

天然气净化装置一起典型UPS故障原因分析

UPS是工业生产中重要的供电设备之一，设备结构复杂，一旦出现故障，维修困难。通过对一起UPS故障的分析处理，提出切实可行的改进措施，进一步提高UPS的运行可靠性。改进后，现场运行良好。

刘 忠/普光天然气净化厂

0 引言

2016年1月1日23:50左右，某大型天然气净化装置外部35 kV供电线路电压发生较为剧烈波动，引起净化厂全厂52台UPS报警，其中净化厂三联合一台(130-UPS-01B) 30 kV·A UPS在电压波动过程中输出电压瞬时失电压，引起本台UPS所带仪表DCS负载短暂掉电，从而引起所带仪表DCS连锁动作，对正在运行的三联合装置生产造成一定影响。

1 原因分析

首先对电网的电压波动情况进行检

查。图1为上级35 kV变电所故障录波装置所录当时电压波动情况。

如图1和图2所示，担负净化厂生产装置供电的4台35 kV主变压器同时受到晃电影响，电压波动时间约为3个周波(见图2)，电压波动值大致相同(见图1)。从变电站2#主变压器35 kV侧线路推算电压波动幅度为： $(58.2 - 47.9)/58.2 = 17.7\%$ ，如果从主变压器6 kV侧推算电压波动幅度更大(2#主变压器6 kV二次有效值最低为44.1 V)，UPS厂家提供的资料显示，本型号UPS为三相输入单相输出，正常运行允许的输入电压范围为： $380\text{ V} \pm 15\%$ ，本台输出电压为 $220\text{ V} \pm 2\%$ ，UPS工作原理如图3所示。

当UPS主电源输入电压超限时，UPS立即自动关闭由主回路输入电源供电的整流器，优先由UPS本身电池组逆变供电。如果此时UPS逆变回路出现故障，UPS将尝试切换到静态旁路，UPS切换



刘 忠/工程师

关键词/Keywords

电压波动 ·
整流 ·
逆变 ·
活化 ·

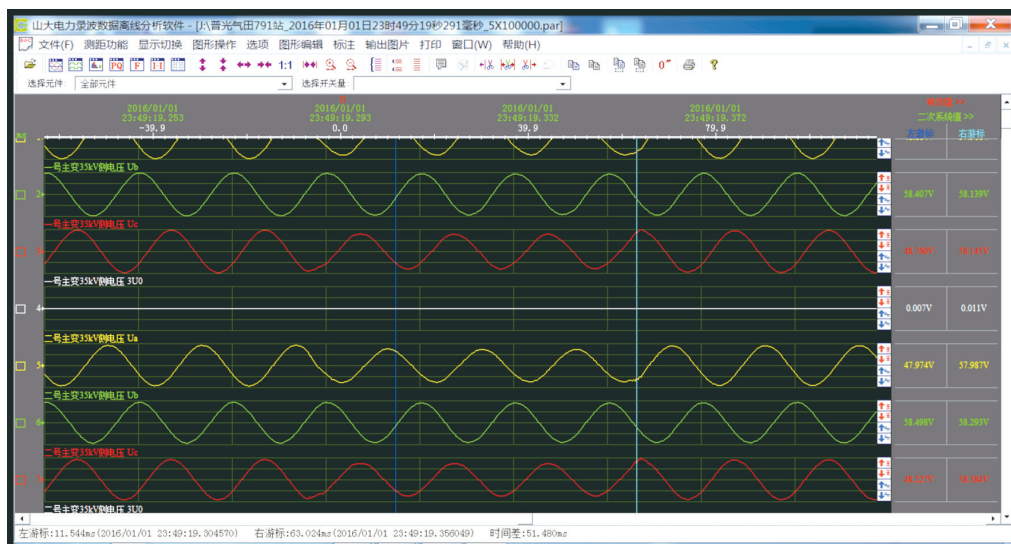


图1 变电站故障录波电压波形

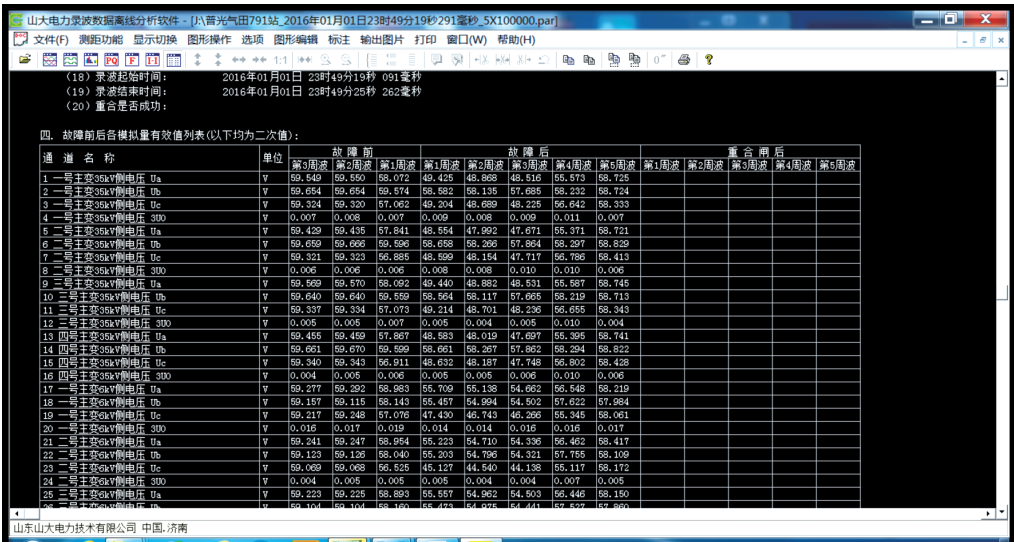


图2 变电站故障录波模拟量有效二次值

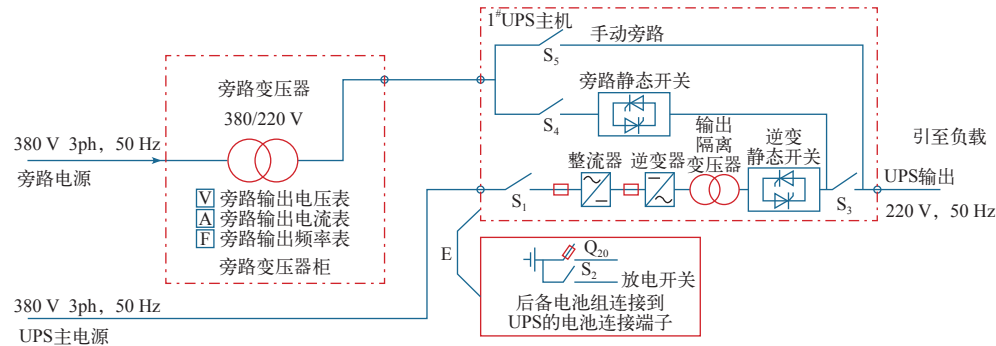


图3 UPS-01B 30 kW·A UPS工作原理示意图

至静态旁路的前提是旁路输入电压在额定电压的 测达到同步要求，否则切换失败。
380 V ± 15%范围内，且主回路电源与旁路电源检 由UPS专用软件读出故障信息如表1所示。

表1 故障信息

No	Date	Time	Table	Subset	Information	Value
1	01/01/2016	23: 50: 39	Diagnostics	Rectifier	Operating on battery	NO
2	01/01/2016	23: 50: 31	Measurements	Common	Auto restart logic state	3
3	01/01/2016	23: 50: 29	Alarms	Rectifier	Battery discharged	NO
4	01/01/2016	23: 50: 28	Measurements	Output	By-pass logic state	35
5	01/01/2016	23: 50: 28	Measurements	Output	KM40 control logic state	30
6	01/01/2016	23: 50: 27	Measurements	Inverter	Inverter logic step	10
7	01/01/2016	23: 50: 27	States	Output	Load not supplied	NO
8	01/01/2016	23: 50: 27	States	Synoptic	Load not supplied	NO
9	01/01/2016	23: 50: 27	States	Synoptic	Load on mains	YES
10	01/01/2016	23: 50: 25	Commands	Output	Switch load to mains	YES
11	01/01/2016	23: 50: 25	States	Output	BYP mains SS activated	YES
12	01/01/2016	23: 50: 25	States	Output	Load on mains	YES
13	01/01/2016	23: 50: 25	Commands	Rectifier	Rectifier on	YES

(续)

No	Date	Time	Table	Subset	Information	Value
14	01/01/2016	23: 50: 24	States	Synoptic	Load not supplied	YES
15	01/01/2016	23: 50: 24	States	Synoptic	Load on inverter	NO
16	01/01/2016	23: 50: 24	States	Rectifier	Rectifier on	YES
17	01/01/2016	23: 50: 24	States	Output	Inv SS/contactor closed	NO
18	01/01/2016	23: 50: 24	States	Output	Load on inverter	NO
19	01/01/2016	23: 50: 24	Measurements	Common	Auto restart logic state	0
20	01/01/2016	23: 50: 24	Diagnostics	Rectifier	Operating on battery	YES
21	01/01/2016	23: 50: 24	States	Inverter	Inverter on	NO
22	01/01/2016	23: 50: 24	Alarms	Rectifier	Battery discharged	YES
23	01/01/2016	23: 50: 24	Alarms	Common	Operating on battery	NO
24	01/01/2016	23: 50: 24	Diagnostics	Output	Output voltage failure 2	NO
25	01/01/2016	23: 50: 24	Diagnostics	Output	Output volt out of tol. 1	NO
26	01/01/2016	23: 50: 24	Diagnostics	Inverter	Stopped by Vdc min	YES
27	01/01/2016	23: 50: 24	States	Output	Load not supplied	YES
28	01/01/2016	23: 50: 23	Alarms	Inverter	Inverter.	YES
29	01/01/2016	23: 50: 23	Diagnostics	Output	Output voltage failure 2	YES
30	01/01/2016	23: 50: 23	Diagnostics	Output	Output volt out of tol. 1	YES
31	01/01/2016	23: 50: 21	States	Rectifier	Rect mains fault	NO
32	01/01/2016	23: 50: 21	Diagnostics	Rectifier	Rect mains voltage fault	NO
33	01/01/2016	23: 50: 21	States	Rectifier	Rect mains fault	NO
34	01/01/2016	23: 50: 21	States	Rectifier	Rectifier on	NO
35	01/01/2016	23: 50: 21	Diagnostics	Output	Inv/BYP mains not synchro	YES
36	01/01/2016	23: 50: 21	Alarms	Common	Operating on battery	YES
37	01/01/2016	23: 50: 21	Diagnostics	Rectifier	Rect mains voltage fault	YES

从表1的信息初步判断，造成短时UPS中断输出的原因如图4所示。

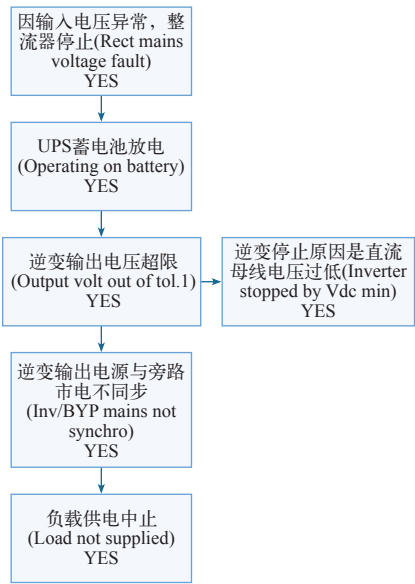


图4 造成短时UPS中断输出的原因

从以上分析可知，造成逆变器停止原因是直流母线电压过低，UPS的直流母线是UPS的整流器（Rectifier）输出与蓄电池组并联一起组成直流母线，再由直流母线给逆变器（Inverter）提供电能。在输入电压异常情况下，整流器停止工作，逆变器只能靠电池组提供的直流电源工作并为后端负载提供动力，电池组发生故障，同时旁路电源故障（市电晃电），从而导致UPS负载供电中断。

因此需要对蓄电池组电池进行检测分析，在断开电池组开关Q₂₀后，对电池组电池进行逐个检测，如表2所示。

本台UPS采用的是阀控式密封铅酸蓄电池，由30节阀控式密封铅酸蓄电池串联组成，检查发现9[#]电池内阻为210 mΩ，电池内阻明显偏大，对9[#]单节电池单独放电检测，电池电压由12.65 V突降到0 V，说明9[#]电池已经严重失效，9[#]电池内部极板严重老

表2 电池检测数据

电池位号	电池电压/V	内阻/mΩ
1 [#]	13.61	18.61
2 [#]	13.68	17.18
3 [#]	13.71	19.2
4 [#]	13.72	18.5
5 [#]	13.54	20.6
6 [#]	13.51	22.2
7 [#]	13.71	19
8 [#]	13.62	19.9
9 [#]	13.42	210
10 [#]	13.49	18.05
11 [#]	13.61	19.5
12 [#]	12.74	20.58
13 [#]	13.61	23.3
14 [#]	13.6	17.24
15 [#]	13.46	25.7
16 [#]	13.47	35
17 [#]	13.51	22.9
18 [#]	13.56	18.9
19 [#]	13.46	21.73
20 [#]	13.7	19.5
21 [#]	13.6	21.52
22 [#]	13.57	23.1
23 [#]	13.52	20.13
24 [#]	13.54	17.87
25 [#]	13.54	39
26 [#]	13.6	20.39
27 [#]	13.46	19.39
28 [#]	13.57	21
29 [#]	13.55	22.9
30 [#]	13.49	19.9

化或者故障，在放电大电流作用下形成开路（断开），是造成逆变放电失败的主要原因。

电池故障导致不能正常放电的主要原因是电池极板硫化，蓄电池内部极板的表面附着一层白色坚硬的硫酸盐结晶体，充电后依旧不能剥离负极板表面转化为活性物质的硫酸铅，这就是硫酸盐化（简称硫化）。这种结晶体很难在正常的充电时消除，硫化的形成程度与铅酸蓄电池容量有很大的关系，硫化越严重，电容量越少，内阻越大，直至报废。极板硫化的因素很多，主要原因有铅酸蓄电池贮存时间过长、长期处于浮充（没有放电）状态或者长期小电流放电。所以硫化是

导致极板活性物质失效的主要原因。

铅酸蓄电池极板的硫化会给维护者造成一种错觉，比如在UPS正常工作时测量浮充状态单节电池的电压为13.5 V左右，而测量空载的电池时电压显示为12 V左右，但测量蓄电池带负载时电压瞬间降为0 V。形成虚断型的开路，由于UPS整组电池是串联在一起的，其中有一节开路就会导致整组电池都不能放电。

电池正极： $\text{PbO}_2 + 2\text{e} + \text{H}_2\text{SO}_4^- + \text{H}^+ \leftarrow \rightarrow \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

电池负极： $\text{Pb} + \text{HSO}_4^- \leftarrow \rightarrow \text{PbSO}_4 + \text{H}^+ + 2\text{e}$ 。

总方程反应： $\text{PbO}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Pb} \leftarrow \rightarrow 2\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

上式可知铅酸蓄电池是一个复杂的电化学反应体系，另外铅酸蓄电池性能寿命长短取决于制造正负极板的材料，工艺环境、活性物质纯度组合构成及使用环境和维护等。

另外也对内阻偏大的16[#]、25[#]电池进行了更换。然后重新启动UPS，并做充电试验，UPS带载放电试验（模拟市电停电）UPS运行均正常，无报警现象。

2 预防措施

实践表明，在UPS故障中，由于蓄电池故障而引起的UPS不能正常工作的比例大约占2/3，由此可见，阀控式密封铅酸蓄电池的正确使用对UPS无故障运行的意义很大。

所以对电池的维护要注意以下两点。

（1）蓄电池的日常维护

需要经常地观察电池组的外观，看看电池组中的电池是否有漏液、鼓包现象，发现后要及时进行更换。

（2）定期维护

当UPS电源正常工作时，蓄电池组处于浮充状态，长时间会使电池的内阻增大，在阴极形成大量的硫酸盐，使电池的使用寿命减短。为避免这种现象的出现，需定期对电池组进行放电，激活电池的活性，恢复电池原有的容量数。保证蓄电
(下转第45页)

- 中压电网电容电流的误差分析[J]. 电网技术, 2005, 29(14): 54-58.
- [3] 李景禄, 周羽生, 唐跃进. 偏置电容法电容电流测量的应用经验[J]. 电力自动化设备, 2004, 24(2): 99-100.
- [4] 孙岩洲, 邱毓昌. 配电网电容电流测量方法分析[J]. 高压电器, 2002, 38(5): 27-29.
- [5] 孙结中, 谢伟山. 人工星形电容中性点法测量系统电容电流产生误差的研究[J]. 广西电力技术, 2000(2): 1-4.
- [6] 刘力, 孙结中. 无电源中性点配电系统电容电流的简易测量法[J]. 中国电力, 2001, 34(11): 46-49.
- [7] 刘力, 孙结中. 一种测量配电网电容电流的新方法[J]. 电网技术, 2001, 25(5): 63-65.
- [8] 田建设, 韦良, 李天旭. 基于改进信号注入法的配电网电容电流测量[J]. 广东电力, 2008, 21(7): 28-31.
- [9] 董涛, 夏小飞, 刘铁, 等. 外加信号法测量配电网电容电流[J]. 电力自动化设备, 2005, 25(11): 38-40.
- [10] 赵正军, 姜新宇. 信号注入法在配电网电容电流测量中的研究[J]. 广东电力, 2004, 17(6): 25-28.
- [11] 孙结中, 蒋学军, 邓雨荣. 配电系统电容电流测试仪的研制[J]. 广西电力, 2003(2): 1-4.
- [12] 张宇, 陈乔夫, 谢冰若, 等. 扫频检测电网对地电容的改进型方法[J]. 电网技术, 2008, 32(17): 40-45.
- [13] 李玲玲, 孙鹤旭, 王晓宏. 谐振接地电力网自动调谐的新方法[J]. 中国电机工程学报, 2003, 23(6): 77-80.
- [14] 曾详君, 尹项根, 于永源, 等. 基于注入变频信号法的经消弧线圈接地系统控制保护新方法[J]. 中国电机工程学报, 2000, 20(1): 29-32.
- [15] 高峰. 基于信号注入法的电网对地电容电流测量装置的研究[D]. 保定: 华北电力大学, 2006.
- (收稿日期: 2015-08-09) **EA**

(上接第21页)

池可供实际使用的容量值总是处于非常接近于电池的标称容量;在对电池组放电时,不宜将电池进行频繁深度放电,一般来说,过度深度放电会加快电池组的损坏(有关资料表明深度放电次数只有200~250次);电池组在放电时要对电池的放电数据进行记录并保存,以利于对比,这样可以提早发现电池组存在的潜在问题。

1) 每2个月对UPS进行电池测试放电,放电的时间一般为6~8 min,如果有市电停电现象,则该周期内不需要做测试放电。这样避免电池长期不使用而加重硫化现象,同时还能检测出已经完全硫化的蓄电池,并进行及时更换。

2) 每年对UPS进行一次电池深度放电,电池深度放电采用0.3~0.5 C的大放电电流进行放电1.5~2 h。如现场58 A·h的电池深度放电电流为17.4~29 A。深度放电的目的是降低小电流放电导

致的硫化现象。

3 结束语

在实际生产过程中,UPS设备故障是多种多样的,但UPS蓄电池问题引发的故障无疑占有很大比例,因此提高对铅酸蓄电池的认知,提高维护质量,可以降低铅酸蓄电池问题发生的几率。同时建议对重要生产装置使用的UPS采用双电池组供电模式,这样其中一组在做维护时,另外一组可以保障设备的正常运行,大大降低UPS在做定期活化时的系统风险,提高生产装置运行的安全可靠。在有条件情况下,UPS电池巡检仪的安装也是对UPS设备本身很重要的完善,它能够实时检测每节蓄电池的电压、内阻及容量等重要参数,对于及早发现UPS铅酸蓄电池故障,提高维护工作效率,预防意外事故的发生也有极为重要的现实意义。

(收稿日期: 2016-01-02) **EA**