



中华人民共和国国家标准化指导性技术文件

GB/Z 18039.7—2011/IEC/TR 61000-2-8:2002

电磁兼容 环境 公用供电系统中的电压暂降、短时中断及 其测量统计结果

Electromagnetic compatibility—Environment—
Voltage dips and short interruptions on public electric power supply systems with
statistical measurement results

(IEC/TR 61000-2-8:2002, IDT)

2011-12-30 发布

2012-06-01 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

目 次

前言	I
1 范围	1
2 术语和定义	1
3 电压暂降和短时中断	2
3.1 电压暂降的来源	2
3.2 电压暂降持续时间	3
3.3 电压暂降的幅值	3
3.4 短时中断	4
3.5 电压暂降和短时中断的原因	5
3.6 中压电网上的故障举例	5
4 电压暂降和短时中断的影响	7
4.1 概述	7
4.2 对某些特定设备的影响	7
5 补救措施	9
5.1 总则	9
5.2 补救措施举例	10
6 电压暂降和短时中断测量	11
6.1 电压暂降和短时中断测量中采用的规定	11
6.2 电压暂降的测量	13
6.3 短时中断的测量	13
6.4 测量结果的分类	13
6.5 测量结果的汇总	14
7 所得的测量结果	15
7.1 UNIPED 的统计资料	15
7.2 EPRI(美国电力研究院)调查的统计资料[9][10]	17
7.3 个别国家的统计资料	19
8 结果比较及一般结论	26
8.1 结果比较	26
8.2 由统计结果得出的结论	27
8.3 一般结论	27
8.4 建议	29
参考文献	30

前 言

本指导性技术文件是《电磁兼容 环境》系列标准之一,该系列标准分为以下几个部分:

GB/Z 18039.1—2000 电磁兼容 环境 电磁环境的分类(IEC 61000-2-5:1996,IDT)

GB/Z 18039.2—2000 电磁兼容 环境 工业设备电源低频传导骚扰发射水平的评估(IEC 61000-2-6:1996,IDT)

GB/T 18039.3—2003 电磁兼容 环境 公用低压供电系统低频传导骚扰及信号传输的兼容水平(IEC 61000-2-2:1990,IDT)

GB/T 18039.4—2003 电磁兼容 环境 工厂低频传导骚扰的兼容水平(IEC 61000-2-4:1994,IDT)

GB/T 18039.5—2003 电磁兼容 环境 公用供电系统低频传导骚扰及信号传输的电磁环境(IEC 61000-2-1:1990,IDT)

GB/Z 18039.6—2005 电磁兼容 环境 各种环境中的低频磁场(IEC 61000-2-7:1998,IDT)

GB/Z 18039.7-2011 电磁兼容 环境 公用供电系统中的电压暂降、短时中断及其测量统计结果(IEC 61000-2-8:2002,IDT)

本指导性技术文件按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本指导性技术文件等同采用 IEC/TR 61000-2-8:2002《电磁兼容 环境 第 2-8 部分:公用供电系统中的电压暂降、短时中断及其测量统计结果》。

本指导性技术文件由全国电磁兼容标准化技术委员会(SAC/TC 246)提出并归口。

本指导性技术文件负责起草单位:上海电器科学研究院、上海三基电子工业有限公司。

本指导性技术文件主要起草人:寿建霞、钱振宇、叶琼瑜、程丽玲、孟志平、肖潇、刘媛、邢琳、郑军奇、刘晓东。

电磁兼容 环境

公用供电系统中的电压暂降、短时中断及其测量统计结果

1 范围

本指导性技术文件规定了电压暂降和短时中断的电磁骚扰现象,涉及到骚扰的来源、影响、补救措施、测量方法和测量结果(在此范围内适用)。主要讨论在公用供电系统的线路上观察到的现象和对那些从系统接收能量的电子设备的影响。

“电压跌落”是电压暂降现象的一个别称。

2 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

2.1

电压暂降/电压跌落 voltage dip/voltage sag

在供电系统某一点上的电压突然减少到低于规定的阈值,随后经历一段短暂的间隔恢复到正常值。

注1:典型的暂降与短路的发生和结束有关,或者与系统及其相连装置上的急剧电流增加有关。

注2:电压暂降是一种二维电磁骚扰,其等级由电压和时间(持续时间)决定。

2.2

短时中断 short interruption

供电系统某一点上所有各相的电压突然下降到规定的中断阈值以下,随后经历一段短暂间隔恢复到正常值。

注:典型的短时中断与开关装置的动作有关,该动作是由与系统或与系统相连装置上短路的发生和结束引起。

2.3

(电压暂降)参考电压<电压暂降和短时中断的测量> (voltage dip)reference voltage <measurement of voltage dips and short interruptions>

规定的电压基准值,电压暂降的深度、阈值和其他值均用其对此基准值的标么值或百分数来表示。

注:供电系统额定或标称的电压值通常被选择作为参考电压。

2.4

电压暂降起始阈值<电压暂降测量> voltage dip start threshold <voltage dip measurement>

为了定义电压暂降的开始而规定的供电系统的电压均方根值(r. m. s)。

注:通常以参考电压的0.85和0.95倍之间的典型值作为该阈值。

2.5

电压暂降结束阈值<电压暂降测量> voltage dip end threshold <voltage dip measurement>

为了定义电压暂降的结束而规定的供电系统的电压均方根值(r. m. s)。

注:通常情况下,结束阈值与起始阈值相同或者超出起始阈值0.01倍的参考电压。

2.6

中断阈值<电压暂降和短时中断的测量> interruption threshold <measurement of voltage dips and short interruptions>

在供电系统中,规定一个电压的均方根值作为电压暂降的临界值,对于各相电压低于此值的情况定

义为短时中断。

2.7

(电压暂降的)剩余电压 **residual voltage(of voltage dip)**

在电压暂降或者短时中断期间记录的电压均方根值的最小值。

注：剩余电压可以表示为一个以伏为单位的值，也可以是相对于参考电压的百分数或标么值。

2.8

(电压暂降的)深度 **depth(of voltage dip)**

参考电压与剩余电压之间的差值。

注1：深度可以表示为一个以伏为单位的值，也可以是相对于参考电压的百分数或标么值。

注2：通常“深度”这个词是描述性的，非量化的意思，用于表示电压暂降的尺度，未规定是否用上定义过的剩余电压或是深度来表示该尺度。在使用这个词时要谨慎，保证其含义在上下文的关系上是清楚的。

2.9

(电压暂降的)持续时间 **duration(of voltage dip)**

供电系统某一点上的电压从下降至低于起始阈值开始，到回升至结束阈值为止的时间。

注：在多相情况下，该过程是随有关各相的暂降开始和结束而发生变化的。对多相情况来说，习惯上只要有一相的电压跌到低于起始阈值，暂降就开始了；要等到所有各相的电压等于或超过结束阈值，暂降才算结束。

2.10

(电压暂降)变动参考电压(电压暂降和短时中断的测量) **(voltage dip) sliding reference voltage (measurement of voltage dips and short interruptions)**

在刚发生电压暂降前的指定时间段，供电系统某一点的电压均方根值经连续计算后得到的电压值，作为该电压暂降的参考电压。

注：该指定的时间段应该比电压暂降的持续时间长很多。

3 电压暂降和短时中断

3.1 电压暂降的来源

供电系统任意点上发生的电气短路是公用电网上观察到的电压暂降的主要来源。

短路引起电流的急剧升高，随之引起供电系统阻抗上大幅的压降。短路故障在电力系统中是不可避免的。引发的原因有很多，但基本原因是本应相互绝缘且在正常情况下具有不同电位的两个结构之间的介质的击穿。

许多短路是由超出了绝缘体耐压能力的过电压引起。大气中的闪电是引起过电压的重要原因，或者，如天气因素(风、雪、冰、盐雾等)，或者动物、车辆、挖掘设备等的撞击或接触，以及老化的影响，都能使绝缘被减弱、破坏或桥接。

典型的供电系统由多个源(几个发电站)向许多负载(电动机、照明及电热等电阻性设备、电子装置的电源模块等)传递能量。整个系统，包括发电机、负载和两者间的设备，是一个单一的、集成的和动态的系统，在某一点上电压、电流、阻抗等的任何变化，都会在瞬间引起系统中其他点的变化。

绝大多数的供电系统是三相系统。短路会发生在相线与相线之间，相线与中线之间，或者相线与地线之间。也包括任何多相短路。

在短路点上，电压突降为零。同时，系统上几乎所有其他节点上的电压同样要发生改变，但一般来说，其改变的程度相对较小。

供电系统所配备的保护装置将短路点从供电电源上断开。断开一旦发生，断开点以外的每一点上的电压立即恢复到接近于原先的值。某些故障可以自行清除：短路消失并且电压恢复到断开之前的值。

刚刚描述的这种电压突然降低，随后电压恢复的现象被称为电压暂降(也称为电压跌落)。

大负载的切换、变压器的通电、大型电动机的启动以及某些负载特性造成的大幅值波动,都可以产生与短路电流的效果类似的大幅电流变化。尽管通常对发生点的影响不严重,但在特定点上观察到的电压变化与短路引起的现象不易区分。这种情况也被划分为电压暂降(然而在公用电网的管理上,作为供电条件,对这些波动通常是有限制的)。

3.2 电压暂降持续时间

除可自行清除的故障,电压暂降的持续时间取决于保护装置的动作速度。

总的来说,保护装置是熔断器或由各种继电器控制的断路器。保护继电器经常被设计成有反时限特性,所以短路电流越小,故障清除时间就越长。熔断器具有相似的特性。对熔断器与继电器的时间特性和设置应仔细划分及协调,使几种设备检测到的短路在最合适的点上被清除。

许多短路可以在 100 ms~500 ms 的时间范围内被清除。对于主要输电线路上的短路,通常清除时间会更短;在配电网上的短路的清除就会相对慢些。

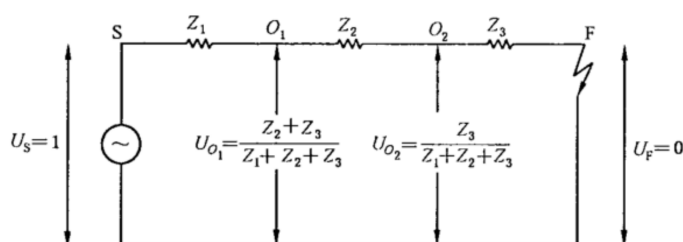
当电压暂降不是因短路而是由电流波动引起时,其持续时间取决于引起事件的时间。

在电压暂降结束时由于电压的恢复,某些负载会引起大幅值的冲击电流。它会引起恢复电压的延迟和电压暂降持续时间的延长。在电压恢复的过程中变压器进入饱和状态时会产生同样的效果。

3.3 电压暂降的幅值

电压暂降的幅值由观察点相对于短路点和供电电源的距离来决定。

系统由观察点与单一等效电源和故障点相连接的简化等效电路表示(见图 1)。全部电压(100%)降落在电源和短路点之间的阻抗上。观察点上的压降取决于连接到电源和短路点的两个阻抗的相对值。基于这些阻抗,电压暂降的深度可以是 0%~100% 范围之间的任何值。



相对于短路点 F 和单一等效电源 S(用剩余电压的标么值表示),在观察点 O_1 和 O_2 上的电压暂降

图 1 电压暂降的等效电路

通常,观察点距离短路的位置越近,观察点上的电压越接近故障位置上的电压。换言之,靠近短路处的电压暂降接近最大可能深度(零剩余电压)。另一方面,如果观察点接近发电源或者储能源,例如旋转设备,如图 1 所示的观测点移动到离单一等效电源更近的地方。这样会降低观察到的电压暂降的严酷程度。(然而,如果暂降持续时间延长,由于电动机的减速会引起电流增加,则增加暂降的严酷程度。)

短路是否导致某一特定观察点的电压暂降,取决于供电系统上短路的位置。输电系统上的短路可能导致的范围非常广,甚至距离在几百公里之外也能观察到明显的电压暂降。另一方面,配电线路上的短路产生的影响范围要小得多。同一电路上的观察点可能受到严重的暂降,而在相邻线路中电压暂降的严重程度会明显缓和,在经过较长距离之后其暂降几乎难以分辨出来。

在专用设施内部或附近设一个观察点,当然也有可能在一个设施里产生短路或其他原因的故障,此时,观察到的电压暂降可以等于或超过公用输配电系统上由短路引起的暂降。

观察点的电压暂降的幅值也取决于各有关相的短路点和观察点,以及这两点之间任何变压器绕组的连接方式(星-三角,星-星等)。

3.3.1 变压器和负载接线的意义

观察由特定事件产生的电压暂降幅值,取决于观察点和事件在网络或用户变压器的同侧还是异侧。短路或其他事件所在的相线位置、测试系统所在的相线位置、变压器初级和次级绕组的连接方法,都对电压暂降的幅值有重大影响。例如,电网或设备位于 Dyn 或 Dy 接法的降压变压器任一侧,当初级有一根线与地之间发生故障时,则其中一相的电压暂降为 0 V(剩余电压),但是在次级,有两相的相线-中线电压降为先前电压的 58%。

实际情况中,对电压暂降敏感的负载(如电力变换器、驱动器、电动机和控制设备等)在工业设施里常常以相线-相线的形式连接。因此这些负载经受相线-相线的电压暂降而不是相线-中线的暂降的影响。这就需要考虑测量是放在相线-中线、相线-相线,还是二者都有。

例如,表 1 表明了不同降压变压器的次级上观测到的电压暂降,该变压器初级有一相产生线-地故障,在该侧的第一相引起 100%电压跌落(假定供电网络是一个中性点直接接地的系统)。

表 1 初级侧单线接地故障的变压器次级电压

变压器连接 ^a	相线-中线电压			相线-相线电压		
	V ₁	V ₂	V ₃	V ₁₂	V ₂₃	V ₁₃
YNyn, YNy	0.0	1.0	1.0	0.58	1.0	0.58
Yy, Yyn, Dd	0.33	0.88	0.88	0.58	1.0	0.58
YNd, Yd	—	—	—	0.33	0.88	0.88
Dyn, Dy	0.58	1.0	0.58	0.88	0.88	0.33
注: 本表参见[6] ¹⁾ 。						
^a 大写字母表示初级线圈绕组连接(供电网端),小写字母表示次级线圈绕组连接(负载端)。N 和 n 分别代表接地的变压器的初级和次级的中性点。						

3.4 短时中断

断路器或熔断器的动作将系统的一部分从电源断开。对于放射式电路,这会中断对系统所有后续部分的供电。对于网状线路的情况,为了清除故障有必要断开多点的连接。供电网断开部分的电力用户会受到断电的影响。

对于架空线路,断开故障电流的断路器常采用自动重合闸程序。其目的是在最小的延迟时间里使电路恢复正常,这种故障是暂时性(可自动清除)的(例如对于由过电压引起的闪络,没有导致包括器件在内的重大或永久性的损坏)。如果首次重合闸尝试没有成功,在预先设定的时间间隔内可以再次进行尝试。如果在断开-重合闸操作的预设定程序完成后,故障仍然存在,断路器将保持断开状态,要等到在故障位置进行必要的修复后才能闭合(当然,对故障仍然存在时的每一次重合闸会导致额外的电压暂降,所观察到的深度与观察点的位置有关)。

除了故障的有效隔离外,还需要进行自动或者手动的开关操作,以减少先前故障清除而导致的电网中断范围和断电用户的数目。

1) 方括号中的数字指的是参考文献的序号。

因此,一次单独的故障可能会导致一连串复杂的开关动作,用户可以看到持续时间不同的断电过程。实际情况取决于电网的结构和用户相对于故障及相关开关的位置,一些用户会经历非常短暂的断电,而另一些用户在电网重新供电之前可能必须等待维修的完成。

按照惯例,对持续时间达 1 min 的中断(或者,对于某些重合闸的要求,会长达 3 min)划分为短时中断。

3.5 电压暂降和短时中断的原因

如前所述,电压暂降(有时会扩大到短时中断,或者伴随有短时中断)的原因是电力系统上的短路以及偶尔的大负载波动引起的很大的电流浪涌。电流在网络阻抗上的流动导致电压降,从而使得传到电力用户处的电压下降。

引起短路的介质击穿或是由于过电压应力,或是某种原因引起的绝缘性能的减弱、损坏或桥接。产生这些故障的原因有很多,包括:

- 气候条件:闪电和风暴、雪、冰、在绝缘体上盐或大气污染物的沉积以及由风吹来的砂石;
- 机械撞击和损坏:由交通工具、施工设备、挖掘设备、动物和鸟类、生长的树木的接触,造成有意和无意的损坏;
- 电网设备的击穿:老化、侵蚀、腐烂、潜在的制造或结构故障;
- 运行和维护中的事故或过失;
- 主要的自然灾害:洪水、山崩、地震、雪崩。

在所有电网上,由于这些原因而导致的一定数量的故障发生是不可避免的。某些类型的电网大量暴露在多种上述原因所述及的环境或更大范围的环境中,尤其以架空线路为最甚。

负载波动引起的电压暂降与大型电动机的启动有关,尤其是那些处在孤立区域的远距离供电的大型电动机、类似带大波动负载的电动机、电弧炉和焊接设备等(在公用网络的管理上,作为供电条件,对这些波动通常是有限制的)。

3.6 中压电网上的故障举例

图 2 举例说明了由于中压馈电线上的故障导致的电压暂降和短时中断。有如下三种起因:

- 在第一次重合闸操作时发现了瞬时故障并得到清除;
- 在第一次重合闸操作时依然存在的半永久性故障,但在第二次(延时的)重合闸操作时被发现和清除;
- 在所有的重合闸操作已经结束后依然存在永久性的故障。

在每一种情况中,电压暂降和中断都被如图示的两个用户所观测到,一个用户处在发生故障的同一条馈电线上,但在故障点的上游;而另一个用户则在同一根母线的另一条馈电线上(为便于说明,图 2 中给出了时间,实际的时间取决于特定电网所采用的设定)。

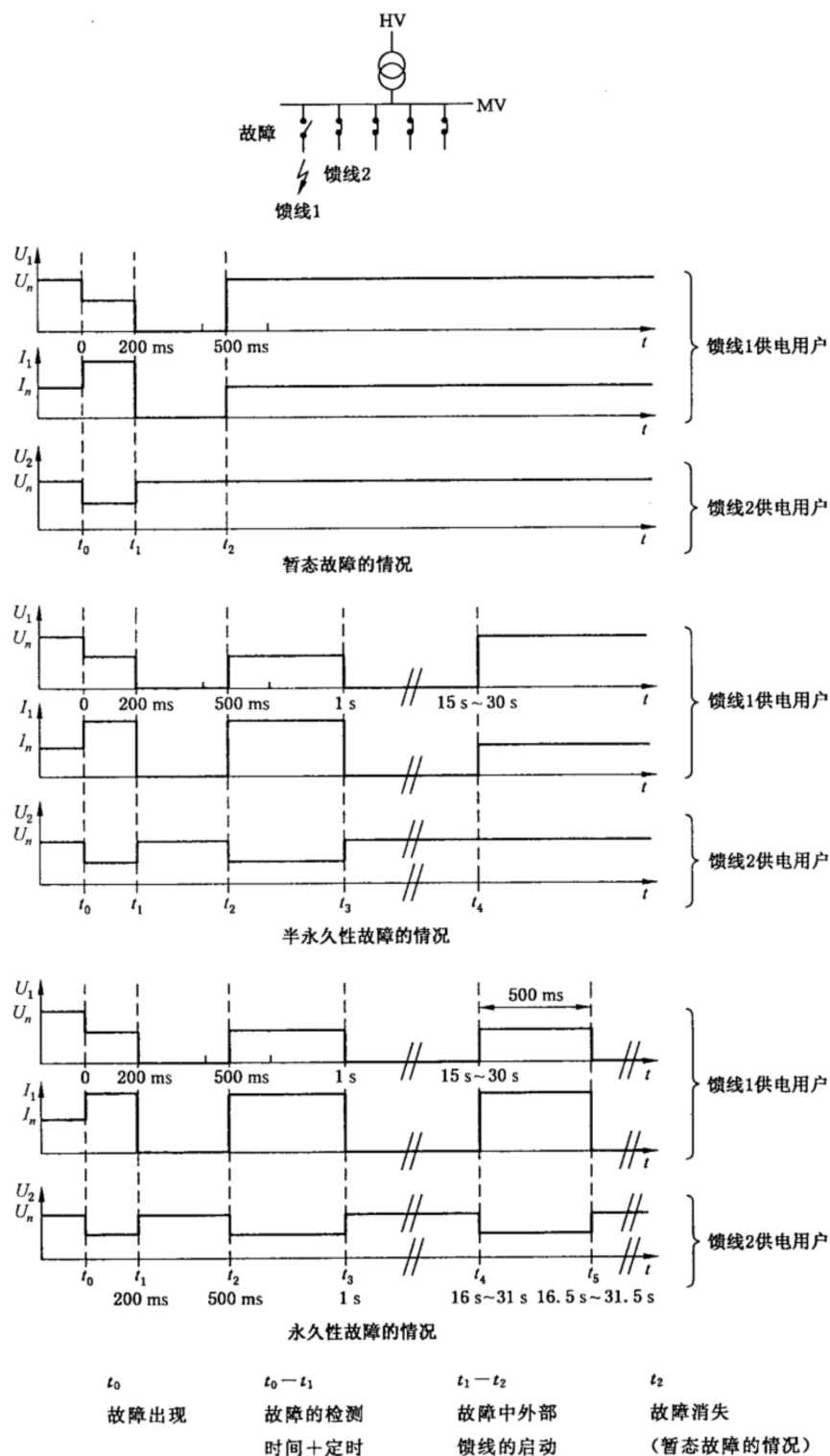


图2 由中压电网故障所造成的电压暂降和短时中断

4 电压暂降和短时中断的影响

4.1 概述

在 IEC 61000 系列标准中,相应的影响如设备的性能可能降低是与 EMC 有关的。作为 EMC 现象,电压暂降和短时中断会引起连接到供电网络的设备以非预期的方式运行。

在供电系统和连接到供电电源的设备之间的基本关系是供电系统作为能量源存在,而设备从该能量源获取需要的能量并执行预期功能。获取和使用的能量几乎全部用于设备的预定目的和运行(包括嵌入的转换和控制特性),仅仅受到设备连接点上线路传输能量的容量限制。

电网的能量传输容量随着电压的降低而减少。因此,电压暂降和短时中断会引起传输给设备的能量的短暂减少或中断。引起的性能降低因设备类型而异,甚至可能引起运行的完全中断。

有时候,可以选择在设计或者设备安装时加入保护装置,安装保护装置的目的是电压一旦降到设置的阈值以下则中断供电,从而防止低电压条件下的损害或其他不必要的影响。这种保护有将电压暂降转化为长时间中断的效果。长时间的中断不是由电压暂降引起的,而是设计对电压的降低做出反应的保护措施的预期结果。

正如所有的骚扰现象,电压暂降和短时中断的影响不仅在于对相关设备造成直接影响,而且取决于设备执行功能的重要程度和严重程度。例如,当今的制造方法常常是利用许多的设备处理复杂的连续过程。电压暂降或短时中断导致的一次故障或者切除任意一个设备,必然会停止整个过程,造成产品损失和设备的损坏或严重的错误动作。这是电压暂降和短时中断最严重的和代价最大的后果。然而,由此导致的损害或损失,是程序设计所造成的,是电压暂降或短时中断的间接或二次影响。

EMC 考虑的是对从电力网络上获取能量的实际设备性能的直接影响。对于某些类型的设备更普遍的影响在后面的条目中有更专门的描述。此处不作详述。

注:伴随电压暂降发生的相位突变,对某些设备有重要影响。这些现象在本指导性技术文件中不作进一步讨论。

4.2 对某些特定设备的影响

4.2.1 IT 和过程控制设备

一般而言,设备的主要功能单元要求直流电源供电,这是由公用供电系统的交流电源经过电源模块的转换提供的。通常,在电压暂降中达到的最低电压对电源模块具有重要的意义。图 3 给出了众所周知的 ITIC 曲线,说明了暂降的最低抗扰度目标(也包括超出正常范围的电压)。设备的用户必须考虑是否存在比图 3 中曲线显示的数据更严酷的电压暂降的结果,为保证设备满意的性能,有必要采取附加措施。依据设备使用场合的不同,设备失效的发生可能涉及安全性或其他延伸的后果。交通信号灯失灵是许多可能的例子之一。

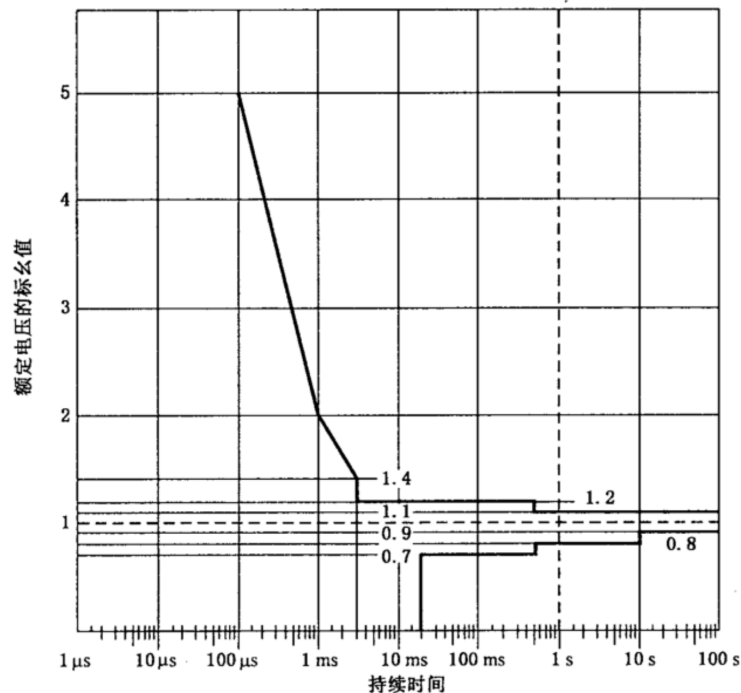


图 3 连接到 120 V/60 Hz 供电系统的设备的 ITIC(CBEMA)²⁾ 曲线

4.2.2 继电器和接触器

当电压减小到标称值的 80% 以下并且持续时间在 1 个周期之上时,交流继电器和接触器将脱扣。造成的后果因应用的环境而不同,但是在安全或金融领域是十分严重的。

4.2.3 异步电动机

异步电动机的工作点是由电动机转矩-速率特性和机械负载的平衡来控制,转矩-速率特性取决于电压的平方。在电压暂降期间,电动机的转矩减小,转速降低,同时会有电流的增加,直至达到新的工作点。

对最大转矩超出 2.2 倍额定值的感应电动机来说,当出现一个正相序在额定电压 70% 以上的剩余电压的暂降时,电动机有良好的耐受性。当从电网上获取的功率保持不变或略有减少时,电流增加 25%~35%。(如果取决于负载的转矩不变,则速度仅减少一个很小的百分位,这是由于电动机内较低的磁通量而提高了电机的转差率。)对电机的主要影响是发热,其持续的时间甚至比最长的暂降持续时间还要长许多。对于直接连接的电动机,伴随着电压恢复产生的过电流常常是受限制的,不会超过正常的起动电流。

在电动机的运转效果上,深度更大的暂降等效于短时中断。依据机械时间常数(总惯量与电动机额定转矩的比值),发现了两种不同的特性。

——当机械时间常数高于暂降持续时间时,速率只有略微减小。通常磁通的时间常数为几百毫秒的量级,因此在电源电压的恢复过程中,可能存在一个相位相反的反电动势(e. m. f)。导致瞬

2) CBEMA 是 Computer and Business Equipment Manufacturers Association 的缩写,为计算机和商用设备制造商协会。出于对大型计算机及其控制装置的电能质量要求,提出了电压容限曲线,称为 CBEMA 曲线。后因该协会改称信息技术工业协会,英文名 Information Technology Industry Council,其缩写为 ITIC,它将前面提到过的电压容限曲线作了一定改进,亦称为 ITIC 曲线。

时的涌入电流比正常的起动电流还要大。

——当机械时间常数低于暂降持续时间,速度的降低使电动机实际上停止了转动。电压恢复时的涌入电流与正常起动电流相当。

注:电动机保护继电器或接触器脱扣的可能性必须要考虑,见 4.2.2。

如果大量电动机接到同一条母线上,暂降之后的电压恢复可能会引起麻烦。在这种情况下,在电压恢复中的高涌入电流可以产生二次电压降,延迟了电压的恢复,并且延缓了电动机重新加速至正常速度。在某些情况下,重新加速是不可能的,因此要求将电动机断开。

4.2.4 同步电动机

同步电动机的运行由输出端的转矩与速度,以及输入端的电压与有功功率确定。磁通、无功功率和内部转子角度是可变的,是与电压和转矩相关联的。如果新的、稳定的运行条件建立了,电压暂降是可以允许的。通常允许的电压暂降有 75% 或 80% 的剩余电压(正序)。还有,励磁电路也可能会受影响,应当予以考虑。

更严酷的条件会阻止建立新的稳定运行条件,并且由于转子角度增加到稳定的极限产生了同步损耗。能否达到该临界角度,取决于电压暂降的持续时间,电压降低的等级和机械时间常数。完全的分析是复杂的,必须考虑能够产生异步转矩的阻尼笼。

4.2.5 功率驱动系统

功率驱动系统(PDS)对非常小的电压暂降也是敏感的,电压暂降和短时中断的影响是非常复杂的,因为该部分必须和全部的配置一起考虑。这样的系统一般包括一个功率变换器/逆变器、电动机,控制单元和许多辅助部件。

控制元件的作用很关键,因为它具有处理其他元器件对电压暂降或短时中断响应的功能。电压的减少导致传到电动机和驱动设备的功率的减少,并且导致控制的失效。正反馈变换器对此尤其敏感或需要特别的控制,特别是当电压暂降或短时中断与逆向电力流动同时发生时。

变换器几乎不具备储能能力。通常,驱动设备具有一定的能量储存能力,可以在某些情况下使用。

4.2.6 照明设备

当电压暂降低于额定值的 90% 时,高压放电灯会熄灭。由于冷却和压力降低的原因,它们可能需要几分钟时间才能重新启动。包含电子元器件的照明系统所受的影响见 4.2.1。

5 补救措施

5.1 总则

实现电磁兼容性的标准是采用协调发射和抗扰度限值的方法。其目的,一方面阻止电磁骚扰的发射超过规定的水平,另一方面为暴露在骚扰下的设备提供足够的抗扰度电平,即能使设备按预期用途运行的电平。

电压暂降和短时中断是电气系统对短路或任何电流浪涌的正常反应,骚扰电平有两个参数,即剩余电压和持续时间。发射的限值必须包含这两个参数。

通常,剩余电压不能被改变。剩余电压的范围是从 0 V 到供电电压额定值,这取决于观察点、短路点和电源的相对位置。

持续时间在一定范围里改变,因为这在很大程度上取决于短路清除的速度。然而,短路保护的特点是在电网不同点上的开关、继电器等动作时间的分级操作,以保证在最适宜的点上清除每一个短路。这意味着清除时间、电压暂降与短时中断的持续时间取决于短路的位置(如果起因不是短路,则持续时间

取决于相关事件)。

因此,关于骚扰电平的发射限制的范围是有限的(在特定情况下可能存在一些范围,会影响暂降和短时中断的发生频率,应通过采取措施减少电网的故障),所以必须考虑是否要求设备具备电压暂降和短时中断的抗干扰能力。

对于有适中的深度和持续时间的电压暂降,某些设备有一定的固有抗扰度能力,例如,借助它的惯量或能量储存能力。或者,也可以调整设计提供这种功能。

对短时中断和更严酷的电压暂降的抗扰度,严格地说,这是一个不可行的概念。该事故的基本特点是在短暂的时间段内,能源完全中断或急剧减少。没有一台电气设备能够在缺少能源的情况下继续进行预期的作业。

因此,针对这些骚扰所提供的提高抗扰度的办法倾向于从外部来解决,或者用快速恢复供应的替代能源,或者将设备及相关程序设计成能适应能源的短时减小或中断。

——对于在有限的时间内能量从供电系统中消失的情况,某些补救措施是利用贮存的能量来进行供电。这样可以对剩余电压为任何值的电压暂降,甚至是短时中断进行补偿。设备在一定时间里耐受电压暂降和中断的能力取决于贮存的能量和相关处理过程对电源需求间的关系。在很多情况下,必须考虑一定的反应时间(几毫秒)。因为能量贮存的成本很高,所以过程的保护措施趋向于直接用在特别敏感的部位。

——对于没有能量贮存能力的其他补救措施,虽不能解决电源中断问题,但是有能力补偿剩余电压低至 50% 的电压暂降。它们能渡过电压减少等级不同的情况。在这些方法中,通常电压暂降的持续时间不是一个重要的参数。由于省略了储备能源,降低了补偿措施的成本。

下述例子对电压暂降和短时中断的骚扰现象提供更完整的信息。改进措施在本指导性技术文件的考虑之外。这需要在经济和技术分析的基础上进行探讨,参见 IEEE 1346—1988 中的概要。

5.2 补救措施举例

5.2.1 具有附加惯性的旋转电机

旋转设备解决电压暂降和短时中断的简单方法是增加其惯量。然而,该方法的使用仅限于特殊的用途,例如在钢铁企业中,常常附加使用该方法去平滑急剧的负载变化。这种结构的性能取决于惯性和实际负载之间的关系,但通常在几秒钟的范围内。

5.2.2 带飞轮和发动机或紧急备用动力系统的旋转电机

大惯量物体随着电动机/发电机一起在与外界隔绝的环境中高速旋转,并贮存高达几兆瓦·秒的能量。这些能量通过变换器提供给该系统,其可用功率可高达几百千瓦。

5.2.3 不间断电源(UPS)

不间断电源系统广泛用于对供电系统电压变化和断电敏感的设备。典型的负载经过变换器供电。它的直流部分连接到如电池的电源上。贮存的容量可以在很宽的范围内变化,这取决于特殊的要求,主要受到能量贮存成本的限制。实际的应用范围从小的低压负载直至高达几百千瓦的负载。

5.2.4 超导磁能量贮存器(SMES)

超导磁能贮存器有在超导电抗线圈里存储几兆瓦·秒的能力。根据设计,典型的超导磁能贮存器能够对大功率要求的负载在几百毫秒的断电或深度电压暂降进行补偿。

5.2.5 静态无功功率补偿器(SVC)

典型的静态无功功率补偿器由电容器和/或带有晶闸管控制的电抗器的无源滤波电路并联组成,它

可为系统提供连续可调的无功功率(平衡或不平衡的),从而能够调节电压。通常,静态无功功率补偿器(SVC)连接到中压或高压系统,其额定容量为几兆乏(Mvar)到几百兆乏。它们主要用于分布系统中大节点处的电压控制,它们也能够被设计用来补偿电压的暂降,但是在该应用中能力相当有限。静态无功补偿器(SVC)的典型电压调节能力是系统电压的10%~20%。

5.2.6 动态电压恢复器(DVR)

在电压暂降期间,动态电压恢复器运用电力电子技术,通过变压器与负载串联,补偿缺失的平衡和不平衡的电压幅值。对于剩余电压低至50%的情况,电压可以在几毫秒内恢复。可以应用在几十千瓦(低压)到几十兆瓦(中压)范围的负载上。

5.2.7 铁磁共振变压器

铁磁共振(恒定电压)变压器有时用于减轻电压暂降。它被设计成在磁饱和状态下运行,在某些条件下,无论输入电压如何变化,维持输出电压恒定。

6 电压暂降和短时中断测量

6.1 电压暂降和短时中断测量中采用的规定

所有有关电压暂降的电压值都用均方根值表示,至少要取电源频率的半个周期的电压,10 ms 和 $8\frac{1}{3}$ ms 分别对应 50 Hz 和 60 Hz。

注:在 IEC 61000-4-30³⁾中,基本电压测量采用均方根电压,在一个周期上测量,并且每半个周期更新一次。

电压暂降的重要参数是电压的幅值。这个参数有两种表示方式,一种是在事故期间的电压降低值;另一种是低于预设电压或其他参考值的量值。在本指导性技术文件中,习惯上采用电压暂降的定量法,并使用“剩余电压”这个术语。

电压暂降的测量包括记录暂降期间的电压值,持续时间和测量期间的暂降次数。后两个参量也用于记录短时中断。为了记录这些值并比较测试结果,有必要采取某些特殊的规定。

下面分别叙述描述在各种电压暂降测量中使用或考虑的规定,不涉及任何特殊情况。

6.1.1 测量用参考电压

6.1.1.1 固定参考电压

电压暂降中的剩余电压经常用相对值表示,如百分值或标么值。习惯上,这种关系的基准通常是观察点上的额定电压或标称电压。当对所用设备可能产生的影响感兴趣时,这就特别有用。因此,在低压和中压电网中的测量参考电压通常是相关电网的额定电压或标称电压。

6.1.1.2 变动参考电压

当调查的对象包括由单一短路事件引起的、电网上不同点间的电压暂降比较时,采用不同的方法是适当的,电网可能工作在不同电压。在较高电压的电网上进行测试的情况比较常见。然而,对于很多与低压或中压电网连接的电气设备来说,了解如何测量在高压电网上电气设备所经历暂降的方法也是很有用的。

相对于低压或中压电网,高压电网上正常电压范围的变动要大得多,因为高压电网只有一个可操作其电压范围的部件,例如变压器的抽头。引起高压电网上一定深度的电压暂降事件,可能导致在低压电

3) IEC 61000-4-30《电磁兼容 试验和测量技术 电力质量测量方法》正在转化为国标。

网不同观察点上出现很多个剩余电压,即使它们紧邻在一起。这是因为在不同点上暂降前的电压是随中间变压器抽头位置和连接方式而变化。

在这些情况下,可以测量与先前电压有关的电压暂降,也能够记录电压变化的情况。在这种情况下,为了显示暂降发生之前的电压,参考电压是在某一特定的时间间隔内(远长于电压暂降的持续时间)连续计算得到的值。这就是提到过的变动参考电压。

当使用变动参考电压时,必须考虑到,对用电设备来说关键值常常是电压绝对值。例如,假设在某一特定点暂降之前的电压值在 $0.9U_n \sim 1.1U_n$ 的范围,电压减少标么值 r ,相对于变动参考值,意味着实际的剩余电压低至 $0.9rU_n$ 或高至 $1.1rU_n$ (U_n = 标称电压)。在评估对设备影响时不需要太精确。

6.1.2 暂降持续时间:标志起始和结束的电压阈值

起始电压和结束电压阈值标志的选择取决于参考电压是代表先前即时电压的变动电压,还是代表额定或标称电压的固定值。固定参考电压是首选的。

在供电网络上任意给定的观察点上,电压始终随着电网不同点上频繁的变化和负载的切换而变化。通常,至少在正常供电的条件下,电网应能维持电压在一定的范围内变化。电压在指定的允许范围内不断变动时,由短路或等效的电流浪涌引起的电压变化型式被定义为电压暂降。在这种情况下,引发的电压可以是先前电压的 0% 和 100% 之间的任何值,这取决于观察点与引起事故点的相对位置。

因此,在与引起事故位置相对远的观察点上,尤其是先前电压接近指定电压变化范围上限的地方,其剩余电压保持得相当高,并仍然在指定变化范围内。在这种电压维持在指定范围内点的剩余电压测量,不需要与由于当地负载的正常波动产生的电压变化进行区分。按惯例,这被排除在暂降测试之外。

基于这一理由,多数电压暂降的测量是基于指定允变范围下限来作为电压的阈值。仅仅将电压下降到阈值以下的事实记录为暂降。每次电压暂降的计算从电压下降到阈值以下时开始,等到电压恢复到至少为阈值时结束。

然而,在给定的时间里,观察点的电压恰好接近于指定变化范围的下限,很可能因正常的变化和负载的切换导致在指定阈值的下限附近产生微小的电压波动(变动的正常范围考虑采用短时间间隔内的平均电压,例如 10 min,因此在这段时间内的电压有低于和高于平均值的情况)。如果阈值如上述所设置,在这样一个观察点上记录的电压暂降数目,可能会随着负载感应电压的变化而明显增加。

消除这种变化的一种方法是在电压变化的正常范围以下设置预留的界限。在这种方法中,仅当剩余电压降到比指定电压允变范围之下的某个特定限值更低的情况才作为电压暂降予以记录。在电压暂降的记录期间,电压越过阈值的两个瞬间就被标志为事故的开始与结束。

另一种替代方法是采用两个阈值,此方法也已被用来排除负载感应电压的波动接近于指定允变范围下限的情况。仅把那些电压下降到相当于允变范围底部下面的阈值,再恢复到在第一个阈值上稍微设置了余量(典型值是 1% 的参考电压)的第二个阈值的事实分类为电压暂降(类似地,术语“迟滞量”用于描述两个阈值之间的差值)。

在该方法发展的最初阶段,使用第二阈值的目的仅仅用来将一种事件划分为电压暂降——给事件分类,第一阈值用来标志暂降的起始和结束。随着该方法的演变,发展成采用刚刚描述的第二阈值作为电压暂降结束的标志。

总的说来,对于固定参考电压的情况,起始和结束阈值可如下设置:

- 起始阈值设置成正常电压允变带宽的下限,或限值以下有指定余量的值;
- 结束阈值设置成与起始阈值相同的值,或者在起始阈值上面稍微留一点余量(滞后)。

当参考电压是一个变动值时,连续计算暂降发生前的电压值,这种方法具有平滑作用,自动排除绝大多数由于局部负载波动产生的变化。因此,这种情况下,起始和结束阈值可以选择为一个十分接近于变动参考电压的值。

当发生一个与暂降无关的电压下降趋势时,暂降结束时电压恢复到的值有时略低于事件发生前的

即时电压值。那么,为了确保能够识别“暂降”的结束,可能有必要将结束阈值设置成略低于参考值,例如 99% 的变动参考电压值。为统一起见,起始阈值可以设置成同一值。

在多相测量中,若各相电压暂降的持续时间在时间上是相互重叠的,习惯上被计成一个单独事故。某些情况下,测量持续时间从第一相或线电压降低到低于起始阈值的瞬间开始,到最后一相或线电压上升到或超过结束阈值的瞬间结束。

6.1.3 电压暂降和短时中断的区别

概念上,中断意味着与供电电源的完全断开,因此电压为零。然而实际上,电网的断开部分可能包含了重要的能量储存源,它阻止了电压在非常短的中断时间里降至零伏。此外,理论上最严重的电压暂降意味着是电压为零。尽管还连在电源上,而这样的电压暂降却等同于一次中断。所以,测量仪器要想从电压暂降中区分出短时中断是困难的。

基于这个原因,在测量电压暂降和短时中断中,为了区别这些现象,有必要采用一个大于零伏的界限电压。一个事故中,它的剩余电压低于所采用界限值时便被划分为短时中断,否则就是电压暂降。

其结果是,一个特定的短路可能导致不同的观察点被视为电压暂降或短时中断结果,这取决于在每观察点上的剩余电压是高于还是低于按照惯例所选择的界限值。

6.2 电压暂降的测量

虽然电压暂降的形成通常是很复杂的,一个简化方法是在几个点上进行电压暂降测量,以获得统计数据。该方法已用于处理暂降,将它们都看成是简单的单一深度的事件。对每一次暂降,记录一对数据。事故发生期间的剩余电压是最低电压。持续时间是从电压降到起始阈值以下的瞬间,至电压变成等于或高于结束阈值的瞬间进行测量。阈值的设置如前所述。

然而,发现某些被测事件要复杂得多,电压在事件发生期间有若干值,在暂降持续期内的一段可觉察的时间里可能伴有电压下降、上升或二者兼有。在这种情况下,为了表征暂降的特征,取剩余电压等同于达到的最低电压,而持续时间对应于起始和结束的阈值,这可能是严重夸大了骚扰本身的程度。

为了处理复杂的、非矩形的电压暂降,可能要在电压标尺上指定若干等级,并且记录电压到达或低于每个这样标记的持续时间。这样有可能要导致记录若干组剩余电压-持续时间的数据组来描述每一次电压暂降。

然而,这种方法没有用在本指导性技术文件出现的测量结果中。

在某些情况中,在特定场所进行电压暂降测量的目的是为了监测供应商和用户之间的合同条款是否满足,或是为了监测特定设备或程序的关键条件是否被违反。在这种情况下,可能要关注特定的电压阈值,这是因为合同有明确规定,或是因为该值对相关的设备或程序至关重要。实际暂降的起始和结束与其最终深度可能毫不相关。仅当电压降至特定的阈值以下,才会进行记录。此时,唯一需要的信息是电压保持或低于该值的持续时间。

6.3 短时中断的测量

对短时中断采取与电压暂降相同的方式进行测量。选择一个电压界限,低于此值的被指为短时中断。在此之前,界限值被设置成几个不同的值,分别为参考电压的 1%、5% 和 10%。

当这些测量是上文涉及的部分内容时,界限电压仅仅用来确定是电压暂降还是短时中断。然而,短时中断的持续时间基于与电压暂降相同的起始和结束阈值。在非矩形事件的情况下,这样会夸大短时中断的持续时间。

6.4 测量结果的分类

收集或描述电压暂降和短时中断的测量活动结果,必须注意这种现象的二维性。建议使用制作二

维矩阵或表格的方法,行表示深度或剩余电压的分类,列表示持续时间分类。

6.4.1 基于矩形假定的结果

表 2 给出 UNIPED(国际电能生产者与配电者联合会)设计的表格。对于一个特定的测量场地,每个单元格包括在指定的周期里发生的具有相应深度和持续时间的电压暂降次数,通常周期为一年。最后一行表示短时中断(在早期测量中,参考电压的 1% 的电压作为电压暂降和短时中断的分界线)。

表 2 测量结果的分类

剩余电压 u U_{ref} 的百分数	持续时间/s							
	$0.01 < \Delta t$ ≤ 0.02	$0.02 < \Delta t$ ≤ 0.1	$0.1 < \Delta t$ ≤ 0.5	$0.5 < \Delta t$ ≤ 1	$1 < \Delta t$ ≤ 3	$3 < \Delta t$ ≤ 20	$20 < \Delta t$ ≤ 60	$60 < \Delta t$ ≤ 180
$90 > u \geq 85$								
$85 > u \geq 70$								
$70 > u \geq 40$								
$40 > u \geq 10$								
$10 > u \geq 0$								
注 1: 第一列和第一行的测量结果可能会因为瞬态现象和负载波动而分别扩大。 注 2: 在持续时间标题中为首的两个, 0.01 s 和 0.02 s 相应于是 50 Hz 电压的半个周期和一个周期。对于 60 Hz 系统, 应使用相应的值。								

类似的表格用于对测量过程中所有位置的结果进行汇集。

在这种情况下,每个单元格包含:

- 单元格中记录所有观测点的某一百分位(一般为 95 百分位)电压暂降的次数;
- 单元格中记录的最大数;
- 单元格中记录的所有观测点的平均数;
- 或其他统计数据。

当涉及几种类型的电网时,应为每种类型单独列表。例如,架空电网应与地下电网相区别。

6.4.2 复杂暂降情况的结果确认

类似的表可以用来收集为每次电压暂降记录到几组深度-持续时间的测量结果。每次暂降会有几组数据填入表格,电压标度所指定若干等级中的每个等级作为一组。有必要在表格中专门提供一列给零持续时间。行与所选电压等级相对应。在多位置测量过程中,如同上面讲到的简单暂降情况,将从所有测量点上取得结果可以归在一张表格当中,每个单元格包括通过对全部测量结果经计算得到的专用统计值。

据悉,这种相当复杂的方法还未在实际中使用。

6.5 测量结果的汇总

由同一次事故产生的重合闸操作能够导致多次电压暂降或中断。这些重复的骚扰不太可能多次影响设备和程序。但它可能产生误导而将这些骚扰算作多次独立事件。考虑这种影响,汇总的概念可应用于统计分析和用户报告中。这在于应用一套规则,如何对在有限的时间段内发生的一组事件进行分类,如何按照幅值和持续时间对形成的等效事件进行表述。

例如,所有在 1 min 内的事件可被计算为一个单独的事件,它的幅值和持续时间是这期间内观察到的最严重的暂降。

必须注意的是汇总方法的选择对记录事件的数量和特性有相当大的影响。此外,形成的等效事件不需要准确反映对设备和程序的影响。

7 所得的测量结果

结果如下,其格式已提交给国际电工委员会(IEC)。

7.1 UNIPED⁴⁾ 的统计资料

UNIPED DISDIP 在欧洲的 9 个国家联合进行的测量活动[8]确定了接到低压和中压电网的电力用户每年所经历的电压暂降和短时中断的数目。

在低压电网测量尽可能接近中压/低压变电站的低压母线、或者直接在中压/低压变电站的中压线上进行。测量通过电压互感器进行,对于低压用户,所经受的相线-中线电压必须进行校正。

其目的是为了反映宽范围的环境和地理条件而找出有不同气候和电网结构的几个国家。从 85 个监测点得到了测量结果,几乎每个监测点的测量周期至少是一年。

电压暂降起始和结束的电压阈值采用标称电压的 90%,持续时间从 10 ms~1 min。短时中断的电压阈值是 0%,对应于表 3~表 8 的最后一行。

85 个测量点中,33 个是地下电网,其余的 52 个是高架线路和地下线路比例不同的混合电网。

表 3、表 4 和表 5 列出了地下电网的结果。

表 3 在相应单元格中记录了发生事件的最多次数,因为在同一测量点不会出现两个最多次数,所以对表中所有单元格的数据汇总就没有意义了。作为参考信息,将测量点记录到的暂降-中断事件最多次数附在表尾。

表 4 在每个单元格中给出事件发生数的平均值(在这种情况下,附在表后的所有测量点事件的平均值,与单元格值的平均值相同)。

表 5 中每单元格包含的是去除所有记录数字中最高的 5%后的事件最大次数,即每个单元格中的值是这个单元内所有发生次数分布的第 95 个百分位的值。在所有观测点上的所有暂降-中断事件次数的第 95 个百分位附在表中。

表 6、表 7 和表 8 列出了混合电网相应的值。

表 3 地下电网:电压暂降发生率——最大值

剩余电压 u U_{ref} 的百分数	持续时间 t					
	$10 \leq t < 100$ ms	$100 \leq t < 500$ ms	$0.5 \leq t < 1$ s	$1 \leq t < 3$ s	$3 \leq t < 20$ s	$20 \leq t < 60$ s
$90 > u \geq 70$	63	38	8	1	1	0
$70 > u \geq 40$	8	29	4	0	0	0
$40 > u \geq 0$	6	17	1	3	0	0
$u = 0$ (中断)	1	1	2	1	1	10
暂降最大值/测量点:124。						

4) 国际电能生产者与配电者联合会

表4 地下电网:电压暂降发生率——平均值

剩余电压 u U_{ref} 的百分数	持续时间 t					
	$10 \leq t < 100$ ms	$100 \leq t < 500$ ms	$0.5 \leq t < 1$ s	$1 \leq t < 3$ s	$3 \leq t < 20$ s	$20 \leq t < 60$ s
$90 > u \geq 70$	13.4	9.5	0.4	0.2	0.1	0
$70 > u \geq 40$	1.5	5.9	0.3	0	0	0
$40 > u \geq 0$	0.1	1.8	0.2	0.2	0	0
$u=0$ (中断)	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.7
暂降平均值/测量点:35。						

表5 地下电网:电压暂降发生率——95百分位

剩余电压 u U_{ref} 的百分数	持续时间 t					
	$10 \leq t < 100$ ms	$100 \leq t < 500$ ms	$0.5 \leq t < 1$ s	$1 \leq t < 3$ s	$3 \leq t < 20$ s	$20 \leq t < 60$ s
$90 > u \geq 70$	23	19	3	1	0	0
$70 > u \geq 40$	5	19	1	0	0	0
$40 > u \geq 0$	1	8	1	0	0	0
$u=0$ (中断)	0	0	1	0	1	1
暂降的第95个百分位/测量点:63。						

表6 混合电网:电压暂降发生率——最大值

剩余电压 u U_{ref} 的百分数	持续时间 t					
	$10 \leq t < 100$ ms	$100 \leq t < 500$ ms	$0.5 \leq t < 1$ s	$1 \leq t < 3$ s	$3 \leq t < 20$ s	$20 \leq t < 60$ s
$90 > u \geq 70$	111	99	20	8	3	1
$70 > u \geq 40$	50	59	14	3	1	0
$40 > u \geq 0$	5	26	11	4	1	1
$u=0$ (中断)	5	25	104	10	15	24
暂降的最大值/测量点:306。						

表7 混合电网:电压暂降发生频率——平均值

剩余电压 u U_{ref} 的百分数	持续时间 t					
	$10 \leq t < 100$ ms	$100 \leq t < 500$ ms	$0.5 \leq t < 1$ s	$1 \leq t < 3$ s	$3 \leq t < 20$ s	$20 \leq t < 60$ s
$90 > u \geq 70$	26.8	27.6	3.4	1.2	0.3	0.02
$70 > u \geq 40$	3.1	15.1	1.3	0.4	0.02	0
$40 > u \geq 0$	0.4	6.5	1	0.4	0.1	0.02
$u=0$ (中断)	0.3	3.5	7.4	1.2	1.1	2.1
暂降的平均值/测量点:103。						

表 8 混合电网:电压暂降发生率——95 百分位

剩余电压 u U_{ref} 的百分数	持续时间 t					
	$10 \leq t < 100$ ms	$100 \leq t < 500$ ms	$0.5 \leq t < 1$ s	$1 \leq t < 3$ s	$3 \leq t < 20$ s	$20 \leq t < 60$ s
$90 > u \geq 70$	61	68	12	6	1	0
$70 > u \geq 40$	8	38	4	1	0	0
$40 > u \geq 0$	2	20	4	2	1	0
$u = 0$ (中断)	0	18	26	5	4	9
暂降的第 95 个百分位/测量点:256。						

7.2 EPRI(美国电力研究院)调查的统计资料[9][10]

这个调查历时两年(1993 年—1995 年),收集了分布在美国的 24 个公司的中压配电系统中的测量结果。在 95 条不同的馈电线路上,安装监测器的场地点数达到 277 个。在这个调查中很少有电缆电路。

大部分情况,在中压线上测量相线-中线电压。用一个周期来计算均方根电压。任何 1 min 内的事被划分为一次暂降,用任何一相的最小电压及涉及该相的事件持续时间表示。

电压暂降的频率和幅值的统计结果,如下图所示(涉及到电压暂降持续时间的数据尚未公布)。每个测量点反馈数据的取样权重是根据从所有可能监测点上选定的概率来取的。

图 4 给出了每个观察点在每 30 d 出现的暂降和中断的数目。

暂降和中断发生率、幅值柱状图
所有测量点,一分钟集合窗口

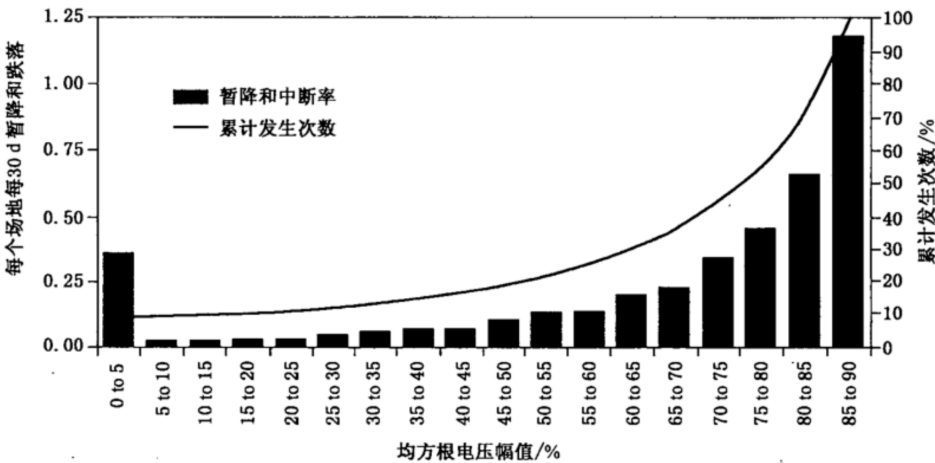


图 4 暂降和中断率柱状图

图 5 说明用于记录给定低于 4 个不同阈值的电压暂降数的测量场地数。符合 SARFI_x 指标,这里:
SARFI_x(系统平均均方根值(可变)发生次数指标) = $\sum N_i / N_t$

其中:

x =均方根电压阈值;

N_i =用户每年经受的电压暂降至 x 以下的次数;

N_t =用户接受系统相关部门服务的次数。

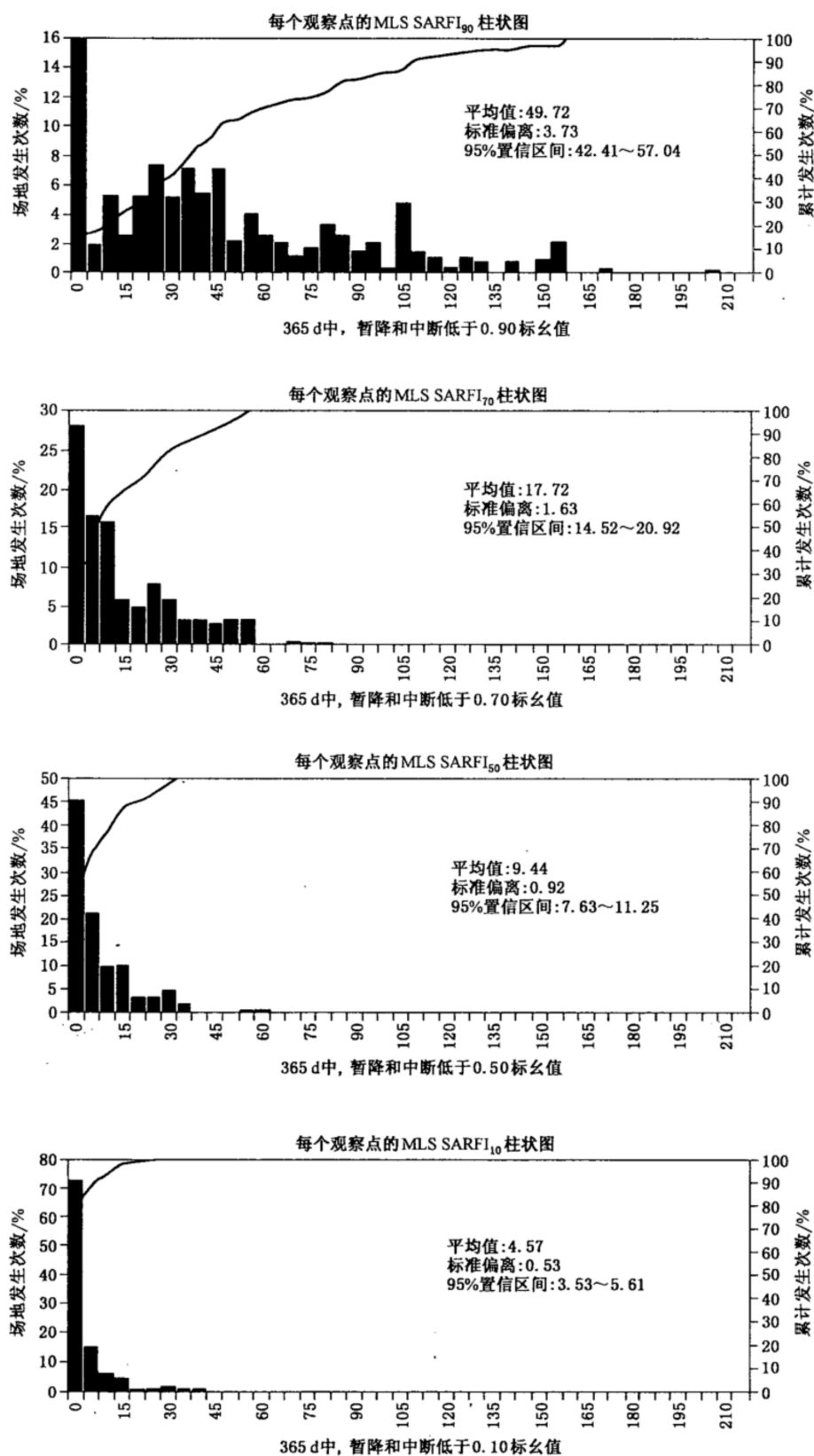


图5 每年低于4个电压阈值的电压暂降和中断次数

7.3 个别国家的统计资料

7.3.1 A 国

在高压和中压系统上进行了为期一年的测量,在高压电网测量时使用 27 台仪器,中压电网测量时使用 36 台仪器。

将额定电压作为参考值,采用的阈值为参考电压的 90%(开始)、92%(结束)和 10%(中断)。在 10 ms 的窗口上计算均方根电压值。

当三相电压中至少有一相降到开始阈值之下,这个事件被认为是电压暂降,当三相电压都降到 10% 阈值之下,则认为是短时中断。

测量设备被设置成检测持续时间长于或等于 20 ms,且剩余电压低于或等于 90% 参考电压的事件。然而,下列表格仅给出了持续时间长于或等于 50 ms,以及幅值低于或等于 80% 参考电压的事件。

短时中断与电压暂降分别计算,各自的统计结果见下表。

表 9 和表 10 给出了高压和中压系统上检测到的暂降和中断事件分布,用事件总数(超过 20 000 件)的百分数来表示。

表 9 高压系统上的电压暂降和短时中断

剩余电压 u U_{ref} 的百分数	持续时间 t				
	$50 \leq t < 200$ ms	$200 \leq t < 400$ ms	$400 \leq t < 600$ ms	$0.6 \leq t < 1$ s	$1 \leq t$ s
$80 > u \geq 75$	7.4%	2.7%	0.6%	0.8%	0.6%
$75 > u \geq 70$	3.9%	1.5%	0.2%	0.3%	0%
$70 > u \geq 50$	4.7%	2.5%	0.2%	0.4%	0.4%
$50 > u \geq 30$	0.9%	0.4%	0.2%	0.2%	0%
$30 > u$	3.2%	0.6%	0.2%	0%	1.1%
短时中断	0%	0.3%	0.1%	0%	3.5%

表 10 中压系统上的电压暂降和短时中断

剩余电压 u U_{ref} 的百分数	持续时间 t				
	$50 \leq t < 200$ ms	$200 \leq t < 400$ ms	$400 \leq t < 600$ ms	$0.6 \leq t < 1$ s	$1 \leq t$ s
$80 > u \geq 75$	6.5%	2.4%	0.8%	0.9%	0%
$75 > u \geq 70$	2.7%	1.4%	1.1%	1.3%	0%
$70 > u \geq 50$	7.1%	2.4%	1.6%	1.3%	0%
$50 > u \geq 30$	2.2%	1.8%	0.6%	0.6%	0%
$30 > u$	5.7%	2.4%	0.8%	0%	0.2%
短时中断	1.3%	2.4%	0.2%	0%	4.7%

7.3.2 B 国

测量活动进行了三年(1996 年—1998 年),使用了 45 台暂降记录仪,在每个选定点记录整整一年的结果。通常,测量在相线-地线之间进行,但在某些情况下,通过接入适用的电压互感器在相线-相线间测量。

将标称电压作为参考值,采用的阈值为参考电压的 90%(起始),91%(结束)和 1%(中断)。

电压暂降依据深度和持续时间进行分类,与 UNIPED 设计的表格相一致。超过一相的暂降如果在时间上交迭,定为一次事件。时间上分开的事件(不交迭)则计为是各自分离的暂降。

发现在已记录的事件有 1/4 的持续时间在 10 ms~20 ms 范围内。显然,不同的测量设备对这些事件具有不同的响应,这些事件可能是由电压瞬变所造成的。因此要去掉持续时间小于 20 ms 的事件。

下表给出了三种电网的结果:中压架空电网取 109 个测量点,中压地下电网取 11 个测量点,高压(400 kV)电网取 9 个测量点。

在每种情况中,列出了最大发生率和平均发生率。对于表 11、表 14 和表 16 中的最大值,每个表格的单元包含的是在测试点上每年的电压暂降数,这是记录了对应深度(剩余电压)和持续时间上的电压暂降最大数目。对于表 13、表 15 和表 17 中的平均值,每个单元格包含了每年在所有测量点上,按相应深度(剩余电压)和持续时间记录到的事件数目的算术平均值。

此外,表 12 包含的是在中压架空电网的 95 百分位。该表格中的每个单元格记录的是去除了 5% 的测量点所记录的对应深度(剩余电压)和持续时间的暂降的最大次数之后的暂降最大次数(其他类型的电网测量点数目不足,不能提供类似的表格)。

表 11 中压架空电网:电压暂降发生率——最大值

剩余电压 u U_{ref} 的百分数	持续时间 t						
	$20 \leq t < 100$ ms	$100 \leq t < 500$ ms	$0.5 \leq t < 1$ s	$1 \leq t < 3$ s	$3 \leq t < 20$ s	$20 \leq t < 60$ s	$60 \leq t < 180$ s
$90 > u \geq 85$	541	61	24	25	53	51	10
$85 > u \geq 70$	1 532	203	136	20	7	1	1
$70 > u \geq 40$	1 146	225	38	26	8	1	1
$40 > u \geq 1$	97	424	31	28	5	1	3
$1 > u \geq 0$ (中断)	2	20	7	27	27	6	10

表 12 中压架空电网:电压暂降发生率——95 百分位

剩余电压 u U_{ref} 的百分数	持续时间 t						
	$20 \leq t < 100$ ms	$100 \leq t < 500$ ms	$0.5 \leq t < 1$ s	$1 \leq t < 3$ s	$3 \leq t < 20$ s	$20 \leq t < 60$ s	$60 \leq t < 180$ s
$90 > u \geq 85$	150	37	9	6	3	2	1
$85 > u \geq 70$	238	93	14	5	1	0	0
$70 > u \geq 40$	141	128	15	5	1	0	0
$40 > u \geq 1$	55	113	12	4	1	0	0
$1 > u \geq 0$ (中断)	0	4	1	6	7	2	3

表 13 中压架空电网:电压暂降发生率——平均值

剩余电压 u U_{ref} 的百分数	持续时间 t						
	$20 \leq t < 100$ ms	$100 \leq t < 500$ ms	$0.5 \leq t < 1$ s	$1 \leq t < 3$ s	$3 \leq t < 20$ s	$20 \leq t < 60$ s	$60 \leq t < 180$ s
$90 > u \geq 85$	47.1	11.7	2.3	1.2	1.5	1.1	0.2
$85 > u \geq 70$	63.9	28.1	5.3	1.0	0.2	0	0
$70 > u \geq 40$	36.5	31.9	3.6	1.1	0.2	0	0
$40 > u \geq 1$	10.4	24.2	2.5	0.8	0.2	0	0
$1 > u \geq 0$ (中断)	0	0.8	0.3	1.1	1.4	0.4	0.6

表 14 中压地下电网:电压暂降发生率——最大值

剩余电压 u U_{ref} 的百分数	持续时间 t						
	$20 \leq t < 100$ ms	$100 \leq t < 500$ ms	$0.5 \leq t < 1$ s	$1 \leq t < 3$ s	$3 \leq t < 20$ s	$20 \leq t < 60$ s	$60 \leq t < 180$ s
$90 > u \geq 85$	105	34	8	20	43	11	10
$85 > u \geq 70$	64	54	28	2	0	0	0
$70 > u \geq 40$	65	126	9	2	0	0	0
$40 > u \geq 1$	26	53	3	1	0	0	0
$1 > u \geq 0$ (中断)	0	9	5	6	3	1	2

表 15 中压地下电网:电压暂降发生率——平均值

剩余电压 u U_{ref} 的百分数	持续时间 t						
	$20 \leq t < 100$ ms	$100 \leq t < 500$ ms	$0.5 \leq t < 1$ s	$1 \leq t < 3$ s	$3 \leq t < 20$ s	$20 \leq t < 60$ s	$60 \leq t < 180$ s
$90 > u \geq 85$	37.4	12.1	1.8	1.9	4.2	1.2	1.1
$85 > u \geq 70$	24.0	20.4	4.4	0.5	0	0	0
$70 > u \geq 40$	14.2	19.7	2.1	0.2	0	0	0
$40 > u \geq 1$	5.6	12.5	0.8	0.1	0	0	0
$1 > u \geq 0$ (中断)	0	0.8	0.7	0.6	0.7	0.2	0.5

表 16 高压(400 kV)电网:电压暂降发生率——最大值

剩余电压 u U_{ref} 的百分数	持续时间 t						
	$20 \leq t < 100$ ms	$100 \leq t < 500$ ms	$0.5 \leq t < 1$ s	$1 \leq t < 3$ s	$3 \leq t < 20$ s	$20 \leq t < 60$ s	$60 \leq t < 180$ s
$90 > u \geq 85$	50	11	2	0	0	0	0
$85 > u \geq 70$	61	15	1	0	0	0	0
$70 > u \geq 40$	20	14	1	0	0	0	0
$40 > u \geq 1$	2	1	0	6	0	0	0
$1 > u \geq 0$ (中断)	0	0	2	4	0	0	0

表 17 高压(400 kV)电网:电压暂降发生率——平均值

剩余电压 u U_{ref} 的百分数	持续时间 t						
	$20 \leq t < 100$ ms	$100 \leq t < 500$ ms	$0.5 \leq t < 1$ s	$1 \leq t < 3$ s	$3 \leq t < 20$ s	$20 \leq t < 60$ s	$60 \leq t < 180$ s
$90 > u \geq 85$	27.7	3.1	0.4	0	0	0	0
$85 > u \geq 70$	30.2	7.6	0.3	0	0	0	0
$70 > u \geq 40$	7.1	2.9	0.2	0	0	0	0
$40 > u \geq 1$	0.9	0.1	0	1.1	0	0	0
$1 > u \geq 0$ (中断)	0	0	0.2	0.6	0	0	0

7.3.3 C 国

对于该国,可用的测量结果如下所述:

- 地下电网的两个测量点,历时三年的测量(1996 年—1998 年);
- 混合电网(架空/地下)的 3 个测量点,历时同样的三年测量;
- 混合电网的 3 个测量点,历时一年的测量(1999 年);
- 架空电网的 3 个测量点,历时一年的测量(1999 年)。

这些测量在高压/中压变电站的中压母线上进行。

除了一般的结果表格,为每一组结果列表确定了一个特征值。该值是对每个单元格的值进行加权,然后对所有单元格的加权值求和。

表 18 给出了单元格加权系数。每个单元格的系数由持续时间和深度(不是剩余电压)的区间中间值的乘积给出。例如,对应持续时间区间为 0.5 s~0.75 s 和深度区间为 $0.3U_{\text{ref}} \sim 0.6U_{\text{ref}}$ (剩余电压 $0.4U_{\text{ref}} \sim 0.7U_{\text{ref}}$) 的单元格,其加权系数为 $0.28\ 125 = 0.625 \times 0.45$ 。然而,这里假设超过 1 s 的严酷度没有进一步增加,对于最后四列,系数计算是基于同样的持续时间中间值 0.875。

表 18 电压暂降严酷度加权系数

剩余电压 u	深度 u'	持续时间 t							
		$20 \leq t$ <100 ms	$100 \leq t$ <250 ms	$250 \leq t$ <500 ms	$0.5 \leq t$ <0.75 s	$0.75 \leq t$ <1 s	$1 \leq t$ <3 s	$3 \leq t$ <20 s	$20 \leq t$ <180 s
$90 > u \geq 85$	$10 < u' \leq 15$	0.008	0.022	0.047	0.078	0.109	0.109	0.109	0.109
$85 > u \geq 70$	$15 < u' \leq 30$	0.014	0.039	0.084	0.141	0.197	0.197	0.197	0.197
$70 > u \geq 40$	$30 < u' \leq 60$	0.027	0.079	0.169	0.281	0.394	0.394	0.394	0.394
$40 > u \geq 10$	$60 < u' \leq 90$	0.045	0.131	0.281	0.469	0.656	0.656	0.656	0.656
$10 > u \geq 0$	$90 < u' \leq 100$	0.057	0.166	0.356	0.594	0.831	0.831	0.831	0.831

各单元格值乘以表 18 中的相应系数得出加权和,列在表 19~表 26 的最后。为了比较,附带列出了由实际的、无加权的单元值求和得出的直接总和。

表 19 和表 20 包括了地下电网中两个测量场地历时 3 年(1996 年—1998 年)的测量结果。这两个表格分别包括了记录的每年的电压暂降数的最大值和平均值,所记录的电压暂降根据剩余电压和持续时间的分类区间进行合并。对于最大值,两个场地各自三年中每年年度值取平均值,得到的两个结果中的较大者列在表格的每个单元格中。对于平均值,每个单元格中的数值仅仅是六个值的平均—两个场地各自的 3 个每年记录值。

表 21 和表 22 包括混合电网在相同的 3 年周期里的测量结果,计算方法同上,不同之处在于这里是 3 个而不是两个测量场地。

表 19 地下电网:2 个测量场地,1996 年—1998 年——暂降最大值/年

剩余电压 u U_{ref} 的百分数	持续时间 t							
	$20 \leq t$ < 100 ms	$100 \leq t$ < 250 ms	$250 \leq t$ < 500 ms	$0.5 \leq t$ < 0.75 s	$0.75 \leq t$ < 1 s	$1 \leq t$ < 3 s	$3 \leq t$ < 20 s	$20 \leq t$ < 180 s
$90 > u \geq 85$	1.67	0.33	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00
$85 > u \geq 70$	3.67	3.33	0.67	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00
$70 > u \geq 40$	0.67	2.67	0.33	1.33	0.00	1.33	0.00	0.00
$40 > u \geq 10$	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
$10 > u \geq 0$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
直接求和:17.0; 加权求和:1.5。								

表 20 地下电网:2 个测量场地,1996 年—1998 年——暂降平均值/年

剩余电压 u U_{ref} 的百分数	持续时间 t							
	$20 \leq t$ < 100 ms	$100 \leq t$ < 250 ms	$250 \leq t$ < 500 ms	$0.5 \leq t$ < 0.75 s	$0.75 \leq t$ < 1 s	$1 \leq t$ < 3 s	$3 \leq t$ < 20 s	$20 \leq t$ < 180 s
$90 > u \geq 85$	1.17	0.17	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00
$85 > u \geq 70$	3.67	2.50	0.50	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00
$70 > u \geq 40$	0.33	1.33	0.17	1.00	0.00	0.67	0.00	0.00
$40 > u \geq 10$	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
$10 > u \geq 0$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
直接求和:12.2; 加权求和:1.0。								

表 21 混合电网:3 个测量场地,1996 年—1998 年——暂降最大值/年

剩余电压 u U_{ref} 的百分数	持续时间 t							
	$20 \leq t < 100$ ms	$100 \leq t < 250$ ms	$250 \leq t < 500$ ms	$0.5 \leq t < 0.75$ s	$0.75 \leq t < 1$ s	$1 \leq t < 3$ s	$3 \leq t < 20$ s	$20 \leq t < 180$ s
$90 > u \geq 85$	4.00	1.33	1.00	0.67	0.33	0.67	0.33	0.00
$85 > u \geq 70$	8.67	5.33	2.33	2.33	1.33	0.33	0.00	0.00
$70 > u \geq 40$	3.00	3.67	2.67	4.00	0.67	1.00	0.00	0.00
$40 > u \geq 10$	0.67	1.33	0.67	1.00	1.00	1.67	0.00	0.00
$10 > u \geq 0$	0.00	0.33	0.33	0.67	0.00	1.00	0.33	0.00
直接求和:52.7; 加权求和:8.3。								

表 22 混合电网:3 个测量场地,1996 年—1998 年——暂降平均值/年

剩余电压 u U_{ref} 的百分数	持续时间 t							
	$20 \leq t < 100$ ms	$100 \leq t < 250$ ms	$250 \leq t < 500$ ms	$0.5 \leq t < 0.75$ s	$0.75 \leq t < 1$ s	$1 \leq t < 3$ s	$3 \leq t < 20$ s	$20 \leq t < 180$ s
$90 > u \geq 85$	2.67	0.89	0.56	0.33	0.11	0.22	0.11	0.00
$85 > u \geq 70$	5.78	4.78	1.11	1.44	0.67	0.11	0.00	0.00
$70 > u \geq 40$	1.78	2.56	1.78	1.44	0.22	0.67	0.00	0.00
$40 > u \geq 10$	0.22	0.89	0.22	0.56	0.44	1.11	0.00	0.00
$10 > u \geq 0$	0.00	0.11	0.11	0.22	0.00	0.33	0.11	0.00
直接求和:31.6; 加权求和:4.1。								

表 23 给出了混合电网中 3 个测量场地历时一年(1999 年)的测量结果。在每个单元格中的数值记录了 3 个场地中有相应持续时间和剩余电压的最大值。表 24 包括了同样测量条件下的平均值。

表 25 和表 26 包括了相同的年份里架空电网上的 3 个测量场地相应的测量结果。

表 23 混合电网:3 个测量场地,1999 年——暂降的最大值

剩余电压 u U_{ref} 的百分数	持续时间 t							
	$20 \leq t < 100$ ms	$100 \leq t < 250$ ms	$250 \leq t < 500$ ms	$0.5 \leq t < 0.75$ s	$0.75 \leq t < 1$ s	$1 \leq t < 3$ s	$3 \leq t < 20$ s	$20 \leq t < 180$ s
$90 > u \geq 85$	2	3	1	0	0	0	0	0
$85 > u \geq 70$	7	13	1	0	1	0	0	0
$70 > u \geq 40$	5	4	1	2	1	1	0	0
$40 > u \geq 10$	1	1	0	0	1	1	0	1
$10 > u \geq 0$	0	1	0	1	1	1	0	4
直接求和:55; 加权求和:10.8。								

表 24 混合电网:3 个测量场地,1999 年——暂降的平均值

剩余电压 u U_{ref} 的百分数	持续时间 t							
	$20 \leq t < 100$ ms	$100 \leq t < 250$ ms	$250 \leq t < 500$ ms	$0.5 \leq t < 0.75$ s	$0.75 \leq t < 1$ s	$1 \leq t < 3$ s	$3 \leq t < 20$ s	$20 \leq t < 180$ s
$90 > u \geq 85$	1.67	1.67	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
$85 > u \geq 70$	4.67	5.33	0.33	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00
$70 > u \geq 40$	3.00	2.33	0.67	1.00	0.67	0.33	0.00	0.00
$40 > u \geq 10$	0.67	0.33	0.00	0.00	0.33	0.33	0.00	0.33
$10 > u \geq 0$	0.00	0.33	0.00	0.33	0.33	0.33	0.00	1.33
直接求和:27.7; 加权求和:4.1。								

表 25 架空电网:3 个测量场地,1999 年——暂降的最大值

剩余电压 u U_{ref} 的百分数	持续时间 t							
	$20 \leq t < 100$ ms	$100 \leq t < 250$ ms	$250 \leq t < 500$ ms	$0.5 \leq t < 0.75$ s	$0.75 \leq t < 1$ s	$1 \leq t < 3$ s	$3 \leq t < 20$ s	$20 \leq t < 180$ s
$90 > u \geq 85$	10	4	3	1	0	1	1	0
$85 > u \geq 70$	7	17	17	9	4	1	1	0
$70 > u \geq 40$	2	12	3	1	5	0	0	0
$40 > u \geq 10$	0	8	0	1	0	4	0	2
$10 > u \geq 0$	0	0	0	3	0	1	6	0
直接求和:124; 加权求和:21.8。								

表 26 架空电网:3 个测量场地,1999 年——暂降的平均值

剩余电压 u U_{ref} 的百分数	持续时间 t							
	$20 \leq t < 100$ ms	$100 \leq t < 250$ ms	$250 \leq t < 500$ ms	$0.5 \leq t < 0.75$ s	$0.75 \leq t < 1$ s	$1 \leq t < 3$ s	$3 \leq t < 20$ s	$20 \leq t < 180$ s
$90 > u \geq 85$	7.00	2.00	1.00	1.00	0.00	0.67	0.33	0.00
$85 > u \geq 70$	6.67	12.00	7.67	3.33	1.33	0.33	0.33	0.00
$70 > u \geq 40$	1.00	7.33	1.33	0.67	2.00	0.00	0.00	0.00
$40 > u \geq 10$	0.00	3.00	0.00	0.33	0.00	1.33	0.00	0.67
$10 > u \geq 0$	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.33	2.00	0.00
直接求和:64.7; 加权求和:8.5。								

7.3.4 D 国

在 1987 年,该国家电力公司联盟,包括 10 个电力公司,从 7 月到 9 月在由闪电引发的断电最多的时间里进行了测量。

测量有两个目的:第一个目的是评估电压暂降和短时中断的实际发生率;第二个目的是提供概率数据,使遭受骚扰的电力用户和设备制造商能设计它们的系统结构,并对补救措施的成本和收益进行实际评估。

大多数电力用户由 6.6 kV 配电站供电,这些配电站又依次连接到 77 kV 的母线。连接到 77 kV 以上电网的特殊用户数相比之下可忽略。大部分的 77 kV 母线安装了自动录波单元,在故障的情况下由欠压继电器触发,从而记录暂降中的电压。因此被选择作为所需数据的来源。

对于没有安装录波单元的 77 kV 母线的情况,用 154 kV 或更高电压的母线取代。这也是由 154 kV 或更高电压电网直接供电的配电站的情况。

下列假设用于评价结果。

- 每个配电线上的电力用户数相同。因此,用录波单元记录的每次电压暂降对配电线路影响的鉴别,可以对包含的用户数进行评估。
- 电压暂降和短时中断的数目与传输线上的故障数成正比。因此,从全国性的统计中,通过 3 个月测量周期中每个电压等级上发生的故障数,可以推断出每年发生的故障数,这样就可以估计每年发生的暂降和中断数目。

将可能的暂降持续时间和深度(剩余电压)的范围各自划分为 7 个和 5 个区间。对于每个作为结果的深度-持续时间对,利用上面的假设,以及受影响的用户数和连接的用户总数之间的关系,计算在任一年中任何用户受到相应严酷度的暂降影响的概率。

结果如表 27 所示。

表 27 每个用户经受的电压暂降和短时中断的平均概率 p

剩余电压 u U_{rel} 的百分数	持续时间(周期)						
	<3	3~6	6~9	9~12	12~15	15~18	18~120
$90 > u \geq 80$	4	29	11	3	1	1	6
$80 > u \geq 60$	3	12	4	1	0	0	2
$60 > u \geq 40$	0	7	3	1	0	0	1
$40 > u \geq 20$	0	4	2	0	0	0	1
$20 > u \geq 0$	0	2	1	0	0	0	1

8 结果比较及一般结论

8.1 结果比较

对前面提到的结果只能进行有限的比较。不同的测量会产生相当大的差异,涉及:

- 测量点的数量和它们在选定电网上的观测点;
- 选择的暂降和中断阈值;
- 测量周期的长度,包括总的时间和在每个测量点记录保持的持续时间;
- 测试仪器的类型;
- 尽量保证测试点是电网中有代表性的抽样点。

数据的分析和显示存在进一步的差异,例如:

- 在深度和持续时间的选择范围上有差异;
- 结果是以绝对值、相对值还是以概率值表示;
- 暂降的发生率是以每个用电用户的形式还是每个测试场地的形式表达;
- 数值是以最大值、平均值、百分比还是其他的统计量来表示;
- 集合的方法。

尽管存在着以上差异,一些共同的特征已成共识:

- 关于暂降在深度-持续时间平面内分布的相对密度方面,测量有很多共同点;
- 确认了暂降发生在整个深度-持续时间平面内;
- 确认了电网类型对暂降发生率有影响,架空电网有更高的发生率;
- 接近于零持续时间和接近于正常电压范围的高发生率,暗示了分别是由电压瞬变和一般负载波动所造成的;
- 测量包括了相当多的测量点,发现了相当宽范围的发生率,大致反映了不同的电网类型和结构,气候条件和其他自然和建筑环境的特征;
- 发生电压暂降次数的最大值、平均值、百分值和其他记录数据的差异进一步证明了暂降发生率的分布是分散的。

8.2 由统计结果得出的结论

由结果得出的最重要的结论是电压暂降和短时中断在电磁环境中是真实存在的。它们预期发生在任何地点、任何时间、以及电平上包括电压实际下降为零值和持续时间达到 1s 及以上的情况。在任何电平上的发生频率和发生概率,由于地点和年份的不同会有很大的变化。

很明显,在架空电网上可能有相当高的电压暂降年发生率反映出这些电网故障原因,尤其是严酷的气候条件,是影响所有电网的额外的原因。

注:由当地地下电网供电的电力用户,自然会受到来自于电网上游部分的电压暂降的影响,相当多的上游部分是架空结构。

另一个结论是希望通过努力使对该现象的调研、测量和报告达到国际标准化。目标应该是达到一致性和连贯性,以代替 8.1 中列出的许多不一致的地方。然而,关于这类骚扰的现有知识可能不足以允许有一份在各方面都有正确方法的规范说明。为了尽可能获取最多的知识,除了安装并维护必要的设备以外,还要考虑测试仪器以及数据采集、存储和分析的成本。

应该注意的是,大多数的测量没有在任何场地进行为期超过一年的监测。然而,必须记住电压暂降的主要原因是很多电网的故障,特别要强调的是这些故障与相当长时间内的气候条件有关。如闪电或风暴,大致在每十年或更长的时期内,有一次最严酷的峰值,而这类与正常气候条件的偏离是无法预测的。同样,在区域内正常气候条件十分正常的情况下,一个单独的线路或电网的一部分也有可能在一时刻受到当地暴风雨的袭击。

这样就提出了一个问题,需要选择多少测量场地和调研需要历时多少年,才能提供想要得到的电压暂降的类型和频率的真正数据。为避免在获得的结果中引入偏差,一定程度上,会增加对选择正常要求的场地的复杂性。

因此,必须认识到在测量所选择的时间和地点上存在特别有利或者特别不利的状况时,已经报告的一些结果可能存在偏差。

8.3 一般结论

电压暂降从来就是公用电网中的固有特征。然而近 10 年,电压暂降已经变成了日益棘手的骚扰,产生了很多不便和相当大的经济损失。原因在于一些现代的电力设备,或者由于自身的设计,或者由于

其内部的控制特性,对电压暂降更加敏感。因此需要在供应商、电力用户和电气设备的制造商之间,对电压暂降现象予以更多的重视。

对于已经提到的所有的结论都要予以重视,包括观察到的电压和持续时间值,暂降发生的频度和频度的变化,以及由此产生的不确定度。暂降对用户设备的影响必须要考虑,特别要关注非常重要的深度-持续时间特性,用户必须要考虑设备运行中任何性能降低或失效所造成的可能后果。根据那些结果,在方案的最初阶段,需要设计使电压暂降引起的骚扰和损失最小化,并且要有经济上的考虑。

一般的做法是遵照电磁兼容性,协调包含骚扰现象在内的发射和抗扰度的限值。对电压暂降和短时中断采取的特殊限制措施前面已有叙述,对发射的限制实际上是不大可行的,关于提高内在抗扰度的方法已在 5.1 中表述。

有两种情况会有区别,一种情况是设备在其预期的地点安装,它可能受到特殊的和专业的关注,另一种情况是设备被投放于开放的市场,由非专业用户购买,并且根据自己的判断连接到电网。

因为第一种情况可能是大型设备的部件,在用户、设备制造商或供应商和供电厂三方之间,可能还有专业的安装人员,存在协商和合作的机会。对于一些地区和国家,供电方有可能提供安装场所有可能出现的电压暂降的电平和频度的基本信息,但带来的不确定度是不可避免的。然而,这些值变化的范围是有限的,因为在任何地点,大多数电源暂降来自于很远的上游。

用户经过与所有方面的协商,对可能出现的电压暂降可能造成的影响做出平衡性评估,给出可减轻影响并经济可行的方案,使用的方法实例见 5.2。

作为消费品描述的第二种情况的设备,应提供固有抗扰度的最大可能电平。此外,应该给出足够的步骤,告知潜在用户抗扰度的限制和任何能够减轻超出抗扰度电平的暂降可供选择的方法。

如果电压暂降的兼容性电平能够作为这种类型设备的制造商指南给出,是比较可取的,这样他们可以考虑在产品成本和所提供的抗扰度电平之间做出最佳的平衡。然而,信息的水平和质量对建立兼容电平的需求还是不够的。

要设置这样的兼容性电平,必须考虑电压暂降的二维特性。如 GB/Z 18039.3[3]的附件 A 中所描述的,兼容性水平(对于一维现象)是在骚扰电平尺度上的一个点,在相关的电磁环境中实际骚扰电平超过该点的概率是很小的。因此,在电压暂降的情况中,兼容性电平将是深度-持续时间图上的一条曲线,这样,对更大的深度(较低的剩余电压)和更长的持续时间的暂降只有很小的概率。

已介绍的电压暂降的测量结果,强调的是骚扰事件发生的数量而不是骚扰电平,该方法与一般 EMC 方面处理电磁骚扰的方法有所不同。然而从抗扰度的观点来看,如果一台设备对电压暂降的抗扰度达到某一水平,那么与该点电网上该水平以下的暂降次数完全不相关,即设备不受影响。

另一方面,超过电平的暂降会妨碍设备按照预期的方式运行。如果性能的降低比较明显,其发生率就会使用户很不愉快甚至不能忍受。

对于性能比较明显的降低,这个发生率可能很低,每年发生大约 2~4 次。基于上述情况并考虑其发生概率与暂降的深度-持续时间有关,建议用一种可能的方法建立电压暂降兼容性水平。

这种方法建立了一些兼容性水平(在骚扰电平图上的曲线),每一个都与特定的发生率有关。例如,与发生率为每年 2 次的有关的兼容性水平在深度-持续时间图上将是一条曲线,这样,暂降超过深度-持续时间的水平能够每年发生 2 次以上的只存在很小的概率。同样地,可以建立每年 3 次或每年 4 次(也可能是每年 1 次甚至 0 次)的发生率的类似的曲线。

对于这样的安排,提供给非电技术专业用户的产品制造商,对照它可提供固有抗扰度电平,计入抗扰度的成本和产品所能提供的功能价值来选择兼容电平。类似地,用户应认识到产品很有可能遭受高达每年 2 次(举例)的暂降骚扰,他可以选择接受这种骚扰,或者采取他认为适当的行动。

如果测量的结果在暂降深度-持续时间座标内能提供足够的分辨率,并且结果的代表性令人满意,则可以绘制这种类型的曲线。

8.4 建议

下面的建议被提议作为电压暂降测量和数据表达的共同基础。虽然这里推荐的参数被认为是电压暂降测量研究的一个起点,进行研究的个人需要考虑这些值是否适用于特定的被监测的场地。

- a) 在每个选择的场地上至少进行为期 3 年的测量。
- b) 应监测高压/中压变电站上的中压母线。可用的连接将决定测量是在相线-相线上还是相线-地线上。
- c) 测量方法应根据 IEC 61000-4-30[4]。
- d) 将额定/标称电压作为参考电压,阈值应以 90% 作为开始,91% 作为结束(滞后 1%)和 10% 作为中断。结果的报告应记录阈值的实际值和/或所使用的滞后的电平,以及选择这些值的理由。
- e) 电压暂降应根据表 28 按深度和持续时间进行分类,多于一相的暂降如果在时间上重叠被定义为一个单独的事件。
- f) 应说明表单元格的组成方法-实际的发生率、95% 点的百分值、最大值、平均值等。
- g) 如果使用集合规则,应予声明。

表 28 结果的推荐性表述

剩余电压 u U_{ref} 的百分数	持续时间/s							
	$0.02 < \Delta t$ ≤ 0.1	$0.1 < \Delta t$ ≤ 0.25	$0.25 < \Delta t$ ≤ 0.5	$0.5 < \Delta t$ ≤ 1	$1 < \Delta t$ ≤ 3	$3 < \Delta t$ ≤ 20	$20 < \Delta t$ ≤ 60	$60 < \Delta t$ ≤ 180
$90 > u \geq 80$								
$80 > u \geq 70$								
$70 > u \geq 60$								
$60 > u \geq 50$								
$50 > u \geq 40$								
$40 > u \geq 30$								
$30 > u \geq 20$								
$20 > u \geq 10$								
$10 > u \geq 0$ (中断)								
注:第一栏中两个持续时间 0.01 s 和 0.02 s 对应 50 Hz 电压的半个周期和一个周期。对于 60 Hz 系统应使用相应的时间值。								

参 考 文 献

- [1] GB/T 4365 电工术语 电磁兼容
 - [2] GB/Z 18039.5 电磁兼容 环境 公用供电系统低频传导骚扰及信号传输的电磁环境
 - [3] GB/T 18039.3 电磁兼容 环境 公用低压供电系统低频传导骚扰及信号传输的兼容水平
 - [4] IEC 61000-4-30 电磁兼容(EMC) 第4-30部分:试验和测量技术 电源质量测量方法
 - [5] IEEE 1346:1998 评估电力系统和电子处理设备兼容性的推荐规程
 - [6] SMITH,JC. et al. 工业设备负载电压暂降的影响. 首次国际电源质量会议:终端用户应用和前景. 巴黎,1991,C-24号文件,PQA'91:171~178.
 - [7] UIE GT2 工业装置供电质量 部分2:电压暂降和短时中断.
 - [8] Disdip Group 中压公用供电系统的电压暂降和短时中断. 国际电能生产者与配电者联合会(UNIPED)的报告,1990.
 - [9] SABIN,DD. et al. 电压暂降和短时中断的统计学分析 EPRI 配电系统电能质量监控测量的最终结果. CIRED,1999. 6.
 - [10] SABIN,DD. et al. 配电系统电能质量性能的 RMS 电压变化统计分析. IEEE,1998, IEEE 0-7803-4403-0/98号文件.
-

中 华 人 民 共 和 国
国家标准化指导性技术文件
电磁兼容 环境
公用供电系统中的电压暂降、短时中断及
其测量统计结果
GB/Z 18039.7—2011/IEC/TR 61000-2-8:2002

*

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.spc.net.cn
总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235
读者服务部:(010)68523946
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 2.25 字数 63 千字
2012年6月第一版 2012年6月第一次印刷

*

书号: 155066 • 1-45094 定价 33.00 元



GB/Z 18039.7-2011

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107

打印日期: 2012年6月26日 F009A

库七七 www.kqgw.com 提供下载