
鄂尔多斯氯碱化工有限公司

低压配电系统

电能质量测试报告及解决方案



杭州银湖电气设备有限公司

Hangzhou Yinhu Electrical Equipment Co.,Ltd.

二零一七年 十月

目 录

第一篇 概述	2
第二篇 测试报告	4
一、测试目的	4
二、测试数据及分析	4
1. 测试点：氯碱化工 PVC 低压配电室	4
2. 测试点：氯碱化工烧碱车间低压配电室	17
3. 测试点：氯碱化工循环水车间低压配电室	30
第三篇 测试结果分析	37
一、测试结果:	38
二、分析	39
第四篇 解决方案	40
一、系统危害	40
二、解决方案	40
附图:	45

第一篇 概述

1、系统概况

鄂尔多斯氯碱化工有限公司（以下简称氯碱化工）低压系统概况如下：

①. PVC 车间：

共 8 台变压器（不包含照明变压器），其中 1 段~4 段所带负荷基本相同，5 段~8 段所带负荷基本相同，变压器容量均为 2500KVA。本次共测试 3 台变压器进线，分别为 3 段、4 段和 8 段变压器进线。

1 段~4 段 0.4kV 侧各装设 1 套复合开关投切型补偿装置（共 1 台柜子，每台柜子额定容量为 300kVar，每组 30kVar，共 10 组，电容器额定电压 450V，串联电抗器电抗率 7%）。

5 段~8 段 0.4kV 侧各装设 1 套北京思能达产的晶闸管投切型补偿装置（共 1 台柜子，每台柜子额定容量为 300kVar（ $80*3+40+20$ ），电容器额定电压 440V，串联电抗器电抗率 6%）。

原有的补偿柜单台尺寸为： $(W*D*H)$ 800*1000*2200mm，正常运行时所有的补偿柜均未投入。

②. 烧碱车间：

共 4 台变压器（不包含照明变压器），变压器容量均为 2500KVA。本次共测试 3 台变压器，分别为 1 段、2 段和 3 段变压器进线，4 段进线由于电流回路故障，无法测试。

1 段~3 段 0.4kV 侧各装设 1 套北京思能达产的晶闸管投切型补偿装置（共 1 台柜子，每台柜子额定容量为 240kVar（ $40*5+20*2$ ），电容器额定电压 450V，串联电抗器电抗率 6%）。

原有的补偿柜单台尺寸为： $(W*D*H)$ 800*1000*2200mm，正常运行时2台补偿柜均未投入。

③. 循环水车间：

共2台变压器，变压器容量均为1600KVA，本次共测试2台变压器。

1段~2段0.4kV侧各装设1套北京思能达产的晶闸管投切型补偿装置(共1台柜子，每台柜子额定容量为180kVar (40*4+20)，电容器额定电压450V, 串联电抗器电抗率6%)。

原有的补偿柜单台尺寸为： $(W*D*H)$ 800*1000*2200mm，正常运行时2台补偿柜均未投入。

2、测试原因

在系统前期的运行中，由于补偿柜经常出现电容器鼓包、漏液，电容器串联用电抗器温度过高等现象，氯碱化工动力分厂为保证生产，防止电容柜的事故影响整个供电的稳定，一直未投入低压电容柜。

故，本次氯碱化工动力分厂邀请我公司对厂区的几个车间进行了电能质量测试，查找问题并能给出解决方案。

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，结合该工况，给出合理、安全、可靠、技术先进的无功补偿及谐波治理方案。

二、测试数据及分析

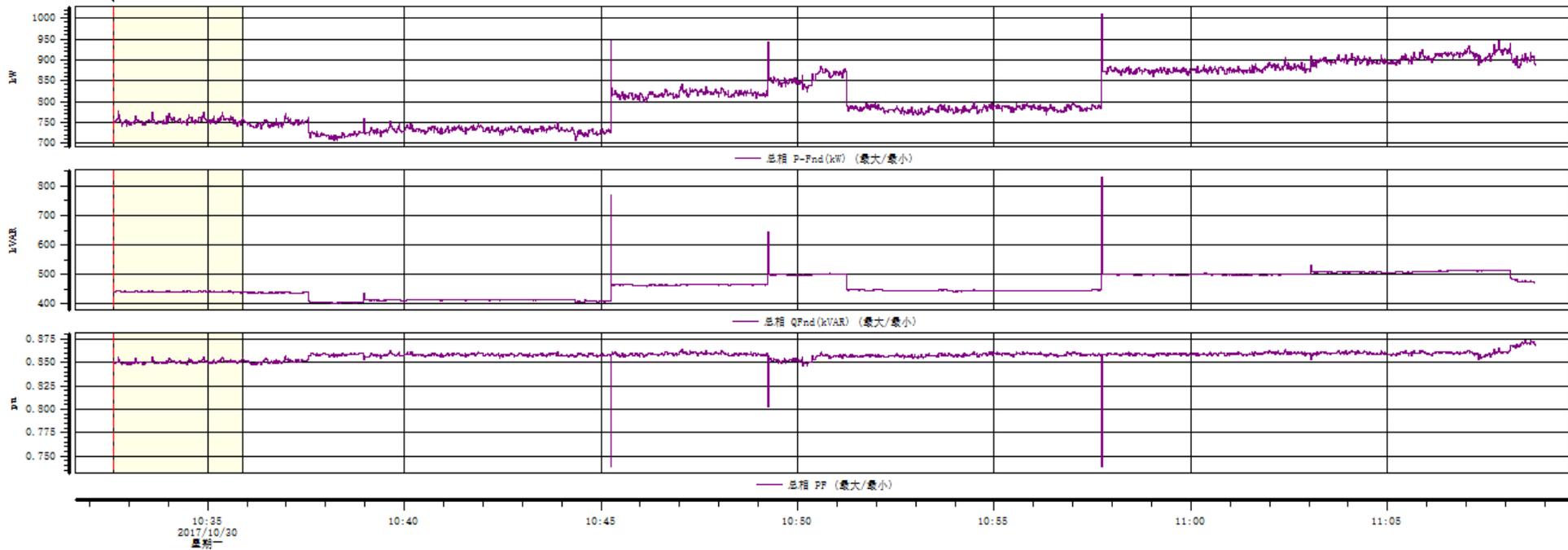
1. 测试点：氯碱化工 PVC 低压配电室

- ① 测试时间：2017年10月30日 9:53:07-----2017年10月30日 12:12:27
- ② 额定电压：0.4kV
- 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，无功补偿均切除。

a、3 段变压器进线柜测试数据分析变化曲线图：

三相有功、无功、功率因数

趋势图

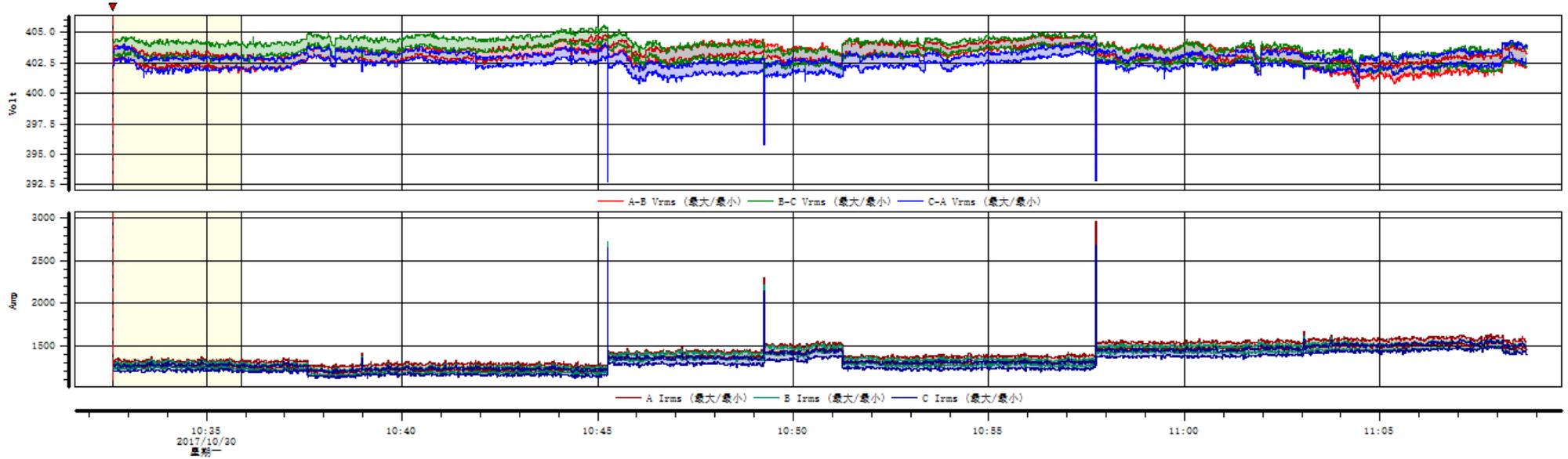


事件 #1 在 2017/10/30 10:32:36.000
趋势

	最小	最大
总相P-Fnd (kW)	706.6	1010
总相QFnd (kVAR)	401.3	830.0
总相PF	0.7385	0.8735

三相电压和电流

趋势图

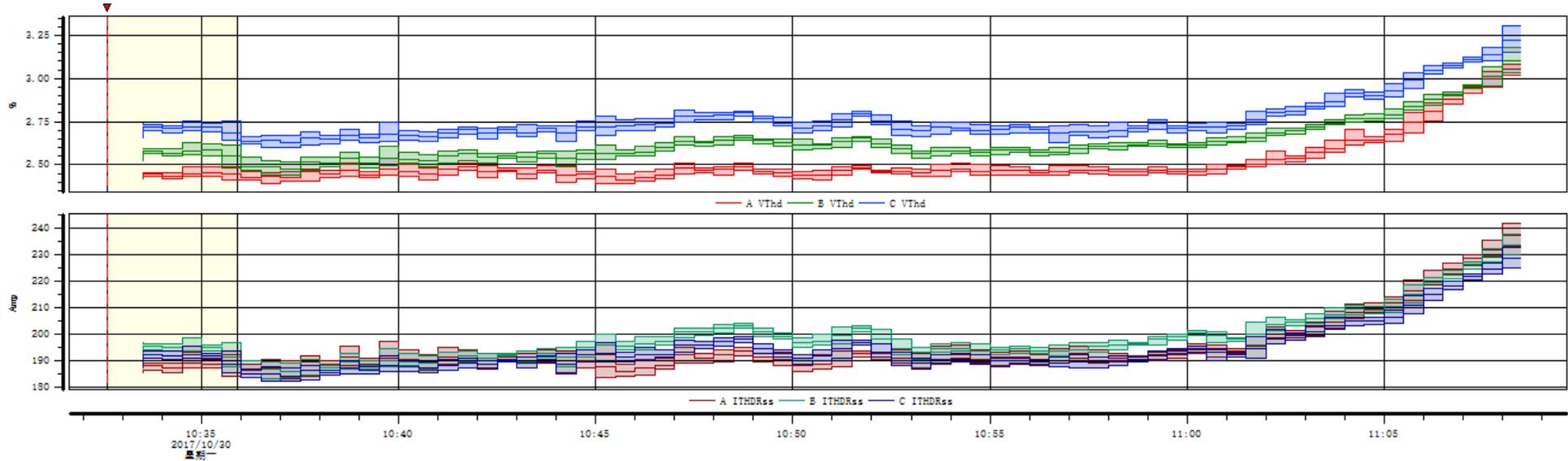


事件 #1 在 2017/10/30 10:32:36.000
趋势

	最小	最大
<i>A-BVrms</i>	394.1	405.1
<i>B-CVrms</i>	393.9	405.7
<i>C-AVrms</i>	392.7	404.4
<i>AIrms</i>	1169	2970
<i>BIrms</i>	1134	2723
<i>CIrms</i>	1110	2688

三相总谐波电流有效值及总电压畸变率

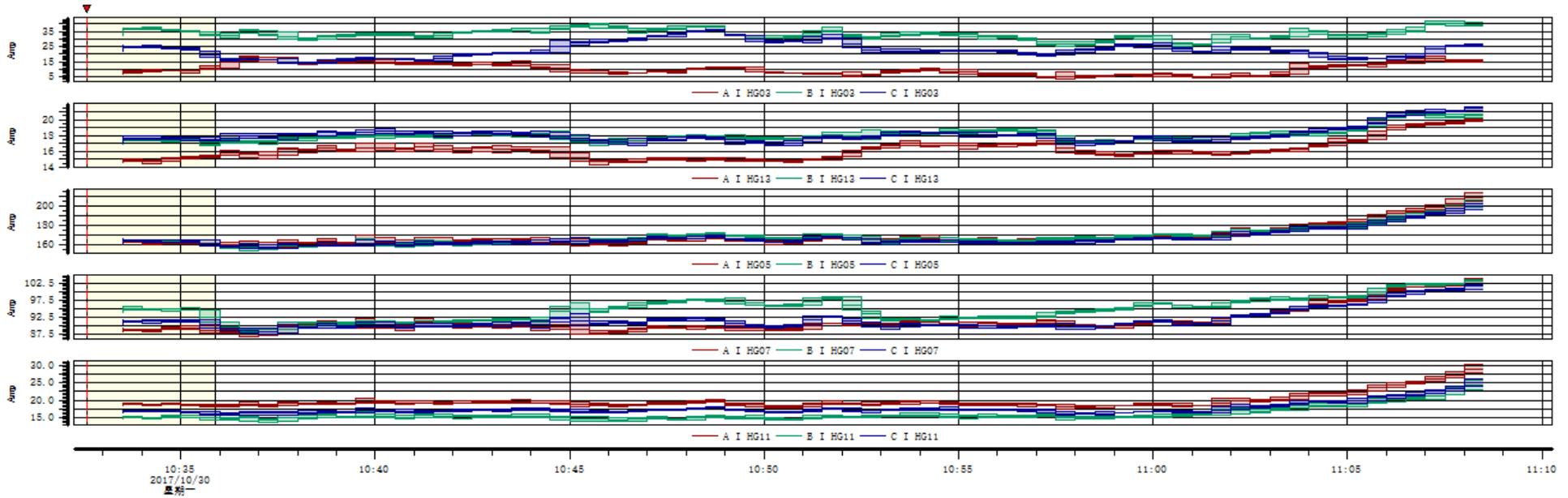
趋势图



事件 #1 在 2017/10/30 10:32:36.000
趋势

	最小	最大
<i>AVThd</i>	2.388	3.083
<i>BVThd</i>	2.438	3.180
<i>CVThd</i>	2.599	3.309
<i>AITHDRss</i>	182.5	242.0
<i>BITHDRss</i>	183.2	237.9
<i>CITHDRss</i>	182.2	232.8

各次谐波电流报表 趋势图



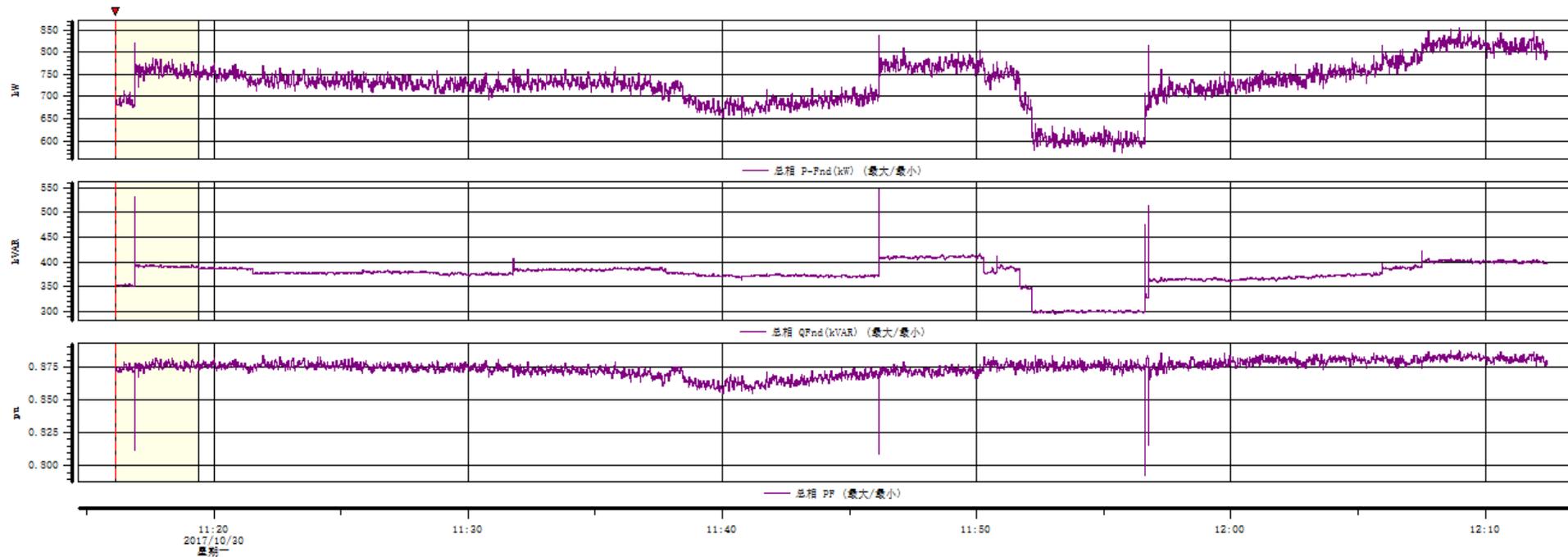
事件 #1 在 2017/10/30 10:32:36.000
趋势

	最小	最大
AI HG03	3.686	18.79
BI HG03	24.96	41.53
CI HG03	13.53	36.19
AI HG05	157.0	213.8
BI HG05	154.7	206.7
CI HG05	156.5	203.3
AI HG07	86.82	103.6
BI HG07	88.09	103.6
CI HG07	87.42	102.0
AI HG11	17.57	30.13
BI HG11	13.73	25.86
CI HG11	15.56	26.20
AI HG13	14.33	20.12
BI HG13	16.73	20.72
CI HG13	16.68	21.55

b、4 段变压器进线柜测试数据分析变化曲线图：

三相有功、无功、功率因数

趋势图

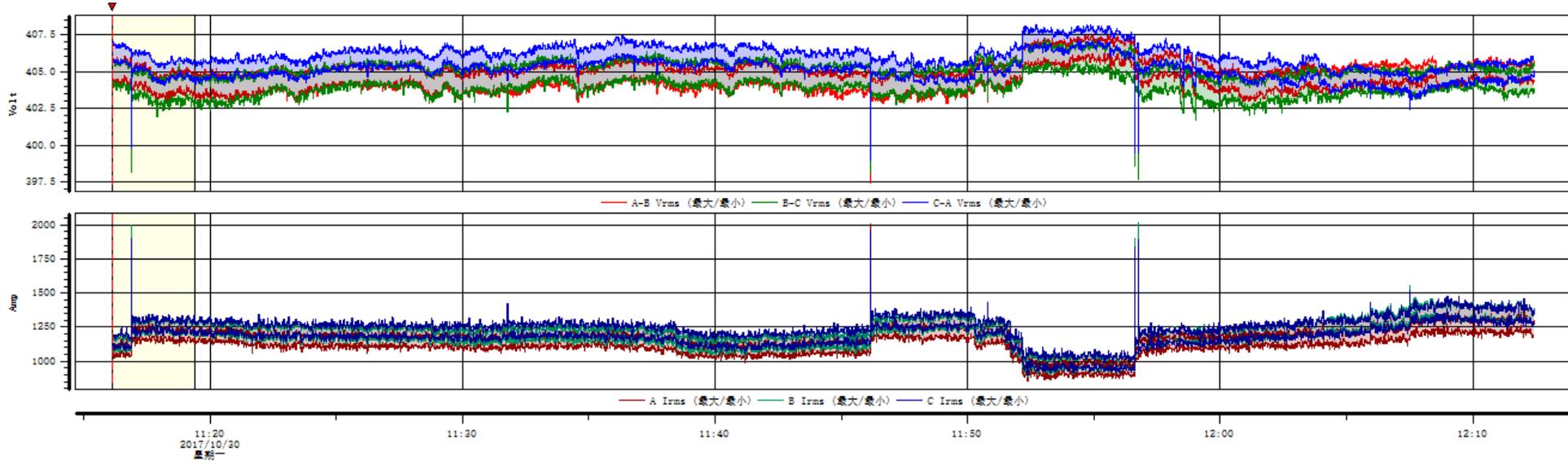


事件 #1 在 2017/10/30 11:16:07.000
趋势

	最小	最大
总相P-Fnd (kW)	572.8	855.8
总相QFnd (kVAR)	294.8	547.2
总相PF	0.7926	0.8876

三相电压及电流

趋势图

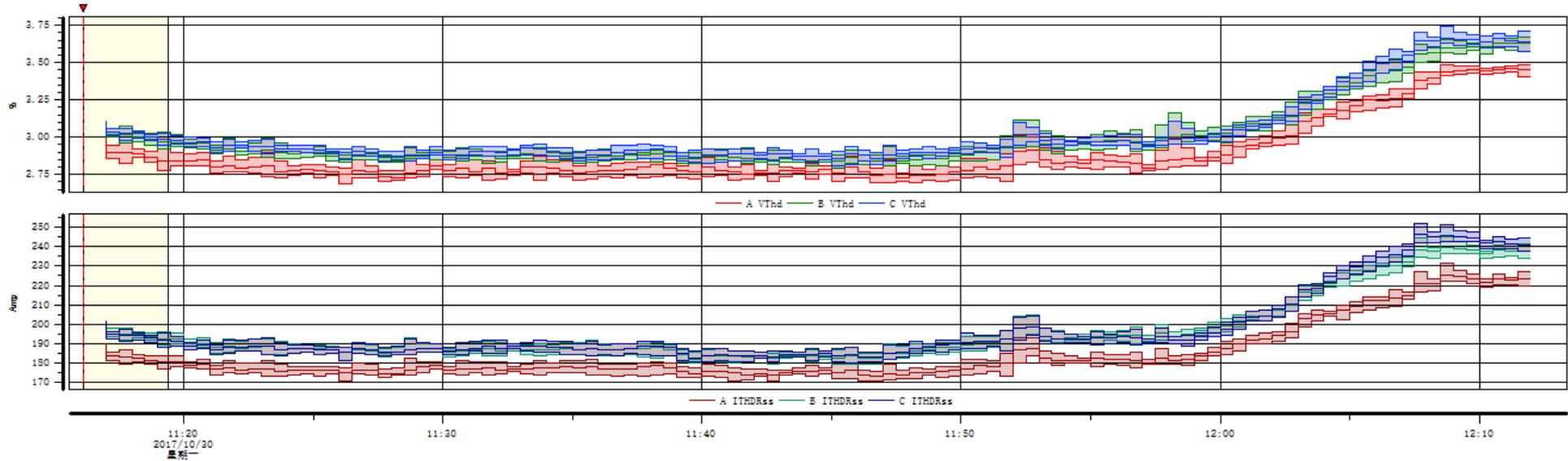


事件 #1 在 2017/10/30 11:16:07.000
趋势

	最小	最大
<i>A-BVrms</i>	397.4	407.4
<i>B-CVrms</i>	397.7	407.2
<i>C-AVrms</i>	399.0	408.2
<i>AIrms</i>	851.9	2003
<i>BIrms</i>	881.5	2020
<i>CIrms</i>	902.5	1955

三相谐波电流总有效值及谐波电压总畸变率

趋势图

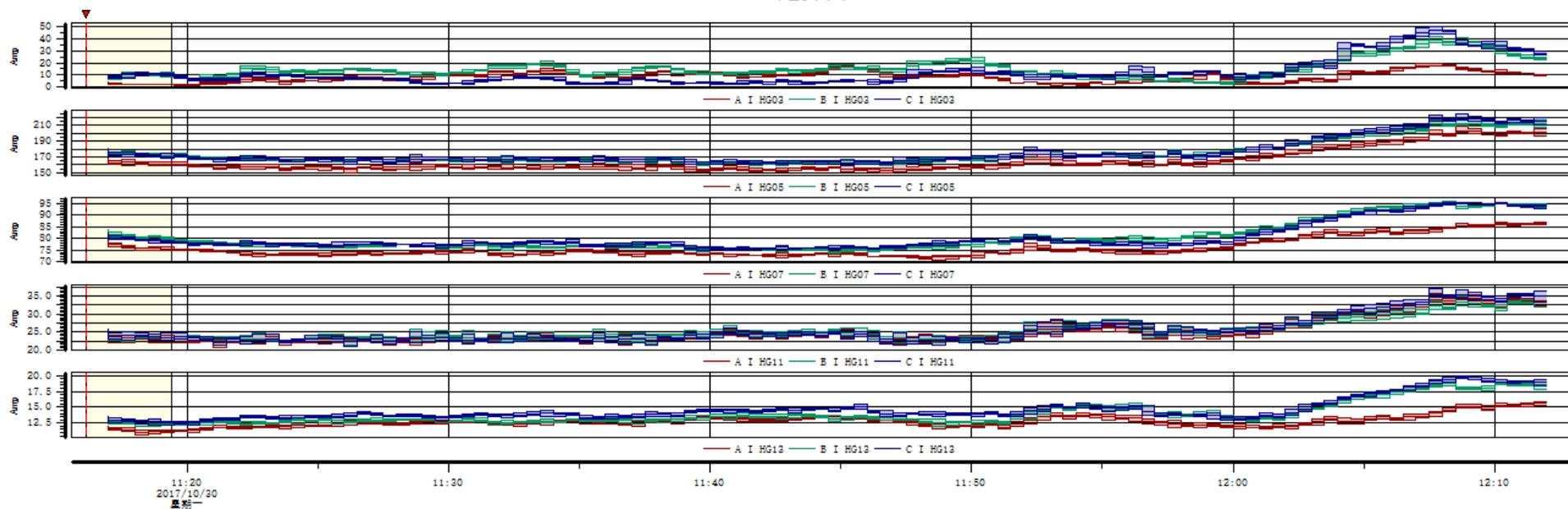


事件 #1 在 2017/10/30 11:16:07.000
趋势

	最小	最大
<i>AVThd</i>	2.684	3.487
<i>BVThd</i>	2.792	3.672
<i>CVThd</i>	2.809	3.746
<i>AITHDRss</i>	170.2	231.4
<i>BITHDRss</i>	179.1	245.5
<i>CITHDRss</i>	179.9	252.4

各次谐波电流值

趋势图



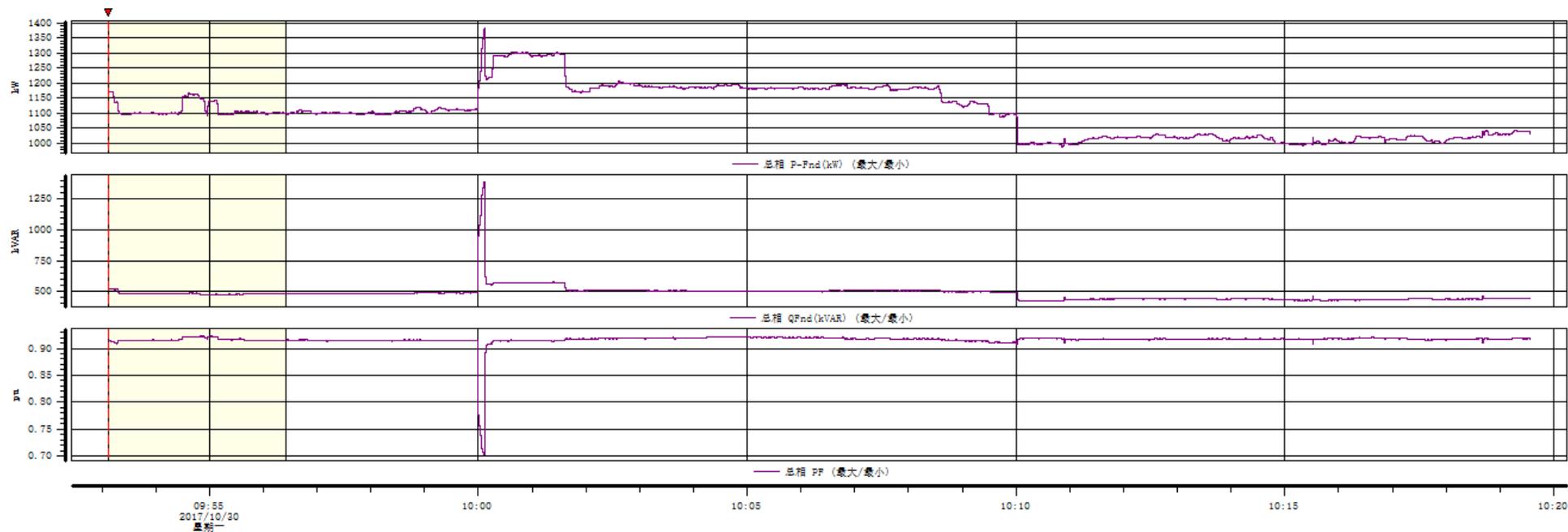
事件 #1 在 2017/10/30 11:16:07.000
趋势

	最小	最大
AI HG03	1.349	19.36
BI HG03	2.015	41.78
CI HG03	1.773	50.02
AI HG05	150.4	208.9
BI HG05	158.5	218.1
CI HG05	159.7	224.1
AI HG07	70.77	87.17
BI HG07	73.55	95.87
CI HG07	74.88	95.76
AI HG11	20.75	36.70
BI HG11	21.24	35.13
CI HG11	20.98	36.92
AI HG13	10.68	15.77
BI HG13	11.93	19.05
CI HG13	12.12	19.88

c、8 段变压器进线柜测试数据分析变化曲线图：

三相有功、无功、功率因数

趋势图

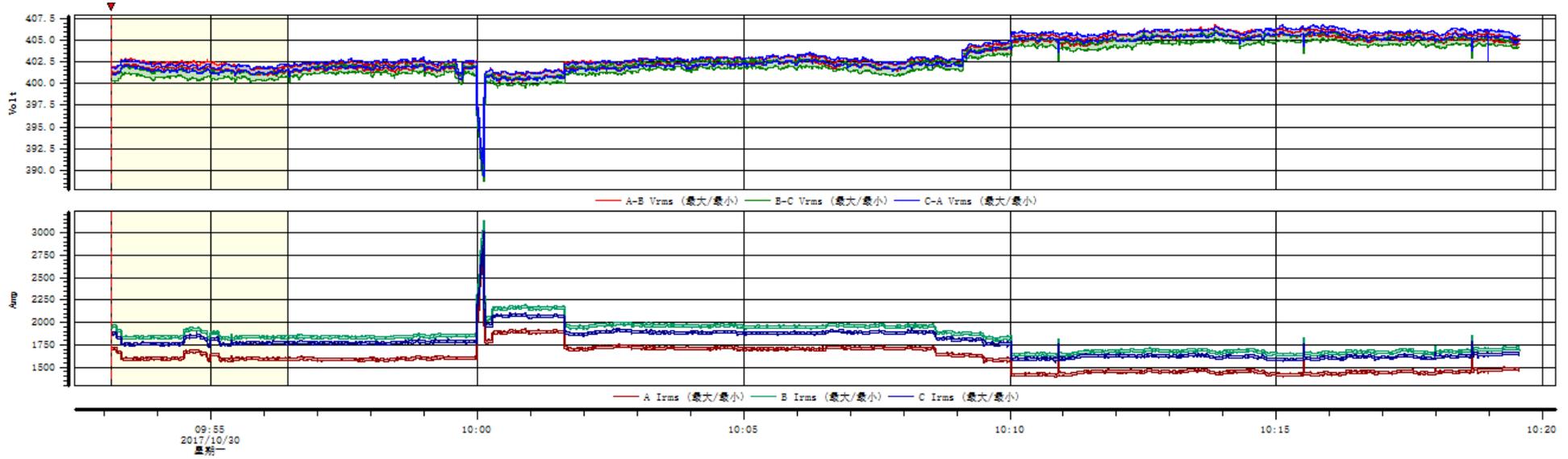


事件 #1 在 2017/10/30 09:53:07.000
趋势

	最小	最大
总相P-Fnd(kW)	987.9	1384
总相QFnd(kVAR)	423.9	1392
总相PF	0.7024	0.9235

三相电压及电流

趋势图

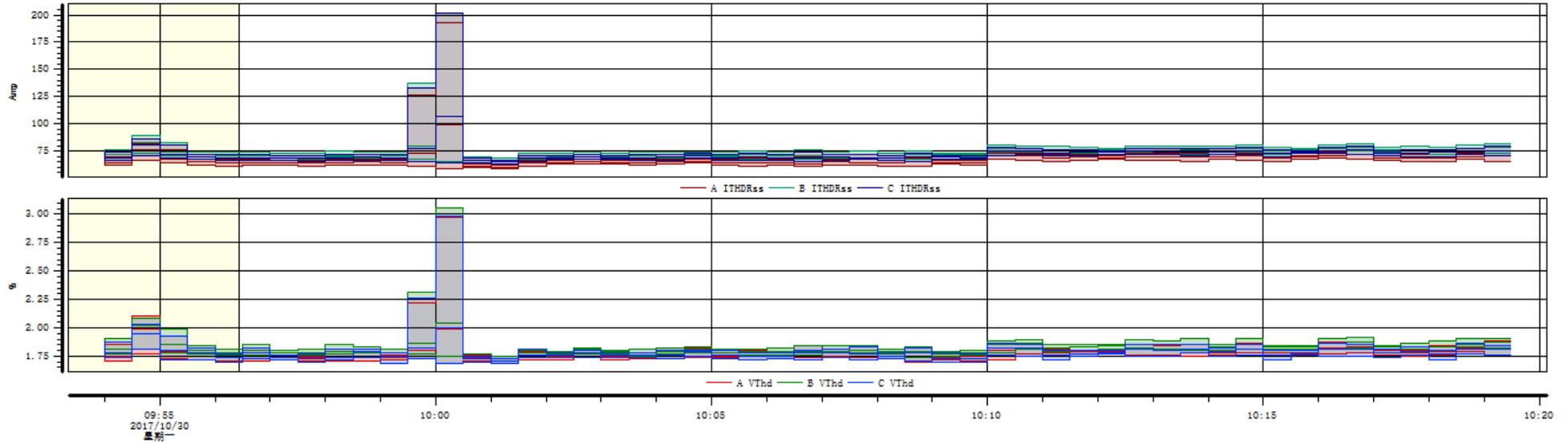


事件 #1 在 2017/10/30 09:53:07.000
趋势

	最小	最大
<i>A-BVrms</i>	389.3	406.8
<i>B-CVrms</i>	388.7	406.1
<i>C-AVrms</i>	389.2	406.9
<i>AIrms</i>	1382	2829
<i>BIrms</i>	1601	3139
<i>CIrms</i>	1554	3009

三相谐波电流总有效值及谐波电压总畸变率

趋势图

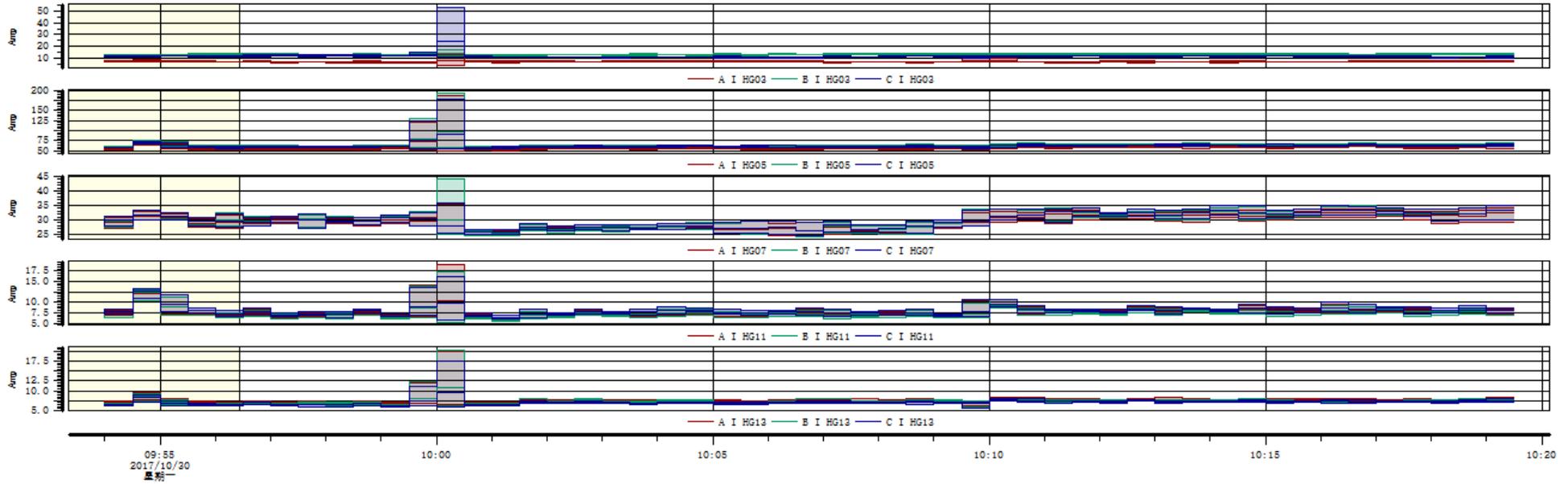


事件 #1 在 2017/10/30 09:53:07.000
趋势

	最小	最大	99%
<i>AVThd</i>	1.683	2.971	1.991
<i>BVThd</i>	1.712	3.061	2.046
<i>CVThd</i>	1.682	2.989	2.001
<i>AITHDRss</i>	58.33	192.7	99.34
<i>BITHDRss</i>	64.79	202.2	106.4
<i>CITHDRss</i>	62.97	201.4	106.5

各次谐波电流报表

趋势图



事件 #1 在 2017/10/30 09:53:07.000
趋势

	最小	最大	99%
AI HG03	3.917	12.37	7.677
BI HG03	11.68	17.39	13.62
CI HG03	9.347	52.78	24.72
AI HG05	50.76	185.7	92.72
BI HG05	57.01	191.5	98.12
CI HG05	54.75	178.0	92.05
AI HG07	24.34	35.37	32.56
BI HG07	24.36	44.05	33.51
CI HG07	24.43	35.79	33.55
AI HG11	5.702	18.93	12.23
BI HG11	5.254	17.37	12.24
CI HG11	5.825	16.23	12.62
AI HG13	6.255	20.09	10.82
BI HG13	5.963	20.17	10.70
CI HG13	5.720	17.58	9.590

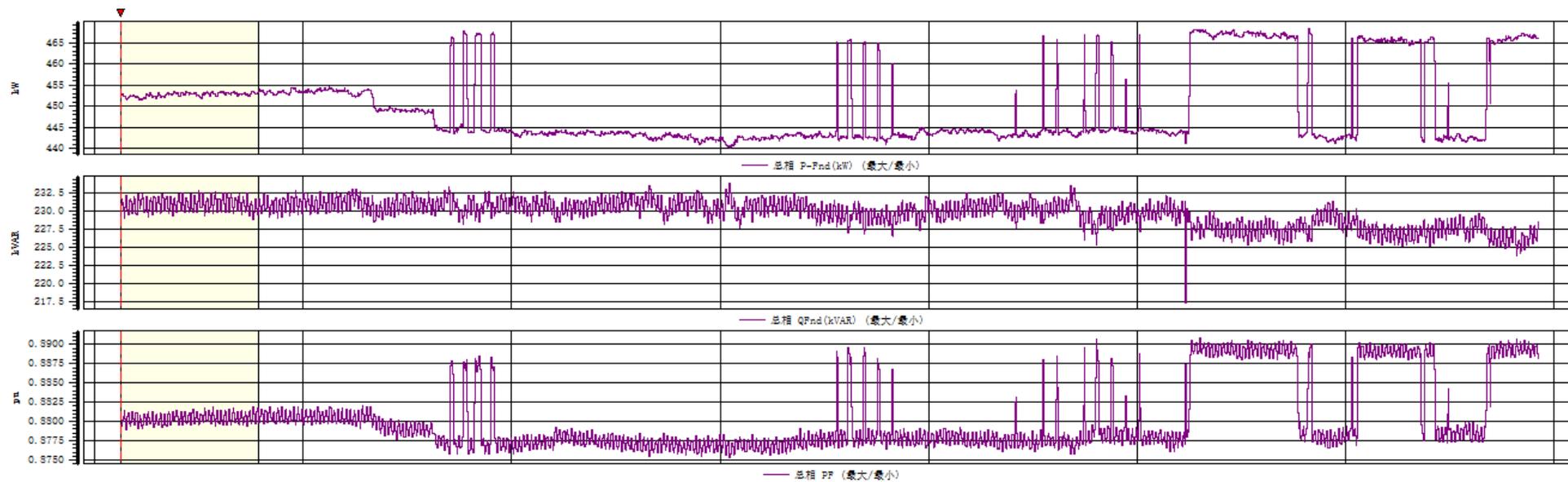
2. 测试点：氯碱化工烧碱车间低压配电室

- ① 测试时间 :2017 年 10 月 30 日 13:05:37-----2017 年 10 月 30 日 15:02:10
- ② 额定电压 : 0.4kV
- 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 , 无功补偿均切除。

a、1 段变压器进线柜测试数据分析变化曲线图：

三相有功、无功、功率因数

趋势图



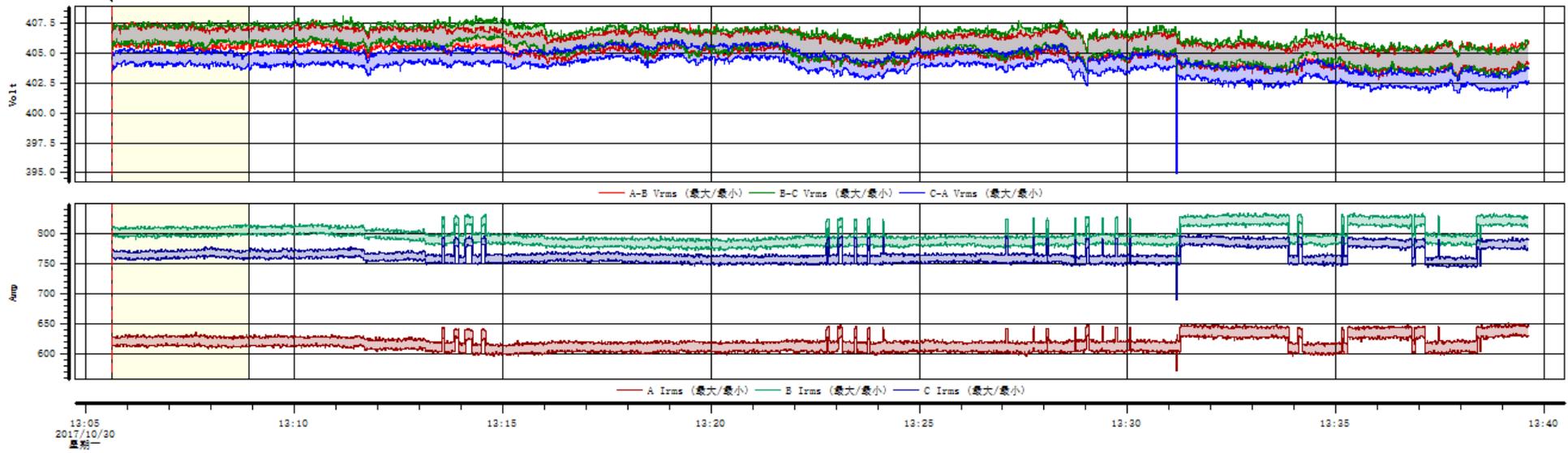
13:05
2017/10/30
星期一

事件 #1 在 2017/10/30 13:05:37.000
趋势

	最小	最大
总相P-Fnd (kW)	440.1	468.3
总相QFnd (kVAR)	217.4	233.9
总相PF	0.8753	0.8909

三相电压和电流

趋势图

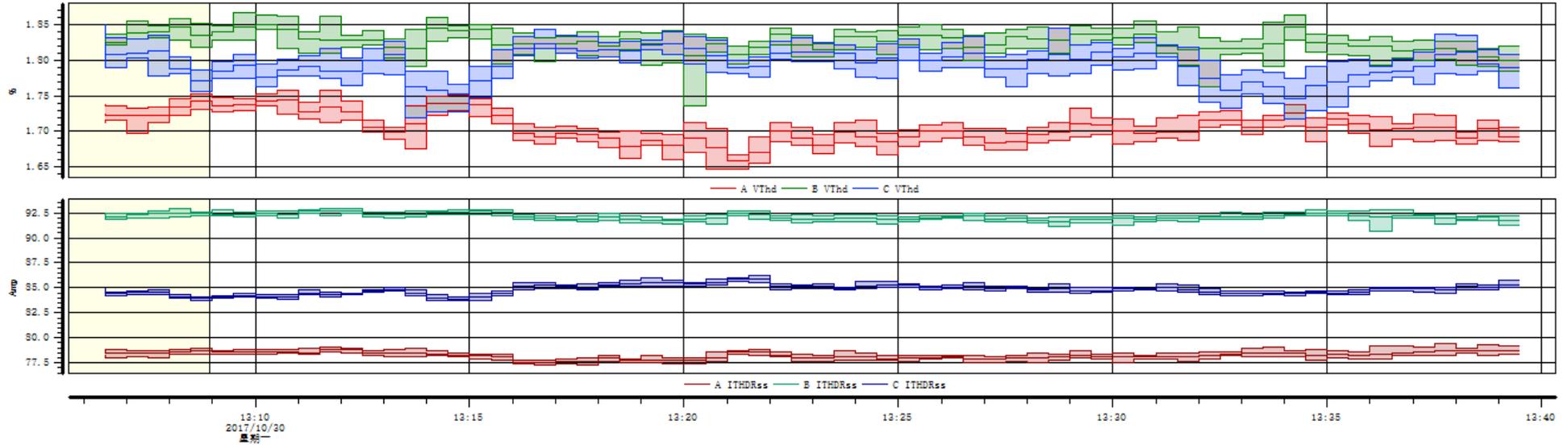


事件 #1 在 2017/10/30 13:05:37.000
趋势

	最小	最大
<i>A-BVrms</i>	395.6	407.7
<i>B-CVrms</i>	395.7	408.1
<i>C-AVrms</i>	394.9	406.1
<i>AIrms</i>	570.5	650.8
<i>BIrms</i>	733.9	835.5
<i>CIrms</i>	689.3	800.2

三相总谐波电流有效值及总电压畸变率

趋势图

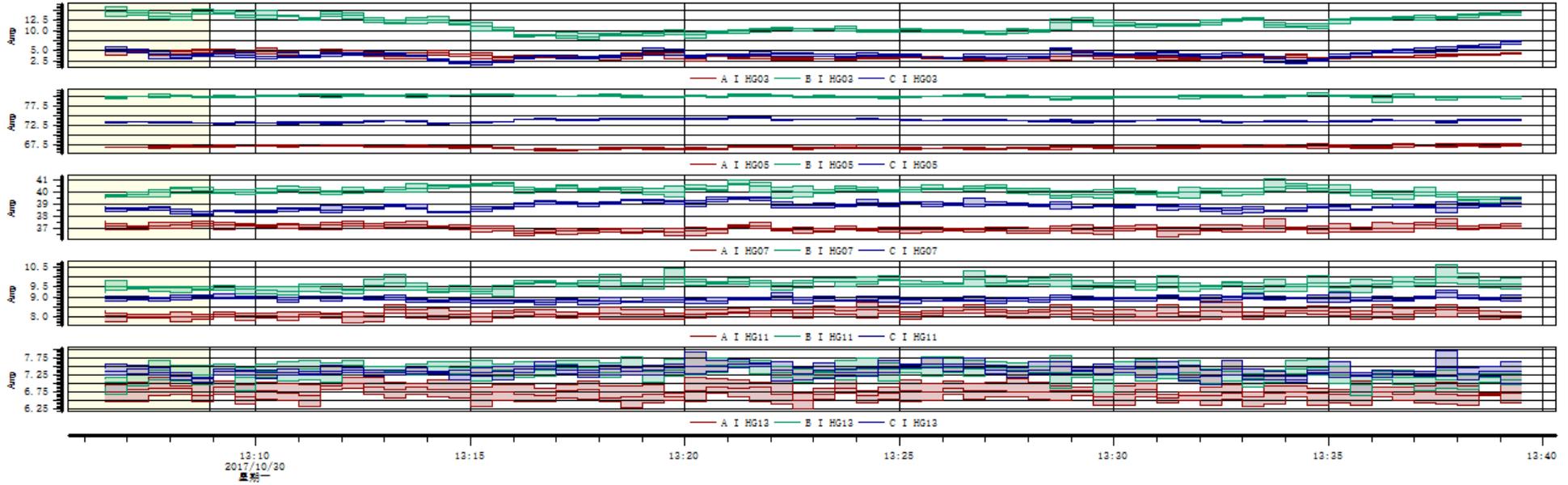


事件 #1 在 2017/10/30 13:05:37.000
趋势

	最小	最大
<i>AVThd</i>	1.646	1.757
<i>BVThd</i>	1.735	1.868
<i>CVThd</i>	1.717	1.850
<i>AITHDRss</i>	77.23	79.46
<i>BITHDRss</i>	90.72	92.98
<i>CITHDRss</i>	83.68	86.21

各次谐波电流报表

趋势图



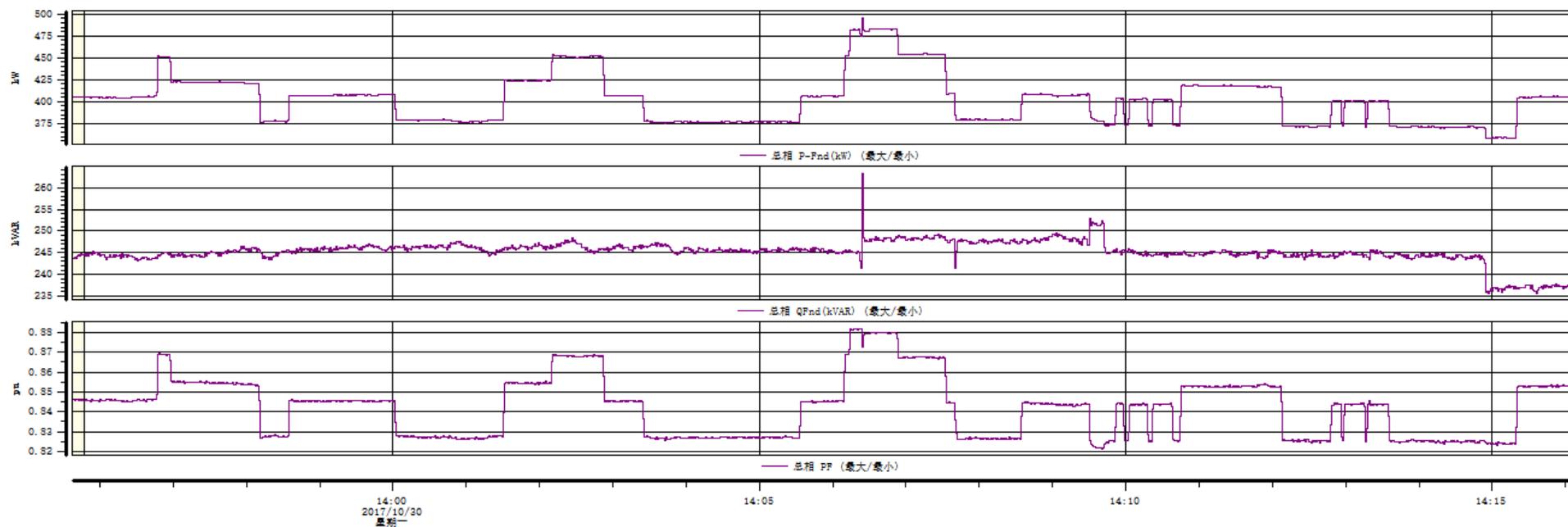
事件 #1 在 2017/10/30 13:05:37.000
趋势

	最小	最大
AI HG03	2.274	5.857
BI HG03	7.883	15.77
CI HG03	1.595	7.531
AI HG05	65.94	67.74
BI HG05	78.48	80.89
CI HG05	72.79	74.76
AI HG07	36.37	37.81
BI HG07	39.13	41.03
CI HG07	38.08	39.62
AI HG11	7.740	8.784
BI HG11	9.046	10.60
CI HG11	8.640	9.332
AI HG13	6.276	7.189
BI HG13	6.633	7.904
CI HG13	6.966	7.936

b. 2 段变压器进线柜测试数据分析变化曲线图:

三相有功、无功、功率因数

趋势图

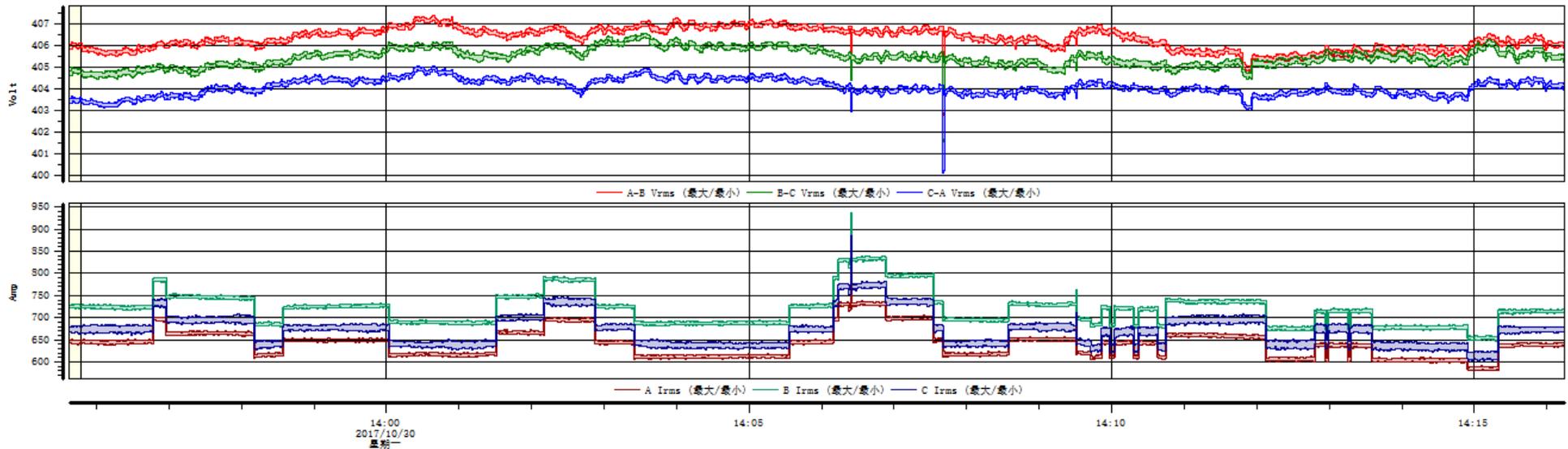


事件 #1 在 2017/10/30 13:52:28.000
趋势

	最小	最大
总相P-Fnd (kW)	358.0	495.7
总相QFnd (kVAR)	235.5	263.3
总相PF	0.8211	0.8818

三相电压及电流

趋势图

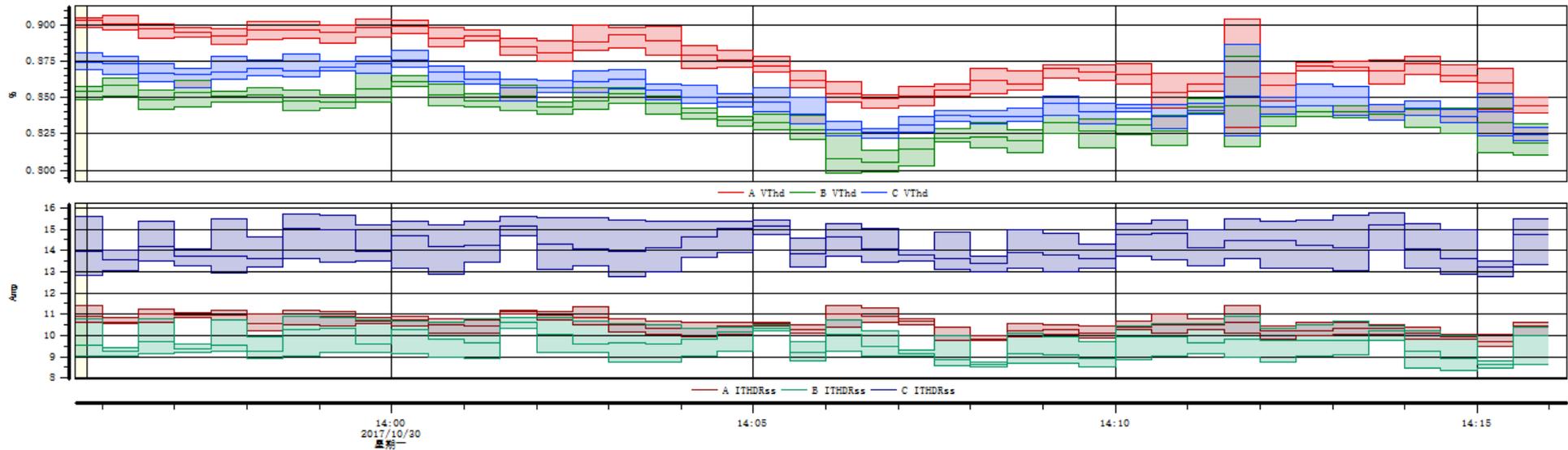


事件 #1 在 2017/10/30 13:52:28.000
趋势

	最小	最大
<i>A-BVrms</i>	402.8	407.4
<i>B-CVrms</i>	401.5	406.6
<i>C-AVrms</i>	400.1	405.1
<i>AIrms</i>	580.2	826.0
<i>BIrms</i>	647.1	938.1
<i>CIrms</i>	602.5	884.8

三相谐波电流总有效值及谐波电压总畸变率

趋势图

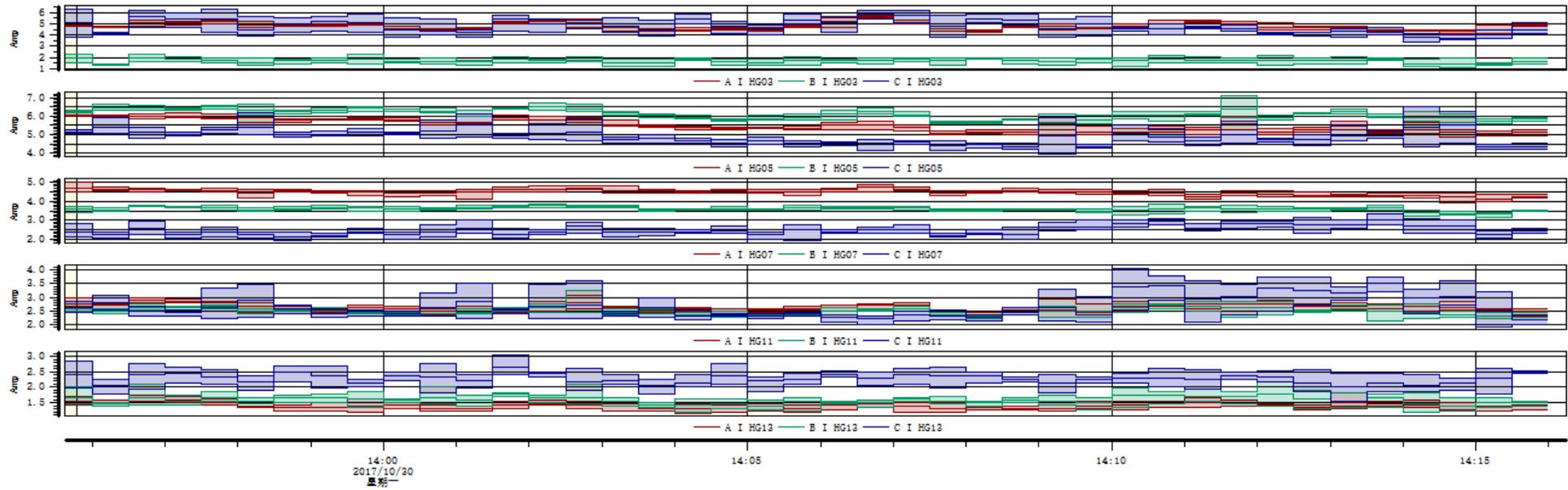


事件 #1 在 2017/10/30 13:52:28.000
趋势

	最小	最大
<i>AVThd</i>	0.8295	0.9070
<i>BVThd</i>	0.7977	0.8786
<i>CVThd</i>	0.8207	0.8870
<i>AITHDRss</i>	9.464	11.44
<i>BITHDRss</i>	7.221	58.82
<i>CITHDRss</i>	12.80	15.79

各次谐波电流报表

趋势图



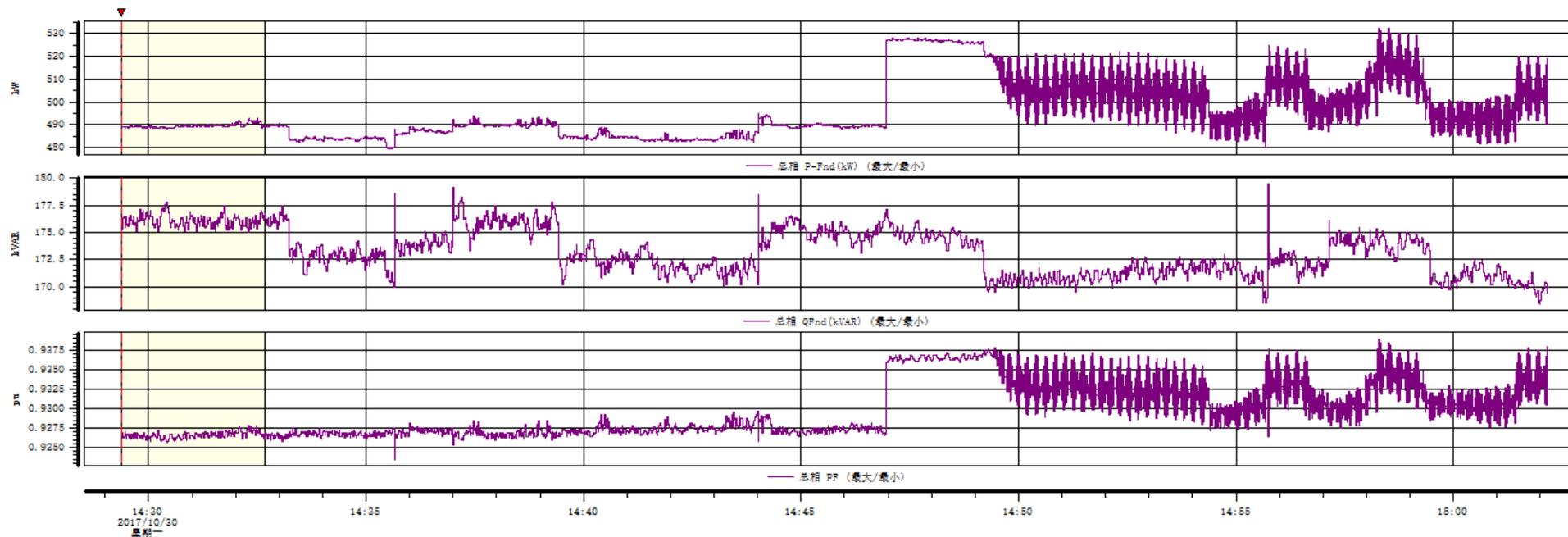
事件 #1 在 2017/10/30 13:52:28.000
趋势

	最小	最大
AI HG03	4.087	5.718
BI HG03	1.150	28.96
CI HG03	3.427	6.253
AI HG05	4.895	6.267
BI HG05	4.710	42.19
CI HG05	3.974	6.533
AI HG07	3.902	5.002
BI HG07	3.175	6.349
CI HG07	1.939	3.317
AI HG11	2.209	3.056
BI HG11	2.118	3.292
CI HG11	1.933	4.027
AI HG13	1.159	1.754
BI HG13	1.130	5.360
CI HG13	1.528	3.032

c. 3 段变压器进线柜测试数据分析变化曲线图:

三相有功、无功、功率因数

趋势图

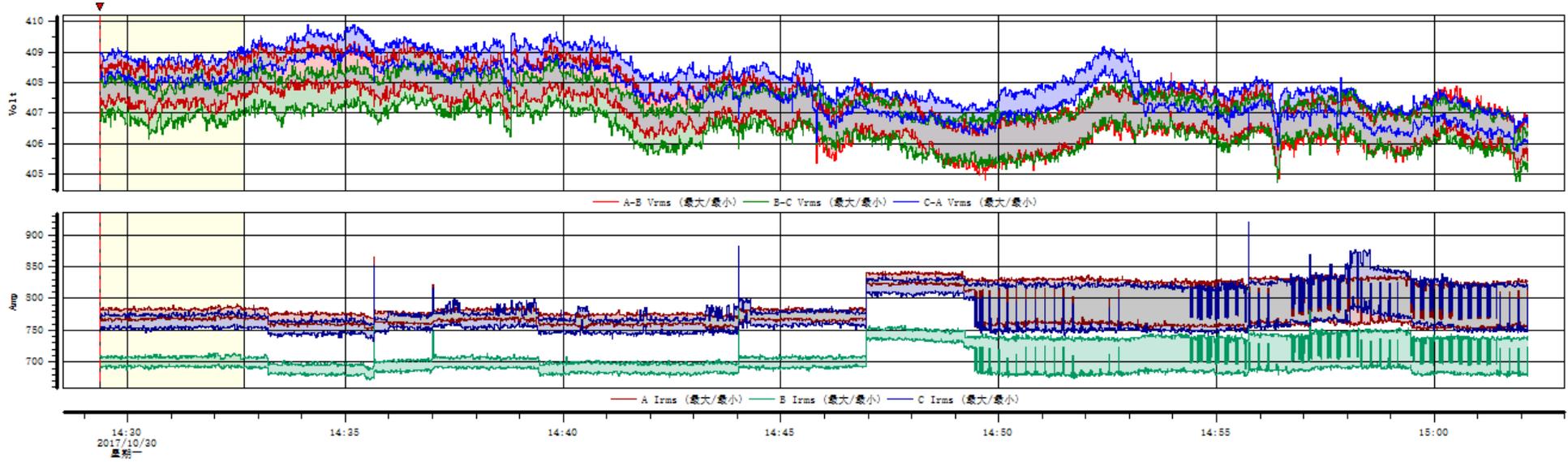


事件 #1 在 2017/10/30 14:29:22.000
趋势

	最小	最大
总相P-Fnd (kW)	479.4	532.4
总相QFnd (kVAR)	168.4	179.5
总相PF	0.9234	0.9389

三相电压及电流

趋势图

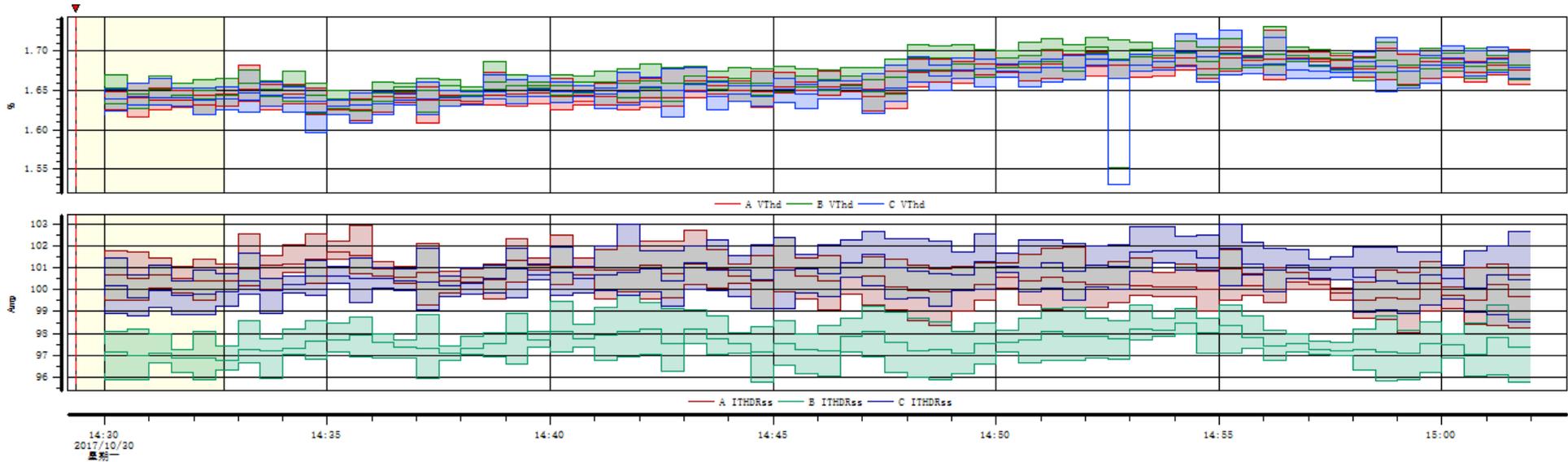


事件 #1 在 2017/10/30 14:29:22.000
趋势

	最小	最大
<i>A-BVrms</i>	404.8	409.4
<i>B-CVrms</i>	404.7	408.9
<i>C-AVrms</i>	405.8	409.9
<i>AIrms</i>	749.4	912.4
<i>BIrms</i>	671.4	834.6
<i>CIrms</i>	732.6	921.0

三相谐波电流总有效值及谐波电压总畸变率

趋势图

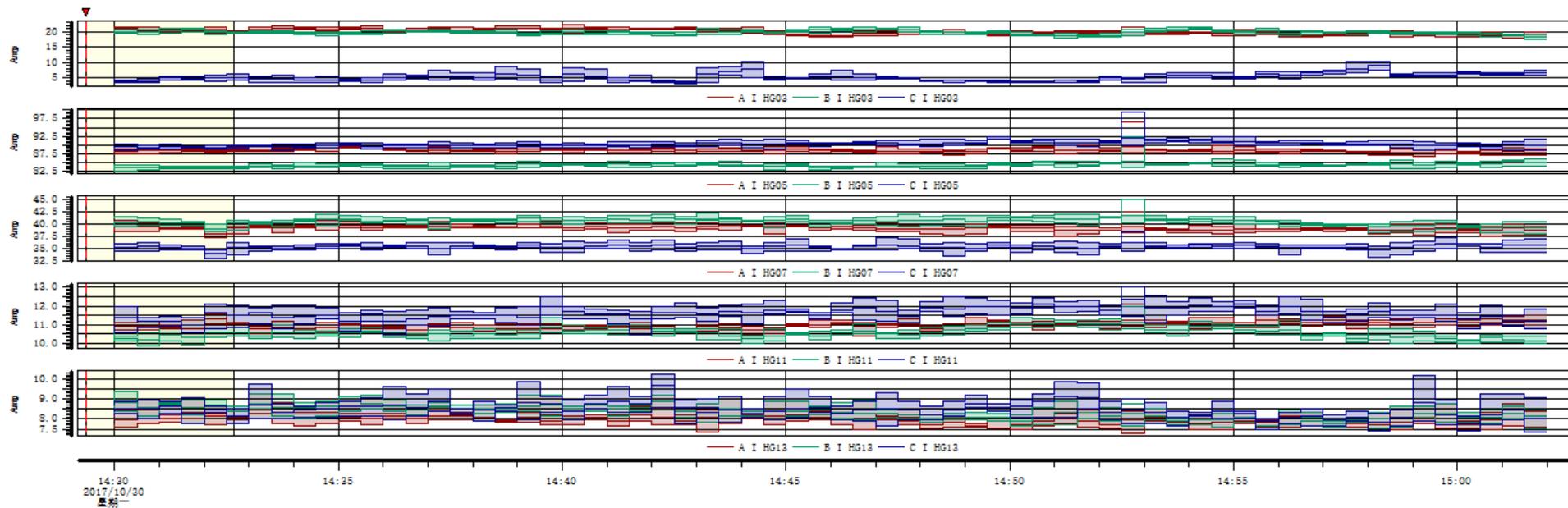


事件 #1 在 2017/10/30 14:29:22.000
趋势

	最小	最大
<i>AVThd</i>	1.609	1.727
<i>BVThd</i>	1.552	1.732
<i>CVThd</i>	1.530	1.727
<i>AITHDRss</i>	98.06	102.9
<i>BITHDRss</i>	95.76	99.72
<i>CITHDRss</i>	98.55	103.0

三相谐波电流总有效值及谐波电压总畸变率

趋势图



事件 #1 在 2017/10/30 14:29:22.000
趋势

	最小	最大
AI HG03	17.95	22.10
BI HG03	17.47	21.61
CI HG03	3.295	10.36
AI HG05	86.52	96.75
BI HG05	82.54	92.27
CI HG05	88.48	99.31
AI HG07	37.41	42.39
BI HG07	38.08	44.90
CI HG07	33.17	38.64
AI HG11	10.39	12.09
BI HG11	9.869	11.99
CI HG11	10.43	13.00
AI HG13	7.313	8.830
BI HG13	7.530	9.352
CI HG13	7.335	10.21

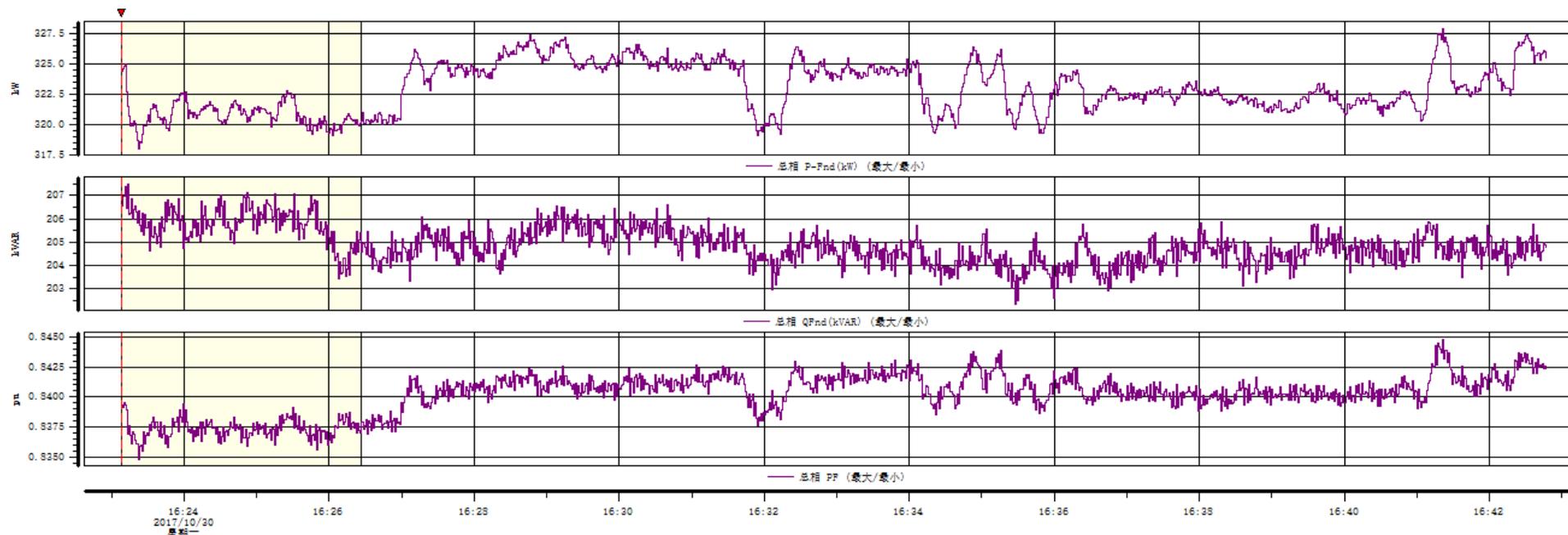
3. 测试点：氯碱化工循环水车间低压配电室

- ① 测试时间：2017年10月30日16:01:09-----2017年10月30日16:42:48
- ② 额定电压：0.4kV
- 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，无功补偿均切除。

a、1 段变压器进线柜测试数据分析变化曲线图：

三相有功、无功、功率因数

趋势图

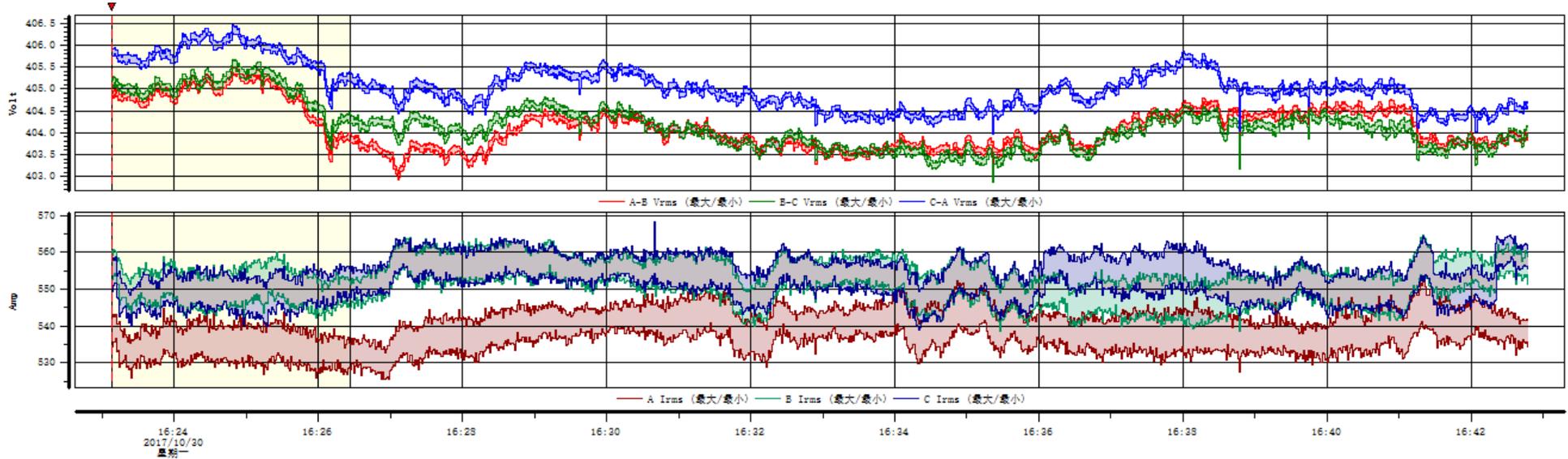


事件 #1 在 2017/10/30 16:23:08.000
趋势

	最小	最大
总相P-Fnd (kW)	318.0	327.9
总相QFnd (kVAR)	202.3	207.5
总相PF	0.8347	0.8448

三相电压和电流

趋势图

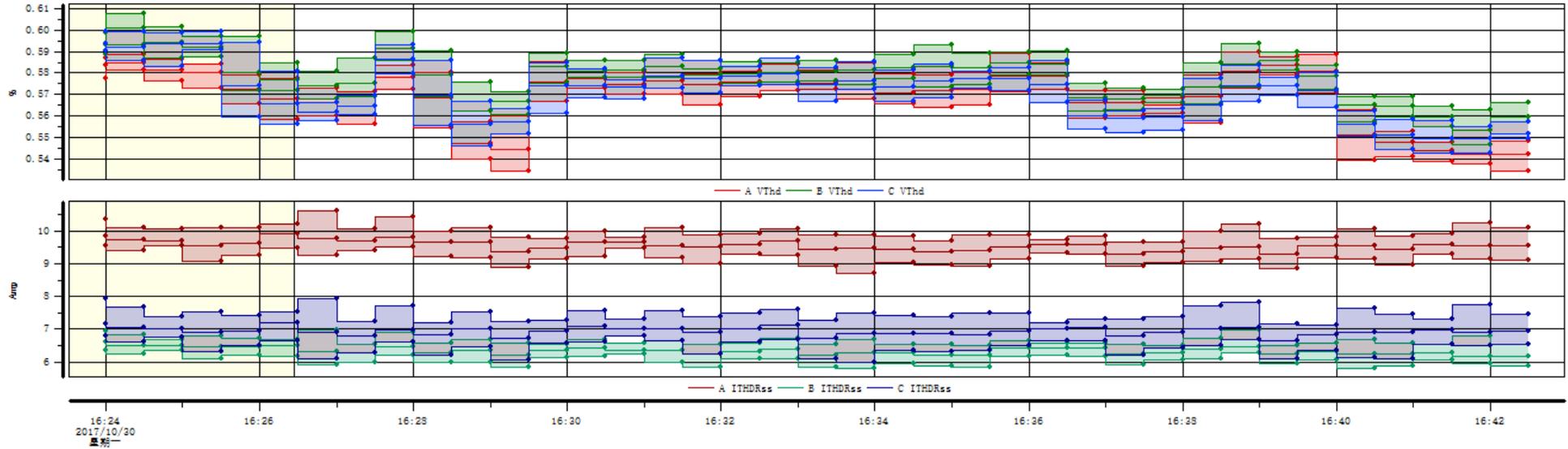


事件 #1 在 2017/10/30 16:23:08.000
趋势

	最小	最大
<i>A-BVrms</i>	402.9	405.5
<i>B-CVrms</i>	402.9	405.7
<i>C-AVrms</i>	404.0	406.5
<i>AIrms</i>	525.4	552.2
<i>BIrms</i>	538.5	564.7
<i>CIrms</i>	538.8	568.4

三相总谐波电流有效值及总电压畸变率

趋势图



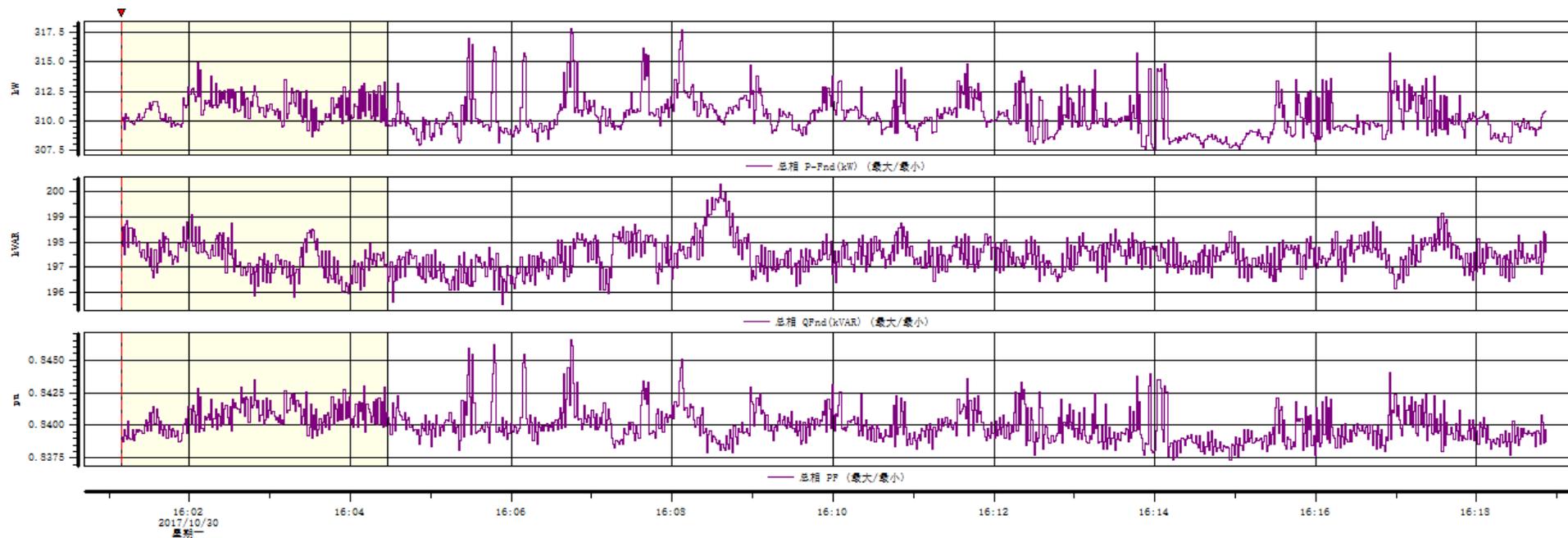
事件 #1 在 2017/10/30 16:23:08.000
趋势

	最小	最大
<i>AVThd</i>	0.5341	0.5896
<i>BVThd</i>	0.5468	0.6079
<i>CVThd</i>	0.5426	0.5996
<i>AITHDRss</i>	8.716	10.64
<i>BITHDRss</i>	5.784	6.979
<i>CITHDRss</i>	5.984	7.950

b. 2 段变压器进线柜测试数据分析变化曲线图:

三相有功、无功、功率因数

趋势图

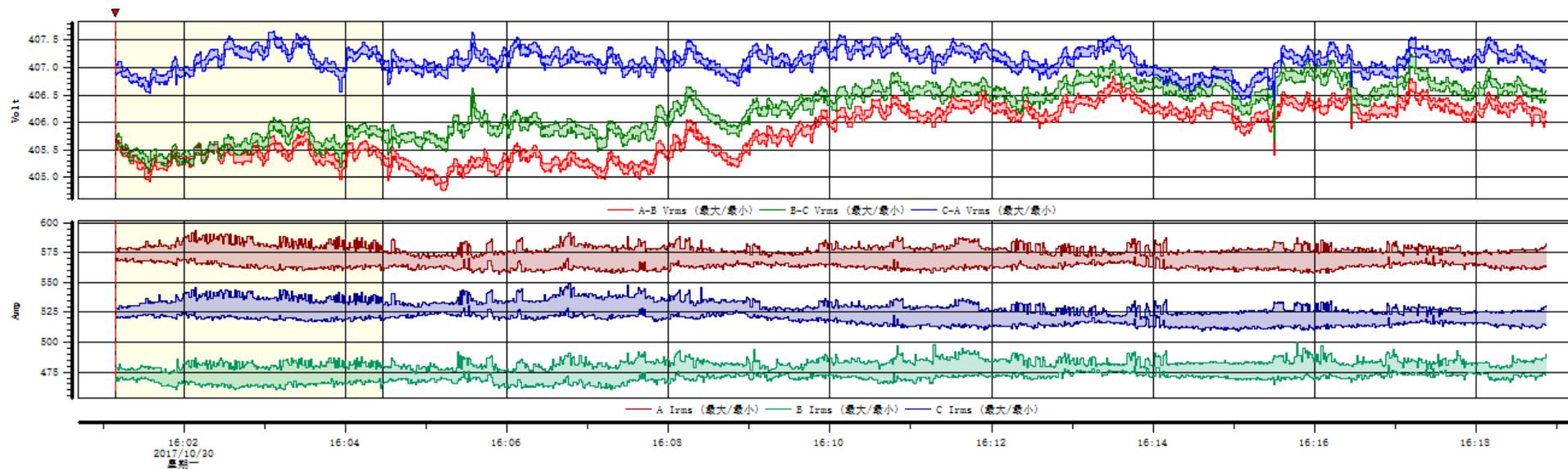


事件 #1 在 2017/10/30 16:01:09.000
趋势

	最小	最大
总相P-Fnd (kW)	307.6	317.8
总相QFnd (kVAR)	195.5	200.3
总相PF	0.8373	0.8466

三相电压及电流

趋势图

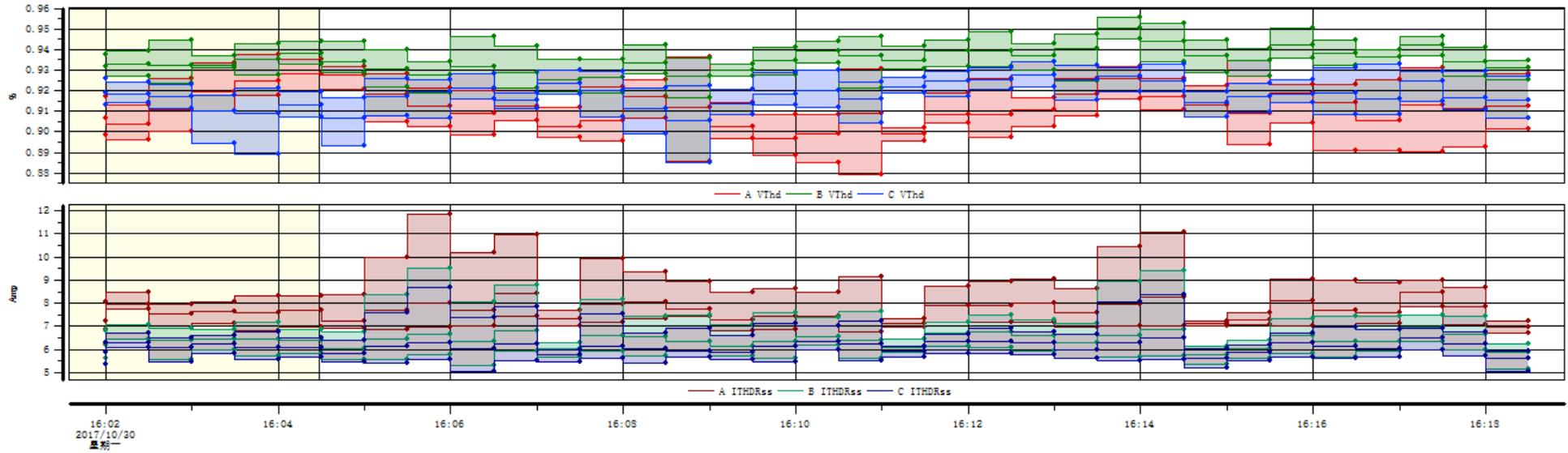


事件 #1 在 2017/10/30 16:01:09.000
趋势

	最小	最大
<i>A-BVrms</i>	404.8	406.8
<i>B-CVrms</i>	405.1	407.2
<i>C-AVrms</i>	406.4	407.7
<i>AIrms</i>	557.1	594.0
<i>BIrms</i>	460.0	500.0
<i>CIrms</i>	508.7	548.6

三相谐波电流总有效值及谐波电压总畸变率

趋势图



事件 #1 在 2017/10/30 16:01:09.000
趋势

	最小	最大
<i>AVThd</i>	0.8790	0.9377
<i>BVThd</i>	0.9164	0.9559
<i>CVThd</i>	0.8848	0.9342
<i>AITHDRss</i>	6.699	11.87
<i>BITHDRss</i>	5.179	9.500
<i>CITHDRss</i>	5.034	8.692

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. 测试结果

测试项目	国标	PVC 车间			烧碱车间			循环水	
		3 段	4 段	8 段	1 段	2 段	3 段	1 段	2 段
基波电流 (max)	/	1662A	1552A	2196A	800A	930A	921A	568A	594A
自然功率因数 (min)	0.9	0.85	0.85	0.9	0.87	0.82	0.92	0.83	0.83
电压总畸变率 (max)	5%	3.3%	3.7%	2%	1.87%	0.9%	1.7%	0.6%	0.9%
谐波电流总有效值 (max)	/	242A	252A	106A	93A	58A	103A	10A	12A
3 次谐波电流 (max)	62A	41A	50A	24A	15A	28A	22A	/	/
5 次谐波电流 (max)	62A	213A	224A	98A	80A	42A	99A	/	/
7 次谐波电流 (max)	44A	103A	95A	33A	41A	6A	44A	/	/
11 次谐波电流 (max)	28A	30A	37A	12A	10A	4A	13A	/	/
13 次谐波电流 (max)	24A	20A	20A	10A	8A	5A	10A	/	/

备注：红色字体代表超标，蓝色字体代表较大，黑色字体代表正常。

二、分析

本次测试了氯碱化工的具有代表性的负荷，并查看了现场无功补偿情况，具体如下：

1、PVC 车间：

从测试数据来看，**PVC 车间 1~4 段谐波含量较大，5 次、7 次、11 次谐波均严重超标，3 次、13 次谐波含量虽然不超标，但数值也较大；5~8 段谐波含量也较大，其中 5 次谐波超标严重，7 次谐波也较大，谐波源均为变频器。**

从现场无功补偿柜的配置来看，1~4 段采用复合开关型无功补偿装置，电容器采用非滤波电容器，电抗器采用串联铁芯电抗器，在谐波严重超标的情况下，谐波电流流入电容器支路，引起铁芯电抗器、电容器发热严重，严重影响其寿命。

5~8 段采用北京思能达晶闸管投切型无功补偿装置，电容器采用非滤波电容器，电抗器采用串联铁芯电抗器，在谐波严重超标的情况下，谐波电流流入电容器支路，引起铁芯电抗器、电容器发热严重，严重影响其寿命。**并且其柜门上无任何散热风机，严重影响柜内热量的排出，进一步加剧了电容器柜内元件的环境温度。**

2、烧碱车间：

从测试数据来看，**烧碱车间 1、3 段谐波含量较大，其中 1 段 5 次谐波超标，7 次谐波含量虽然不超标，但数值也较大；3 段 5 次、7 次谐波超标；2 段仅 5 次谐波含量虽然不超标，但数值也较大，谐波源均为变频器。**

烧碱车间电容柜全部采用北京思能达晶闸管投切型无功补偿装置，电容器采用非滤波电容器，电抗器采用串联铁芯电抗器，在谐波严重超标的情况下，谐波电流流入电容器支路，引起铁芯电抗器、电容器发热严重，严重影

响其寿命。并且其柜门上无任何散热风机，严重影响柜内热量的排出，进一步加剧了电容器柜内元件的环境温度。

3、循环水车间：

从测试数据来看，循环水车间谐波含量较小，功率因数较低，补偿柜需投入运行。但现场补偿柜由于电容器电压较小，柜体又无散热风机，故建议进行改造。

第四篇 解决方案

一、系统危害

根据测试数据结果分析，现 0.4kV 系统谐波含量较大，功率因数不高。谐波的危害主要表现在以下几个方面：

- 1). 谐波使公网元件产生附加损耗，降低了发，输，用电设备的效率。
- 2). 由于肌肤效应谐波会使电缆过热，加速绝缘老化。
- 3). 谐波会产生局部的串，并联谐振，危害电力设备的安全，特别是电力电容器的安全。
- 4). 大量的谐波电流会使中线电流过大，甚至烧毁中线，引发火灾。
- 5). 谐波会使继电保护装置误动作，使电气仪表计量不准确
- 6). 谐波会干扰附近的通讯信号。

功率因数较低导致了设备利用率不高，电压波动大，供电部门会收取惩罚性电费等缺点。

二、解决方案

1、谐波治理：

从测试结果来看，PVC 车间谐波超标严重，谐波复杂，3~13 次谐波均超标或较大，使用普通的 LC 无源滤波装置无法消除这么庞大的谐波分量，因此只能使用 YAPF 型有源滤波装置。

在 0.4KV 母线侧安装一套 APF 型有源滤波装置，可有效的滤除 2~50 次谐波分量，安装容量按 30%的裕度考虑，测试的谐波电流总有效值为：

1~4 段：250A 左右，故 APF 的安装容量按 350A 考虑。

5~8 段：100A 左右，故 APF 的安装容量按 150A 考虑。

烧碱车间谐波也超标严重，谐波复杂，3~7 次谐波均超标或较大，使用普通的 LC 无源滤波装置难以消除 2 个谐波分量且投资及占地较大，因此建议使用 YAPF 型有源滤波装置。

1、3 段：100A 左右，故 APF 的安装容量按 150A 考虑。

2 段：58A 左右，故 APF 的安装容量按 100A 考虑。

工作原理：

YAPF 是一个三相输出灵活的受控电流源，通过控制装置交流侧输出的电流，向电网中注入一个与系统谐波电流大小相等、方向相反的补偿电流，就可以达到消除谐波电流，使电网侧电流成为正弦的目的。

2、无功补偿装置：

(1) PVC 车间：

如第二篇的测试数据，在补偿柜不投入的情况下，功率因数平均值为 0.85，功率因数较低，变压器无功占比较大，影响变压器的有功输出。

1~4 段原补偿柜电容器电压为 0.45KV，串联的电抗器电抗率为 7%，5~8 段原补偿柜电容器电压为 0.44KV，串联的电抗器电抗率为 6%，测出的系统最高电压为 406V，则电容器的端电压= $406V/(1-7\%) \approx 437V$ 。如果电容器投入运行，无功降低，系统电压会进一步抬升；又因为系统

谐波含量大，故电容器电压进一步受到影响。综上所述，1~8 段原补偿柜电容器电压选择较低，建议选择 0.48KV，5~8 段电抗器电抗率 6%较小，建议全部按 7%选择。

另外 5~8 段原电容器柜柜门无散热风机，严重影响柜内元器件的散热，电容柜内电抗器、电容器、可控硅均为发热元器件，需要可靠及时的散热设备才能保证其正常可靠运行。

综上所述，建议对 PVC 车间电容器柜进行改造。

3 段补偿容量计算：

在补偿数据中选取一点 10:30:00 作为计算参数，此时的有功功率为 753KW，无功功率为 442kvar，实时功率因数约为 0.85。

补偿容量：

$$Q_c = P \times k = 753 \times 0.291 \approx 219k \text{ var} \dots\dots\dots\text{公式 1}$$

P.....选取点的有功功率；

k.....从自然功率因数 0.85 达到目标功率因数 0.95 的补偿系数，查表的为 0.291；

将此值带入验算，在测试的时间段内，均能使功率因数达到 0.92 以上。

设计电容器的额定电压为 0.48KV，串联 7%的电抗器，则，安装容量为：

$$Q_{\text{安}} = Q_c \times \frac{U_c^2}{U_n^2} \times (1 - 7\%) = 219 \times \frac{0.48^2}{0.406^2} \times 0.93 \approx 285k \text{ var} \dots\dots\dots\text{公式 2}$$

通过以上公式 1 和公式 2 计算：

4段电容器柜安装容量为 236kvar；

8段由于功率因数均大于 0.9，故不需要补偿。

原装机容量为 300kvar，则新的补偿装置按原装机容量安装，功率因数符合要求。

(2) 烧碱车间：

烧碱车间电容柜全部选用北京思能达产品，电容器电压为 0.45KV，串联电抗器电抗率为 4.5%，烧碱车间谐波以 5 次最为严重，5 次谐波的谐振点的电抗率为 4%，故串联电抗器的电抗率距离谐振点太近，极易发生谐振，放大系统中的 5 次谐波，并会有大量的 5 次谐波流入电容器支路，引起电容器、串联电抗器发热严重。

另外北京斯能达的柜体无散热风机，其缺陷在上一节中已进行了叙述。故建议对补偿装置进行改造。建议电容器额定电压选择 0.48KV，电抗器电抗率选择 7%。

通过公式 1 和公式 2 进行计算：

1 段电容器柜安装容量为 138kvar；

2 段电容器柜安装容量为 155kvar；

3 段功率因数均在 0.92 及以上，故本段不需要进行无功补偿。

原装机容量为 240kvar，由于重要负荷有备用，故装机容量考虑一定的预留，按原装机容量 240kvar 安装，功率因数满足要求。

(3) 循环水车间：

从测试数据和现场补偿柜配置来看，系统谐波含量很小，功率因数较低，补偿柜需投入运行。但现场补偿柜由于电容器电压较小，柜体又无散热风机，故建议进行改造。

通过验算，按原安装容量，电容器选择 0.48KV，电抗器选择 7%，则保证功率因数可达 0.95 以上。

本次无功补偿装置采用晶闸管投切型无功补偿装置，优点有以下几点：

1、等电位过零技术，实现电压过零时导通、电流为零时切除，确保投入无冲击涌流、切除无过电压。

2、预判断功能，优化投切。

- 3、使用寿命达 10 万小时以上，免维护，投切时间小于 20ms。
- 4、元件布局合理、结构设计紧凑；接线、安装方便，调试简单。
- 5、配置可靠的散热装置，具有良好的热交换能力。

无功补偿/谐波治理容量一览表

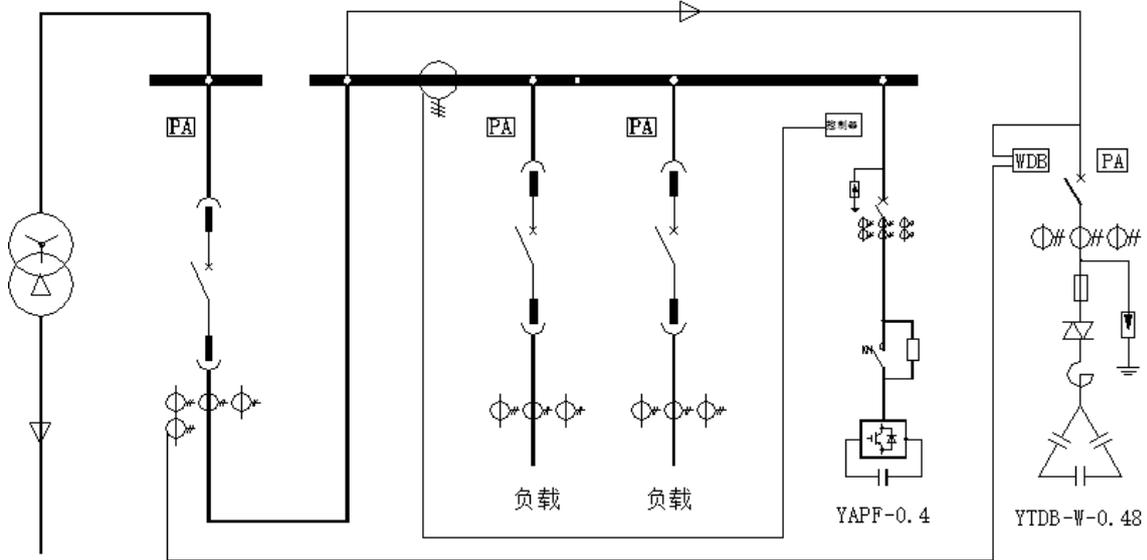
工段	无功补偿 (晶闸管投切, 电容器额定电压 0.48KV, 电抗率 7%)	谐波治理(APF)
PVC1~4 段	300kvar	350A
PVC5~8 段	/	150A
烧碱 1 段	240kvar	150A
烧碱 2 段	240kvar	100A
烧碱 3 段	/	150A
烧碱 4 段	未测试, 建议按原容量改造	150A
循环水 1 段	180kvar	/
循环水 2 段	180kvar	/

说明：

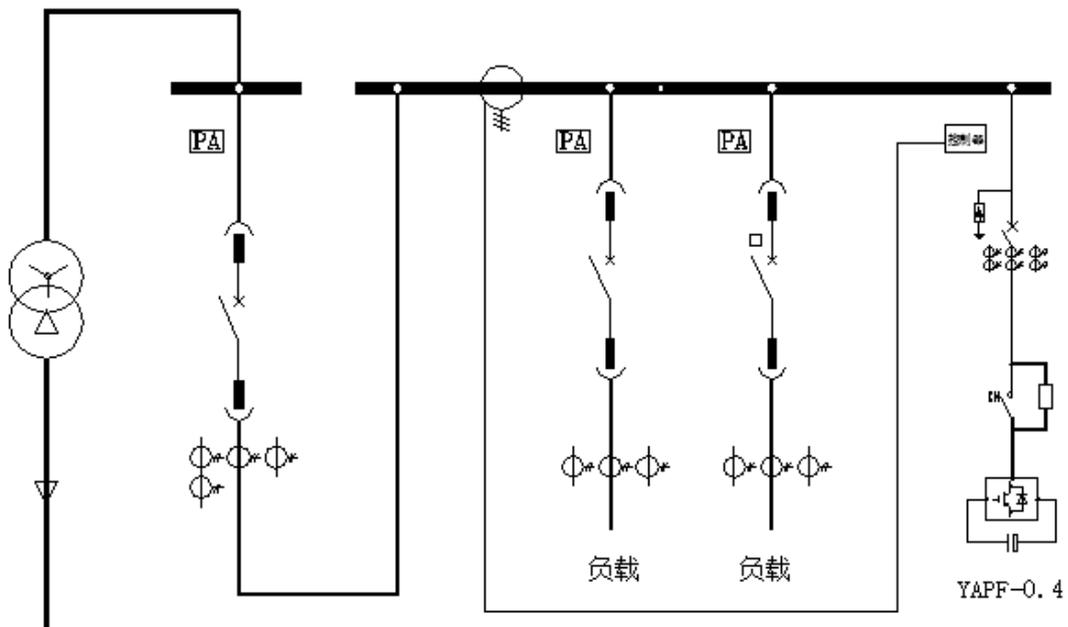
- 1、烧碱 4 段虽由于设备原因未能测试，但是从 1~3 段来看，谐波也可能超标，故建议烧碱 4 段安装一套 150A 的有源滤波装置；
- 2、PVC5~8 段从 (8 段) 测试数据来看，自然功率因数较高 (0.92 以上)，不需要投入补偿装置；
- 3、循环水 1、2 段从测试数据来看，谐波含量较小，不需进线滤波。

附图：

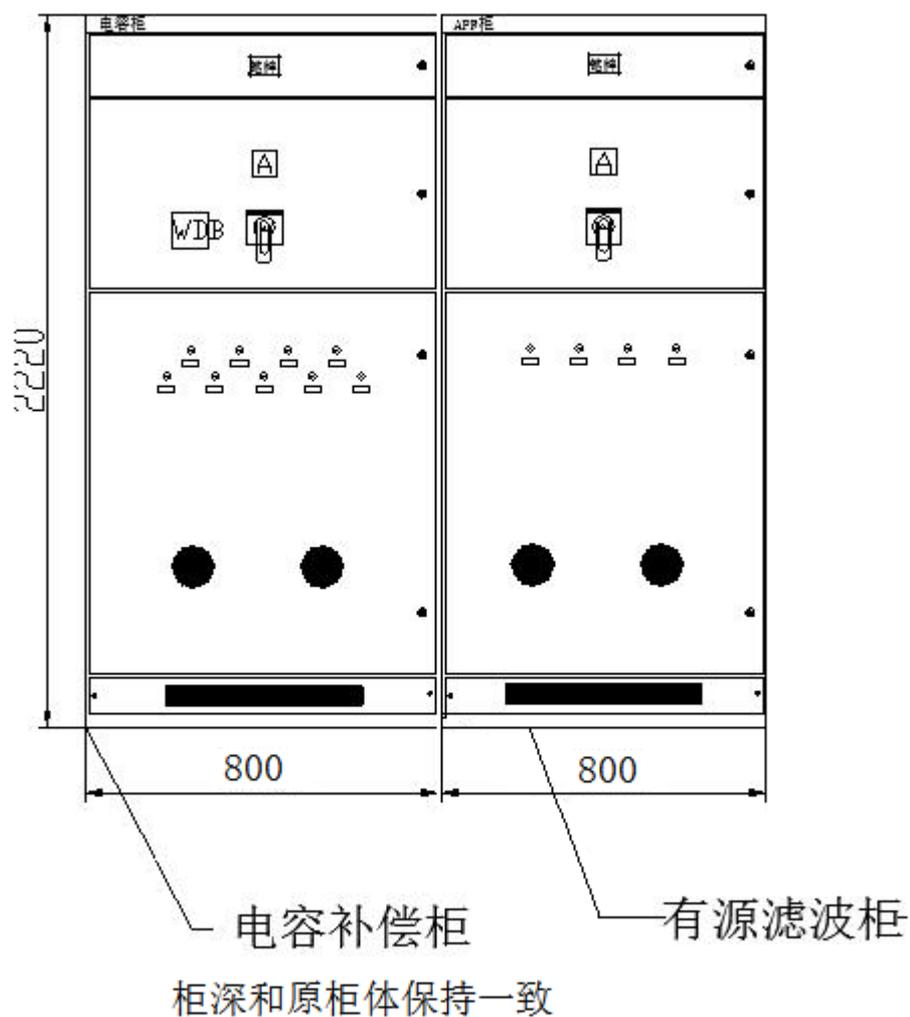
PVC1~4 段、烧碱 1 段、烧碱 2 段补偿兼滤波一次系统图



PVC5~8 段、烧碱 3 段滤波一次系统图



补偿、滤波柜体图



杭州银湖电气设备有限公司

2017.11