

谈GB/T 30137—2013《电能质量 电压暂降与短时中断》的贯彻

访中国电力科学研究院教授级高工林海雪

■ 杨帆/本刊记者



林海雪 教授级高工
中国电力科学研究院

自20世纪80年代以来,随着信息产业、微电子控制和电力电子等新型电力负荷的迅速发展,电能质量已成为电力企业和广大用户共同关注的问题。电压暂降与短时中断(以下简称:电压暂降)已被证明是影响许多用电设备,特别是大量敏感性负荷正常、安全运行最重要的电能质量问题。2013年,GB/T 30137—2013《电能质量 电压暂降与短时中断》颁布,如何贯彻执行成了迫切的问题。电压暂降产生的原因、危害及特征量,电压暂降的测量和统计,减小电压暂降影响的技术措施,如何在供用电合同中纳入相关条款?带着这些问题本刊记者特别采访了中国电力科学研究院教授级高工林海雪,请他进行深入解读。

电压暂降产生的原因、危害及特征量

电气应用:您好,非常感谢您百忙之中接受本刊的专访。首先请问电压暂降产生的原因、危害及特征量都有哪些?

林海雪:电网中各种扰动引发的电能质量问题,可以从不同角度分类,依扰动存在的持续时间来分类,电能质量可以分为稳态和暂态(或动态)两大类。稳态电能质量问题是指经常存在的一些质量指标,如供电电压和频率的偏差、谐波、电压波动和闪变以及三相电压不平衡等。这类电能质量虽称为“稳态”,实际上是处在变动之中的,“稳态”的含义仅仅指其经常存在而已。对于这类质量指标,基本上已有一套行之有效的标准和分析计算办法,工程上也有大量成熟的治理技术和装置可供选择。电网中发生的暂时过电压和瞬态过电压以及电压暂降属于暂态电能质量问题。暂态电能质量一般具有下列特征:①产生的原因往往具有突发性和偶发性(事故、操作和负荷突变等);②电压幅值变化很大,可以在0~8(pu)范围内发生,且往往伴有波形剧变(相对于工频正弦波而

电压暂降不仅取决于公用电网,也和用户内部电网有关,还和用电负荷性质有关,因此减小电压暂降的危害需要供用电双方的共同努力。

言)；③持续时间从纳秒(ns)级到秒(s)级不等，一般限定在1 min以内。关于电压暂降，国标GB/T 30137—2013《电能质量 电压暂降与短时中断》定义为：电网中某点工频电压方均根值突然降低至0.1~0.9 (pu)，并在短暂持续10 ms (工频半周)~1 min后恢复正常的现象；若降低至0.1 (pu) 以下，在同样的持续时间内恢复正常，则称为短时中断。

1. 电压暂降产生的原因

供电系统任意点上发生的电气短路是公共电网上观察到的电压暂降主要来源。短路故障在电力系统中是不可避免的，引发的原因有很多。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大地之间，也包括任何多相短路，这导致电压暂降在相量上的复杂性。

发生短路时，在短路点上电压几乎完全突降为零。同时，所有其他点降低的程度按离短路点的远近相对较小。

供电系统所配备的保护装置将短路从电源上断开。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值，而被断开的负荷将停电。然而，大部分故障可以自行清除，因此通过自动重合闸的作用，负荷也将很快恢复供电。刚刚描述的这种电压突然降低，随后恢复的现象称为电压暂降（也称为电压跌落）。

大负荷的切换，变压器的充电，大型电动机的直接起动以及某些负荷特性造成的大幅度电压变动，都可以产生与短路电流效果类似的大电流变化。尽管通常这类现象对发生点的影响一般不如短路严重。这类情况可以划分为电压暂降或电压波动。

2. 电压暂降的危害

电压暂降会影响大量敏感性用电负荷的正常运行，如引起变速驱动装置(ASD)跳闸、程序逻辑控制器(PLC)损坏、各种数字式自动控制装置误动以及计算机系统失常数据丢失，导致相关加工生产线（如石化、玻璃、纺织、造纸、塑料、半导体以及橡胶等）停顿，大型公共场所照明失电等。

3. 电压暂降的特征量

在描述电压暂降时，常用下降幅值（或深度）、持续时间和发生频次这三大特征量。电压暂降示意图如图1所示，电压暂降的深度 d 定义为电压标称值(U_n)与电压下降的最小值（残压）之差 ΔU ，以标称值的百分数表示。而电压暂降的持续时间 Δt 则定义为低于90% U_n 至回升到90% U_n 的时间。

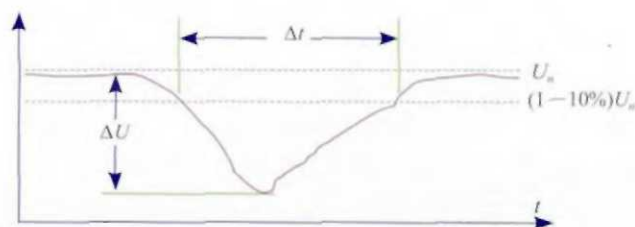


图1 电压暂降示意图

电压暂降的测量和统计方法

电气应用：贯彻执行GB/T 30137—2013，开展电压暂降的测量和统计工作是非常必要的。电压暂降是突发事件，因此对其监测需要在线长时间连续进行。那么请问电压暂降的测量和统计方法都有哪些？

林海雪：电压暂降的测量应在监测点安装监测仪，总体上仪器应符合GB/T 19862—2005和GB/T 17630—1998（等同IEC 61000—4—30）要求。监测记录内容应包括事件特征（三相电压有效值变化）、发生时刻和发生位置等，按照标准规定的格式记录下来。应注意，检测仪中用于判断电压暂降开始和结束而设定的电压门限称为阈值，虽然一般依据定义设置为0.9 (pu)，但实际上根据用户供电要求或供电合同规定可以作小范围变动，而且为了避免电压正常小波动可能造成的电压暂降次数虚增，一般可将电压暂降最高阈值设置为低于正常电压限值（在85%~90%间选择）；或者使电压暂降结束阈值超过起始值的1%~2%，以避免电压值在阈值范围附近正常波动时造成事件的多次统计。在标准中引入术语“迟滞电压”就是反映电压暂降的起始和结束电压阈值之差。还应注意，由于电压暂降事件的复杂性和短时持续性，标准规定对1 min内发生的数次电压暂降归并为一次电压暂降，其残余电压（即电压暂降过程中记录的电压方均根值的最小值）应取数次电压暂降中最小值，持续时间应取最低残余电压所在那次电压暂降的持续时间。对于多相系统的某一次电压暂降，当任一相的残余电压低于起始阈值时，电网电压暂降开始，当所有相的残余电压均高于结束阈值时，电压暂降结束。

由于电压暂降检测的长期性和连续性，国标规定检测仪至少应保存1年的检测记录。监测获取的数据每年或每月应进行统计分析，以反映电压暂降状况和影响程度。表征电压暂降的特征量主要是残余电压方均根值和电压暂降持续时间，因此采用系统平均有效值变化频度指标(System Average RMS Variation Frequency Index, SARFI)。标准规定SARFI指标有两种：①针对某一阈值电压 X 的统计指标 $SARFI_X$ ；②是针对某类敏感用户容

限曲线的统计指标SARFICURVE。

本标准中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}。

影响用户数统计的公式为

$$\text{SARFI}_{X-C} = \frac{\sum N_i}{N_T} \quad (1)$$

式中, X 为电压方均根值阈值, X 可能的取值为90、80、70、50或者10等,用电压方均根值占标称电压的百分数形式表示,即为 $X\%$,低于90的阈值一般用于对用户耐受电压暂降能力的评价,并可以通过测量描绘电压暂降曲线; N_i 为第 i 次事件下承受残余电压小于 $X\%$ 的电压暂降的用户数; N_T 为所评估测点供电的用户总数。

事件发生次数统计的公式为

$$\text{SARFI}_{X-T} = \frac{N \times D}{D_T} \quad (2)$$

式中, N 为监测时间段内残余电压小于 $X\%$ 的电压暂降的发生次数; D_T 为监测时间内的总天数; D 为指标计算周期天数,可取值30或365,对应指标分别表示每月或每年的残余电压小于 $X\%$ 的电压暂降平均发生次数, $D \leq D_T$ 。

SARFICURVE指标是统计电压暂降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SARFICURVE指标。如对于IT类设备,可按SARFICBEMA或SARFIITCT指标统计;对于半导体类设备,可按SARFISEMI指标统计。只有在CBEMA或ITIC曲线包围区域外部或SEMI曲线下方的电压暂降事件才考虑计入SARFICURVE。

图2为某监测点在一段时间内测到的13次电压暂降事件在ITIC曲线图上的标示例子。圆点为事件,共13次。其中5次事件处于欠电压禁区,可能对设备运行造成威胁。

根据IEC 61000-2-2和IEC 61000-2-12描述,大多数电压暂降持续时间为0.5周波~1 s。由架空线馈电的农村地区中、低压配网,每年电压暂降次数达几百次,有电缆网供电的地区约为10~100次。而欧标EN 50160则进一步指出电压暂降幅度一般小于60%,有些地区由于用户设施的开关操作,遭电压暂降幅度10%~15%非常频繁。但目前尚无足够的资料确定电压暂降的兼容水平,当然国标GB/T 30137-2013也没有

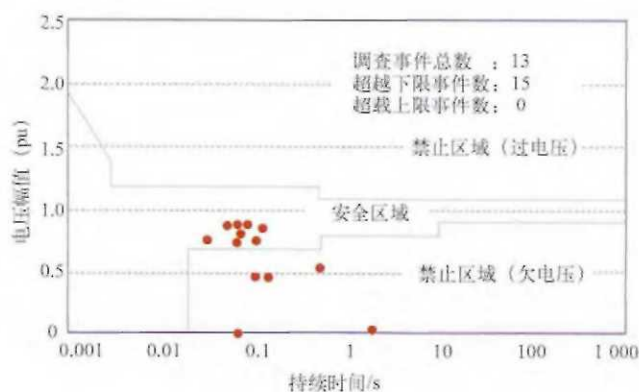


图2 ITIC统计曲线图标示

给出限值。

目前,世界上还没有可以推广采用的衡量电网电压暂降的指标体系,但这一研究已越来越引起相关专业人员的关注。我国学者以概率统计理论为指导,对计及电压暂降的配(供)电系统可靠性评估指标提出了补充和修正的研究结果。其中,提出了供电可靠率修正指标(Reliability on Service in total, RS),将电压暂降纳入到可靠性的定义中,体现了电压暂降对供电可靠性的影响。结合电网和电力市场的实际运营时,其考核的可操作性等方面还有待进一步深入研究。

减小电压暂降影响的技术措施

电气应用: 电压暂降治理是一项综合考虑减小其危害、涉及投资与回报的复杂工作,那么请问减小电压暂降影响的技术措施都有哪些?

林海雪: 实际系统中,危害性较大的电压暂降主要是由系统短路故障引起的,其传播距离远、电压暂降幅值大。输电线路短路故障将会影响相关配电系统的电压质量,即使是配电系统的短路故障,也会引起相邻馈线的电压暂降。因此,一方面采取措施降低系统短路故障的发生率,以减少发生电压暂降;另一方面在短路故障发生后,合理地控制短路电流的大小及持续时间。在系统侧降低电压暂降危害程度的相关措施主要与继电保护设备和网络结构有关。如:①增加继电保护的動作速度;②采用故障限流器,以降低故障电压;③合理配置线路中的自动重合闸和熔断器;④采用不同电源的双支路供电;⑤调整运行方式,修改馈线布局结构;⑥架空线入地,沿线树枝修剪以及防雷接地保护的完善和管理等。

在用户侧减少电压暂降危害的最简单方法是提高

设备对电压暂降的耐受力。然而这与设备制造商密切相关。相关的标准、指标至今还没有规范化,而且不同设备对不同的电压暂降所表现出的耐受特性也不同。因此尽快协调电力公司、设备制造商以及用户对电压暂降相关标准的认同是重要而急迫的工作。

在用户侧利用机械器件的转动惯性及大功率现代电力电子器件的快速投切特性,为治理电压暂降提供了新的途径。如:①电动—发电机组;②飞轮蓄能系统;③不间断电源(UPS)。将交流电整流后储存在蓄电池或其他储能装置中,然后再通过逆变器把直流变成交流向负荷供电。此外,还有动态电压恢复器(DVR)、固态切换开关(SSTS)、统一电能质量控制器(UPQC)以及恒压变压器(CVT)等现代电力电子装置和设备。

供用电合同中应纳入相关条款

电气应用: GB/T 30137—2013的颁布意味着电压暂降和短时中断已正式被国家认定为电能质量指标,广大用户根据自身负荷特点,有权向电力企业提出相关要求。那么对于怎样在供电合同中纳入相关条款您有哪些建议?

林海雪: 电力企业则应尽量满足用户的需求。具

体实施当然应当在供用电合同中体现。必须考虑到电压暂降的发生往往带有随机性、偶发性(从时间、地点和故障性质看),其发生频度和电网结构、地理气象条件及运行维护水平等因素有关,其影响大小和用电负荷性质及工况有关,因此很难提出一个统一的控制指标,各电网只有在长期监测、统计基础上,根据具体用户提出协议控制指标。电压暂降不仅取决于公用电网,也和用户内部电网有关,还和用电负荷性质(承受电压暂降的能力以及对电网产生的冲击影响)有关,因此减小电压暂降的危害需要供用电双方的共同努力。

在供用电合同中,除了包含典型的电能质量的一般性规定外,有关电压暂降建议纳入下列规定:①电压暂降原因分析和责任划分;②执行标准(在国内主要依照GB/T 30137—2013),明确标准中留待决定或选择的条款,如电力企业对用户承诺的每年电压暂降次数,以及有关的奖惩规定;③对电压暂降监测的实施细则,例如电压暂降测量仪的连接方式、安装位置、技术规格以及检测扰动的阈值;④确定对某一单测点或系统的年度电压暂降监测评估方法;⑤用户损失的评估方法;⑥供用电双方为减少电压暂降危害采取的措施。 **EA**



典藏技术 革新应用

专业专注

时刻关注并推动中国电气技术的发展



《电气应用》是一本拥有光荣发展历程的全国优秀科技期刊。

自1982年创刊至今,已走过了33年艰苦创业、改革发展的光辉历程。其所荣获的“全国优秀期刊、中国期刊方阵‘双奖期刊’和国家期刊奖‘百种重点期刊’、中文核心期刊”等诸多荣誉见证了编辑们的专业与勤奋,也博得了广大读者和业内专家的支持与厚爱,在众多电工类专业技术期刊中颇具影响力。