量的要求, 提出了电压允许的 CBEMA 曲线 (如图 A.1 所示), 以防止电压扰动造成计算机及其控制装置误动和损坏。该曲线是根据大型计算机的实验数据和历史数据绘制的。对于其它敏感负荷的 CBEMA 曲线, 可参照该曲线并根据实际情况制定。CBEMA 改称信息技术工业协会后, 其所属的第三技术委员会对 CBEMA 曲线进行了修订后称其为 ITIC 曲线, 如图 A.2 所示。ITIC 曲线仍沿用 CBEMA 的基本概念, 即包络线内的电压为合格电压, 而包络线外的电压为不合格电压。但与 CBEMA 曲线相比, ITIC 曲线的包络线进行了修订, 将光滑曲线改为折线, 使电压幅值与持续时间有明确的对应关系; 稳态电压容限从 106% 和 87% 改为 110% 和 90%; 下包络线的起始时间从 8.33ms 改为 20ms (超过 60Hz 系统的一个周波), 表明计算机元件的断电耐受水平有了提高; 横坐标既标明秒的单位, 又标明 60Hz 系统的周波 (图 A.2 中的 c) 单位, 更具实用性。

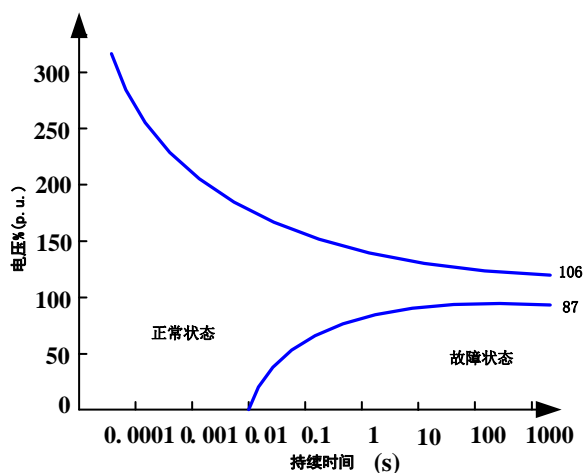


图 A.1 CBEMA 曲线

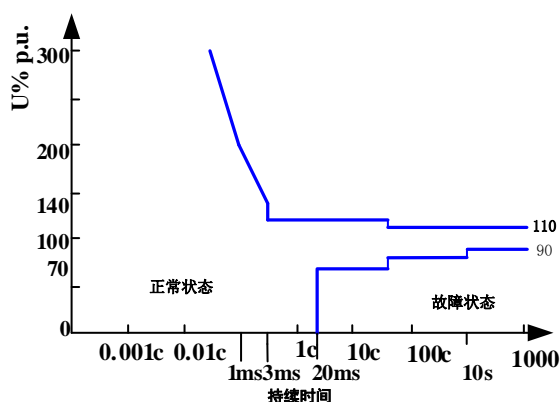


图 A.2 ITIC 曲线

国际半导体产业协会的 SEMI F47 是半导体加工设备的电压暂降抗扰力规范, 定义了半导体加工、度量、自动化测试设备的电压暂降抗扰力 (见表 A.1 和图 A.3 实线框内), 规定了持续时间从 0.05s 到 1.0s 的 60Hz 和 50Hz 工频下电压暂降容忍值。

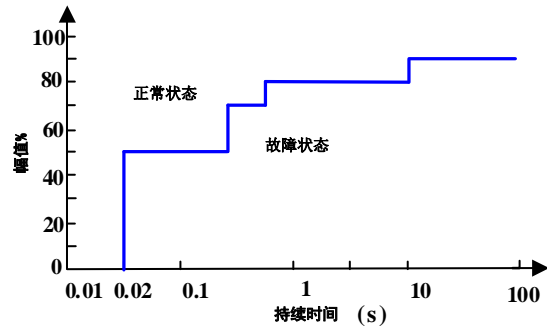


图 A. 3 SEMI F47 曲线

表A. 1 SEMI F47 电压暂降持续时间和承受值

持续时间 (s)	持续时间 (周波)		幅值 (百分比)
	周波 60Hz	周波 50Hz	
<0.05	<3	<2.5	无规定
0.05~0.2	3~12	2.5~10	50%
0.2~0.5	12~30	10~25	70%
0.5~1.0	30~60	25~50	80%
>1.0	>60	>50	无规定

A
附录 B
(资料性)
临界距离与暂降域

B 1 临界距离

临界距离，描述了当 PCC 电压降低到等于临界电压时，故障点与 PCC 之间的距离。即当故障发生在 PCC 与临界点之间时，PCC 处的敏感性负荷将受到严重影响。

B. 1. 1 辐射状配电系统的电压暂降幅值与临界距离

对于辐射状系统，可用图 B.1 所示的电压分配器电路描述。忽略负荷电流，并假设电源电压 $E=1$ ，则故障引起的 PCC 点亦即负荷端的电压暂降幅值为公式 (B.1)：

$$U_{\text{dip}} = \frac{Z_F}{Z_F + Z_S} \dots\dots\dots(B.1)$$

式中：

Z_F —— 故障点与 PCC 点之间的线路阻抗， Ω ；

Z_S —— PCC 点与电源之间的系统阻抗， Ω 。

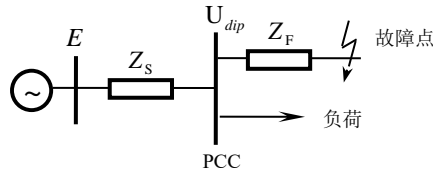


图 B.1 电压暂降的电压分配器模型

令 $Z_F = zl$ ， l 为故障点与 PCC 点之间的距离， z 为单位长度线路阻抗，则得公式 (B. 2)：

$$U_{\text{dip}} = \frac{zl}{zl + Z_S} \dots\dots\dots(B.2)$$

定义 PCC 电压降低到等于临界电压 U 时，故障点与 PCC 之间的距离为临界距离。假设线路阻抗与系统阻抗的 X/R 值相等，则由公式 (B.2) 可得临界距离 l_{crit} 的计算公式 (B.3)

$$l_{\text{crit}} = \frac{Z_S}{z} \times \frac{U}{1-U} \dots\dots\dots(B.3)$$

在临界距离 l_{crit} 内发生的相关故障将使 PCC 的敏感性负荷非正常工作。

严格地说，上式仅适用于单相系统。对于三相系统的三相故障，如果 Z_S 和 z 采用正序阻抗，上式仍可使用；对于单相故障，应采用正序、负序和零序阻抗之和，式中电压为故障相的相对地电压；对于两相故障，应采用正序和负序阻抗之和，式中电压为故障相之间的电压。

当系统与线路的阻抗均为复数时，故障引起的 PCC 点亦即负荷端的电压暂降幅值为公式 (B. 4)：

$$U_{\text{dip}} = \frac{Z_F}{Z_F + Z_S} \dots\dots\dots(B.4)$$

式中：

Z_S —— PCC 点的系统阻抗， $Z_S = R_S + jX_S$ ；

Z_F —— 故障点与PCC点之间的线路阻抗, $Z_F=zl$; 其中 l 为故障点与PCC点之间的距离, $z = r + jx$ 为单位长度线路阻抗。

可证明复阻抗时的临界距离 l_{crit} 为公式 (B.5) :

$$l_{crit} = \frac{Z_s}{z} \times \frac{U}{1-U} \left(\frac{U \cos \alpha + \sqrt{1-U^2 \sin^2 \alpha}}{U+1} \right) \dots\dots\dots(B.5)$$

式中:

$$Z_s = |R_s + jX_s|, \quad z = |r + jx|, \quad U = |\bar{U}|;$$

α —— 系统阻抗与线路阻抗在复平面上的夹角, 即阻抗角, 见公式 (B.6) :

$$\alpha = \text{tg}^{-1} \left(\frac{X_s}{R_s} \right) - \text{tg}^{-1} \left(\frac{x}{r} \right) \dots\dots\dots(B.6)$$

假设系统和线路的 X/R 值相等, 则 $\alpha = 0$, 式(B.5)可简化为公式(B.3)。尽管上述假设并不总是成立, 但在多数情况下, 用公式(B.3)计算即可得到较满意的结果, 特别是在没有足够数据计算阻抗角的情况下。

在阻抗角较大时, 按下公式 (B.7) 进行计算, 即可得到临界距离的较精确的结果。

$$l_{crit} = \frac{Z_s}{z} \times \frac{U}{1-U} [1 - U(1 - \cos \alpha)] \dots\dots\dots(B.7)$$

B 1.2 非辐射状配电系统的电压暂降幅值与临界距离

将前面所讨论的电压暂降幅值与临界距离的方法应用于非辐射状系统时, 需进行一些修正。例如, 带有负荷端自供电源的供电系统的等值电路如图 B.2 所示, 图中负荷端的暂降电压幅值由公式 (B.8) 确定:

$$(1 - U_{dip}) = \frac{Z_4}{Z_3 + Z_4} (1 - U_{pcc}) \dots\dots\dots(B.8)$$

式中:

Z_1 —— PCC点的系统阻抗;

Z_2 —— 故障点与PCC点之间的阻抗;

Z_3 —— PCC和自供电源母线间的阻抗;

Z_4 —— 自供电源的暂态电抗。

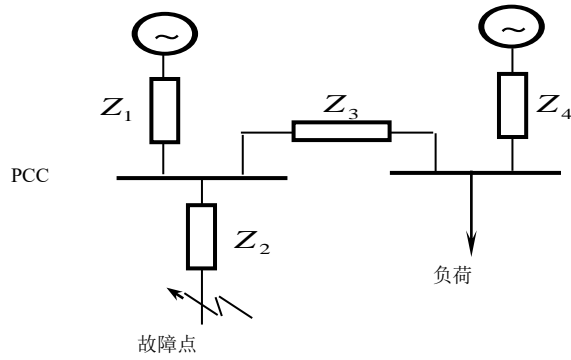


图 B.2 有负荷端自供电电源的供电系统的等值电路

忽略负荷电流，并假设两个发电机的端电压相同，可得 PCC 电压为公式 (B.9)：

$$U_{\text{PCC}} = \frac{Z_2}{Z_2 + Z_1 \parallel (Z_3 + Z_4)} \dots\dots\dots(\text{B.9})$$

因此有公式 (B.10)：

$$U_{\text{dip}} = 1 - \frac{Z_1 Z_4}{Z_2 (Z_1 + Z_3 + Z_4) + Z_1 (Z_3 + Z_4)} \dots\dots\dots(\text{B.10})$$

令 $Z_2 = z \times l$ ，临界电压为 U ，可得临界距离为公式 (B.11)：

$$l_{\text{crit}} = \frac{Z_1}{z (Z_1 + Z_3 + Z_4)} \left(Z_4 \frac{U}{1-U} - Z_3 \right) \dots\dots\dots(\text{B.11})$$

又如，图 B.3 所示为同一电源、两个回路的供电系统。采用该系统结构可使电压短时中断发生的次数大大减少，但通常却会使发生较严重电压暂降的次数增加。

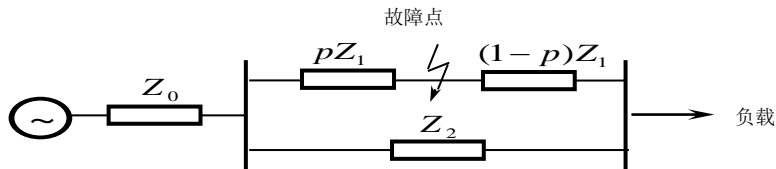


图 B.3 双回路供电系统等值电路

假设 Z_1 和 Z_2 为两条线路的阻抗， Z_0 为系统阻抗，线路 1 在距电源 p 处发生故障，则负荷母线暂降电压由公式 (B.12) 决定。

$$U_{\text{dip}} = \frac{p(1-p)Z_1^2}{Z_0(Z_1 + Z_2) + pZ_1Z_2 + p(1-p)Z_1^2} \dots\dots\dots(\text{B.12})$$

当 $p=0$ 或 $p=1$ 时，电压暂降幅值为 0。通过合理的假设，也可对临界距离进行描述。

B 2 暂降域

暂降域是指系统中发生故障引起电压暂降，因而使所关心的某一点敏感性负荷不能正常工作的故障点所在的区域。在暂降域以内发生的相关故障引起的电压暂降，将使所关心的敏感性负荷不能正常工作；在暂降域外发生的相关故障引起的电压暂降，将不会影响所关心的敏感性负荷的正常工作。暂降域的计算

算可用临界距离计算方法和故障点法。

B 2.1 用临界距离计算暂降域

将敏感负荷所在母线的的所有馈电线上与设定临界电压对应的各临界距离点连接起来,可得到与所设定临界电压相对应的暂降域。图 B.4 以可靠性测试系统 IEEE RBTS 的 Bus4 母线为例,给出了临界电压分别为额定电压的 30%、50%、70%、80%和 90%时所对应的暂降域。

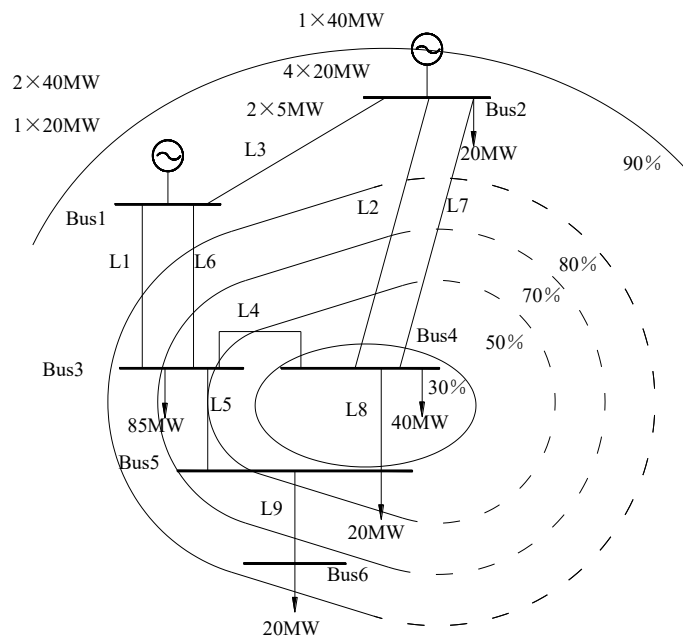


图 B.4 IEEE RBTS 的 Bus4 母线暂降域示意图

B 2.2 故障点法分析暂降域

采用临界距离方法确定暂降域,具有计算简单的优点。该方法的缺陷是,仅考虑了暂降幅值的影响,而未考虑暂降持续时间等特征量对暂降域的影响。计及其它特征量的影响,可考虑采用暂降域分析的故障点法。在已知系统结构的情况下,该方法首先通过分析各种可能发生的故障对敏感负荷所产生的电压暂降影响,将系统粗略地划分为若干部分,具有相同暂降特征的为同一部分,各部分由一个故障点代表;然后对各种故障进行仿真或短路计算,得到暂降幅值、相位跳变和持续时间等特征量;再由各特征量准确地判断可能带给所关心负荷不良影响的故障所在区域,即暂降域。

参 考 文 献

- [1] GB/T 4365-2003 电工术语 电磁兼容 (IDT IEC 60050(161):1990)
 - [2] GB/T 17626.11-2008 电磁兼容 试验和测量技术 电压暂降 短时中断和电压变化的抗扰度试验 (IDT IEC 61000-4-29:2000)
 - [3] GB/T 17626.29-2006 电磁兼容 试验和测量技术 直流电源输入端口电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验 (IDT IEC 61000-4-11:2004)
 - [4] GB/Z 18039.1-2000 电磁兼容 环境 电磁环境的分类 (IDT IEC 61000-2-5:1996)
 - [5] IEC 61000-2-8:2002 Electromagnetic compatibility(EMC)-Part 2-8:Environment - Voltage dips and short interruptions on public electric power supply systems with statistical measurement results
 - [6] IEC 61000-4-30:2021 Electromagnetic compatibility(EMC)-Part 4-30:Testing and measurement techniques-Power quality measurement methods
 - [7] IEC 61000-4-34:2005 Electromagnetic compatibility(EMC)-Part 4-34:Testing and measurement techniques-Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests for equipment with input current more than 16 A per phase
 - [8] IEEE Std 1159-1995 IEEE recommended practice for monitoring electric power quality
 - [9] IEEE Std 1346-1998 IEEE recommended practice for evaluating electric power system compatibility with electronic process equipment
 - [10] IEEE Std 1366-2003 IEEE guide for electric power distribution reliability indices
-