

# 照明灯具对电压暂降敏感性研究

于希娟, 李洪涛, 赵 贺

(北京电力科学研究院, 北京 100075)

**摘要:** 基于 ms 级电压暂降发生仪, 研究了照明灯具对不同幅值、不同相角、不同持续时间电压暂降的表现特性。通过对不同类型的照明灯具进行试验, 记录电压暂降发生前后照明灯具的特性和反应, 依据试验数据提供了灯具耐受曲线。

**关键词:** 电压暂降; 电压耐受曲线; 照明

中图分类号: TM711.2 ; TM923.0

文献标识码: A

文章编号: 1671-8410(2011)04-0022-04

## Research on the Impacts of Voltage Sag to Lighting Fixture

YU Xi-juan, LI Hong-tao, ZHAO He

(Beijing Electric Test and Research Institute, Beijing 100075, China)

**Abstract:** Based on ms level voltage sag generator, the performances on voltage sags of lamps occurred in different amplitudes, phase angles, durations are researched. According to the test of different types of lamps, the characteristics and reaction before and after the voltage sags are recorded, and the tolerance curves are provided based on experimental data.

**Key words:** voltage sag; voltage tolerance curve; lighting

### 0 引言

电压暂降是影响敏感用电设备, 尤其是电子类设备安全稳定运行的主要因素之一。不同类型或同类型但不同品牌的用电设备对电压暂降的耐受能力差异较大, 这表明电压暂降所造成的危害与设备自身的特性密切相关。

典型的电压暂降与设备短路故障或系统内其他的非正常电流上升有关。国际电气与电子工程师协会(IEEE)将电压暂降定义为: 发生电压暂降时电压的有效值  $V_{RMS}$  降至额定值  $V_N$  的 10%~90%, 按照持续时间分为瞬时暂降(10~600 ms)、暂时暂降(600 ms~3 s)和短时暂降(3 s~1 min), 而国际电工委员会(IEC)则将其定义为下降到额定值的 1%~90%, 持续时间为 10 ms~1 min。

收稿日期: 2011-05-15

作者简介: 于希娟(1976-), 女, 工程师, 主要从事电能质量的研究、测试、分析工作。

在实际运行中, 引起电压暂降的原因主要是因雷击、外力等因素发生设备短路故障, 以及某些用电设备(如大型异步电动机)启动或突然加负荷等, 此外, 如开关操作、变压器或电容器组投切等也有可能引起电压暂降。与长时间供电中断事故相比, 电压暂降发生率高、事故原因不易察觉, 应对措施的制定也比较困难。这主要是因为当系统发生故障时, 不仅会导致发生故障馈线下游的供电中断, 而且会引起相邻馈线上所有负荷的电压暂降, 自动重合闸的动作也会使电压暂降成倍增加。

电压暂降会引起敏感负荷不必要的动作(跳闸), 造成包括计算机系统失灵、自动化装置停顿或误动、变频调速器停顿等; 引起接触器脱扣或低压保护启动, 造成电动机、电梯等停顿; 引起高温光源(气体放电灯)熄灭, 造成公共场所失去照明。本文针对照明灯具对电压暂降的敏感度, 设计了试验电路和试验方法, 绘制了典型照明灯具的电压敏感度曲线。

## 1 电压暂降对用电设备的影响因素

用电设备对电压暂降或短时间断电等电能质量问题的敏感程度,反映了其承受干扰的能力。用电设备受影响的因素主要包括:

### (1) 设备自身特性

不同类型设备在电压暂降发生时的反应机理不同,甚至同类型但不同厂家生产、同类型同一厂家不同时期的产品对电压暂降的敏感程度和耐受能力都可能存在差别。另外,电压暂降发生后,不同设备的恢复过程也不相同,例如:气体放电灯在电压暂降熄灭后,需冷却一定时间,待其放电管内金属蒸气气压下降,金属气凝结后才会再启动,并随着温度逐步升高,发光越来越强直到正常。然而重启的时间则与灯的特性和电压暂降的特征量有关。

### (2) 电压暂降的发生特征

电压暂降的特征量可以用暂降相角、暂降幅度、持续时间以及发生频度来描述。暂降发生的相角对设备的影响程度由设备自身特性所决定,由于发生相角的随机性,在研究中通常按照最严重情况来考虑。暂降幅度是影响最大的特征量,如暂降幅度不小于设备可承受的最低门槛值,那么设备可以正常运行。当暂降幅度小于最低门槛值时,则要看持续时间的影响,不同设备的抗干扰时间是不同的。另外,如在短时间内重复发生电压暂降,由于设备未能从前一次暂降的影响中恢复到正常稳态,设备受的影响会加剧,因此通常也认为,电压暂降的持续时间为第一个暂降起始时刻至最后一个电压暂降的结束。

### (3) 设备的运行状态

设备的运行状态包括暂降发生前后设备运行的电压水平、设备负载情况、设备是否处于稳态等。在设备安全电压范围内,暂降前电压越高,设备对暂降的敏感程度就越低,反之亦然。这是因为电压的高低决定了能量存储的多少,换句话说,当系统电压为正偏差时,设备的储能就多一些,则其抗干扰能力就强一些,反之亦然。另外,部分设备负荷水平是变化的,抗干扰能力与负荷水平有关,当设备处于满负荷状态运行时,其储能将被迅速消耗完毕,即抗干扰能力迅速下降;如果设备轻载运行,那么储能能够维持一段时间,其抗干扰能力也就强一些。

## 2 试验研究与数据分析

### 2.1 照明灯具分类

灯具种类可分为:节能灯、荧光灯、LED灯、金属卤

化灯和钠灯。其主要应用场合为:

(1) 节能灯——主要用于会议室、客房等场所,它们带有外配镇流器或内置小型镇流器。

(2) 气体放电灯——包括钠灯、金属卤化灯,主要用于路灯、球场、游泳池等户外场所。

(3) 白炽灯——主要用于台灯、地下室照明等场所;部分白炽灯组合后安装在花灯、聚光灯内,用于舞台、会议室等场所的照明。

(4) LED灯——主要用于景观灯、汽车灯等。

(5) 荧光灯——主要用于室内照明。

本研究重点是对节能灯、气体放电灯、白炽灯和LED灯进行测试。

### 2.2 试验方案

要研究电压暂降对照明灯具的影响,需使用电压暂降仪,其主要技术参数如下:

暂降幅值范围	0-100%
暂降持续时间范围	1 ms-5 min 分辨率1 ms
暂降相角范围	0-359° 分辨率1°
输出电流	100 A

在试验中,首先通过测试,确定引起不同照明负荷熄灭最敏感的暂降相角,然后在该相角下利用试验装置模拟发生不同幅度、不同持续时间的电压暂降,测试照明负荷的耐受能力,最终确定暂降幅值和持续时间的极值。

试验电压等级为系统标称电压( $U_0=220\text{ V}$ ),被试灯具通电运行稳定后开始测试。针对暂降幅值、持续时间、暂降相角3个特征量进行组合试验,每一组合进行3次试验,两次试验之间最短时间间隔依被试设备的特性而不同(对于气体放电灯类,因电压暂降会影响放电特性,要等稳定后进行下一次试验),但不得小于10 s。

试验中记录被试灯具的电压和电流波形,引起熄灭发生的暂降相角、暂降幅值和持续时间,以及被试灯具熄灭后恢复正常运行的重启时间。具体步骤如下。

步骤1:将暂降幅值和持续时间调整到对相角的敏感区域,通过测试确定引起被试灯具熄灭的极端暂降相角,即对电压暂降最敏感的相角。测试步长 $1^\circ$ ,范围 $0\sim 180^\circ$ 。

步骤2:锁定在步骤1所确定的极端暂降相角,设置一个电压暂降幅值,调整电压暂降的持续时间,通过测试确定在上述暂降幅值下引起被试灯具熄灭的最短持续时间。持续时间调整步长1 ms,范围1~500 ms。

步骤3:调节电压的暂降幅值,返回到步骤2继续测试。暂降幅值调整步长为 $U_0$ 的5%,范围为 $U_0$ 的0~95%

(关键点插值步长为 $U_0$ 的1%)

电压暂降试验,各种灯的启动特性和电压暂降响应性能见表1。试验证明,钠灯和金属卤化灯启动特性相对较差,对电压暂降较敏感。

### 2.3 数据分析与结论

对钠灯、金属卤化灯、节能灯、白炽灯、LED灯进行

表1 灯具测试概况表  
Tab.1 Lamp test profile

类别	功率/W	启动特性	电压暂降响应性能
钠灯	150	冷态启动约5 min 后进入稳态。熄灭后20 余秒开始启辉,约3.5 min 恢复正常照明	电压暂降至零,持续5 ms 不熄灭,人眼可察觉闪烁。电压暂降超过5 ms 是否熄灭与暂降的幅值和时间有关
金属卤化灯	150	冷态启动约3 min。熄灭后冷却时间长, 8~10 min 后恢复正常照明	电压暂降至零,持续5 ms 不熄灭,人眼可察觉闪烁。电压暂降超过5 ms 是否熄灭与暂降的幅值和时间有关
节能灯	18, 42	冷态启动不足1 s, 熄灭后可瞬时恢复照明	电压暂降至零,持续5 ms, 人眼可察觉闪烁
白炽灯	100	瞬时启动, 熄灭后可瞬时恢复照明	电压暂降至零,持续3 ms, 人眼可察觉闪烁
LED灯	5	瞬时启动, 熄灭后可瞬时恢复照明	电压暂降至零80 ms 及以下不熄灭,人眼无察觉

#### (1) 钠灯

对钠灯进行多种工况的电压暂降试验,发现其最不耐受电压暂降的相角为 $40^\circ \sim 42^\circ$ ,在不同暂降幅值下发生熄灭的最短持续时间见表2。试验中的典型波形如图1、图2所示。受钠灯的工作特性影响,电压暂降试验间隔需2 min 以上,照明中断后需间隔4 min 以上。

表2 被试钠灯试验结果  
Tab.2 Sodium lamp test results

电压暂降/%	0	66	69	70	73	76	78	79	80	81	82	83	84
持续时间/ms	5	5	6	11	12	13	14	15	19	21	37	65	400

根据试验数据,绘制钠灯的电压敏感程度曲线如图3、图4所示,图中工作区是指钠灯在该区域内不发生熄灭,非工作区反之。由该图可看出:在5 ms 以内电压暂降至零,钠灯不熄灭(但有人眼可察觉的闪烁);持续时间为6 ms 时,电压暂降幅值低于69 % 发生熄灭。对

于70 % 的电压暂降,可耐受的持续时间为11 ms ;80 % 时为19 ms。对于84 % 的电压暂降 当持续时间达到400 ms 时,钠灯有人眼可察觉的闪烁,但不发生熄灭。

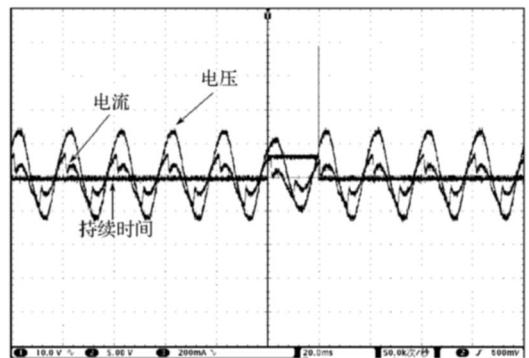


图2 钠灯试验录波图(电压暂降至81%持续20ms (灯不熄))

Fig.2 Oscillograph of Sodium lamp test (voltage sags down to 81% 20ms (the light is on))

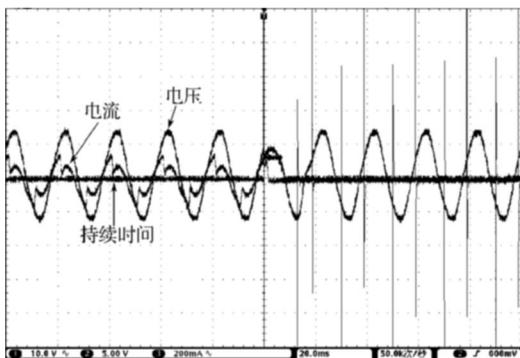


图1 钠灯试验录波图(电压暂降至67%持续6 ms (灯熄))

Fig.1 Oscillograph of Sodium lamp test (voltage sags down to 67% 6ms (the light is off))

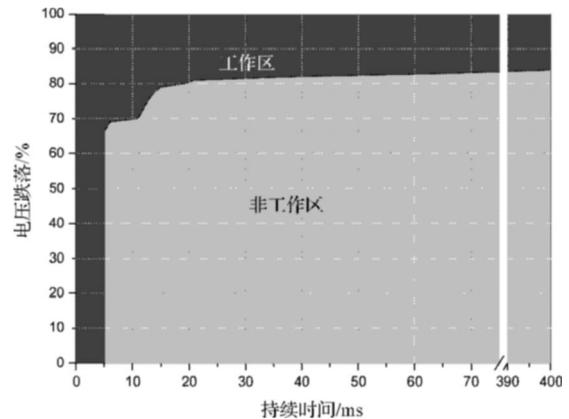


图3 钠灯电压敏感程度曲线

Fig.3 Voltage sensitivity curve of Sodium lamp

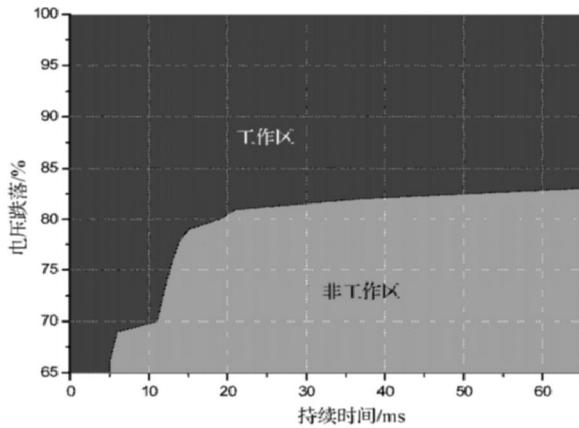


图4 钠灯电压敏感程度曲线的局部放大  
Fig.4 Partial magnification of voltage sensitivity curve for Sodium lamp

(2) 金属卤化灯

对金属卤化灯进行多种工况的电压暂降试验,发现其最不耐受电压暂降的起始相角为 $33^{\circ}\sim 42^{\circ}$ ,在不同暂降幅值下发生熄灭的最短持续时间见表3。试验中的典型波形如图5、图6所示。受金属卤化灯的工作特性影响,每次电压暂降后试验间隔需2 min以上,照明中断后需间隔8 min以上。

表3 被试金属卤化灯试验结果

Tab.3 Test results of metal halide lamp

电压暂降 / %	0	31	33	36	38	40	41	44	55	59	61	62	63	64
持续时间 / ms	5	6	7	8	9	12	13	14	15	16	19	30	31	150

根据金属卤化灯的试验数据绘制电压敏感程度曲线如图7所示,图中工作区是指金属卤化灯在该区域的暂降幅值和持续时间范围内不发生熄灭,非工作区反之。由该图可看出:在5 ms以内电压暂降至零,金属卤化灯不熄灭(但有人眼可察觉的闪动);持续时间为6 ms时,电压暂降幅值低于31%发生熄灭。对于40%的

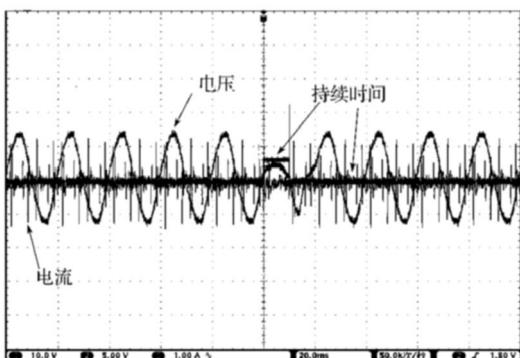


图5 金属卤化灯试验录波图 (电压暂降至35%持续10 ms (灯熄))

Fig.5 Oscillograph of metal halide lamp test (voltage sags down to 35% 10 ms (the light is off))

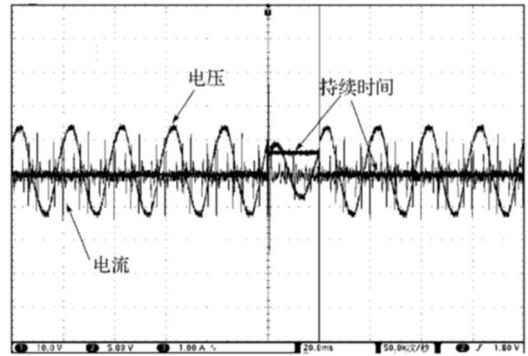


图6 金属卤化灯试验录波图 (电压暂降至62%持续20 ms (灯不熄))

Fig.6 Oscillograph of metal halide lamp test (voltage sags down to 62% 20 ms (the light is on))

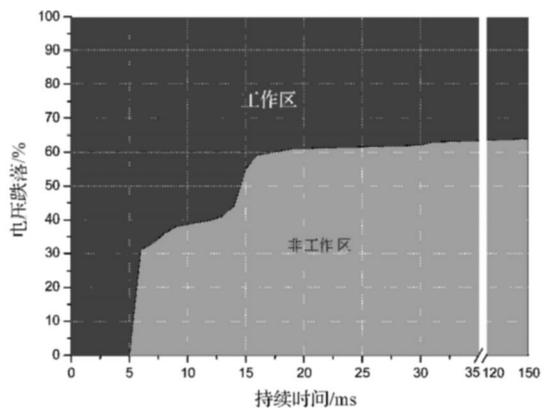


图7 金属卤化灯电压敏感程度曲线

Fig.7 Voltagesensitivity curve of metal halide lamp

电压暂降,可耐受的持续时间为12 ms;55%时为15 ms;63%时为31 ms。对于64%的电压暂降,当持续时间达到150 ms时,金属卤化灯有人眼可察觉的闪动,但不发生熄灭。

3 结语

照明灯具对电压暂降的敏感度由许多因素决定,包括电压的电气特性、灯具的电气特性以及灯具的非电气特性,如拓扑结构、发光机理等。本文对不同类型的灯具进行了电压暂降敏感度测试,得到它们对电压暂降的耐受水平和启动特性,试验结论可作为电网对某些用户实施电力保障的目标值,也可作为用户定制电力的参考数据,还可以为设备制造商提升其产品质量提供参考。

参考文献:

[1] 肖湘宁,韩民晓,徐永海,等. 电能质量分析与控制[M]. 北京:中国电力出版社,2006.