

ICS 29.020  
K 04



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 30137—2013

---

## 电能质量 电压暂降与短时中断

Power quality—Voltage dips and short interruptions

2013-12-17 发布

2014-05-10 实施

---

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会 发布



## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由全国电压电流等级和频率标准化技术委员会(SAC/TC 1)提出并归口。

本标准主要起草单位：福建省电力有限公司、福建省电力有限公司电力科学研究院、中机生产力促进中心、华北电力大学、西安博宇电气有限公司、国网智能电网研究院。

本标准参加起草单位：中国南方电网有限责任公司超高压输电公司检修中心、中铁工程设计咨询集团有限公司电化院、广西电力科学研究院。

本标准主要起草人：李功新、雷龙武、张苹、林焱、吴丹岳、徐永海、刘军成、周胜军、林海雪。

本标准参加起草人：肖遥、魏宏伟、刘路。



# 电能质量 电压暂降与短时中断

## 1 范围

本标准规定了电压暂降与短时中断的指标及测试、统计和评估方法。  
本标准适用于交流 50 Hz 电力系统。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本标准。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本标准。

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 p.u.~0.9 p.u.,并在短暂持续 10 ms~1 min 后恢复正常的现象。

### 3.2

**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 0.1 p.u.以下,并在短暂持续 10 ms~1 min 后恢复正常的现象。

### 3.3

**电压暂降(短时中断)阈值 voltage dip (short interruption) threshold**

用于判断电压暂降(短时中断)开始和结束而设定的电压门槛值。

### 3.4

**电压暂降(短时中断)持续时间 duration of a voltage dip (swell, short interruption)**

达到电压暂降(短时中断)阈值的电压暂降(短时中断)事件的持续时间。

### 3.5

**电压相位跳变 voltage phase-angle jumps**

事件发生前后,电压波形在时间轴上相对位置的突然变化。

### 3.6

**暂降(短时中断)频次 voltage dip (short interruption) frequency**

一定时间内电压暂降(短时中断)发生的次数。

### 3.7

**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。

3.8

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。

3.9

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。

3.10

暂降深度 **depth of voltage dip**

标称电压与残余电压的差值。

3.11

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降(短时中断)发生频度的主要量化指标。

3.12

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。

3.13

滑动参考电压 **sliding reference voltage**

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

某特定时间段内的电压方均根值的平均值,用以表示某一电压变化事件(如电压暂降)之前的电压。

3.14

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: 本标准中迟滞的定义和电能质量(PQ)测量参数有关。该定义不同于国际电工词汇(IEV)的定义,IEV 的定义是与铁芯饱和度有关。

注 2: 在 PQ 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。

4 电压暂降与短时中断事件统计及推荐指标

4.1 电压暂降与短时中断事件统计

电压暂降与短时中断事件统计表可以直观地反映一段时期内,监测点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,见表 1。

表 1 电压暂降与短时中断事件统计表

残余电压 ( $U=U_{\text{res}}/U_n$ ) %	持续时间 s							
	$0.01 < t \leq 0.1$	$0.1 < t \leq 0.25$	$0.25 < t \leq 0.5$	$0.5 < t \leq 1$	$1 < t \leq 3$	$3 < t \leq 10$	$10 < t \leq 20$	$20 < t \leq 60$
$90 \geq U \geq 80$								
$80 > U \geq 70$								

表 1 (续)

残余电压 ( $U=U_{res}/U_n$ ) %	持续时间 s							
	$0.01 < t \leq 0.1$	$0.1 < t \leq 0.25$	$0.25 < t \leq 0.5$	$0.5 < t \leq 1$	$1 < t \leq 3$	$3 < t \leq 10$	$10 < t \leq 20$	$20 < t \leq 60$
$70 > U \geq 60$								
$60 > U \geq 50$								
$50 > U \geq 40$								
$40 > U \geq 30$								
$30 > U \geq 20$								
$20 > U \geq 10$								
$10 > U \geq 0$								

表 1 填写说明如下：

- a) 表格内为在相应的残余电压和持续时间所对应的各种事件次数。
- b) 对 1 min 内发生的数次电压暂降应归并为一次进行统计,如由于二次重合闸引发的两次电压下降应仅统计为一次电压暂降,其残余电压应取为 1 min 内数次电压暂降的最小残余电压,持续时间应取为 1 min 内最小残余电压所在那次电压暂降的持续时间。

#### 4.2 电压暂降与短时中断推荐指标

##### 4.2.1 概述

SARFI 指标用来描述特定周期内某系统或某单一测量点电压暂降(短时中断)事件的发生频度。

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<sub>X</sub>;另一种是针对某类敏感设备的容限曲线的统计指标 SARFI<sub>CURVE</sub>。

##### 4.2.2 SARFI<sub>X</sub>

本标准中 SARFI<sub>X</sub> 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<sub>X-C</sub> 和仅利用事件发生次数进行统计的 SARFI<sub>X-T</sub>,分别如式(1)、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 90、80、70、50 或 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<sub>i</sub> 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;

N<sub>T</sub> ——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 90、80、70、50 或 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;

$D_T$ ——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  $X\%$  的电压暂降(或短时中断)的平均发生次数， $D \leq D_T$ 。

### 4.2.3 SARFI<sub>CURVE</sub>

SARFI<sub>CURVE</sub> 指标是统计电压暂降(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<sub>CURVE</sub> 指标。例如，对于 IT 类设备，可按 SARFI<sub>CBEMA</sub>、SARFI<sub>ITIC</sub> 指标统计；对于半导体类设备，可按 SARFI<sub>SEMI</sub> 指标统计。只有在 CBEMA、ITIC 曲线包围区域外部或 SEMI 曲线下方的电压暂降(短时中断)事件才考虑计入 SARFI<sub>CURVE</sub> 指标。具体内容可参见附录 A。

## 5 电压暂降与短时中断的检测

### 5.1 电压方均根值的计算方法

#### 5.1.1 概述

为了检测电压暂降和短时中断，需要计算各相电压方均根值。电压方均根值有两种计算方法，分别是：半周波刷新电压方均根值( $U_{\text{rms}(1/2)}$ )和每周波刷新电压方均根值( $U_{\text{rms}(1)}$ )。

#### 5.1.2 半周波刷新电压方均根值( $U_{\text{rms}(1/2)}$ )

计算  $U_{\text{rms}(1/2)}$  的公式(3)如下：

$$U_{\text{rms}(1/2)}(k) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1+(k-1)\frac{N}{2}}^{(k+1)\frac{N}{2}} u^2(i)} \quad \dots\dots\dots(3)$$

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。

#### 5.1.3 每周波刷新电压方均根值( $U_{\text{rms}(1)}$ )

计算  $U_{\text{rms}(1)}$  的公式(4)如下：

$$U_{\text{rms}(1)}(k) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1+(k-1)N}^{kN} u^2(i)} \quad \dots\dots\dots(4)$$

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 检测阈值

### 5.2.1 电压暂降的检测阈值

检测电压暂降的阈值一般依据电压暂降的定义设置为 0.9 p.u.。

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

### 5.2.2 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 0.1 p.u.。

单相系统中,当  $U_{\text{rms}(1/2)}$  或  $U_{\text{rms}(1)}$  低于短时中断阈值时,短时中断开始;当  $U_{\text{rms}(1/2)}$  或  $U_{\text{rms}(1)}$  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  $U_{\text{rms}(1/2)}$  或  $U_{\text{rms}(1)}$  低于短时中断阈值时,短时中断开始;当所有相的  $U_{\text{rms}(1/2)}$  或  $U_{\text{rms}(1)}$  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。

## 6 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( $U_{\text{rms}(1/2)}$ ),具有至少记录长度不少于 1 s 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。

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( $U_{\text{rms}(1/2)}$ )或每周波刷新电压方均根值( $U_{\text{rms}(1)}$ ),具有至少记录长度不少于 0.5 s 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。

本标准推荐监测仪器的采样率不低于 6.4 kHz。

### 6.2 监测仪器技术要求

#### 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

均应满足 GB/T 19862 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 5 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超过 1 个周期；S 级性能仪器的持续时间测量误差不超过 2 个周期。

A 级性能仪器的相位跳变测量误差不超过 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)

应满足 GB/T 19862 中要求。

## 6.3 监测要求

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进行监测,建议监测时长至少 1 年。

监测记录内容应包括事件特征、发生时刻、发生位置等,并按照上文中表 1 要求统计结果。

## 7 电压暂降与短时中断的评估

### 7.1 评估步骤

为了评估电压暂降和短时中断对电网电能质量水平的影响,宜采用以下三个步骤进行:

第一步:用统一的采样速率和方法来采集电压,并据此确定电压暂降与短时中断的事件特征参数,包括电压暂降(短时中断)的持续时间、残余电压等。

第二步:在一定时间周期内从所测量的所有事件的单一事件特征参数中计算单测点指标(可选用 4.2 中的推荐指标)。单测点指标可用于敏感设备和供电电源之间的兼容性评估。不同地方的单测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。

第三步:基于某个地区电网的全部监测点的单测点指标计算系统指标。该系统指标需要更长的监测周期(至少一年)。系统指标能够用于评估计及电压暂降和短时中断的区域电网的电能质量状况。

### 7.2 单一事件特征参数确定

#### 7.2.1 电压暂降的特征参数确定

电压暂降的特征参数包括:残余电压( $U_{res}$ )、持续时间等。

残余电压为暂降过程中所有相上测得的最低  $U_{rms}$  值。电压暂降的开始时间应为触发电压暂降记录的  $U_{rms}$  值的计算结束时间,电压暂降的终止时间应为电压暂降结束时的  $U_{rms}$  值的计算结束时间,暂降结束  $U_{rms}$  值由阈值和迟滞电压之和决定。

电压暂降的持续时间是指从电压暂降起始到结束所用的时间。

注 1: 电压暂降的包络曲线并不一定是矩形,因此,对于一个给定的电压暂降,测量持续的时间取决于所选定的电压暂降阈值。可使用多个暂降阈值(在电压暂降和电压短时中断阈值范围内设定)来估计电压暂降的包络曲线。

注 2: 迟滞电压通常为  $U_{dim}$  的 2%。

注 3: 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 4: 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 5: 在电压暂降过程中可能会出现相位移。

注 6: 当超过阈值时,可记录一个时间标记。

注 7: 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 1 min 的一阶滤波器计算滑动参考电压。滤波器计算公式(5)如下:

$$U_{sr(n)} = 0.996\ 7 \times U_{sr(n-1)} + 0.003\ 3 \times U_{(10)rms} \dots\dots\dots (5)$$

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 r.m.s.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。

## 7.2.2 短时中断的特征参数确定

短时中断的特征参数包括:残余电压( $U_{res}$ )、持续时间等。

残余电压为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触发短时中断记录的  $U_{rms}$  值的计算结束时间,短时中断的终止时间应为短时中断结束时的  $U_{rms}$  值的计算结束时间,短时中断结束  $U_{rms}$  值由阈值和迟滞电压之和决定。

短时中断的持续时间是指从电压短时中断起始到结束的时间差。

短时中断的迟滞电压大小可由用户根据用途设定。

注 1: 在多相系统中,其中一个或多个相电压的短时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,但这种情况并不能归为多相系统的短时中断。

注 2: 迟滞电压通常为  $U_{dm}$  的 2%。

## 7.3 单测点指标计算

单个节点指标计算是对某一测点一定时间(典型值为一年)内所有事件的统计,主要包括电压暂降与短时中断事件统计表统计、 $SARFI_X$  与  $SARFI_{CURVE}$  等推荐指标的计算。

## 7.4 系统指标计算

对于区域电网,包括有若干测点,在进行单个测点指标计算后,对于表 1 的形式可考虑将监测点单个测点指标累计求平均来计算区域电网系统指标。对于  $SARFI_{X-C}$  指标,则可以直接基于各监测点每次事件受影响的用户数与系统总供电用户数计算系统  $SARFI_{X-C}$  指标。

附录 A  
(资料性附录)  
容限曲线

20 世纪 80 年代,美国计算机商业设备制造商协会(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。对于其他敏感负荷的 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 8.33 ms 改为 20 ms(超过 60 Hz 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 60 Hz 系统的周波(图 A.2 中的 c)单位,更具实用性。

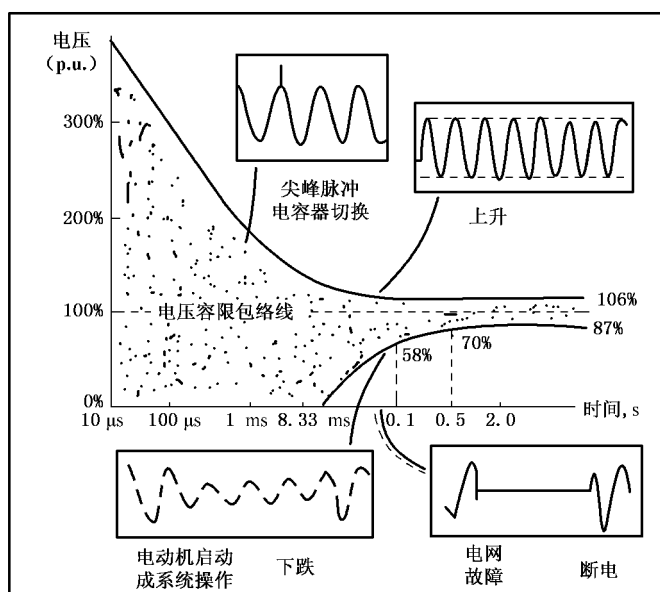


图 A.1 CBEMA 曲线

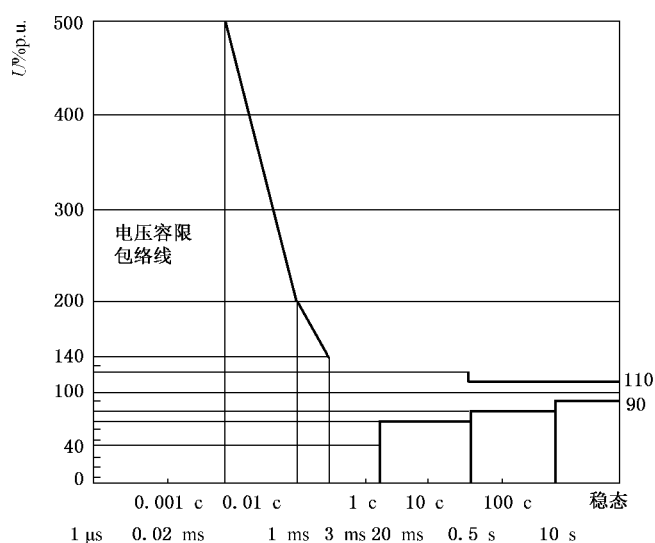


图 A.2 ITIC 曲线

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 0.05 s 到 1.0 s 的 60 Hz 和 50 Hz 工频下电压暂降容忍值。

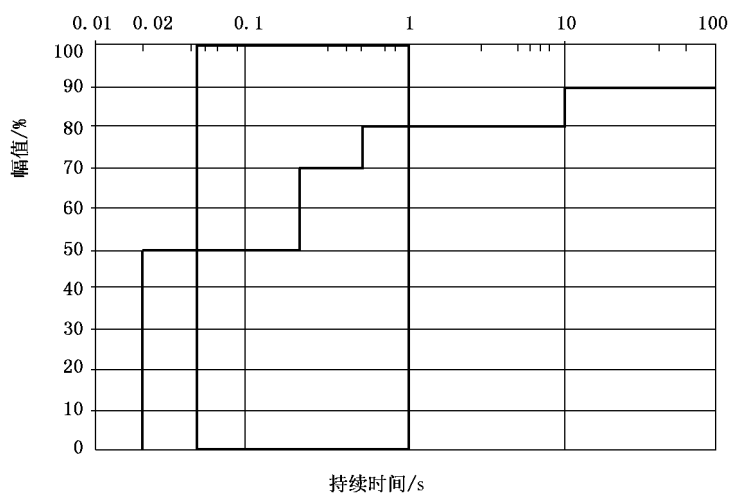


图 A.3 SEMI F47 曲线

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 %
	周波 60 Hz	周波 50 Hz	
<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

**附录 B**  
(资料性附录)  
**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**

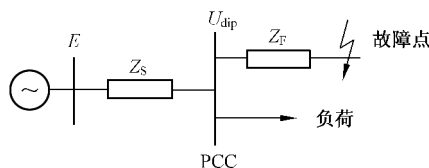
对于辐射状系统,可用图 B.1 所示的电压分配器电路描述。忽略负荷电流,并假设电源电压  $E=1$ ,则故障引起的 PCC 点亦即负荷端的电压暂降幅值为式(B.1):

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

式中:

$Z_F$  ——故障点与 PCC 点之间的线路阻抗,单位为欧姆( $\Omega$ );

$Z_S$  ——PCC 点与电源之间的系统阻抗,单位为欧姆( $\Omega$ )。



**图 B.1 电压暂降的电压分配器模型**

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

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

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,则由式(B.2)可得临界距离  $l_{\text{crit}}$  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  $l_{\text{crit}}$  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式(B.4):

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

式中:

$Z_S = R_S + jX_S$  为 PCC 点的系统阻抗,  $Z_F = (r + jX)$ ;

$l$  ——故障点与 PCC 点之间的线路阻抗；

$l$  ——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：

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

$\alpha$  ——系统阻抗与线路阻抗在复平面上的夹角，即阻抗角，见式(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)可简化为式(B.3)。尽管上述假设并不总是成立，但在多数情况下，用式(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 和自电源母线间的阻抗；

$Z_4$  ——自电源的暂态电抗。

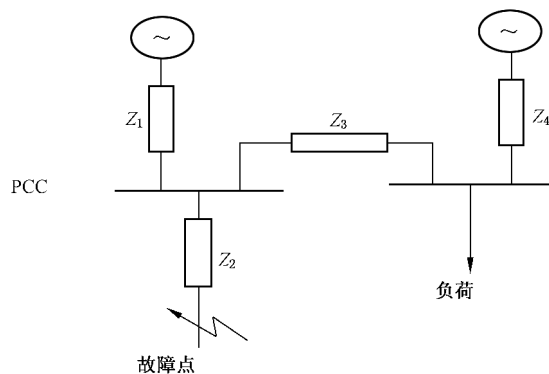


图 B.2 有负荷端自电源的供电系统的等值电路

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

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

因此有式(B.10):

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

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

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

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。

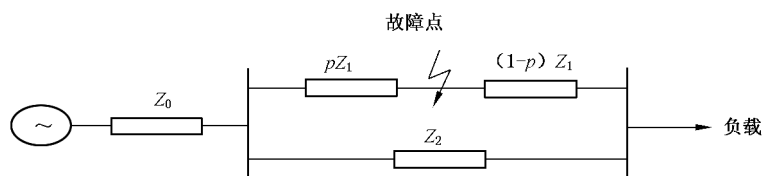


图 B.3 双回路供电系统等值电路

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式(B.12)决定:

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

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。暂降域的计算可以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。



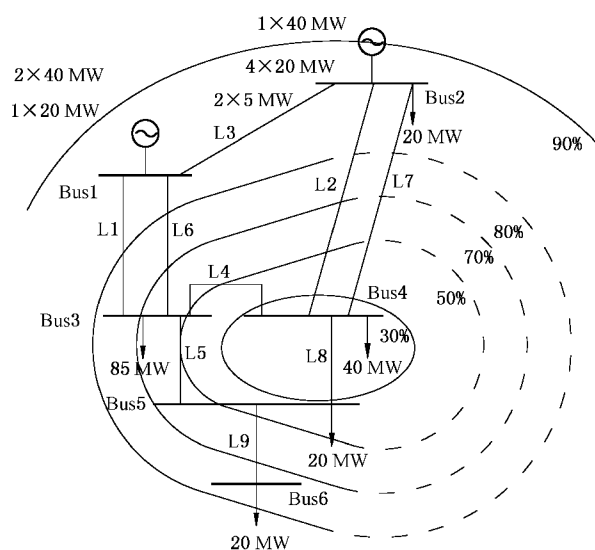


图 B.4 IEEE RBTS 的 Bus4 母线暂降域示意图

### 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。计及其他特征量的影响,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 61000-4-30:2008 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
-



中华人民共和国  
国家标准  
电能质量 电压暂降与短时中断  
GB/T 30137—2013

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100013)  
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址: [www.gb168.cn](http://www.gb168.cn)

服务热线: 400-168-0010

010-68522006

2014年4月第一版

\*

书号: 155066·1-48252

版权专有 侵权必究



GB/T 30137-2013