
**神华乌海能源
公乌素煤业有限公司
6KV 变电所**

电能质量测试报告



杭州银湖电气设备有限公司

Hangzhou Yinhu Electrical Equipment Co.,Ltd.

二零一八年 十月

目 录

第一篇 综述	2
第二篇 测试报告	3
一、测试目的	3
二、测试数据及分析	3
1. 测试点：6KV II段进线柜	3
第三篇 测试结果分析	8
一、测试结果:	9
二、分析	9
第四篇 解决方案	10

第一篇 综述

神华乌海能源公乌素煤业有限公司（以下简称为公乌素煤矿）设 6KV 变电所一座，6KV 母线为 2 段，运行的两段母线为分列运行，每段 6KV 母线安装一套固定式电容补偿装置，共 2 套。

其中 I 段电容器柜的容量为 570kvar，II 段电容器柜容量为 380kvar。由于现场电容器柜为 80 年代产品，运行时间长远，电容器容值衰减严重，导致系统功率因数不足，且经常发生爆裂等事故，严重威胁变电所运行安全。

另外，由于原电容器组为固定电容器柜，只能进行手动投切，无法跟踪负荷变化，且增加了值班人员的工作量。

故对现场进行勘察，并对其供电系统主要负荷进行了电能质量测试。由于 I 段负荷较低，主要负荷集中在 II 段，故只对 II 段进线了电能质量测试。

第二篇 测试报告

一、测试目的

通过对当前系统运行时的电能质量测试分析，分析系统运行中的电能质量问题，结合该工况，给出合理、安全、可靠、技术先进的解决方案。

二、测试数据及分析

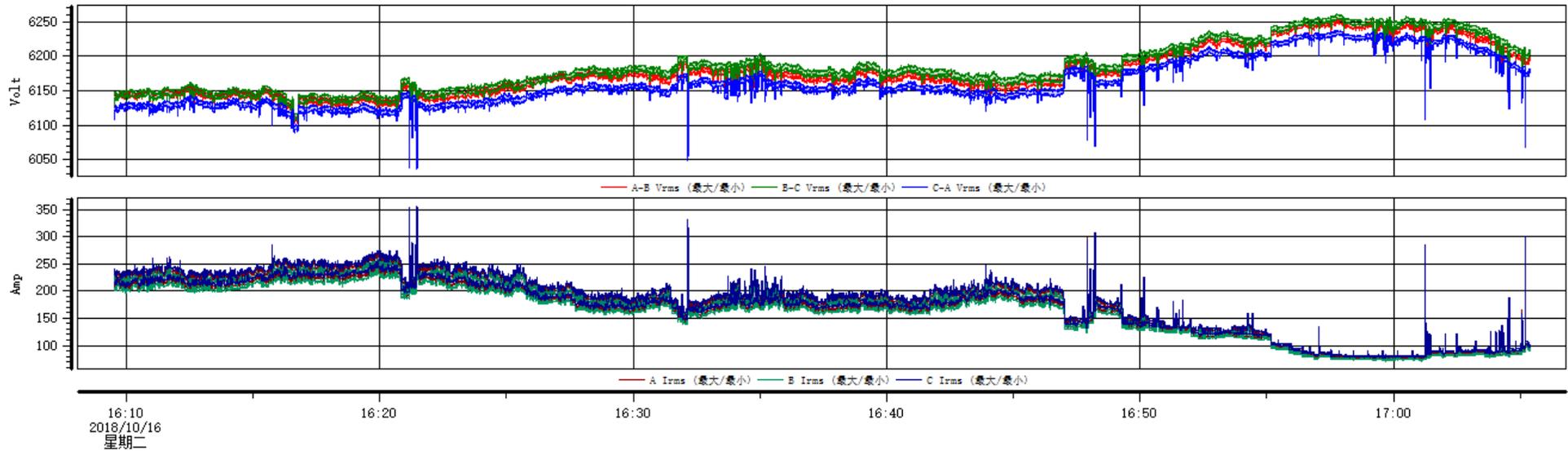
1. 测试点：6KV II段进线柜

- ① 测试时间：2018年10月16日
- ② 额定电压：6kV
- ③ 取样间隔：1S
- ④ 测试仪器：德国高美 MW30HA017 型电能质量测试仪
- ⑤ 工况说明：测试时切除了原有电容补偿柜。

基波电压和基波电流

Dran-View 6.15.03 HASP : 1691145255 (64CCD427h)

趋势图



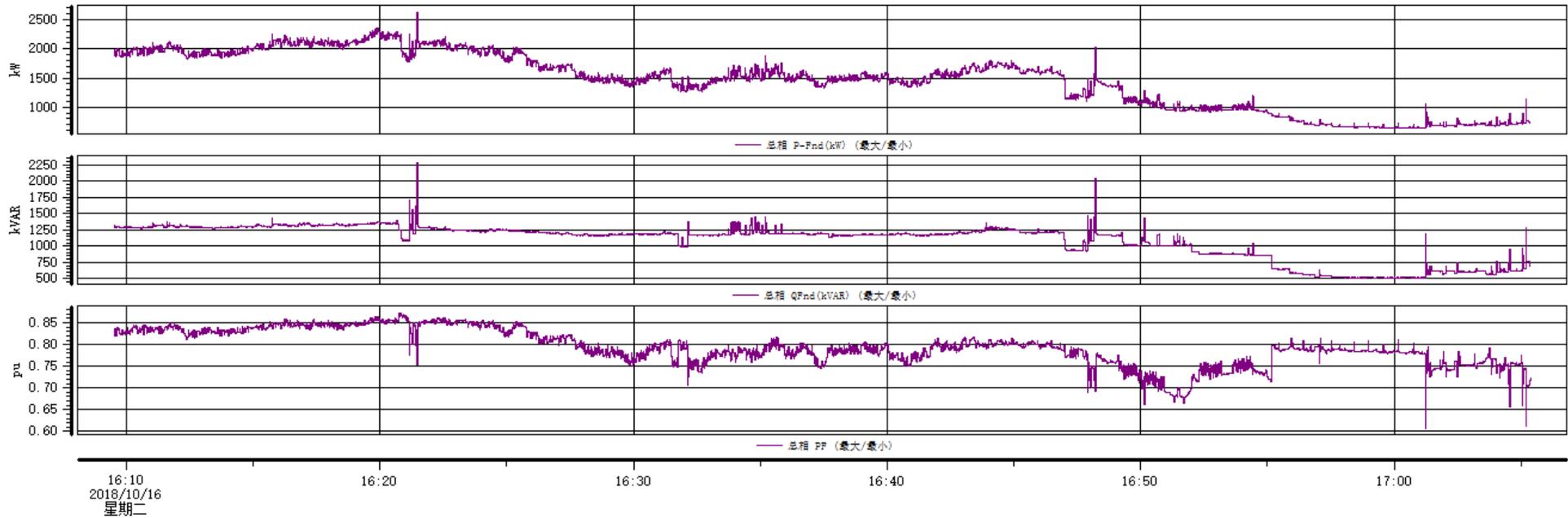
事件 #1 在 2018/10/15 17:09:31.000
趋势

	最小	最大
<i>A-BVrms</i>	6053	6254
<i>B-CVrms</i>	6056	6261
<i>C-AVrms</i>	6037	6238
<i>AIrms</i>	72.45	348.2
<i>BIrms</i>	71.07	336.2
<i>CIrms</i>	75.82	354.7

三相有功、无功、功率因数

趋势图

Dran-View 6.15.03 HASP : 1691145255 (64CCD427h)



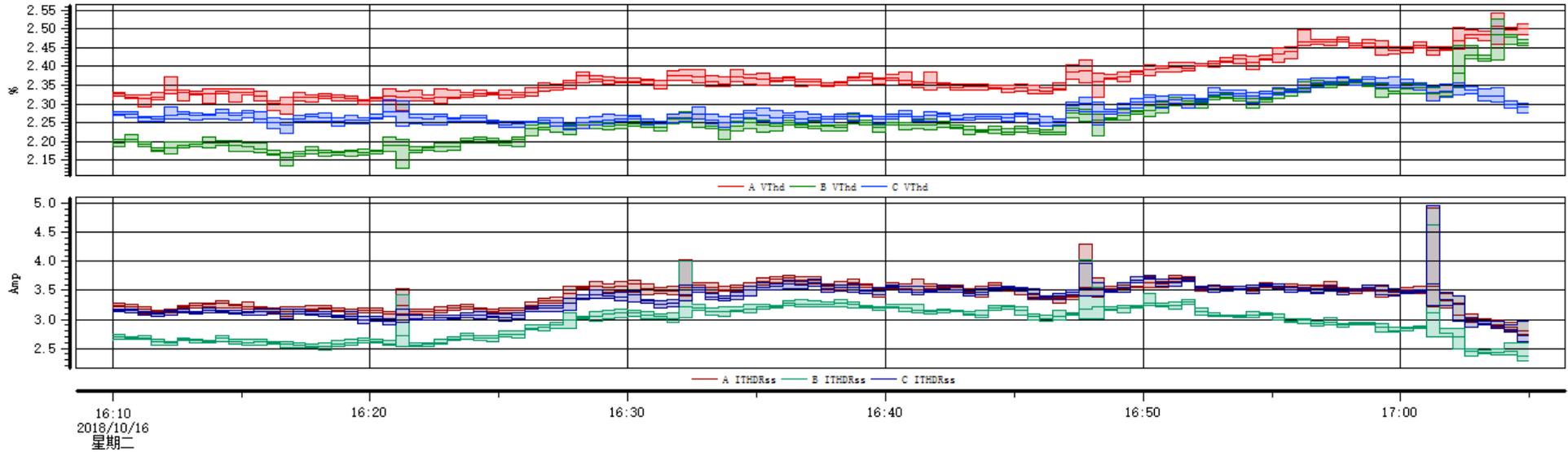
事件 #1 在 2018/09/16 17:09:31.000
趋势

	最小	最大
总相P-Fnd (kW)	641.6	2626
总相QFnd (kVAR)	504.7	2284
总相PF	0.6060	0.8729

三相谐波电压总畸变率及三相总谐波电流有效值

Dran-View 6.15.03 HASP : 1691145255 (640CD427h)

趋势图



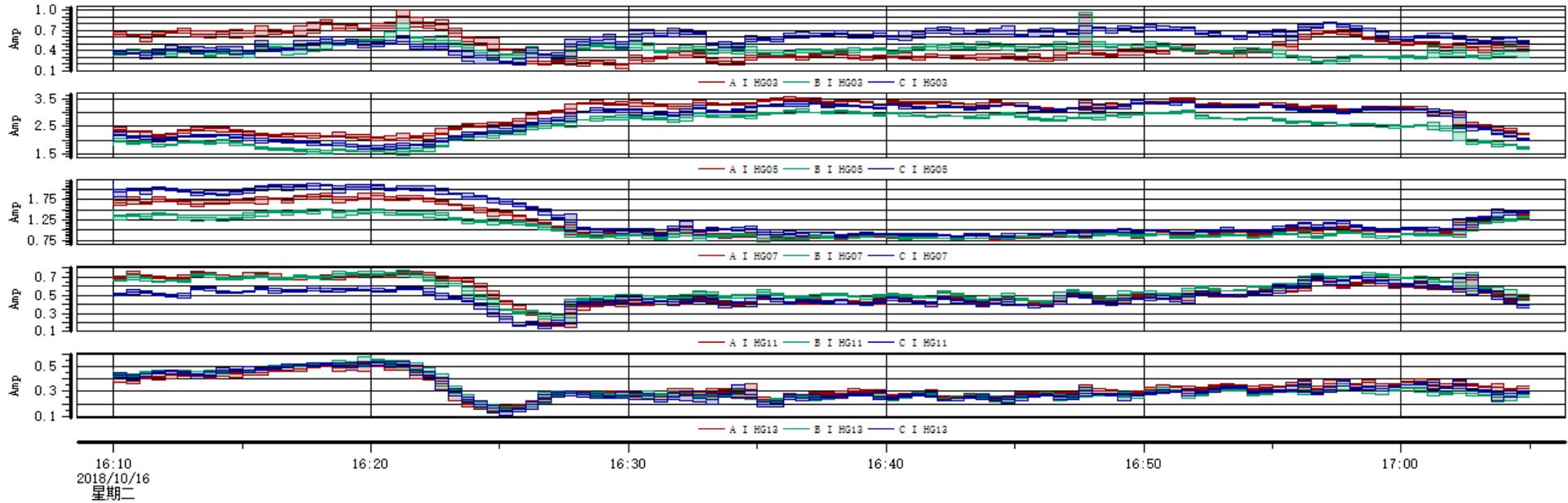
事件 #1 在 2018/09/16 17:09:31.000
趋势

	最小	最大
<i>AVThd</i>	2.273	2.541
<i>BVThd</i>	2.130	2.525
<i>CVThd</i>	2.223	2.373
<i>AITHDRss</i>	2.749	4.919
<i>BITHDRss</i>	2.293	4.627
<i>CITHDRss</i>	2.616	4.956

各主要谐波电流有效值

Dran-View 6.15.03 HASP : 1691145255 (64CCD427h)

趋势图



事件 #1 在 2018/09/16 17:09:31.000

趋势

	最小	最大
AI HG03	0.1353	0.9981
BI HG03	0.2067	0.9664
CI HG03	0.1876	0.8269
AI HG05	1.976	3.561
BI HG05	1.462	3.123
CI HG05	1.668	3.426
AI HG07	0.7356	1.915
BI HG07	0.7241	1.527
CI HG07	0.8287	2.143
AI HG11	0.1478	0.7654
BI HG11	0.2376	0.7728
CI HG11	0.1376	0.7202
AI HG13	0.1333	0.5326
BI HG13	0.1418	0.5790
CI HG13	0.1094	0.5411

第三篇 测试结果分析

通过“第二篇”的分析数据，根据以下电网谐波国家标准，我们对三段测试结果进行分析：

1) 各电压等级谐波电压限值标准如表 1 所示：

表 1 公用电网谐波电压（相电压）限值

电网标称电压 (kV)	电压总谐波畸变率 (%)	各次谐波电压含有率 (%)	
		奇次	偶次
0.38	5.0	4.0	2.0
6	4.0	3.2	1.6
10			
35	3.0	2.4	1.2
66			
110	2.0	1.6	0.8

2) 注入公共连接点的谐波电流允许值如表 2 所示：

表 2 注入公共连接点的谐波电流允许值

标准电压 (kV)	基准短路容量 (MVA)	谐波次数及谐波电流允许值 (A)											
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0.38	10	78	62	39	62	26	44	19	21	16	28	13	24
6	100	43	34	21	34	14	24	11	11	8.5	16	7.1	13
10	100	26	20	13	20	8.5	15	6.4	6.8	5.1	9.3	4.3	7.9
35	250	15	12	7.7	12	5.1	8.8	3.8	4.1	3.1	5.6	2.6	4.7
66	500	16	13	8.1	13	5.4	9.3	4.1	4.3	3.3	5.9	2.7	5.0
110	750	12	9.6	6.0	9.6	4.0	6.8	3.0	3.2	2.4	4.3	2.0	3.7
标准电压 (kV)	基准短路容量 (MVA)	谐波次数及谐波电流允许值 (A)											
		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
0.38	10	11	12	9.7	18	8.6	16	7.8	8.9	7.1	14	6.5	12
6	100	6.1	6.8	5.3	10	4.7	9.0	4.3	4.9	3.9	7.4	3.6	6.8
10	100	3.7	4.1	3.2	6.0	2.8	5.4	2.6	2.9	2.3	4.5	2.1	4.1
35	250	2.2	2.5	1.9	3.6	1.7	3.2	1.5	1.8	1.4	2.7	1.3	2.5
66	500	2.3	2.6	2.0	3.8	1.8	3.4	1.6	1.9	1.5	2.8	1.4	2.6
110	750	1.7	1.9	1.5	2.8	1.3	2.5	1.2	1.4	1.1	2.1	1.0	1.9

注：220kV 基准短路容量取 2000MVA

一、测试结果:

1. 6KV II 段进线柜

测试项目	最大值	最小值	国标	备注
基波电压(KV)	6.261	6.037	/	/
基波电流(A)	354.7	71.07	/	/
有功功率(KW)	2626	641.6	/	/
无功功率(kVar)	2284	504.7	/	/
功率因数	0.87	0.6	0.9	超标
电压总畸变率	2.541%	2.13%	4%	合格
谐波电流总有效值(A)	4.956	2.293	/	/
3次谐波电流有效值(A)	0.998	0.135	34	合格
5次谐波电流有效值(A)	3.561	1.462	34	合格
7次谐波电流有效值(A)	2.143	0.724	24	合格
11次谐波电流有效值(A)	0.773	0.137	16	合格

二、分析

1、测试数据分析

本次测试了公乌素煤矿的 6KV 母线负荷，测试的结果如下：

从测试数据来看，6KV 系统在电容补偿柜未投入的情况下，6KV II 段母线各次谐波含量均较低。

从无功功率的数据来看，现场电容柜 380kVar 的容量远远不够系统所需要的无功。

2、现场勘查结果

现场电容器柜制造日期为 80 年代，电容器更换过。从现场电容器的配置来看，电容柜内无保护装置（喷逐式熔断器），无串联电抗器。

串联电抗器在电容柜内起到抑制谐波，保护电容器，并抑制投切涌流的作用。根据国标《GB_50227-2008》要求，电容器补偿装置必须串联电抗器。

电容柜频繁爆炸或烧毁的原因就是未装设串联电抗器。原有的电容器柜由于年代久远，且如要装设串联电抗器和保护装置，柜内框架需进行较大改动，成本高傲，且费工费时，效果不理想，建议直接进行升级更换。

第四篇 解决方案

1、补偿容量计算

在补偿数据中选取一点 16:20:00 作为计算参数，此时的有功功率为 2199KW，无功功率为 1355kvar，实时功率因数约为 0.85。

补偿前的功率因数为 $\cos\phi_1=0.85$

补偿后的功率因数为 $\cos\phi_2=0.95$

补偿容量：

$$\begin{aligned} Q_c &= P \times (\tan \phi_1 - \tan \phi_2) \\ &= P \times [\tan(\arccos 0.85) - \tan(\arccos 0.95)] \\ &\approx 2199 \times (\tan 31.788^\circ - \tan 18.195^\circ) \\ &\approx 2199 \times (0.62 - 0.3286) \\ &= 640k \text{ var} \end{aligned}$$

P.....选取点的有功功率；

将此值带入验算，在测试的时间段内，均能使功率因数达到 0.93 以上。

由于后期新开一个工作面，预计新增负荷 5000KVA，按功率因数 0.85 考虑，则新增有功为 4250KW，带入上述公式中，计算得出需新增补偿容量约为 1237kvar。

故共计需要的补偿容量=1237kvar+640kvar=1877kvar。

2、安装容量计算

从谐波情况来看，系统主要谐波为 5/7 次谐波，故电容器组串联电抗器电抗器按 6%考虑，可有效的抑制 5/7 次谐波。电容器组额定电压按 6.6KV 考虑，则，安装容量为：

$$Q_{\text{安}} = Q_c \times \frac{U_c^2}{U_n^2} \times (1 - 6\%) = 1877 \times \frac{6.6^2}{6.1^2} \times 0.94 \approx 2065k \text{ var}$$

$Q_{\text{安}}$无功补偿装置的安装容量；

Q_c无功补偿装置的输出容量；

U_c电容器组的额定电压；

U_n系统的额定电压，从测试数据来看，取平均值 0.61KV；

由于 2065kvar 为非整数容量，难以选取电容器，故取整，无功补偿装置的安装容量为 2000kvar，保证实时功率因数达到 0.93 以上。

3、补偿方案的选取

从系统测试数据来看，测试时间为 1 小时左右，系统无功功率从最大 2284KVar 到最小约 505KVar，无功变化较快。若采用自动投切型无功补偿装置，则会带来以下缺陷：

(1)、整套装置跟随无功变化频繁投切，影响投切开关寿命；

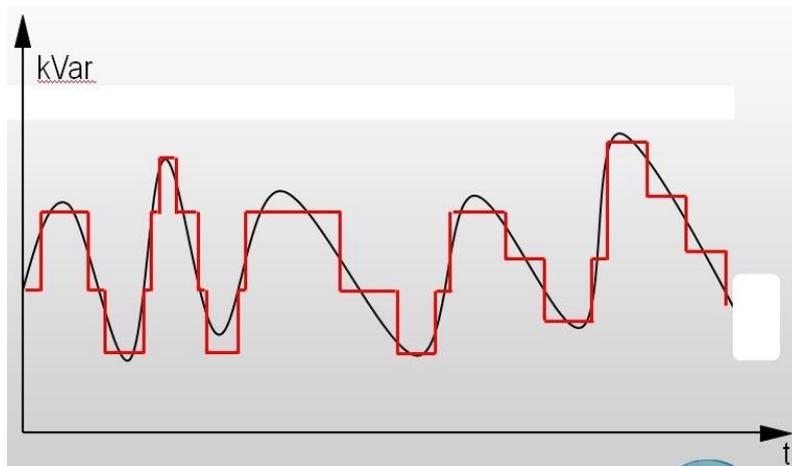
(2)、另外电容器随着投切开关的频繁投切而频繁充放电，导致电容器容值较短时间衰减。

(3)、大容量的高压电容器组频繁投切，对系统造成一定的冲击，影响系统的安全运行；

(4)、整套装置寿命缩短，增加装置的维护量和维护费用。

(5)、分组投切型电容器组无法精确根据系统无功的需求进行输出，容易出现过补和欠补现象，影响系统功率因数（如图 1 所示）。

图 1：自动投切型补偿装置补偿效果图



故，综合以上因素，建议选用 MCR 型 SVC 无功补偿装置。

MCR 型 SVC 补偿原理

由补偿支路和磁控电抗器（简称 MCR）并联支路组成。装置利用直流励磁原理，采用小截面磁饱和技术，通过调节磁控电抗器的磁饱和度，改变其输出的感性无功功率，中和电容器组的容性无功功率，实现无功功率的连续可调（如图 2 所示）。

技术优势

(1)、响应时间快，可达 30ms 以内，可精确跟踪系统无功变化，实时保证系统功率因数；

(2)、整套装置无运动部件，无涌流，不会引发电网波动；

- (3) 无涌流，设备元器件不易损；
- (4) 为无级调节系统，属柔性补偿，不会出现过补和欠补现象(如图3所示)；
- (5) 设备均可户外放置，安装方便；
- (6) 整套系统投运后，MCR 维护量如同变压器，免维护；

图 2: MCR 型 SVC 无功补偿装置一次主接线图

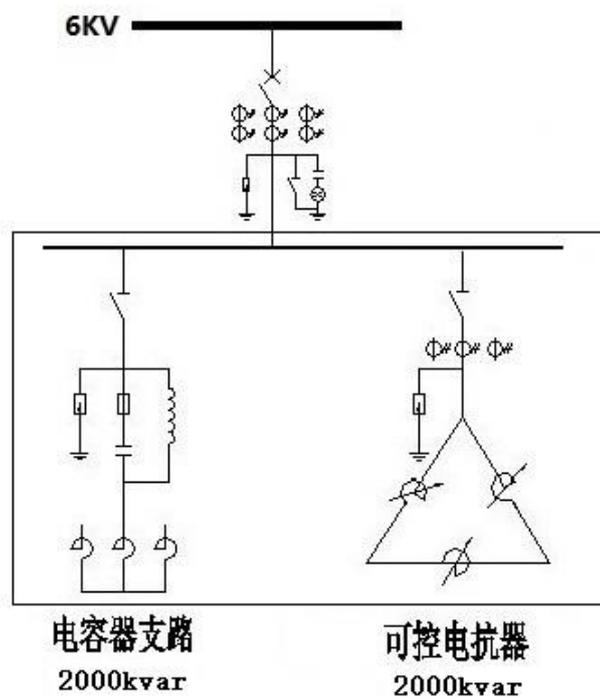
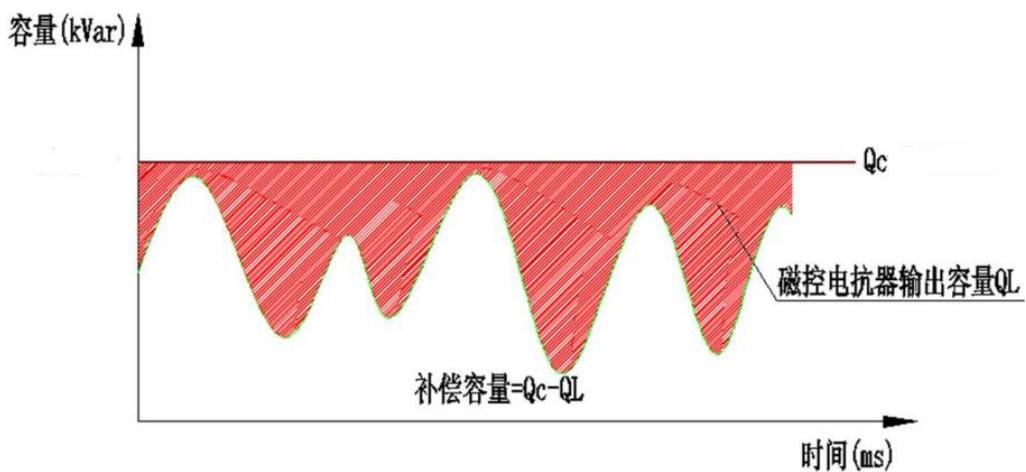


图 3 : MSVC 补偿效果图



综上所述,由于现场母线为两段,故在 6KV 母线每段新增一套 MSVC 补偿装置,共计 2 套,每套装置设电容器组安装容量为 2000kvar,另配可控电抗器 1 台,容量为 2000kvar,即可实现无功补偿装置输出容量 0~1850kvar 连续可调,有效的保证了系统功率因数在 0.93 以上。

4、改造步骤

主要工作	
1	卖方负责生产无功补偿成套装置并运抵现场;
2	拆除原有的电容补偿柜;
3	根据新设备的安装要求对现场基础进行改造;
4	对新设备的安装、一次、二次电缆连接;
5	对新设备的试验;
6	卖方对新设备的整机调试,买方配合;
备注:第 2、3、4、5 条工作内容的实施方由买方确定。	

杭州银湖电气设备有限公司

2018.10